

ỦY BAN NHÂN DÂN QUẬN 5  
TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ HÙNG VƯƠNG

---



**GIÁO TRÌNH**  
**Mạch điện tử căn bản**

**Nghề: Điện tử công nghiệp**  
**TRÌNH ĐỘ TRUNG CẤP**



## LỜI GIỚI THIỆU

Để đáp ứng yêu cầu giảng dạy chương trình đào tạo nghề “Điện tử công nghiệp” cũng như việc cung cấp tài liệu giúp cho sinh viên học tập, khoa Điện tử chúng tôi đã tiến hành biên soạn giáo trình “Mạch điện tử cơ bản”.

Giáo trình này giúp các bạn có thêm kỹ năng:

- Thiết kế được các mạch điện ứng dụng đơn giản.
- Lắp ráp được một số mạch điện ứng dụng cơ bản như mạch nguồn một chiều, ổ áp, dao động, các mạch khuếch đại tổng hợp...
- Vẽ lại các mạch điện thực tế chính xác, cân chỉnh một số mạch ứng dụng đạt yêu cầu kỹ thuật và an toàn, sửa chữa được một số mạch ứng dụng cơ bản.
- Kiểm tra, thay thế các mạch điện tử đơn giản đúng yêu cầu kỹ thuật

Đây là công trình được viết bởi đội ngũ giáo viên đã và đang công tác tại trường TCN KTCN Hùng Vương cùng với sự góp ý và phản biện của các doanh nghiệp trong lĩnh vực liên quan, tuy vậy, cuốn sách chắc chắn vẫn không tránh khỏi những khiếm khuyết. Chúng tôi mong nhận được ý kiến đóng góp của bạn đọc để cuốn sách được hoàn thiện hơn trong lần tái bản.

Xin trân trọng giới thiệu cùng bạn đọc!

*Quận 5, ngày 16 tháng 8 năm 2012*

*Biên soạn*

*Bùi Quốc Trường*



## MỤC LỤC

ĐỀ MỤC	TRANG
<b>a. Giới thiệu về mô đun</b> .....	<b>1</b>
<b>b. Bài 1: Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng Tranzito</b> .....	<b>3</b>
Giới thiệu về bộ khuếch đại điện tử.....	3
1. Mạch mắc theo kiểu E-C .....	5
2. Mạch mắc theo kiểu B chung (B-C) .....	8
3. Mạch mắc theo kiểu C chung (C-C) .....	10
<b>c. Bài 2: Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng FET</b> .....	<b>17</b>
1. Đặc tuyến tần số thấp của mạch khuếch đại tranzito.....	17
2. Đặc tuyến tần số thấp của mạch khuếch đại FET.....	18
3. Bộ khuếch đại tranzito ở tần số cao .....	21
4. FET ở tần số cao .....	22
<b>d. Bài 3: Mạch ghép Tranzito - hồi tiếp</b> .....	<b>24</b>
1. Tranzito ghép cascade .....	24
2. Mạch khuếch đại vi sai.....	25
3. Mạch khuếch đại Dalington.....	29
4. Khái niệm về mạch hồi tiếp.....	32
5. Trở kháng vào ra của mạch khuếch đại .....	39
<b>e. Bài 4: Khuếch đại công suất</b> .....	<b>52</b>
1. Định nghĩa.....	52
2. Kiểu khuếch đại công suất.....	54
3. Truyền nhiệt đối với các linh kiện bán dẫn.....	61
<b>f. Bài 5: Mạch dao động</b> .....	<b>66</b>
1. Khái niệm về các mạch dao động.....	66
2. Dao động cầu viên .....	66
3. Dao động sóng sin.....	67
<b>g. Bài 6: Mạch ổn áp</b> .....	<b>72</b>
1. Khái niệm.....	72
2. Ổn áp tham số .....	72
3. Ổn áp có hồi tiếp.....	73
<b>h. Tài liệu tham khảo</b> .....	<b>78</b>



## GIỚI THIỆU VỀ MÔ ĐUN

### Vị trí , tính chất của mô đun

\* Vị trí của mô đun: Mô đun được bố trí dạy sau khi học xong các môn học cơ bản chuyên môn như linh kiện điện tử, đo lường điện tử, mạch điện tử và học trước khi học các mô đun chuyên sâu như PLC...

\* Tính chất của mô đun: Là mô đun bắt buộc

### Mục tiêu của mô đun

Sau khi học xong môđun này người học có năng lực:

\* Về kiến thức: Phân tích được nguyên lý một số mạch ứng dụng cơ bản như mạch nguồn một chiều, ô áp, dao động, các mạch khuếch đại tổng hợp...

\* Về kỹ năng:

- Thiết kế được các mạch điện ứng dụng đơn giản.
- Lắp ráp được một số mạch điện ứng dụng cơ bản như mạch nguồn một chiều, ô áp, dao động, các mạch khuếch đại tổng hợp...
- Vẽ lại các mạch điện thực tế chính xác, cân chỉnh một số mạch ứng dụng đạt yêu cầu kỹ thuật và an toàn, sửa chữa được một số mạch ứng dụng cơ bản.
- Kiểm tra, thay thế các mạch điện tử đơn giản đúng yêu cầu kỹ thuật

\* Về thái độ: Rèn luyện cho học sinh thái độ nghiêm túc, cẩn thận, chính xác trong học tập và thực hiện công việc

### Nội dung của mô đun

1. Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng tranzito
2. Mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ dùng FET
3. Mạch ghép transistor - hồi tiếp
4. Khuếch đại công suất
5. Mạch dao động
6. Mạch ổn áp





## BÀI 1: MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ DÙNG TRANZITO

### ❖ Giới thiệu về bộ khuếch đại điện tử:

Bộ khuếch đại điện tử là một mạch điện tử mà tín hiệu ngõ ra của mạch lớn gấp K lần tín hiệu ngõ vào và dạng tín hiệu ngõ ra giống với dạng tín hiệu ngõ vào.

Tín hiệu của mạch là dòng điện theo thời gian  $i(t)$ , điện áp  $u(t)$  hoặc công suất  $P(t)$ . Tín hiệu cũng có thể là dạng năng lượng điện khác như từ trường hay điện trường.

K được gọi là hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại. Hệ số này là tỷ số giữa tín hiệu ngõ ra và tín hiệu ngõ vào. Nếu tín hiệu ngõ vào, tín hiệu ngõ ra có dạng điện áp thì ta có hệ số khuếch đại điện áp:

$$K_u = \frac{U_r}{U_v} \quad (1.1)$$

Nếu các tín hiệu vào, ra là dòng điện thì ta có hệ số khuếch đại dòng điện:

$$K_i = \frac{I_r}{I_v} \quad (1.2)$$

Nếu tín hiệu vào, ra là công suất thì ta có hệ số khuếch đại công suất:

$$K_p = \frac{P_r}{P_v} \quad (1.3)$$

Tuy nhiên trong thực tế khi mắc một bộ khuếch đại vào thiết bị sự tham gia vào quá trình hoạt động của mạch sẽ ảnh hưởng đến các mạch điện xung quanh mà cụ thể là mạch điện phía trước và phía sau của bộ khuếch đại, thông số đặc trưng này chính là tổng trở vào ( $Z_v$ ) và tổng trở ra ( $Z_r$ ) của bộ khuếch đại

Tổng trở vào là tỷ số giữa điện áp và dòng điện tín hiệu vào của bộ khuếch đại:

$$Z_v = \frac{U_v}{I_v} \quad (1.4)$$

Tổng trở ra là tỷ số giữa điện áp và dòng điện ra tín hiệu của bộ khuếch đại:

$$Z_r = \frac{U_r}{I_r} \quad (1.5)$$

- Đặc tính biên độ của một bộ khuếch đại là quan hệ giữa ngõ ra và ngõ vào của bộ khuếch đại được xét ở một tần số xác định. Quan hệ này có thể được xét theo điện áp  $U_v$  và  $U_r$  hoặc được xét theo dòng điện  $I_v$  và  $I_r$

- Đặc tính tần số của bộ khuếch đại là sự phụ thuộc của hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại vào tần số tín hiệu đưa vào bộ khuếch đại. Hình 1.1 là đặc tính tần số điển hình của bộ khuếch đại

- Méo phi tuyến ( không thẳng đường) của bộ khuếch đại là sự thay đổi dạng của tín hiệu ngõ ra so với tín hiệu ngõ vào do tính phi tuyến của bộ khuếch đại gây ra. Tính phi tuyến của bộ khuếch đại phụ thuộc

vào: Cấu tạo của linh kiện, Chế độ phân cực, Tần số và dạng tín hiệu ngõ vào...

- Trở kháng tải của bộ khuếch đại ( $Z_t$ ): Là phần tử tiêu thụ năng lượng tín hiệu ra của bộ khuếch đại. Để bộ khuếch đại làm việc tốt cần phải có sự phối hợp trở kháng giữa tải và trở kháng ra của bộ khuếch đại

$$Z_r = z_t$$

Nếu bộ khuếch đại có  $K_i=1$  và  $K_u>1$  thì bộ khuếch đại được gọi là bộ khuếch đại điện áp.

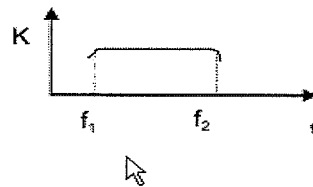
Nếu bộ khuếch đại có  $K_i>1$  và  $K_u=1$  thì bộ khuếch đại được gọi là bộ khuếch đại dòng điện.

Nếu bộ khuếch đại có  $K_i>1$  và  $K_u>1$  thì bộ khuếch đại được gọi là bộ khuếch đại công suất.

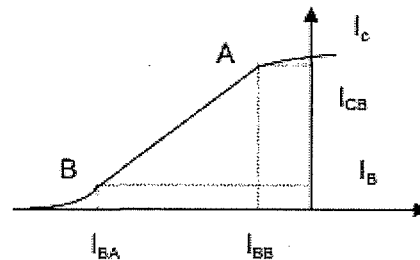
#### ❖ Bộ khuếch đại tín hiệu nhỏ:

Người ta thường quan niệm bộ khuếch đại tín hiệu nhỏ là bộ khuếch đại tín hiệu cho tín hiệu vào và ra đủ nhỏ. Hiểu như vậy là chưa chính xác. Để hiểu chính xác khái niệm tín hiệu nhỏ của bộ khuếch đại cần phải tìm hiểu đặc tính truyền dẫn hay đặc tính vào ra của bộ khuếch đại. Ví dụ, dùng Tranzito lưỡng cực làm bộ khuếch đại. Đặc tính truyền dẫn của Tranzito có dạng như- hình 1.2

Trên đặc tuyến này Đoạn AB tuyến tính. Nếu tín hiệu vào ( $I_B$ ) thay đổi trong đoạn  $I_{BA}I_{BB}$  thì tín hiệu ra có dạng giống như tín hiệu vào và không bị méo dạng. Ta gọi là bộ khuếch là tuyến tính. Bộ khuếch đại tín hiệu tuyến tính được gọi là bộ khuếch đại tín hiệu nhỏ



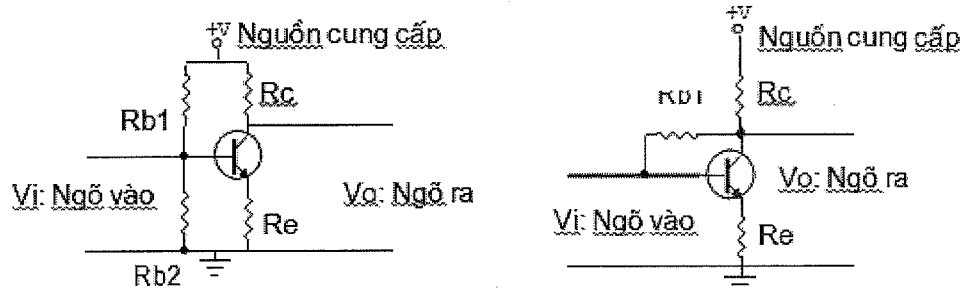
Hình 1.1: Đặc tính tần số của mạch khuếch đại



Hình 1.2: Đặc tính truyền dẫn của Tranzito

## 1. Mạch mắc theo kiểu E chung ( E-C)

### 1.1. Sơ đồ cấu tạo: (Hình 1.3)



Trong đó:

$V_i$ : ngõ vào

$V_o$ : Ngõ ra.

$R_c$ : Điện trở tải để lấy tín hiệu ra.

$R_e$ : Điện trở ổn định nhiệt.

$R_1; R_2$ : Điện trở phân cực B

Các thông số kỹ thuật của mạch:

- Tổng trở ngõ vào:

$$R_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_{be}}{I_b} \quad (1.6)$$

- Tổng trở ngõ ra:

$$R_o = \frac{V_o}{I_o} = \frac{V_{ce}}{I_c} \quad (1.7)$$

- Độ khuếch đại dòng điện:

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_c}{I_b} = \beta \quad (1.8)$$

- Độ khuếch đại điện áp:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_{ce}}{V_{be}} = -\beta \cdot \frac{R_c}{R_i} \quad (1.9)$$

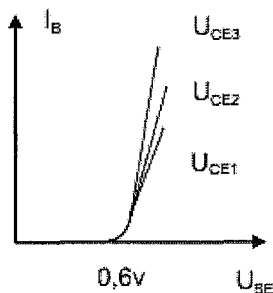
### 1.2. Tính chất, nguyên lý:

Mạch này có một số tính chất sau:

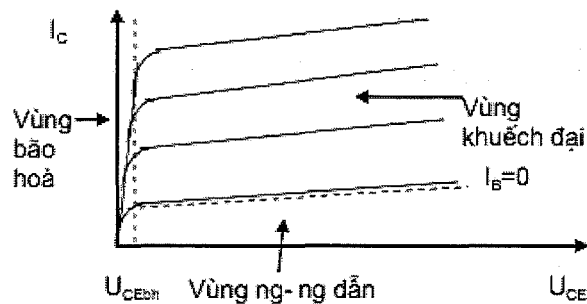
- Tín hiệu được đưa vào cực B và lấy ra trên cực C.
- Tín hiệu ngõ vào và ngõ ra ngược pha (đảo pha)
- Hệ số khuếch đại dòng điện  $\gg 1$  và khuếch đại điện áp  $< 1$ .

- Tổng trở ngõ vào khoảng vài trăm Ohm đến vài K?
- Tổng trở ngõ ra khoảng vài k? đến hàng trăm k?

Trong cách mắc C-E, đặc tuyến ra là quan hệ giữa dòng ra  $I_C$  và điện áp ra  $U_{CE}$ , ứng với khoảng giá trị dòng vào  $I_B$ . Đặc tuyến vào là quan hệ giữa dòng vào  $I_B$  và điện áp vào  $U_{BE}$ , ứng với khoảng giá trị của điện áp ra  $U_{CE}$ . Được trình bày ở hình 1.4 a và 1.4 b



Hình 1.4 a: Đặc tuyến vào



Hình 1.4 b: Đặc tuyến ra

Trên sơ đồ 1.4 a: Đặc tuyến vào của Tranzito, cho ta thấy tranzito chỉ bắt đầu dẫn điện khi điện áp  $U_{BE}$  vượt qua khỏi giá trị điện áp phân cực 0,6 v. Dòng điện phân cực  $I_B$  phụ thuộc vào nguồn cung cấp VCE, nguồn cung cấp càng cao thì dòng phân cực  $I_B$  càng lớn.

Trên sơ đồ hình 1.4 b: Đặc tuyến ra của Tranzito, cho thấy Tranzito được chia làm ba vùng làm việc gồm có:

+ Vùng ngưng dẫn: Là vùng nằm dưới đường  $I_B = 0$ . Lúc này điện áp phân cực  $V_{BE}$  nằm dưới mức phân cực 0,6v.

+ Vùng khuếch đại: Là vùng tiếp giáp BE phân cực thuận, tiếp giáp BC phân cực ngược. Vùng này dùng để khuếch đại tín hiệu dòng điện, điện áp hay công suất.

+ Vùng bão hoà: Là vùng nằm bên trái đường  $U_{CE_{bh}}$  lúc này cả hai mối nối BE và BC đều được phân cực thuận.

Theo đặc tuyến ra hình 1.4b Khi  $I_B = 0$ . Thì dòng  $I_{C \neq 0}$  điều này được giải thích như sau:

Ta có:

$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO} \quad (1.10)$$

$$I_C = \alpha (I_C + I_B) + I_{CBO}$$

Suy ra:

$$I_C = \frac{\alpha I_B}{1 - \alpha} + \frac{I_{CBO}}{1 - \alpha}$$

+ Hệ số  $\beta$ : Trong chế độ một chiều, để đánh giá khả năng điều khiển của dòng  $I_B$  đối với dòng  $I_C$  người ta định nghĩa hệ số khuếch đại dòng điện  $\beta$ :

$$\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B} \quad (1.11)$$

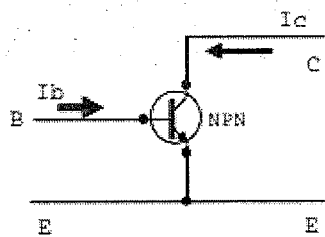
Với  $I_C$  và  $I_B$  là giá trị tại điểm làm việc. Thông thường  $\beta$  nằm trong khoảng từ 50 đến 400.

Trong chế độ xoay chiều, hệ số khuếch đại ò được định nghĩa:

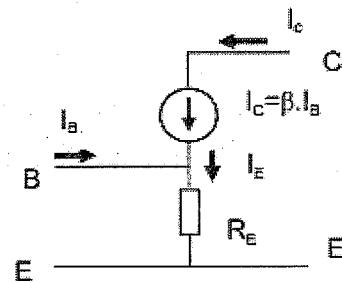
$$\beta_{ac} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \Big|_{U_{CE} = \text{const}} \quad (1.12)$$

### 1.3. Mạch tương đương:

Sơ đồ mắc mạch C-E nh- hình 1.5a và 1.5b



Hình 1.4a: Cách mắc mạch theo kiểu E-C



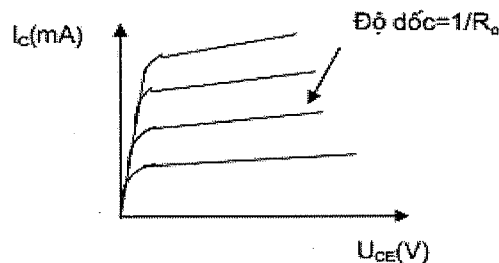
Hình 1.5b: Sơ đồ tương đương dòng mạch E-C

Theo sơ đồ trên ta có:

$$Z_v = \frac{U_V}{I_V} = \frac{U_{BE}}{I_B} = \frac{\beta I_B \cdot R_E}{I_B} = \beta \cdot R_E \quad (1.6)$$

Trên sơ đồ tương đương không xác định

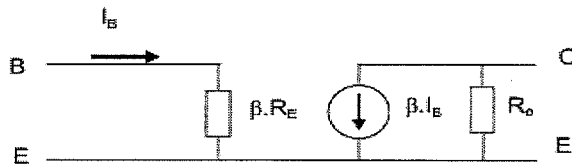
Được trở kháng ra của mạch. Thực tế được xác định theo độ dốc của đường đặc tuyến ra hình 1.6



Hình 1.6: Đặc tuyến ra của mạch E-C

Giả sử trở kháng ra của mạch CE là  $Z_R=R_o$ .

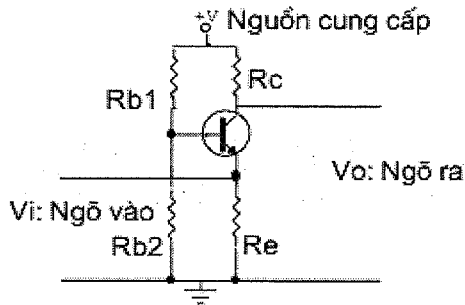
Với trở kháng vào là  $\beta \cdot R_E$ , trở kháng ra là  $R_o$  ta vẽ lại được sơ đồ tương đương của mạch như hình 1.7



Hình 1.7: Sơ đồ tương đương cách mắc C-E khi có tải

## 2. Mạch mắc theo kiểu B chung (B-C):

### 2.1. Sơ đồ cấu tạo: Hình 1.8



Hình 1.8: Sơ đồ cấu tạo mạch Tranzito mắc theo kiểu B-C

Trong đó:

$V_i$ : Ngõ vào

$V_o$ : Ngõ ra

$R_c$ : Điện trở tải

$R_e$ : Điện trở ngõ vào

$R_{b1}, R_{b2}$ : điện trở phân cực

Các thông số kĩ thuật của mạch:

- Tổng trở ngõ vào:

$$R_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_{be}}{I_e} \quad (1.13)$$

- Tổng trở ngõ ra:

$$R_o = \frac{V_o}{I_i} = \frac{V_{cb}}{I_c} \quad (1.14)$$

- Độ khuếch đại dòng điện:

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_c}{I_b} = \beta \leq 1 \quad (1.15)$$

- Độ khuếch đại điện áp:

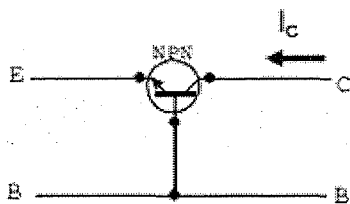
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_{cb}}{V_{be}} = \alpha \quad (1.16)$$

## 2.2. Tính chất:

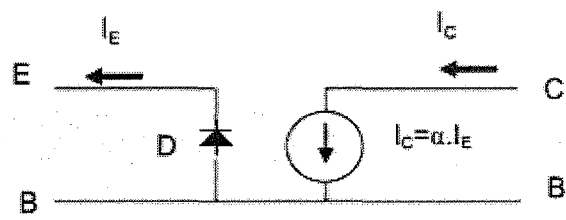
Mạch này có một số tính chất sau:

- Tín hiệu được đưa vào cực E và lấy ra trên cực C.
- Tín hiệu ngõ vào và ngõ ra đồng pha.
- Hệ số khuếch đại dòng điện  $\beta < 1$ , hệ số khuếch đại điện áp  $\alpha > 1$
- Tổng trở ngõ vào nhỏ từ vài chục  $\Omega$  đến vài trăm  $\Omega$ .  
Tổng trở ngõ ra nhỏ từ vài chục  $k\Omega$  đến vài trăm  $M\Omega$ .

## 2.3. Mạch tương đương



hình 1.9a: Cách mắc mạch B-C



hình 1.9b: Sơ đồ tương đương mạch B-C

Trên sơ đồ mạch hình 1.9 là sơ đồ mạch Transzito mắc theo kiểu B-C của Transzito npn. Như tạo của Transzito được kết hợp từ ba khối bán dẫn tạo nên hai tiếp giáp pn. Có thể coi tiếp giáp BE như một diốt D, ngoài ra vì  $I_c = \alpha \cdot I_e$  nên giữa hai cực B và C được thay thế bằng một nguồn dòng có giá trị là  $\alpha \cdot I_e$ . Với sự thay thế đó ta có sơ đồ tương đương như hình 1.9b

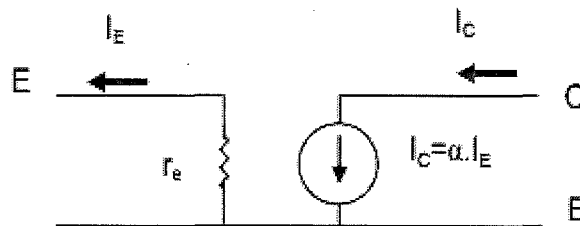
Khi Tranzito được phân cực và hoạt động ở vùng khuếch đại thì tiếp giáp BE được phân cực thuận. Khi đó Diốt D tương đương với một điện trở có giá trị bằng điện trở thuận của Diốt, điện trở này được ký hiệu là  $r_e$  và được tính

$$r_e = \frac{U_T}{I_E}$$

Với  $U_T$  là điện áp nhiệt, ở nhiệt độ bình thường  $U_T = 26mV$ , do đó:

$$r_e = \frac{26mV}{I_E}$$

Nh- vậy sơ đồ t-ương đ-ương đ-ợc vẽ lại nh- hình 1.10



Hình 1.10: Sơ đồ tương đương mạch mắc B-C

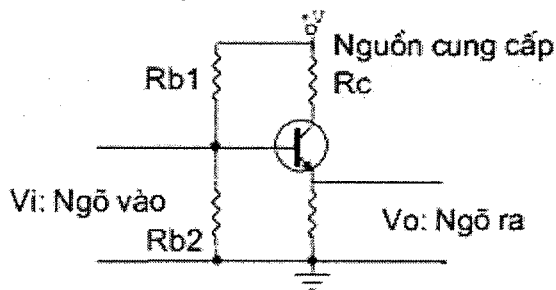
Với sơ đồ tương đương hình 1.10 Có thể tính được trở kháng vào ra của mạch như sau:

- Trở kháng vào :  $Z_V = r_e$       Giá trị  $r_e$  rất nhỏ, tối đa khoảng  $50\Omega$
- Trở kháng ra được  $Z_R$  được tính khi cho tín hiệu vào bằng không, vì thế  $I_E = 0$  nên  $I_C = \alpha \cdot I_E$  có nghĩa ngõ ra của hình 1.10 hở mạch, do đó:  $Z_R = \infty$

Thực tế trở kháng ra của mạch C-B khoảng vài  $M\Omega$ .

### 3. Mạch mắc theo kiểu C chung (C-C):

#### 3.1. sơ đồ cấu tạo: Hình 1.11



Hình 1.11: Sơ đồ cấu tạo mạch mắc theo kiểu C-C

Trong đó:

$V_i$ : Ngõ vào

$V_o$ : Ngõ ra

$R_c$ : Điện trở tải

$R_e$ : Điện trở ngõ ra

$R_{b1}, R_{b2}$ : điện trở phân cực



Các thông số kĩ thuật của mạch:

- Tổng trở ngõ vào:

$$R_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_b}{I_b} \quad (1.17)$$

- Tổng trở ngõ ra:

$$R_o = \frac{V_o}{I_o} = \frac{V_c}{I_c} \quad (1.18)$$

- Độ khuếch đại dòng điện:

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_c}{I_b} = \beta + 1 \quad (1.19)$$

- Độ khuếch đại điện áp:

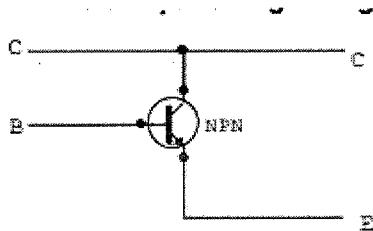
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_c}{V_b} \cong 1 \quad (1.20)$$

### 3.2. Tính chất:

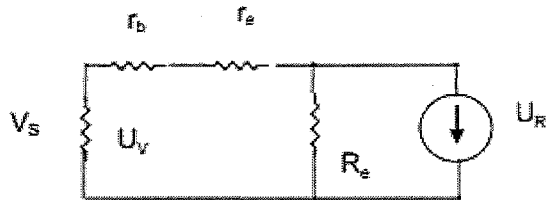
Mạch có một số tính chất sau:

- Tín hiệu được đưa vào cực B và lấy ra trên cực E
- Tín hiệu ngõ vào và ngõ ra đồng pha.
- Hệ số khuếch đại dòng điện  $\beta > 1$ , hệ số khuếch đại điện áp  $\alpha < 1$ .
- Tổng trở ngõ vào từ vài  $k\Omega$  đến vài chục  $k\Omega$
- Tổng trở ngõ ra nhỏ từ vài chục  $\Omega$  đến vài trăm  $\Omega$ .

### 3.3. Mạch tương đương: hình 1.12



Hình 1.12a: Cách mắc mạch C-C



Hình 1.12b: Mạch tương đương cách mắc C-C

- Tính tổng trở ngõ vào:

$$R_i = \frac{U_V}{I_V} = \frac{I_b r_b + i_e r_e + i_e R_e}{I_b}$$

$$R_i = r_b + \beta r_e + \beta R_e$$

$$R_i = h_{ie} + \beta R_e \quad (\cong \text{Vài trăm } k\Omega) \quad (1.21)$$

- Tính tổng trở ngõ ra:

Điện trở  $R_b$  là điện trở của cầu phân áp  $R_{b1}$  song song  $R_{b2}$ . Đứng từ ngõ vào nhìn và mạch ta thấy điện trở  $R_b$  song song nội trở nguồn  $R_s$ . Thường điện trở  $R_b$  rất lớn so với  $R_s$  nên điện trở tương đương của  $R_b$  song song với  $R_s$  cũng chính là  $R_s$  như mạch tương đương hình 4.6. Nên tổng trở ngõ ra là:

$$R_o = \frac{U_R}{I_R} = \frac{V_e}{I_e}$$

Theo mạch tương đương thì các điện trở  $R_s$ ,  $r_b$  và  $\beta r_e$  mắc nối tiếp nhau và mắc song song với điện trở  $R_e$ . Ta có:

$$V_e = I_e R_e = I_b (R_s + r_b + \beta r_e)$$

Suy ra:

$$R_o = \frac{V_e}{I_e} = \frac{I_b (R_s + r_b + \beta r_e)}{\beta I_b} = \frac{R_s + r_b + \beta r_e}{\beta}$$

$$R_o = r_e + \frac{1}{\beta} (r_b + R_s) \quad (\cong \text{vài chục ohm}) \quad (1.22)$$

- Tính độ khuếch đại dòng điện:

$$A_i = \frac{I_R}{I_e} = \frac{I_s}{I_b} = \frac{(\beta + 1) I_b}{I_b}$$

$$A_i = \beta + 1 \quad (1.23)$$

- Tính độ khuếch đại điện áp:

$$A_v = \frac{U_R}{U_V} = \frac{V_e}{V_b} = \frac{I_e R_e}{I_b r_b + I_e r_e + I_e R_e} = \frac{\beta R_e}{r_b + \beta r_e + \beta R_e}$$

$$A_v \cong 1 \quad \forall (r_b + \beta r_e \ll \beta R_e) \quad (1.24)$$

- Xét góc pha: Khi  $V_b$  tăng làm cho  $I_b$  tăng và  $I_e$  tăng nên  $V_e$  cũng tăng theo, nên điện áp của tín hiệu vào và ra đồng pha.

• **Câu hỏi và bài tập:**

**Câu hỏi trắc nghiệm khách quan**

Hãy lựa chọn phương án đúng để trả lời các câu hỏi dưới đây bằng cách tô đen vào ô vuông thích hợp:

TT	Nội dung câu hỏi	a	b	c	d
1.	<b>Mắc tranzito như thế nào để có tổng trở vào nhỏ nhất?</b> a. Mắc kiểu E chung. b. Mắc kiểu B chung c. Mắc kiểu C chung d. Tùy vào dạng mạch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	<b>Mắc tranzito kiểu nào để có tổng trở vào lớn nhất?</b> a. Mắc kiểu E chung. b. Mắc kiểu B chung c. Mắc kiểu C chung d. Tùy vào dạng mạch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	<b>Mắc tranzito kiểu nào để có tổng trở ra nhỏ nhất?</b> a. Mắc kiểu E chung. b. Mắc kiểu B chung c. Mắc kiểu C chung d. Tùy vào dạng mạch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	<b>Mắc tranzito kiểu nào để có tổng trở ra lớn nhất?</b> a. Mắc kiểu E chung. b. Mắc kiểu B chung c. Mắc kiểu C chung d. Tùy vào dạng mạch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	<b>Mắc tranzito kiểu nào để có hệ số khuếch đại dòng lớn hơn 1?</b> a. Mắc kiểu E chung. b. Mắc kiểu B chung c. Mắc kiểu C chung d. Tùy vào dạng mạch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	<b>Mắc tranzito kiểu nào để có hệ số khuếch đại điện áp lớn hơn 1?</b> a. Mắc kiểu E chung. b. Mắc kiểu B chung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

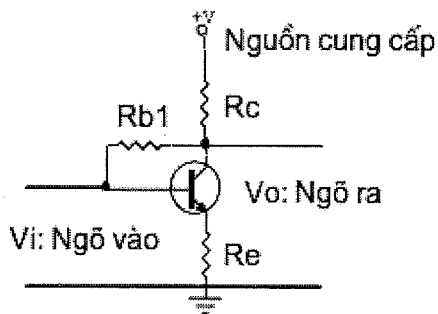
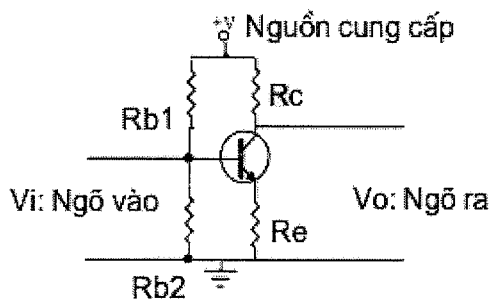
	c. Mắc kiểu C chung d. Tùy vào dạng mạch.				
7.	<b>Mắc tranzito kiểu nào để ch o hệ số khuếch đại dòng và điện áp lớn hơn 1?</b> a. Mắc kiểu E chung. b. Mắc kiểu B chung c. Mắc kiểu C chung. d. Tùy vào dạng mạch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	<b>Trong trường hợp nào tranzito ở trạng thái ngưng dẫn?</b> a. Tiếp giáp BE phân cực ngược. b. Tiếp giáp BC phân cực ngược. c. Tiếp giáp BE phân cực thuận. d. Gồm a và b.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	<b>Trường hợp nào tranzito ở trạng thái khuếch đại?</b> a. Tiếp giáp BE phân cực ngược. b. Tiếp giáp BC phân cực ngược. c. Tiếp giáp BE phân cực thuận. d. Gồm b và c	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	<b>Trường hợp nào o tranzito dẫn điện bão hoà?</b> a. Tiếp giáp BE phân cực ngược. b. Tiếp giáp BC phân cực thuận. c. Tiếp giáp BE phân cực thuận. d. Gồm b và c.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

• **Các bài thực hành**

**Bài thực hành 1: Thực hành lắp ráp mạch cực E chung (E-C)**

- Lắp ráp mạch:

. Mạch khuếch đại mắc theo kiểu E-C: Theo sơ đồ mạch điện

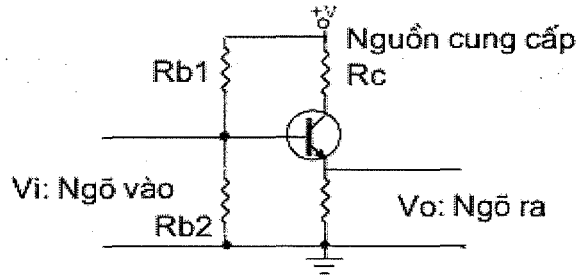




- Cho tín hiệu hình sin ngõ vào 1vpp. Quan sát dạng sóng ngõ vào và ngõ ra khi tăng nguồn và cho nhận xét.
- Lần lượt giữ nguồn ở 3 mức 3v, 6v, 12v tăng dần biên độ tín hiệu ngõ vào đến 3vpp quan sát dạng sóng và cho nhận xét.
- Thực hiện tính hệ số khuếch đại dòng điện và điện áp trong các trường hợp

### Bài thực hành 3: Thực hành lắp ráp mạch cực C chung (C-C)

- Mắc mạch theo kiểu C-C: Theo sơ đồ mạch điện



$$R_e = 1K\Omega \quad R_{b1} = 22K\Omega$$

$$R_c = 100\Omega \quad R_{b2} = 1,8K\Omega$$

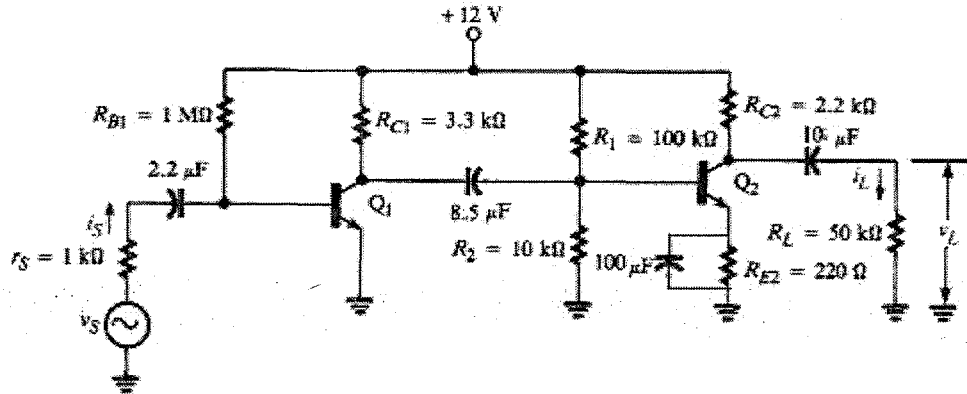
- Cho nguồn cung cấp điều chỉnh được từ 3 – 12 v vào mạch điện tăng dần điện áp, ghi lại số liệu và cho nhận xét về mối tương quan giữa các yếu tố:

Điện áp	3v	4v	5v	6v	7v	8v	9v	10v	11v	12v
Vc										
Vb										

- Cho tín hiệu hình sin ngõ vào 1vpp. Quan sát dạng sóng ngõ vào và ngõ ra khi tăng nguồn và cho nhận xét.
- Lần lượt giữ nguồn ở 3 mức 3v, 6v, 12v tăng dần biên độ tín hiệu ngõ vào đến 3vpp quan sát dạng sóng và cho nhận xét.
- Thực hiện tính hệ số khuếch đại dòng điện và điện áp trong các trường hợp.

## BÀI 2: MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ DÙNG FET

### 1. Đặc tuyến tần số thấp của mạch khuếch đại tranzito:

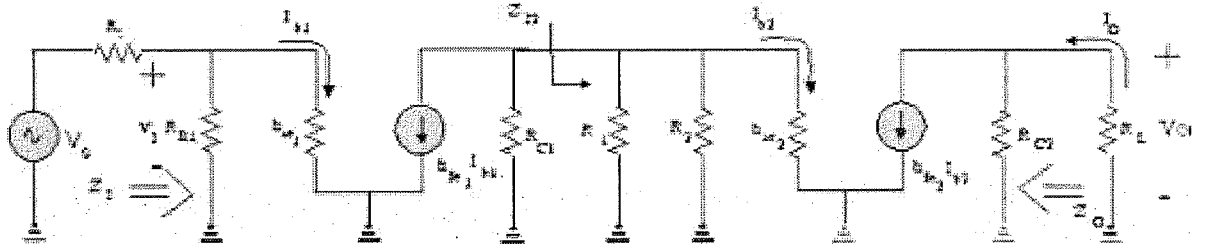


Hình 3.1: Mạch khuếch đại ghép RC.

Mạch khuếch đại ghép RC như hình 3.1

Các tụ liên lạc có trị số tùy thuộc vào tần số của tín hiệu được khuếch đại trong mạch. Đối với tín hiệu âm tần thì tụ liên lạc thường có trị số từ 1nF đến 10nF, các tụ phân dòng hay tụ bypass (CE) có trị số phụ thuộc vào RE thường từ 10nF đến 100nF đối với tín hiệu âm tần. Dạng ghép này có ưu điểm là cách ly dc giữa các tầng khuếch đại và khuyết điểm là do đặc tuyến tần số là tổng hợp các đặc tuyến tần số của từng tầng do đó nguyên nhân này làm giảm độ lợi băng thông của toàn mạch so với từng tầng thành viên. Ngoài ra còn gây nên sự lệch pha giữa tín hiệu vào và ra được đặc trưng bởi độ méo pha.

Khảo sát mạch khuếch đại ghép RC như hình 3.1, ta có sơ đồ tương đương tín hiệu nhỏ của mạch như hình 3.2:



hình 3.2: Sơ đồ tương đương tín hiệu nhỏ

Tăng trở ngõ vào:

$$Z_i = \frac{V_i}{I_i} = Z_{i1} = h_{ie1} // R_{B1}$$

Tăng trở ngõ ra:

$$Z_o = \frac{V_o}{I_o} \Big|_{V_i=0} = Z_{o2} = R_{C2}$$

Hệ số khuếch đại điện áp

$$A_{V2} = A_{V1} \times A_{V2}$$

Trong đó

$$A_{V1} = - \frac{h_{fe1}(R_{C1} // Z_{i2})}{h_{ie1}}$$

với

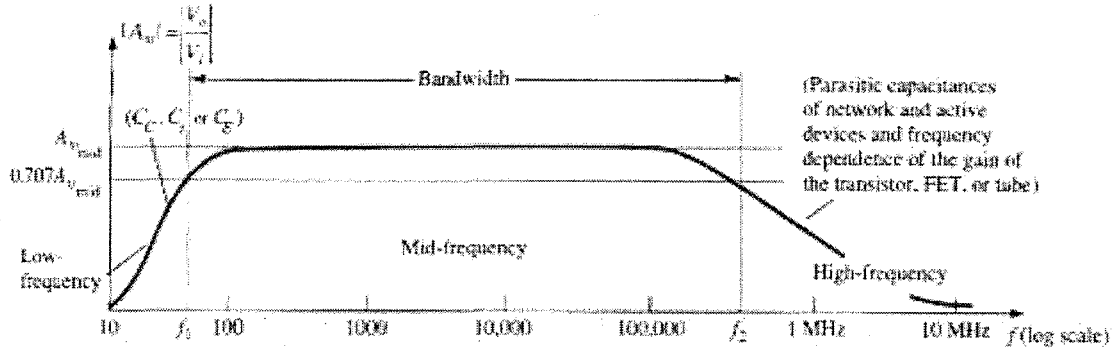
$$Z_{i2} = R_1 // R_2 // h_{ie2}$$

$$A_{V2} = - \frac{h_{fe2}(R_{C2} // R_L)}{h_{ie2}}$$

Hệ số khuếch đại dòng điện:

$$A_{I2} = A_{I1} \times A_{I2} = -A_{V1} \frac{Z_i}{R_L}$$

Đáp ứng tần số của mạch ghép RC: Hình 3.3



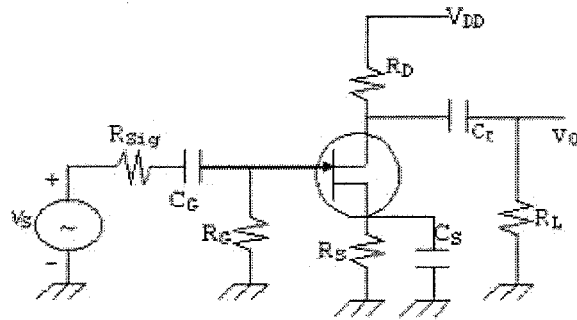
Hình 3.3: Đáp ứng tần số của mạch khuếch đại ghép R-C

## 2. Đặc tuyến tần số thấp của mạch khuếch đại FET

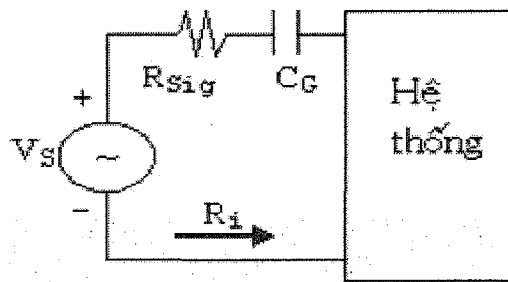
Việc phân tích một mạch khuếch đại dùng FET ở tần số thấp cũng tương tự như mạch khuếch đại dùng BJT.

Ba tụ điện tạo ảnh hưởng đến độ lợi ở tần số thấp là C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> và C<sub>3</sub>. Ta xem một mạch khuếch đại dùng FET nh- hình 3.4





Hình 3.4: Mạch khuếch đại dùng Fet ở tần số thấp



Hình 3.5: Sơ đồ t-đương đ-đng mạch khuếch đại dùng Fet ở tần số thấp

Mạch điện tương đương được trình bày ở hình 3.5

CG: Do tụ CG nối giữa nguồn tín hiệu và hệ thống linh kiện nên mạch tương đương như hình 3.5. Tần số cắt thấp do ảnh hưởng của CG được xác định bởi:

$$f_{LG} = \frac{1}{2\pi(R_{sig} + R_i)C_G}$$

Trong đó:  $R_i = R_G$

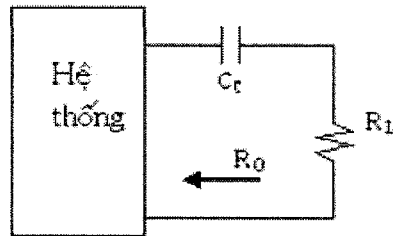
Thông thường  $R_G \gg R_{sig}$  nên  $f_{LG}$  có thể tính gần đúng:

$$f_{LG} = \frac{1}{2\pi R_G C_G}$$

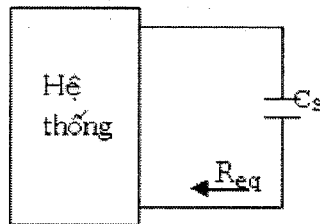
CC: Tụ liên lạc ngõ ra CC được nối giữa linh kiện và tải nên mạch tương đương ngõ ra như hình 3.6. Tần số thấp do ảnh hưởng của CC được xác định bởi:

$$f_{LC} = \frac{1}{2\pi(R_o + R_L)C_C}$$

Trong đó:  $R_o = R_D // r_d$ .



Hình 3.6: Mạch tương đương ngõ ra của Fet ở tần số thấp

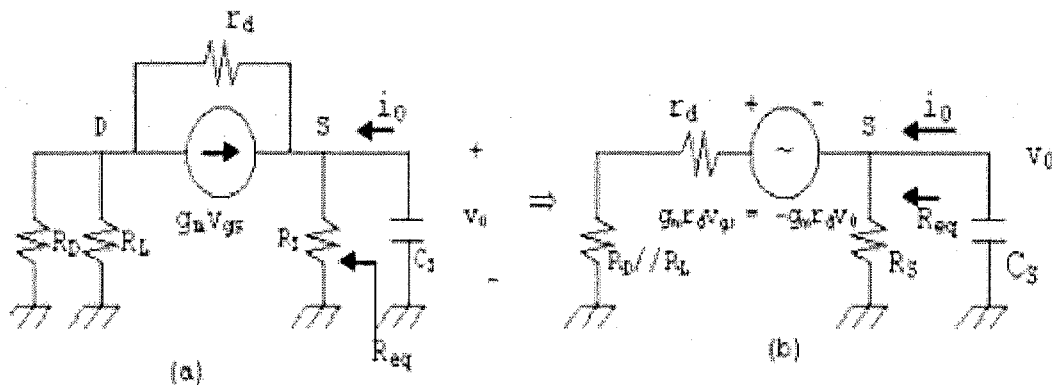


Hình 3.7: Ảnh hưởng của tụ lọc nguồn Cs

CS: Tụ cực nguồn CS nhìn hệ thống như hình 3.7. Do đó tần số thấp do hiệu ứng của CS được xác định bởi:

$$f_{LS} = \frac{1}{2\pi \cdot R_{eq} \cdot C_S}$$

Để xác định Req, ta chú ý mạch tương đương ngõ ra của mạch dùng FET bên trên như sau:



hình 3.8: Mạch điện tương đương

Ta chú ý là:  $v_{gs} = v_g - v_s = v_i - v_o$ .

Ta thay nguồn dòng  $g_m v_{gs}$  bằng nguồn điện thế và để tính Req ta cho ngõ vào bằng 0 tức  $v_i = 0$ . Mạch vẽ lại như hình 3.8b.

Ta có: 
$$i_0 = \frac{v_0}{R_s} + \frac{v_0 + g_m r_d v_0}{r_d + R_D // R_L}$$

$$\Rightarrow R_{eq} = \frac{v_0}{i_0} = \frac{R_s}{1 + \frac{R_s(1 + g_m r_d)}{r_d + R_D // R_L}}$$

Nếu  $r_d \gg (R_D // R_L)$  ta có:

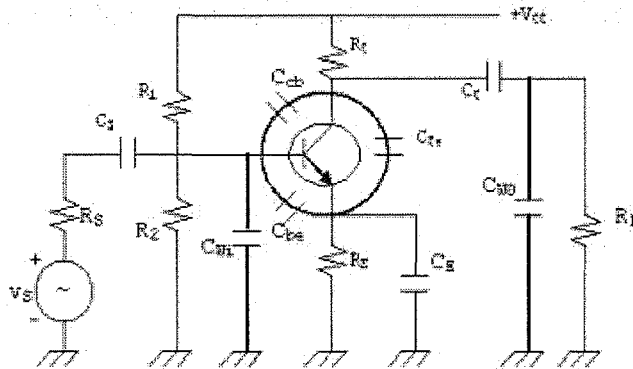
$$R_{eq} \approx \frac{R_s}{1 + \frac{R_s(g_m r_d)}{r_d}} = \frac{R_s}{1 + g_m R_s}$$

$$\Rightarrow R_{eq} \approx R_s // \frac{1}{g_m}$$

**3. Bộ khuếch đại tranzito ở tần số cao**

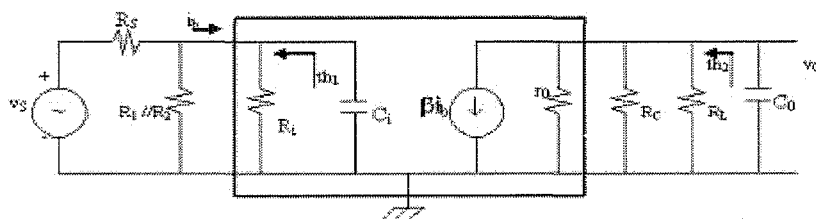
ở vùng tần số cao, có 2 vấn đề xác định điểm -3dB: điện dung của hệ thống (ký sinh và liên cực) và sự phụ thuộc vào tần số của hệ hay .

Ta xem mạch khuếch đại dùng BJT ở tần số cao như hình 3.9



Hình 3.9: Mạch khuếch đại BJT ở tần số cao

$C_{be}, C_{bc}, C_{ce}$  là các tụ liên cực của BJT do chế tạo.  $C_{wi}, C_w$  là các tụ ký sinh do hệ thống dây nối, mạch in ở ngõ vào và ngõ ra của BJT. Như vậy, mạch tương đương xoay chiều ở tần số cao có thể được vẽ lại như hình 3.10



Hình 3.10: Mạch tương đương của BJT ở tần số cao

Trong đó:  $C_i = C_{wi} + C_{be} + C_{Mi}$

$$C_o = C_{wo} + C_{ce} + C_{Mo}$$

Chú ý sự vắng mặt của  $C_{be}$ ,  $C_{cb}$ ,  $C_{ce}$  vì ở vùng tần số cao các tụ này xem như nối tắt Thông thường  $C_{be}$  và  $C_{ce}$  nhỏ nhất. Trong các sách tra cứu, nhà sản xuất thường chỉ cho biết  $C_{be}$ ,  $C_{bc}$  mà bỏ qua  $C_{ce}$ .

ở tần số rất cao, ảnh hưởng của  $C_i$  là làm giảm tổng trở vào của hệ thống, giảm biên độ tín hiệu đưa vào hệ thống (giảm dòng  $i_b$ ) và do đó làm giảm độ lợi của mạch. ở ngõ ra với:  $R_{th2} = R_c // R_L // r_o$

$$C_o = C_{wo} + C_{ce} + C_{Mo} \text{ với } C_{Mo} = \left(1 - \frac{1}{A_v}\right) \cdot C_{bc} \approx C_{bc}$$

Nên tần số cắt do ảnh hưởng của  $C_o$  là:

$$f_{HO} = \frac{1}{2\pi \cdot R_{th2} \cdot C_o}$$

ở tần số rất cao, dung kháng của  $C$  giảm nên làm giảm tổng trở ra của hệ thống và kết quả là  $v$  bị giảm và  $v$  sẽ tiến dần về 0 khi  $X$  càng nhỏ.

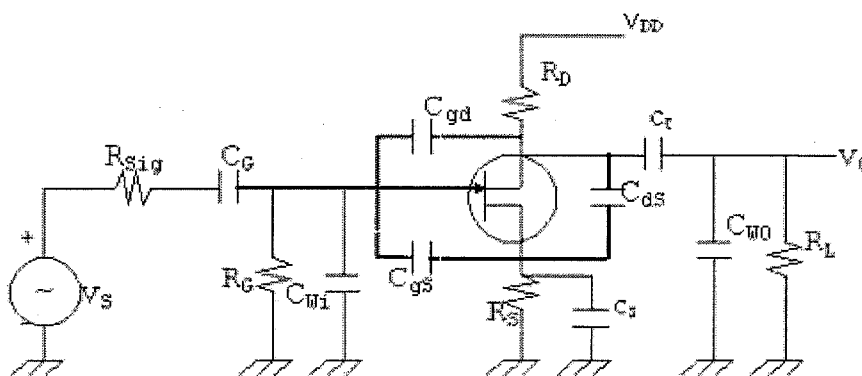
Tần số cắt cao của mạch được xác định là tần số cắt thấp trong 2 tần số cắt  $f$  và  $f_{HHO}$

Ngoài ra vì hfe (hay  $\beta$ ) cũng giảm khi tần số tăng nên cũng phải được xem là một yếu tố để xác định tần số cắt cao của mạch ngoài  $f_{Hi}$  và  $f_{H0}$ .

#### 4. FET ở tần số cao

Việc phân tích một mạch khuếch đại dùng FET ở tần số cao cũng tương tự như ở BJT. Với FET cũng có các điện dung liên cực  $C_{gs}$ ,  $C_{ds}$ ,  $C_{gd}$  và tụ ký sinh ngõ vào  $C_{wi}$ , ngõ ra  $C_{wo}$ .

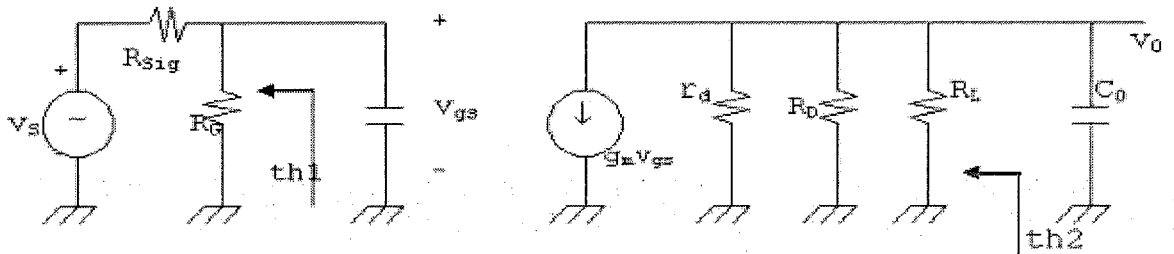
$C_{gs}$  và  $C_{gd}$  khoảng từ 1pF đến 10 pF trong lúc  $C_{ds}$  nhỏ hơn nhiều (từ 0.1pF đến 1pF). Ta xem mạch khuếch đại dùng FET như hình 3.11. Mạch tương đương xoay chiều như hình 3.12



Hình 3.11: Mạch khuếch đại dùng Fet ở tần số cao

Trong đó:  $C_i = C_{Wi} + C_{gS} + C$  Với  $M_i C_{Mi} = (1-AV)C_{gd}$

$$C_o = C_{pD} + C_{dS} + C_{MO} \text{ Với } C_{MO} = \left(1 - \frac{1}{A_v}\right) \cdot C_{gd}$$



Hình 3.12: Mạch t-ơng đ-ơng xoay chiều ở tần số cao

Để xác định tần số cắt do ảnh hưởng của  $C_i$  và  $C_o$  ta dùng mạch tương đương Thevenin ở ngõ vào và ngõ ra. Hình 3.14  
 ở ngõ vào hình 3.14 a

$$R_{th1} = R_{sig} // R_G$$

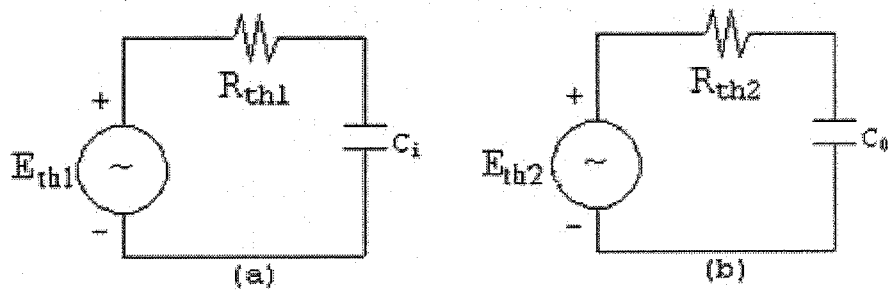
$$\text{Và: } f_{th} = \frac{1}{2\pi \cdot R_{th1} \cdot C_i}$$

ở ngõ ra Hình 3.14b

$$R_{th2} = R_D // R_L // r_d$$

$$\text{Và } f_{HO} = \frac{1}{2\pi \cdot R_{th2} \cdot C_o}$$

Tần số cắt cao của mạch là tần số cắt có trị nhỏ của  $f$  và  $f_{HHO}$



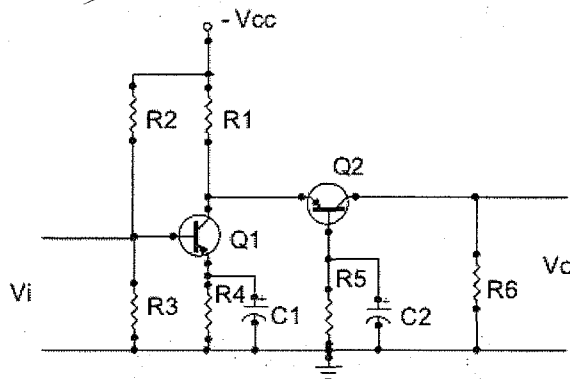
Hình 3.14: Mạch tương đương ngõ vào và ngõ ra

### BÀI 3: MẠCH GHÉP TRANZITO HỒI - TIẾP

#### 1. Tranzito ghép cascode

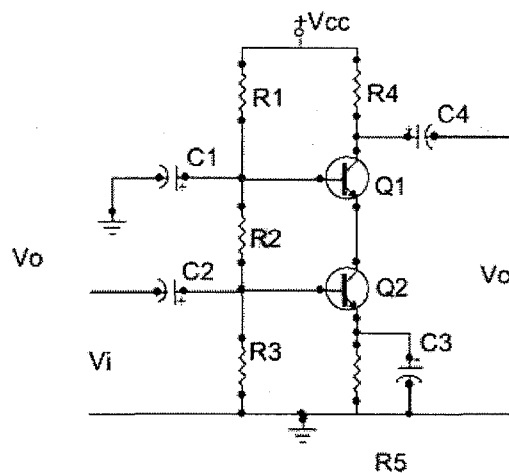
##### 1.1. Cấu tạo:

Đặc điểm của mạch là dùng 2 tầng khuếch đại mắc nối tiếp (Hình 2.1). Tầng thứ hai mắc theo kiểu BC để tăng tần số cắt, giảm nhiễu tạp, giảm thấp nhất hiệu ứng Miller ở tần số cao. Tầng thứ nhất theo kiểu EC, làm việc ở điện áp thấp, hệ số khuếch đại điện áp nhỏ để giảm hiệu ứng miller của tụ ở tần số cao. Song hệ số khuếch đại điện áp toàn mạch lại rất lớn (khoảng vài trăm lần).



Hình 2.1: Mạch khuếch đại cascode

Mạch thường được dùng để khuếch đại điện áp tín hiệu ở các mạch có tín hiệu và tổng trở vào nhỏ. Như ngõ vào của các mạch khuếch đại cao tần của thiết bị thu vô tuyến. Trong thực tế mạch thường được dùng Tranzito loại NPN để có nguồn cung cấp dương, tiện cho việc thiết kế mạch như hình 2.2.



Hình 2.2: Mạch khuếch đại cascode dùng nguồn d- ứng

Trong mạch:

- R1, R2, R3: Cầu điện trở phân cực cho Q1, Q2
- C1: Thoát mass xoay chiều cho cực B của Q1 Tăng hệ số khuếch đại tín hiệu điện áp
- R4: Điện trở tải lấy tín hiệu ra của mạch.
- R5: Điện trở ổn định nhiệt cho mạch.
- C3: Thoát mass xoay chiều nâng cao hệ số khuếch đại tín hiệu.
- C2, C4: Tụ liên lạc tín hiệu vào và ra của mạch. Trong thiết kế tùy vào tần số tín hiệu đi qua mạch mà người ta có thể chọn giá trị của tụ sao cho phù hợp.

### 1.2. Nguyên lý

Nguyên lí hoạt động của mạch có thể được trình bày đơn giản như sau:

Khi có tín hiệu ngõ vào qua tụ liên lạc C2 đặt vào cực B của Q2, khuếch đại và lấy ra trên cực C (Mạch được coi như mắc theo kiểu EC, có hệ số khuếch đại dòng điện và điện áp lớn hơn 1. Lúc này tín hiệu được đảo pha và đưa vào chân E của Q1, (Mạch được coi như mắc theo kiểu BC chỉ dùng khuếch đại điện áp) và được lấy ra trên chân C của Q1 và lấy ra trên tụ C4. Tín hiệu giữ nguyên pha từ Q2. Như vậy tín hiệu ra ngược pha với tín hiệu vào.

### 1.3. Các ứng dụng cơ bản:

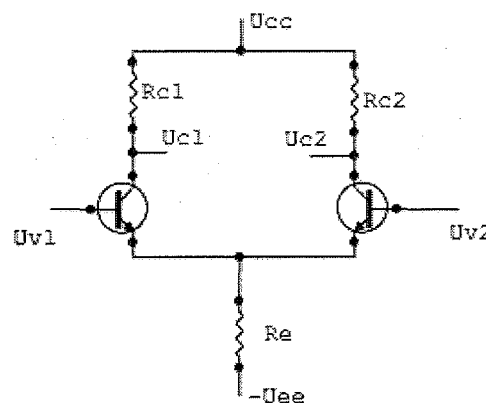
Như đã được trình bày ở trên, mạch khuếch đại cascode có tính chất tổng trở vào khá nhỏ tổng trở ra khá lớn, Giảm thấp nhất hiệu ứng Miller ở tần số cao nên được dùng chủ yếu trong các mạch khuếch đại cao tần trong các thiết bị thu vô tuyến nh Radiô, Ti vi..

## 2. Mạch khuếch đại vi sai

### a. Mạch khuếch đại vi sai cơ bản

Các mạch khuếch đại đã xét khuếch đại trực tiếp tín hiệu vào. Mạch khuếch đại vi sai chỉ khuếch đại sai lệch giữa hai tín hiệu vào.

Sơ đồ một mạch khuếch đại vi sai căn bản đ-ợc trình bày ở hình 2.3.



Hình 2.3: Mạch khuếch đại vi sai cơ bản

Mạch làm việc theo nguyên lí cầu cân bằng và có cấu trúc đối xứng. Hai Tranzito hoàn toàn giống nhau. Mạch có hai ngõ vào UV1 và UV2 và có một ngõ ra (UC1 và

$U_{c2}$ ). Điện áp lấy ra giữa hai cực C của Q1 và Q2 gọi là kiểu đối xứng. Nếu điện áp lấy ra giữa một trong hai cực C của Tranzito với Mass gọi là kiểu lấy ra không đối xứng.

Nếu cực B của Q1 có tín hiệu ngõ vào UV1, Cực B của Q2 có tín hiệu ngõ vào UV2 thì điện áp ngõ ra lấy ra giữa hai cực C là:

$$U_r = A.(U_{c1} - U_{c2})$$

Trong đó A là hệ số khuếch đại điện áp vi sai.

Điện áp ra  $U_c = U_{c1} = U_{c2}$  so với Mass là:

$$U_c = U_{cc} - I_c.R_c$$

ở chế độ một chiều (không có tín hiệu xoay chiều) như hình 2.3 thì do cực B nối qua điện trở  $R_b$  về Mass nên  $V_b \approx 0$ . Điện áp cực E là:

$$U_e = U_b = U_{be} = 0 - 0,7 = -0,7v$$

Dòng cực E:

$$I_e = \frac{U_e - (-U_{cc})}{R_e} = \frac{U_{cc} - 0,7}{R_e}$$

Vì Q1 và Q2 giống nhau nên:

$$I_{e1} = I_{e2} = \frac{I_e}{2}$$

$$I_{c1} = I_{c2} = \frac{I_e}{2}$$

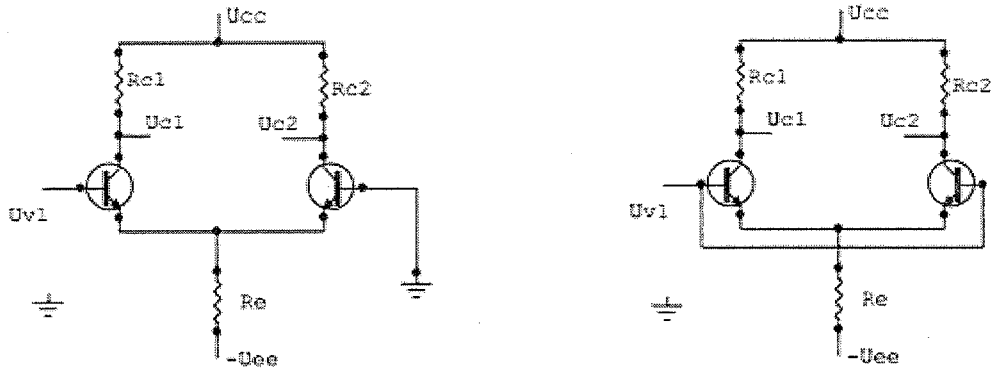
$$U_{c1} = U_{c2} = U_c = U_{cc} - I_c.R_c$$

### b. Các chế độ làm việc của mạch khuếch đại vi sai:

Khi đầu vào có tín hiệu xoay chiều (Chế độ xoay chiều) thì tùy cách đưa tín hiệu vào mà ta có các chế độ làm việc khác nhau:

- Chế độ vi sai: Có hai tín hiệu vào ở hai cực B (Hình 2.3)
- Chế độ đơn: Một tín hiệu vào ở một cực B, Cực B còn lại nối Mass (Hình 2.4)
- Chế độ đồng pha: Một tín hiệu cùng đưa vào hai cực B (Hình 2.5)

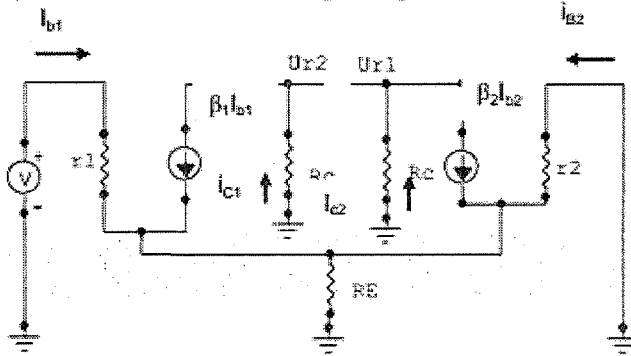




Hình 2.4: Mạch khuếch đại vi sai chế độ đơn. Hình 2.5: Mạch khuếch đại vi sai chế độ đồng pha.

➤ Chế độ đơn:

Sơ đồ mạch nh- hình 2.4. Sơ đồ t- đ- ng hình 2.4a



Hình 2.4a: Sơ đồ t- đ- ng mạch khuếch đại vi sai ở chế độ đơn

Nếu hai Tranzito hoà toàn giống nhau thì:

$$I_{b1} = I_{b2} = I_b$$

$$B_1 = B_2 = \beta$$

$$R_1 = r_2 = r = \beta \cdot r_e$$

Vì RE thường rất lớn nên áp dụng định luật Kirchhoff ta có:

$$U_{v1} - I_b \cdot r - I_{br} = 0$$

Suy ra: 
$$I_b = \frac{U_{v1}}{2r}$$

Dòng điện cực C tranzito: 
$$I_c = \beta I_b = \beta \cdot \frac{U_{v1}}{2r}$$

$$U_R = I_c \cdot R_C = \beta \cdot \frac{R_C}{2r} U_{v1} = \beta \cdot \frac{R_C}{2\beta r_e} U_{v1} = \frac{r_c}{2r_e} U_{v1}$$

Điện áp ra:

Hệ số khuếch đại điện áp:

$$K_D = \frac{U_R}{U_{V1}} = \frac{R_C}{2r_e}$$

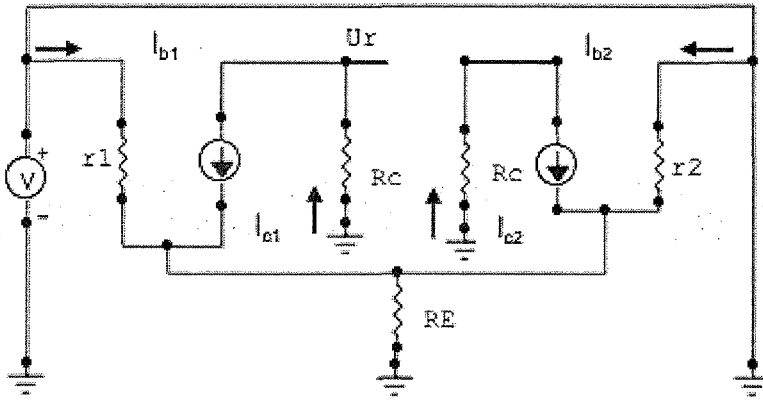
➤ Chế độ vi sai:

Khi đưa tín hiệu khác nhau vào hai đầu vào của mạch vi sai, mạch sẽ làm việc trong chế độ vi sai. Tương tự như chế độ đơn, hệ số khuếch đại của mạch vi sai:

$$K_{vs} = U_{V1} - U_{V2} = U_{R1} - U_{R2}$$

➤ Chế độ đồng pha:

Sơ đồ mạch khuếch đại vi sai ở chế độ đồng pha được trình bày ở hình 2.5. Sơ đồ tương đương được trình bày ở hình 2.5a:



Hình 2.5a: Sơ đồ t-ương đ-ương mạch khuếch đại vi sai ở chế độ đồng pha

Theo sơ đồ t-ương đ-ương ta viết đ-ợc:

$$I_b = \frac{U_V - 2(\beta + 1)I_b \cdot R_E}{r}$$

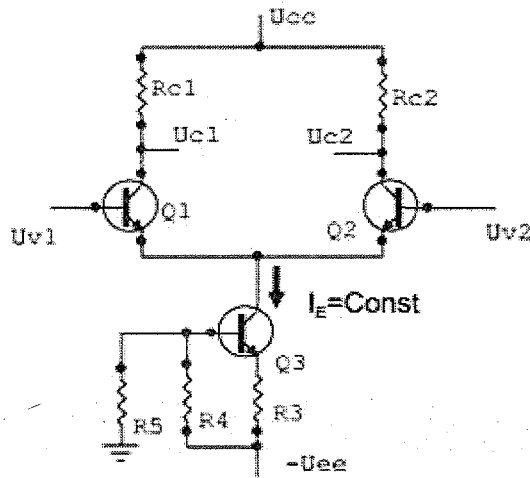
Suy ra:

$$I_b = \frac{U_V}{r + 2(\beta + 1) \cdot R_E}$$

Điện áp ra là:  $U_R = I_C \cdot R_C = \beta I_b \cdot R_C = \frac{\beta U_V \cdot R_C}{r + 2(\beta + 1) \cdot R_E}$

Hệ số khuếch đại đồng pha:

$$K_{dp} = \frac{\beta \cdot R_C}{r + 2(\beta + 1) \cdot R_E}$$



Hình 2.6: Mạch khuếch đại vi sai dùng nguồn dòng hằng

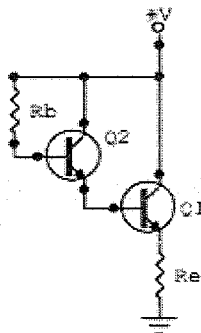
Một mạch khuếch đại vi sai tốt khi hệ số khuếch đại vi sai lớn, hệ số khuếch đại đồng pha nhỏ. Theo công thức tính hệ số khuếch đại, nếu  $R_E$  lớn thì hệ số khuếch đại đồng pha giảm. Trong thực tế, để tăng  $R_E$ , mà dòng  $I_E$  không đổi người ta dùng một nguồn dòng cố định như hình 2.6

Trên sơ đồ mạch điện  $Q_1$  và  $Q_2$  là mạch khuếch đại vi sai,  $Q_3$  là mạch tạo nguồn dòng hằng. Trong đó:  $R_4, R_5$  Là cầu phân áp tạo điện áp phân cực (dòng phân cực) cho Tranzito  $Q_3$ , điện trở  $R_3$  giữ nhiệm vụ hạn chế dòng cho Tranzito  $Q_3$

### 3. Mạch khuếch đại Dalington

#### a. Cấu tạo:

Mạch khuếch đại Darlington dạng cơ bản được trình bày ở hình 2.7. Đặc điểm của mạch là: Điện trở vào lớn, điện trở ra nhỏ, hệ số khuếch đại dòng lớn, hệ số khuếch đại điện áp  $\approx 1$  trên tải Êmitơ.



Hình 2.7: Mạch khuếch đại Dalington cơ bản

Cách phân cực của mạch là lấy dòng  $I_e$  của  $Q_1$  làm dòng  $I_b$  của  $Q_2$ . Hai tranzito tương đương với 1 tranzito khi đó  $\beta_D = \beta_1 - \beta_2$  và  $V_{be} = 1,6V$ . dòng cực gốc  $I_b$  được tính:

$$I_b = \frac{V_{cc} - V_{be}}{R_b + \beta_D \cdot R_c}$$

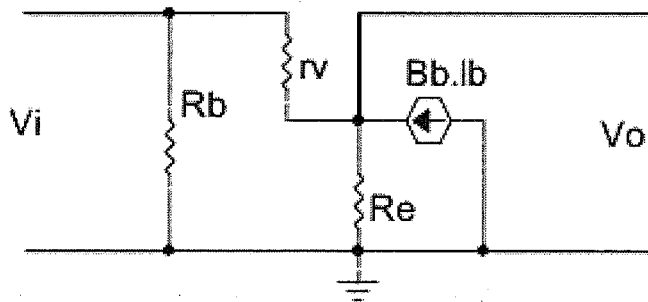
Do  $\beta_D$  rất lớn nên:

$$I_c = (\beta_D + 1) \cdot I_b \approx \beta_D \cdot I_b$$

Điện áp phân cực là:

$$V_e = I_c \cdot R_e$$

$$V_b = V_e + R_e$$



Hình 2.8: Sơ đồ tương đương mạch khuếch đại Dalington

- Tính trở kháng vào  $Z_i$

Dòng cực B chạy qua  $r_v$  là: 
$$I_b = \frac{V_i - V_o}{r_v}$$

Vi: 
$$V_o = (I_b + \beta_D \cdot I_b) \cdot R_c$$

$$\Rightarrow I_b \cdot r_v = V_i - V_o = V_i - I_b (1 + \beta_D \cdot R_c)$$

$$\Rightarrow V_i = I_b \cdot (r_v + (1 + \beta_D) \cdot R_c)$$

Trở kháng vào nhìn từ cực B của Tranzito :

$$\Rightarrow \frac{V_i}{I_b} = r_v + \beta_D \cdot R_c$$

$\Rightarrow$

$\Rightarrow$  Trở kháng vào của mạch:

$$Z_i = R_b // (r_v + \beta_D \cdot R_c)$$

- Hệ số khuếch đại dòng:  $A_i$

Dòng điện ra trên  $R_E$

$$I_o = I_b + \beta_D \cdot R_e = (\beta_D + 1) \cdot I_b \approx \beta_D \cdot I_b$$

Với 
$$\frac{I_o}{I_b} = \beta_D$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_o}{I_b} \cdot \frac{I_b}{I_i}$$

Với: 
$$I_b = \frac{R_b}{(r_v + \beta_D \cdot R_e) + R_b} I_i \approx \frac{R_b}{\beta_D \cdot R_e + R_b} I_i$$

$$\Rightarrow A_i = \beta_D \cdot \frac{R_b}{\beta_D \cdot R_e + R_b} = \frac{\beta_D \cdot R_b}{\beta_D \cdot R_e + R_b}$$

- Trở kháng ra:  $Z_o$

Ta có:

$$I_o = \frac{V_o}{R_e} + \frac{V_o}{r_i} - \beta_D \cdot I_b = \frac{V_o}{R_e} + \frac{V_o}{r_i} - \beta_D \left( \frac{V_o}{r_i} \right) = \left( \frac{1}{R_e} + \frac{1}{r_i} + \frac{\beta_D}{r_i} \right) V_o$$

Mặt khác:

$$Z_o = \frac{V_o}{I_o} = \frac{1}{\frac{1}{R_e} + \frac{1}{r_i} + \frac{\beta_D}{r_i}}$$

$\Rightarrow$  Hệ số khuếch đại dòng của mạch là:

- Hệ số khuếch đại điện áp:

$$V_o = (I_b + \beta_D \cdot I_b) \cdot R_e = I_b (R_e + \beta_D \cdot R_e)$$

$$V_i = I_b \cdot r_i + R_e \cdot (I_b + \beta_D \cdot I_b)$$

Ta có:

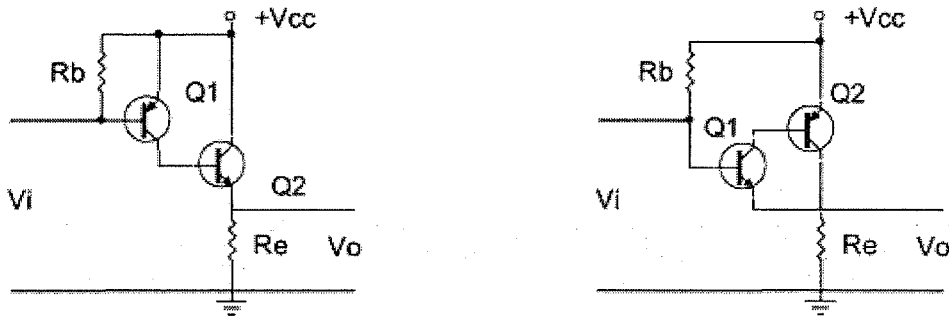
$$V_i = I_b (r_i + R_e + \beta_D \cdot I_i)$$

$$V_o = \frac{V_i}{r_i + (R_e + \beta_D \cdot R_e)} \cdot (R_e + \beta_D \cdot R_e)$$

$$A_u = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R_e + \beta_D \cdot R_e}{r_i + (R_e + \beta_D \cdot R_e)} \approx 1$$

### b. ứng dụng

Trong thực tế ứng dụng ngoài cách mắc căn bản dùng hai tranzito cùng loại PNP hoặc NPN người ta còn có thể dùng hai Tranzito khác loại để tạo thành mạch khuếch đại Darlington như hình minh họa:



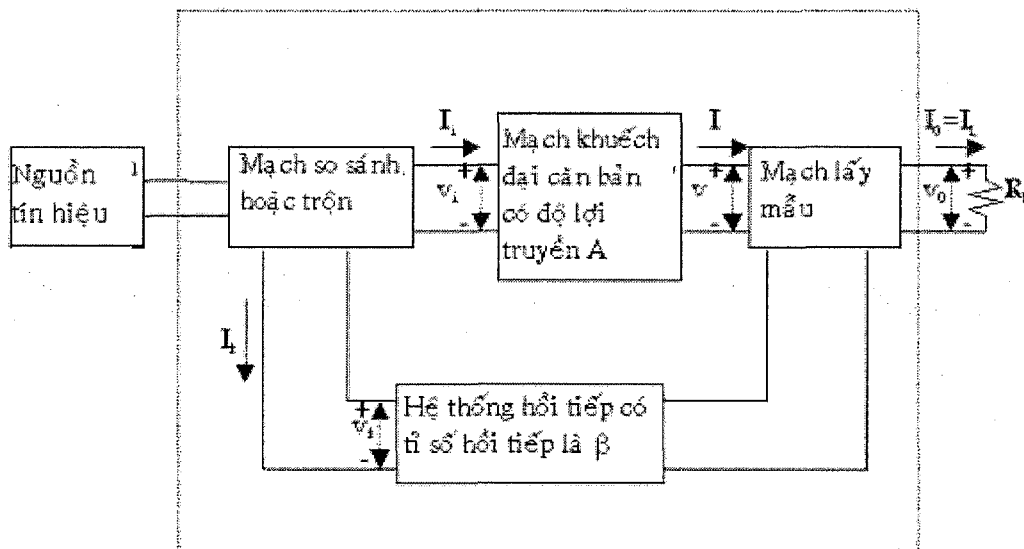
Hình 2.9: Một số dạng mạch khuếch đại Darlington

Mạch khếch đại Dalington cơ bản được trình bày ở hình2.9.Đặc điểm của nó là: Điện trở vào lớn, điện trở ra nhỏ, hệ số khuếch đại dòng lớn, hệ số khuếch đại điện áp  $\sim 1$  trên tải cực E.

## 4. Khái niệm về mạch hồi tiếp

### a. Khái niệm:

Một mạch khuếch đại hồi tiếp gồm các bộ phận như sau: Hình 2.10

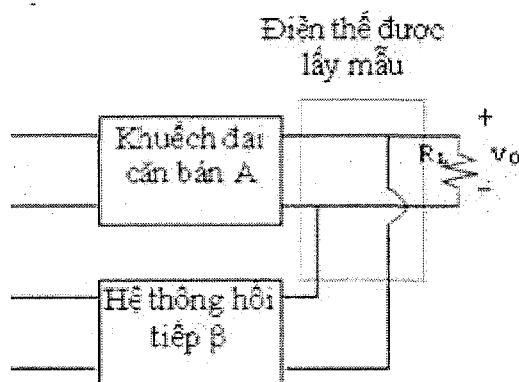


Hình 2.10: Các thành phần cơ bản của mạch hồi tiếp

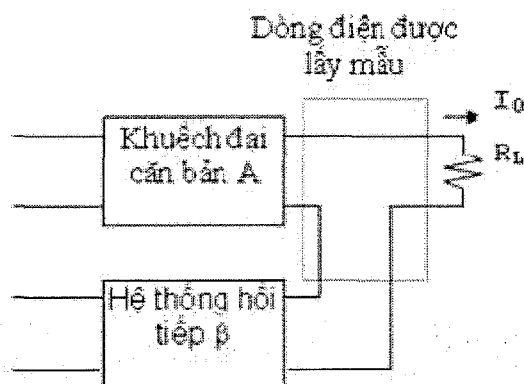
Nguồn tín hiệu: Có thể là nguồn điện thế VS nối tiếp với một nội trở RS hay nguồn dòng điện IS song song với nội trở RS.

Hệ thống hồi tiếp: Thường dùng là một hệ thống 2 cổng thụ động (chỉ chứa các thành phần thụ động như điện trở, tụ điện, cuộn dây).

Mạch lấy mẫu: Lấy một phần tín hiệu ở ngõ ra đưa vào hệ thống hồi tiếp. Trường hợp tín hiệu điện thế ở ngõ ra được lấy mẫu thì hệ thống hồi tiếp được mắc song song với ngõ ra ( hình 2.11) và trong trường hợp tín hiệu dòng điện ở ngõ ra được lấy mẫu thì hệ thống hồi tiếp được mắc nối tiếp với ngõ ra. ( hình 2.12 )



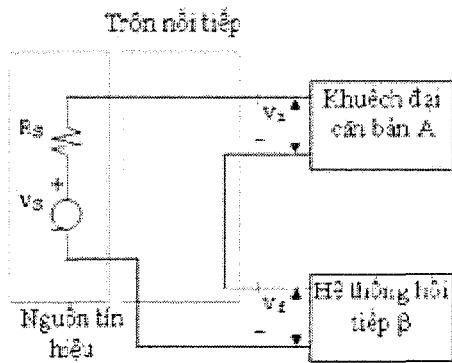
Hình 2.11: Mạch lấy mẫu điện thế



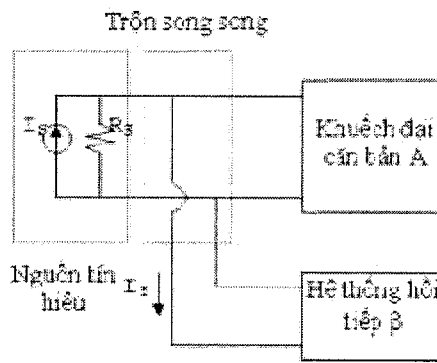
Hình 2.12: Mạch lấy mẫu dòng điện

Mạch so sánh hoặc trộn:

Hai loại mạch trộn rất thông dụng là loại trộn ngõ vào nối tiếp và loại trộn ngõ vào song song.



Hình 2.13: Mạch trộn nối tiếp



Hình 2.14: Mạch trộn song song

Tỉ số truyền hay độ lợi:

Ký hiệu A trong hình 2.10 biểu thị tỉ số giữa tín hiệu ngõ ra với tín hiệu ngõ vào của mạch khuếch đại căn bản. Tỉ số truyền  $v/v_i$  là độ khuếch đại điện thế hay độ lợi điện thế AV. Tương tự tỉ số truyền  $I/I_i$  là độ khuếch đại dòng điện hay độ lợi dòng điện AI của mạch khuếch đại. Tỉ số  $I/v_i$  được gọi là điện dẫn truyền (độ truyền dẫn Transconductance) GM và  $v/I_i$  được gọi là điện trở truyền RM. Như vậy GM và RM được định nghĩa như là tỉ số giữa hai tín hiệu, một ở dạng dòng điện và một ở dạng điện thế. Độ lợi truyền A chỉ một cách tổng quát một trong các đại lượng AV, AI, GM, RM của một mạch khuếch đại không có hồi tiếp tùy theo mô hình hóa được sử dụng trong việc phân giải.

Ký hiệu Af được định nghĩa như là tỉ số giữa tín hiệu ngõ ra với tín hiệu ngõ vào của mạch khuếch đại hình 2.10 và được gọi là độ lợi truyền của mạch khuếch đại với hồi tiếp. Vậy thì Af dùng để diễn tả một trong 4 tỉ số:

$$\frac{v_o}{v_s} = A_v, \quad \frac{I_o}{I_s} = A_i$$

$$\frac{I_o}{v_s} = G_M, \quad \frac{v_o}{I_s} = R_M$$

Sự liên hệ giữa độ lợi truyền Af và độ lợi A của mạch khuếch đại căn bản (chưa có hồi tiếp) sẽ được tìm hiểu trong phần sau.

Trong một mạch có hồi tiếp, nếu tín hiệu ngõ ra gia tăng tạo ra thành phần tín hiệu hồi tiếp đưa về ngõ vào làm cho tín hiệu ngõ ra giảm trở lại ta nói đó là mạch hồi tiếp âm (negative feedback).

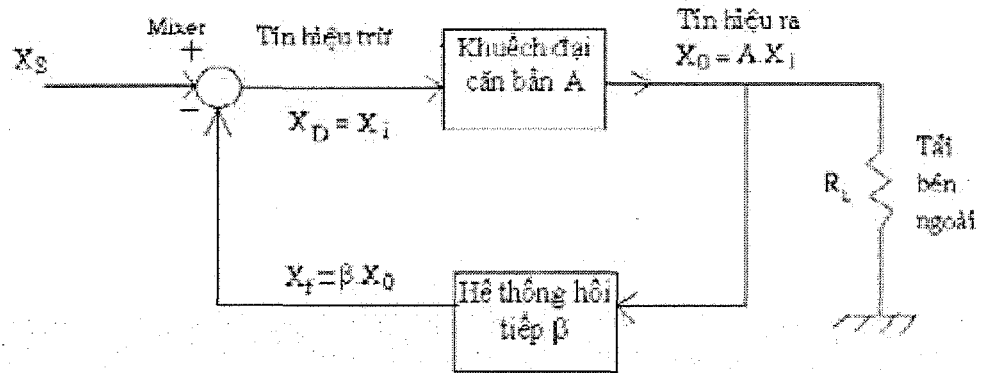
### b. Phân loại và độ lợi các dạng hồi tiếp:

Một mạch khuếch đại có hồi tiếp có thể được diễn tả một cách tổng quát như hình 2.14.

Để phân giải một mạch khuếch đại có hồi tiếp, ta có thể thay thế thành phần tích cực (BJT, FET, OP-AMP ...) bằng mạch tương đương tín hiệu nhỏ. Sau đó dùng định

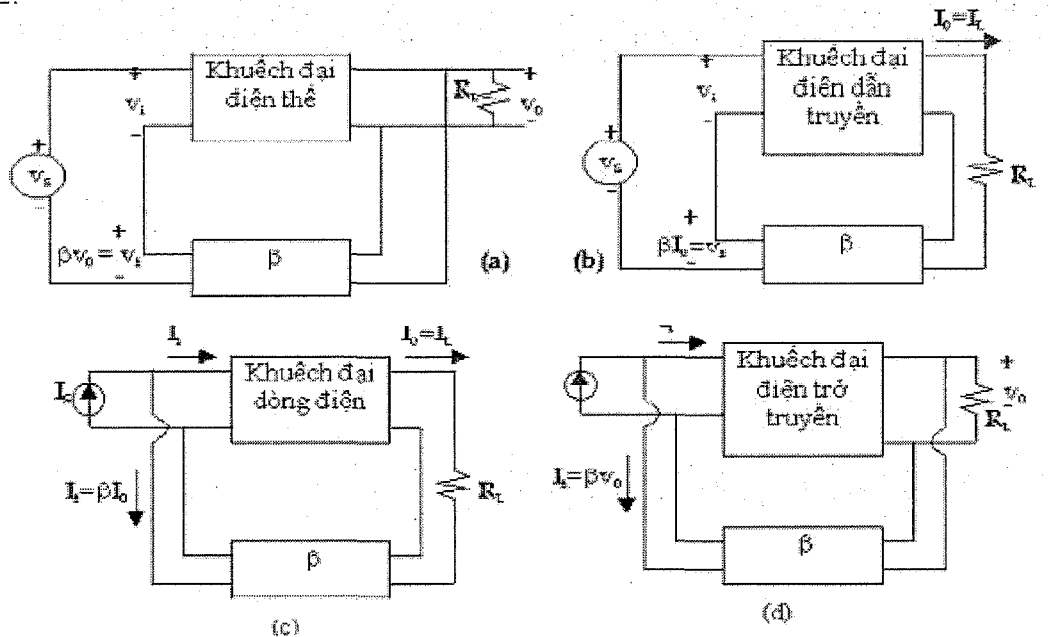


luật Kirchoff để lập các phương trình liên hệ.



Hình 2.14: Sơ đồ tổng quát một mạch khuếch đại có hồi tiếp

Trong mạch hình 2.14 có thể là một mạch khuếch đại điện thế, khuếch đại dòng điện, khuếch đại điện dẫn truyền hoặc khuếch đại điện trở truyền có hồi tiếp như được diễn tả ở hình 2.15.



Hình 2.15: Các dạng mạch khuếch đại hồi tiếp

- (a) Khuếch đại điện áp với hồi tiếp điện thế nối tiếp
- (b) Khuếch đại điện dẫn truyền với hồi tiếp dòng điện nối tiếp
- (c) Khuếch đại dòng điện với hồi tiếp dòng điện song song
- (d) Khuếch đại điện trở truyền với hồi tiếp điện thế song song

Trong hình 2.14, nội trở nguồn RS được xem như một thành phần của mạch khuếch đại căn bản. độ lợi truyền A (AV, AI, GM, RM) bao gồm hiệu ứng của tải RL và của hệ thống hồi tiếp lên mạch khuếch đại.

Tín hiệu vào XS, tín hiệu ra X0, tín hiệu hồi tiếp Xf, tín hiệu trừ Xd có thể là điện thế hay dòng điện. Những tín hiệu này cũng như tỉ số A và được tóm tắt trong bảng sau đây.

Tín hiệu hay tỉ số	Loại hồi tiếp			
	Điện thế nối tiếp (a)	Dòng điện nối tiếp (b)	Dòng điện song song (c)	Điện thế song song (d)
X0	Điện thế	Dòng điện	Dòng điện	Điện thế
Xs, Xf, Xd	Điện thế	Điện thế	Dòng điện	Dòng điện
A	AV	GM	AI	RM
$\beta$	$\frac{v_f}{v_o}$	$\frac{i_f}{i_o}$	$\frac{I_c}{I_e}$	$\frac{I_f}{v_o}$

Bảng 2.1: Tín hiệu điện áp và dòng điện trong các mạch khuếch đại hồi tiếp

Như vậy:  $X_d = X_s - X_f = X_i$

Hệ số hồi tiếp được định nghĩa:  $\beta = \frac{X_f}{X_o}$

Hệ số thường là một số thực dương hay âm, nhưng một cách tổng quát là một hàm phức theo tần số tín hiệu.

độ lợi truyền A được định nghĩa:

$$A = X_o / X_i$$

Vậy:  $A_f = \frac{X_o}{X_s}$  Độ lợi của mạch có hồi tiếp

$$\begin{aligned} A_f &= \frac{X_o}{X_s} = \frac{X_o}{X_i} \cdot \frac{X_i}{X_s} = A \cdot \frac{X_s - X_f}{X_s} = A \left( \frac{X_s - \beta X_o}{X_s} \right) \\ &= A \left( 1 - \beta \cdot \frac{X_o}{X_s} \right) = A(1 - \beta A_f) \\ &= A - A\beta A_f \Rightarrow A_f(1 + \beta A) = A \\ &\Rightarrow A_f = \frac{X_o}{X_s} \end{aligned}$$

Đại lượng A biểu diễn độ lợi truyền của mạch khuếch đại tương ứng không có hồi tiếp nhưng bao gồm ảnh hưởng của hệ thống, RL, RS.

Nếu  $|A_f| < |A|$  hồi tiếp được gọi là hồi tiếp âm

Nếu  $|A_f| > |A|$  hồi tiếp được gọi là hồi tiếp dương

Biểu thức trên cho ta thấy khi có hồi tiếp âm, độ lợi giảm đi  $(1+A)$  lần so với độ lợi của mạch căn bản không có hồi tiếp.

Độ lợi vòng (loop gain):

Tín hiệu  $X_d$  trong hình 2.14 được nhân với  $A$  khi qua mạch khuếch đại, được nhân với khi truyền qua hệ thống hồi tiếp và được nhân với  $-1$  trong mạch trộn và trở lại ngõ vào. Vì vậy  $T = -A$  được gọi là độ lợi vòng và đại lượng  $F = 1 + A = 1 - T$  được gọi là thừa số hồi tiếp. Người ta thường dùng đại lượng

$$N(\text{dB}) = 20 \log \left| \frac{A_f}{A} \right| \text{ tức } N(\text{dB}) = 20 \log \left| \frac{1}{1 + \beta A} \right|$$

để biểu diễn ảnh hưởng của lượng hồi tiếp lên mạch khuếch đại. Nếu là hồi tiếp âm thì  $N < 0$ .

### c. Tính chất của mạch khuếch đại có hồi tiếp:

Trong mạch khuếch đại hồi tiếp âm làm giảm độ lợi truyền nhưng lại có một số ưu điểm nổi bật nên được ứng dụng rộng rãi.

#### ❖ Giữ vững độ khuếch đại:

Thông số của BJT hay FET không phải là một hằng số mà chúng thay đổi rất nhiều theo nhiệt độ, ngay cả các thông số này cũng không giống nhau khi thay thế từ một mẫu này sang một mẫu khác. Do đó, khi nhiệt độ thay đổi hay khi thay thế linh kiện tác động độ lợi  $A$  của mạch sẽ thay đổi.

$$\text{Khi có hồi tiếp: } A_f = \frac{A}{1 + \beta A}$$

Sự thay đổi của  $A_f$  khi  $A$  thay đổi được xác định như sau:

$$\begin{aligned} \frac{dA_f}{A_f} &= \frac{dA}{A} \cdot \frac{d(1 + \beta A)}{1 + \beta A} = \frac{dA + \beta A dA - \beta A dA}{A(1 + \beta A)} \\ \Rightarrow \frac{dA_f}{A_f} &= \frac{dA}{A} \cdot \frac{1}{1 + \beta A} \end{aligned}$$

Vậy khi mạch có hồi tiếp, khi độ lợi  $A$  của mạch không có hồi tiếp thay đổi thì độ lợi của toàn mạch (có hồi tiếp) thay đổi nhỏ hơn  $(1+A)$  lần. Trong trường hợp  $|A| \gg 1$  thì:

$$A_f = \frac{A}{1 + \beta A} \approx \frac{A}{\beta A} \approx \frac{1}{\beta}$$

Nghĩa là mạch khuếch đại sau khi thực hiện hồi tiếp âm độ lợi chỉ còn tùy thuộc vào hệ số hồi tiếp mà thôi. Thông thường hệ số hồi tiếp có thể được xác định bởi

các thành phần thụ động không liên hệ với transistor nên độ lợi của mạch sẽ được giữ vững.

❖ Giảm sự biến dạng:

Biến dạng gồm có biến dạng tần số do sự khuếch đại không đồng đều ở các tần số và biến dạng phi tuyến do đặc tính không tuyến tính của BJT và FET làm phát sinh hài (harmonic signal) chồng lên tín hiệu được khuếch đại làm biến dạng tín hiệu ngõ ra. Như vậy ở ngõ ra ngoài thành phần tín hiệu vào được khuếch đại còn có một thành phần nhiễu xuất phát từ sự biến dạng của mạch, ta đặt là D.

Tín hiệu ngõ ra:  $X_0 = AX_i + D$

Khi có hồi tiếp âm, nếu ta giữ  $X_i$  không đổi thì tín hiệu ra giảm vì độ lợi  $A_f < A$ . Nhưng vì sự biến dạng tỉ lệ với  $A_f$  nên cũng giảm theo.

Khi có hồi tiếp âm, mạch khuếch đại A vẫn cho thành phần biến dạng D nhưng ở ngõ ra của mạch toàn phần sự biến dạng bây giờ chỉ còn là  $D_f$

$$\begin{aligned} D_f &= D - \beta A D_f \\ \Rightarrow D_f (1 + \beta A) &= D \\ \Rightarrow D_f &= \frac{D}{1 + \beta A} \end{aligned}$$

Vậy nhiễu cũng giảm đi  $1 + \beta A$  lần khi có hồi tiếp âm

❖ Gia tăng dải tần hoạt động:

Độ lợi truyền của các mạch khuếch đại thường là một hàm số theo tần số (xem lại chương đáp tuyến tần số).

- ở tần số cao ta có:

$$A = \frac{A_m}{1 + j \frac{f}{f_H}}$$

Trong đó  $A_m$  là độ lợi của mạch ở tần số giữa

$f_H$  là tần số cắt cao

Nếu mạch có hồi tiếp âm thì độ lợi truyền bây giờ là  $A_f$

$$A_f = \frac{A}{1 + \beta A} = \frac{\frac{A_m}{1 + j \frac{f}{f_H}}}{1 + \beta \frac{A_m}{1 + j \frac{f}{f_H}}} = \frac{A_m}{1 + \beta A_m + j \frac{f}{f_H}}$$

$$\begin{aligned} \text{Hay } A_f &= \frac{A_m}{(1 + \beta A_m) \left[ 1 + j \frac{f}{(1 + \beta A_m) f_H} \right]} \\ &= \frac{A_m}{1 + \beta A_m} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{f}{(1 + \beta A_m) f_H}} \end{aligned}$$

Tần số tại đó độ lợi giảm đi 3dB ứng với:

$$\frac{f}{(1 + \beta A_m) f_H} = 1 \Rightarrow f_H = f_H (1 + \beta A_m)$$

Như vậy khi thực hiện hồi tiếp âm, tần số cắt cao tăng thêm  $(1 + A_m)$  lần. Tương tự ở tần số thấp:

$$A = \frac{A_m}{1 - j \frac{f_L}{f}}$$

với  $f_L$  là tần số cắt thấp của mạch khuếch đại căn bản không có hồi tiếp.

Dùng cách phân giải tương tự ta cũng tìm được:

$$f_{L_f} = \frac{f_L}{1 + \beta A_m}$$

Đề ý là trong âm thanh  $f_H \gg f_L$  nên độ rộng băng tần thường được xem như gần bằng  $f_H$  hay  $f_H f$ .

## 5. Trở kháng vào ra của mạch khuếch đại

### 5.1. Trở kháng vào của bộ khuếch đại

Bây giờ ta xét ảnh hưởng của hồi tiếp âm lên tổng trở vào của mạch khuếch đại.

- Nếu tín hiệu hồi tiếp đưa về ngõ vào là điện thế và nối tiếp với điện thế ngõ vào (hình 2.15a và hình 2.15b) thì tổng trở vào sẽ tăng.

Vì điện thế hồi tiếp  $v_f$  ngược chiều với  $v_S$  nên dòng điện vào  $I_i$  nhỏ hơn khi mạch chưa có hồi

- Nếu tín hiệu hồi tiếp đưa về ngõ vào là dòng điện và mắc song song với tín hiệu dòng điện ngõ vào (hình 2.15c và 2.15d) thì tổng trở vào sẽ giảm.

Vì  $I_i = I_S - I_f$  nên  $I_i$  (với một giá trị xác định của  $I_f$ ) sẽ nhỏ hơn khi chưa có hồi tiếp âm.

Các đặc tính của 4 loại mạch hồi tiếp âm đ-ợc tóm tắt ở bảng 2.2

Dạng mẫu	Loại hồi tiếp			
	Điện thế nối tiếp	Dòng điện nối tiếp	Dòng điện song song	Điện thế song song
$R_{of}$	Hình 8.11a Giảm	Hình 8.11b Tăng	Hình 8.11c Tăng	Hình 8.11d Giảm
$R_{if}$	Tăng	Tăng	Giảm	Giảm
Đặc tính	Khuếch đại điện thế	Khuếch đại điện dẫn truyền	Khuếch đại dòng điện	Khuếch đại điện trở truyền
Giới vãng	$A_{vf}$	$G_{MF}$	$A_{if}$	$R_{MF}$
Băng tần	Tăng	Giảm	Tăng	Giảm
Biến dạng	Giảm		Giảm	

Bảng 2.2: ảnh hưởng của hồi tiếp âm lên mạch khuếch đại

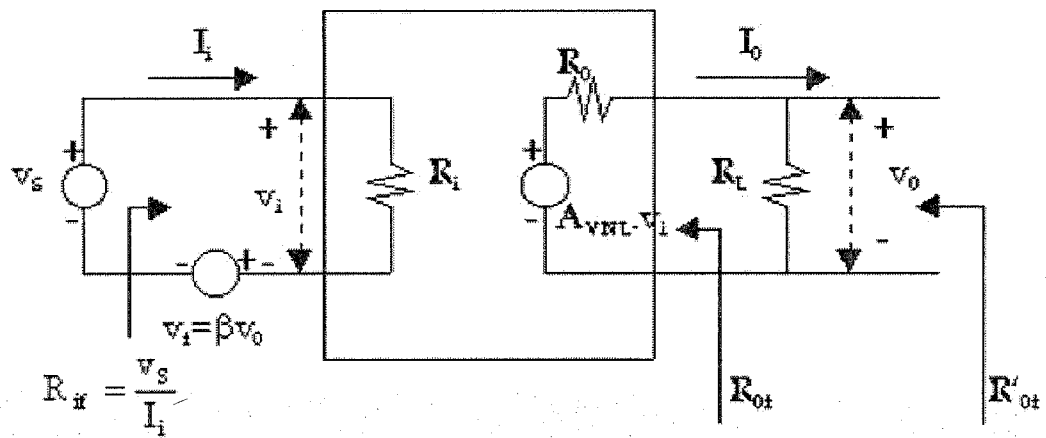
### 5.1.1 Mạch hồi tiếp điện áp nối tiếp:

Dạng mạch được vẽ trong hình 2.16 với mạch khuếch đại được thay thế bằng mạch tương đương Thevenin. Trong mạch AVNL diễn tả độ lợi điện áp của mạch hở (không tải) nhưng xem  $R_S$  như một thành phần của mạch khuếch đại.

Từ hình 2.16 ta thấy điện trở ngõ vào hồi tiếp là:  $R_f = \frac{v_i}{I_i}$

Trong đó:  $v_s = R_s I_i + v_f = R_s I_i + \beta v_o$

Và:  $v_o = \frac{A_{FNL} v_i R_L}{R_o + R_L} \Rightarrow \frac{v_o}{v_i} = \frac{A_{FNL} R_L}{R_o + R_o}$

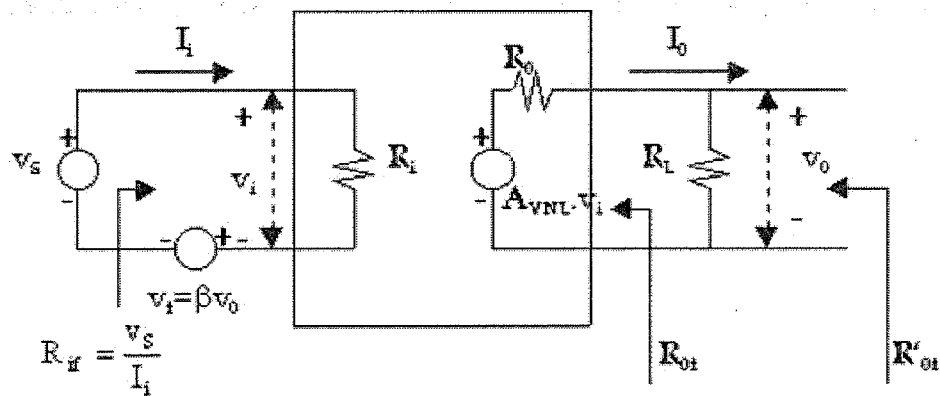


Hình 2.16: Mạch khuếch đại hồi tiếp điện áp nối tiếp

### 5.1.2 Mạch hồi tiếp dòng điện nối tiếp:

Dạng mạch mẫu được vẽ trong hình 2.17

$$R_{if} = R_i(1 + A_v) > R_i$$



Hình 2.17: Mạch hồi tiếp dòng điện nối tiếp

Từ hình 2.17, ta có:  $R_x = \frac{v_s}{I_i}$

Và  $v_s = R_s I_i + v_i = R_s I_i + \beta I_o$

$$I_o = \frac{G_m v_i R_o}{R_o + R_L}$$

$$\text{Đặt: } G_m = \frac{I_o}{v_i} = \frac{G_m R_o}{R_o + R_L}$$

$$\text{Vậy: } I_o = G_m v_i = G_m R_i I_i$$

$$\text{Nên: } R_{y'} = \frac{v_s}{I_i} = \frac{R_i I_i + \beta I_o}{I_i} = \frac{R_i I_i + \beta G_m R_i I_i}{I_i}$$

$$\text{Suy ra: } R_{y'} = R_i (1 + \beta G_m)$$

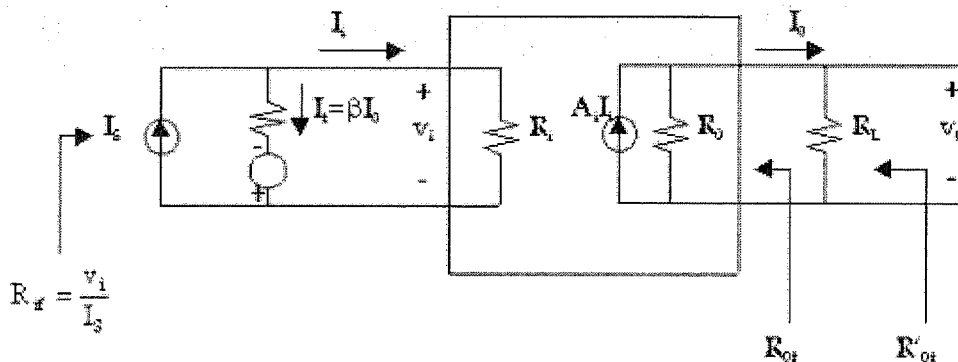
Và  $G_m = \lim G_M$

Trong đó:  $G_m$  là điện dẫn truyền của mạch nối tắt ( $R_L = 0$ )

$G_M$  là điện dẫn truyền của mạch không có hồi tiếp nhưng có tải.

### 5.1.3 Mạch hồi tiếp dòng điện song song:

Dạng mạch được vẽ trong hình 2.18 với mạch khuếch đại được thay thế bằng mạch tương đương Norton. Trong mạch này  $A_i$  biểu thị dòng điện của mạch nối tắt ( $R_L = 0$ ) với nội trở nguồn  $R_S$  được xem như một thành phần của mạch khuếch đại.



Hình 2.18: Mạch hồi tiếp dòng điện song song

Từ hình 2.18 ta có:  $I_s = I_i + I_f = I_i + \beta I_o$

$$\text{Và: } I_o = \frac{A_i I_i R_o}{R_o + R_L} = A_i I_i$$

$$\text{Trong đó: } A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{A_i R_o}{R_o + R_L}$$

Với  $A_i$  là độ lợi dòng điện khi không có hồi tiếp nhưng có tải  $R_L$ , nh- vậy

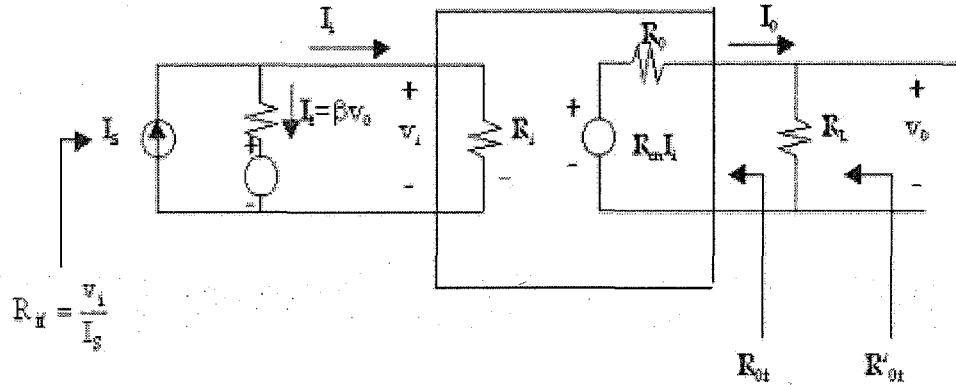
$$I_s = I_i + I_f = I_i + \beta I_o = I_i (1 + \beta A_i)$$

$$\text{Với } R_{y'} = \frac{v_i}{i_s} \text{ và } R_i = \frac{v_i}{I_i}; \text{ ta tìm đ-ợc: } r_{y'} = \frac{v_i}{(1 + \beta A_i) I_i}$$



### 5.1.4 Mạch hồi tiếp điện áp song song:

Dạng mạch đ-ợc vẽ trong hình 2.19



Hình 2.19: Mạch khuếch đại hồi tiếp điện áp song song

Từ mạch trên ta có:

$$I_s = I_1 + I_f = I_1 + \beta v_o$$

$$\text{và } v_o = \frac{R_m I_1 R_L}{R_L + R_o} = R_M I_1$$

$$\text{Trong đó: } R_M = \frac{v_o}{I_1} = \frac{R_m R_L}{R_o + R_L}$$

$$\text{Và } R_{if} = \frac{v_i}{I_s} = \frac{R_i I_1}{I_1 + \beta \left( \frac{R_m R_L I_1}{R_o + R_L} \right)} = \frac{R_i}{1 + \beta \frac{R_m R_L}{R_o + R_L}}$$

$$\text{Vậy: } R_{if} = \frac{R_i}{1 + \beta R_M} \ll R_i$$

**Chú ý:**  $R_m$  là điện trở truyền của mạch hở ( $R_L = 0$ ).

$R_M$  là điện trở truyền của mạch không có hồi tiếp nhưng có tải  $R_L$

Do đó:  $R_m = \lim R_M$

$R_M$

### 5.2. Trở kháng ra của bộ khuếch đại

Bây giờ ta xét ảnh hưởng của hồi tiếp âm lên điện trở ngõ ra của mạch khuếch đại.

- Nếu tín hiệu hồi tiếp âm lấy mẫu điện thế để đưa về ngõ vào thì điện trở ngõ ra của mạch sẽ giảm ( $R_{of} \ll R_o$ ).

- Nếu tín hiệu hồi tiếp âm lấy mẫu dòng điện để đưa về ngõ vào thì điện trở ngõ ra của mạch sẽ tăng ( $R_{of} \gg R_o$ ).

### 5.2.1 Mạch hồi tiếp điện áp nối tiếp:

Chúng ta đi tìm điện trở ngõ ra  $R_{of}$  của mạch có hồi tiếp nhưng chưa mắc tải  $R_L$  vào. Để tìm  $R_{of}$ , ta nối tắt nguồn ngõ vào ( $v_S = 0, I_S = 0$ ) và để hở tải ( $R_L = \infty$ ). đưa một nguồn giả tưởng vào 2 đầu của ngõ ra, tính dòng điện  $I$  chạy vào mạch tạo ra bởi  $v$ . điện trở ngõ ra được định nghĩa

Từ mạch trên ta có:

$$I_S = I_i + I_f = I_i + \beta v_o$$

$$\text{và } v_o = \frac{R_m I_i R_L}{R_L + R_o} = R_M I_i$$

$$\text{Trong đó: } R_M = \frac{v_o}{I_i} = \frac{R_m R_L}{R_o + R_L}$$

$$\text{Và } R_x = \frac{v_i}{I_s} = \frac{R_i I_i}{I_i + \beta \left( \frac{R_m R_L I_i}{R_o + R_L} \right)} = \frac{R_i}{1 + \beta \frac{R_m R_L}{R_o + R_L}}$$

$$\text{Vậy } R_x = \frac{R_i}{1 + \beta R_M} < R_i$$

Chú ý là  $R_o$  chia cho thừa số hồi tiếp  $1 + \beta A_{vNL}$  ( chứ không phải  $\beta A_V$ ), trong đó  $A_{vNL}$  là độ lợi điện thế của mạch không có hồi tiếp và hở ( $R_L = \infty$ ).

Khi đưa tải  $R_L$  vào mạch, điện trở ngõ ra của mạch hồi tiếp bây giờ là  $R'_{of} = R_L // R_{of}$

$$\begin{aligned} R'_{of} &= \frac{R_{of} R_L}{R_{of} + R_L} = \frac{R_o R_L}{1 + \beta A_{vNL}} \frac{1}{\left[ \frac{R_o}{(1 + \beta A_{vNL})} \right] + R_L} \\ &= \frac{R_o R_L}{R_o + R_L + \beta A_{vNL} R_L} = \frac{R_o R_L / (R_o + R_L)}{1 + \frac{\beta A_{vNL} R_L}{R_o + R_L}} \end{aligned}$$

Vì  $R'_o = R_o // R_L$  là điện trở ngõ ra khi không có hồi tiếp nhưng có  $R_L$ . Như vậy:

$$\boxed{R'_{of} = \frac{R'_o}{1 + \beta A_v}}$$

$$\text{Với } A_v = \frac{A_{vNL} R_L}{R_o + R_L}$$

Chú ý là bây giờ  $R'_0$  chia cho thừa số hồi tiếp  $1+AV$ , trong đó  $AV$  là độ lợi điện thế của mạch không có hồi tiếp nhưng có tải  $RL$ .

### 5.2.2 Mạch hồi tiếp điện thế song song:

Xem lại hình 2.19. Ngắt nguồn ngõ vào ( $I_S = 0$ ) và cho hở tải ( $RL = \infty$ )

$$\text{Ta có: } R_{\alpha} = \frac{v}{I} = \frac{v_D}{I}$$

$$\text{Với: } I = \frac{v - R_m I_1}{R_0}$$

$$\text{Vi } I_S = 0 \text{ nên } I_1 = -I_f \text{ và } I_1 = -\beta v_0 = -\beta v$$

Do đó:

$$I = \frac{v + \beta v R_m}{R_0}$$

Hay:

$$I = \frac{v + \beta v R_m}{R_0} = \frac{v(1 + \beta R_m)}{R_0}$$

$$R_{\alpha} = \frac{v}{I} = \frac{R_0}{1 + \beta R_m}$$

$R_m$ : độ lợi điện trở truyền của mạch không hồi tiếp và không tải.

Khi mắc tải  $RL$  vào ta có:

$$\begin{aligned} R'_{\alpha} &= R_0 // R_L // R_{\alpha} = \frac{R_L R_{\alpha}}{R_L + R_{\alpha}} \\ R'_{\alpha} &= \frac{R_L \left( \frac{R_0}{1 + \beta R_m} \right)}{R_L + \frac{R_0}{1 + \beta R_m}} = \frac{R_0 R_L}{1 + \beta R_m} \cdot \frac{1}{\frac{R_0 + R_L + \beta R_m R_L}{1 + \beta R_m}} \\ &= \frac{R_0 R_L / (R_0 + R_L)}{1 + \frac{\beta R_m R_L}{R_0 + R_L}} \end{aligned}$$

Vi  $R'_0 = R_0 // R_L$  là điện trở ngõ ra khi chưa có hồi tiếp nhưng có tải. Từ đó:

$$R'_0 = R_0 // R_L = \frac{R_0 R_L}{R_0 + R_L}$$

Và:

$$R'_{\alpha} = \frac{R'_0}{1 + \beta R_m}$$

với  $R_m = \frac{R_m R_L}{R_0 + R_L}$  là độ lợi điện trở truyền của mạch không có hồi tiếp nhưng có tải.

### 5.2.3 Mạch hồi tiếp dòng điện song song:

Xem hình 2.18 với  $v_0 = v$

$$\text{Ta có: } I = \frac{v}{R_0} - A_i I_i$$

$$\text{Với } I_S = 0, I_i = -I_f = -\beta I_0 = \beta I$$

Vậy:

$$I = \frac{v}{R_0} - \beta A_i I \text{ hay } I(1 + \beta A_i) = \frac{v}{R_0}$$

$$\text{Do đó } R_{\alpha f} = \frac{v}{I} = R_0(1 + \beta A_i) \quad (8.25)$$

với  $A_i$  là độ lợi dòng điện của mạch nối tắt ( $R_L = 0$ ). Khi mắc  $R_L$  vào:

$$R'_{\alpha f} = R_{\alpha f} // R_L = \frac{R_{\alpha f} R_L}{R_{\alpha f} + R_L} = \frac{R_0(1 + \beta A_i) R_L}{R_0(1 + \beta A_i) + R_L}$$

$$R'_{\alpha f} = \frac{R_0 R_L}{R_0 + R_L} \frac{1 + \beta A_i}{1 + \beta A_i R_0 / (R_0 + R_L)}$$

Với  $R'_0 = R_0 // R_L$  ta tìm được:

$$R'_{\alpha f} = R'_0 \frac{1 + \beta A_i}{1 + \beta A_i R_0 / (R_0 + R_L)}$$

Trong đó  $A_i = \frac{A_i R_0}{R_0 + R_L}$  là độ lợi dòng điện của mạch khuếch đại không hồi tiếp nhưng có tải.

### 5.2.4 Mạch hồi tiếp dòng điện nối tiếp:

Xem hình 2.17 với  $v_S = 0, R_L = \infty$

Dùng cách tính tương tự như các phần trên ta tìm được:

$$R_{\alpha f} = R_0(1 + \beta G_m)$$

và

$$R'_{\alpha f} = R'_0 \frac{1 + \beta G_m}{1 + \beta G_m R_0 / (R_0 + R_L)}$$

Đặc tính và thông số của mạch khuếch đại hồi tiếp được tóm tắt trong bảng 2.3. Chú ý  $G_m$  là điện dẫn truyền của mạch không có hồi tiếp nối tắt ( $R_L=0$ ) còn  $G_M$  là khi có tải.

Dạng mạch Đặc tính	Điện thế nối tiếp	Dòng điện nối tiếp	Dòng điện song song	Điện thế song song
Tín hiệu hồi tiếp $X_f$	Điện thế	Điện thế	Dòng điện	Dòng điện
Tín hiệu được lấy mẫu	Điện thế	Dòng điện	Dòng điện	Điện thế
Mạch vào: Đất	$v_0=0$	$I_0=0$	$I_0=0$	$v_0=0$
Mạch ngõ ra: Đất	$I_1=0$	$I_1=0$	$v_1=0$	$v_1=0$
Nguồn tín hiệu	Thevenin	Thevenin	Norton	Norton
$\beta = X_f / X_0$	$v_f / v_0$	$v_f / I_0$	$I_f / I_0$	$I_f / v_0$
$A = X_0 / X_1$	$A_v = v_0 / v_1$	$G_M = I_0 / v_1$	$A_i = I_0 / I_1$	$R_M = v_0 / I_1$
$F = 1 + \beta A$	$1 + \beta A_v$	$1 + \beta G_M$	$1 + \beta A_i$	$1 + \beta R_M$
$A_f$	$A_v / F$	$G_M / F$	$A_v / F$	$R_M / F$
$R_{if}$	$R_i / F$	$R_i / F$	$R_i / F$	$R_i / F$
$R_{of}$	$\frac{R_o}{1 + \beta A_{vNL}}$	$R_o (1 + \beta G_m)$	$R_o (1 + \beta A_i)$	$\frac{R_o}{1 + \beta R_m}$
$R'_{of} = R_{of} // R_L$	$\frac{R'_o}{F}$	$R'_o \frac{1 + \beta G_m}{F}$	$R'_o \frac{(1 + \beta A_i)}{F}$	$\frac{R'_o}{F}$

Bảng 2.3: Tóm tắt đặc tính và thông số của mạch khuếch đại hồi tiếp

• **Câu hỏi và bài tập**

**Câu hỏi nhiều lựa chọn:**

Hãy lựa chọn phương án đúng để trả lời các câu hỏi dưới đây bằng cách tô đen vào ô vuông thích hợp:

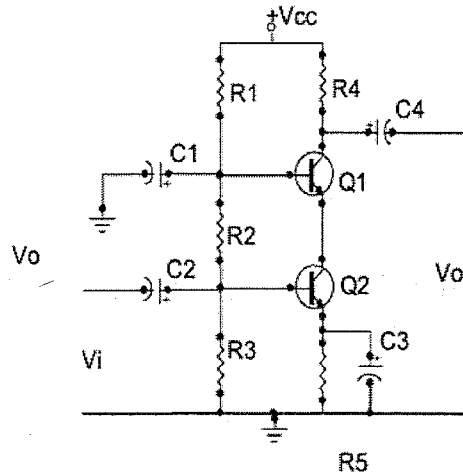
TT	Nội dung câu hỏi	a	b	c	d
2.1	<b>Thế nào là mạch khuếch đại Darlington?</b> a. Tranzito mắc song song. b. Tranzito mắc nối tiếp. c. Hai tranzito mắc song song. d. Hai tranzito mắc nối tiếp.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2	<b>Mạch khuếch đại Darlington có ưu điểm gì?</b> a. Điện trở vào lớn. b. Điện trở vào nhỏ. c. Hệ số khuếch đại dòng lớn hơn 1. d. Tất cả các yếu tố trên.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.3	<b>Trong thực tế mạch khuếch đại Darlington có mấy cách mắc?</b> a. Một cách mắc. b. Hai cách mắc. c. Ba cách mắc. d. Bốn cách mắc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4	<b>Mạch khuếch đại Darlington được dùng làm gì?</b> a. Khuếch đại ngõ vào. b. Khuếch đại ngõ ra. c. Khuếch đại trung gian. d. Tùy vào yêu cầu của mạch điện	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.5	<b>Mạch khuếch đại vi sai có tính chất gì?</b> a. Khuếch đại trực tiếp tín hiệu vào. b. Khuếch đại sai lệch giữa hai tín hiệu vào. c. Khuếch đại tín hiệu bất kỳ. d. Tất cả đều sai	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.6	<b>Mạch hồi tiếp có mấy thành phần chính?</b> a. Một b. Hai c. Ba d. Bốn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.7	<b>Có những cách lấy mẫu nào?</b> a. Lấy mẫu điện thế b. Lấy mẫu dòng điện	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	c. Lấy mẫu nối tiếp d. Gồm a, b				
2.8	<b>Có mấy cách trộn tín hiệu hồi tiếp?</b> a. Mạch trộn nối tiếp b. Mạch trộn song song c. Mạch trộn điện áp d. Gồm a, b	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.9	<b>Hồi tiếp điện áp gồm những loại nào?</b> a. Hồi tiếp nối tiếp b. Hồi tiếp song song c. Hồi tiếp hỗn hợp d. Gồm a, b	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.10	<b>Trường hợp nào tranzito dẫn điện bão hòa?</b> a. Tiếp giáp BE phân cực ngược. b. Tiếp giáp BC phân cực thuận. c. Tiếp giáp BE phân cực thuận. d. Gồm b và c.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.11	<b>Giữ vững độ khuếch đại là thuộc tính gì của hồi tiếp?</b> a. Tính chất b. Đặc điểm c. Cấu tạo d. Nguyên lý	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.12	<b>Giảm sự biến dạng là thuộc tính gì của hồi tiếp?</b> a. Đặc điểm b. Tính chất c. Cấu tạo d. Nguyên lý	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.13	<b>Gia tăng dải tần hoạt động là thuộc tính gì của hồi tiếp?</b> a. Đặc điểm b. Cấu tạo c. Nguyên lý d. Tính chất	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

• Các bài thực hành

**Bài thực hành 1: Thực hành lắp ráp mạch khuếch đại cascode**

Mạch khuếch đại như sơ đồ dưới đây:



+ Nguồn Vcc = 12V

+ R1 = 220KΩ

+ R2 = 220KΩ

+ R3 = 22KΩ

+ R4 = 2,2KΩ

+ R4 = 220Ω

+ Q<sub>1</sub> = C1815

+ Q<sub>2</sub> = D401

+ C3 = 1μf / 50v

+ C1 = 10μf / 50v

+ C2 = 10μf / 50v

Đo điện áp phân cực C của tranzito và hiệu chỉnh lại điện trở Rb sao cho điện áp phân cực C = 1/2 Vcc (=6v) Cho tín hiệu ngõ vào dạng sin Vi = 1v / 50Hz.

Dùng máy hiện sóng đo biên độ ngõ vào và đo biên độ ngõ ra:

+ Tính hệ số khuếch đại của mạch điện (hệ số khuếch đại điện áp)

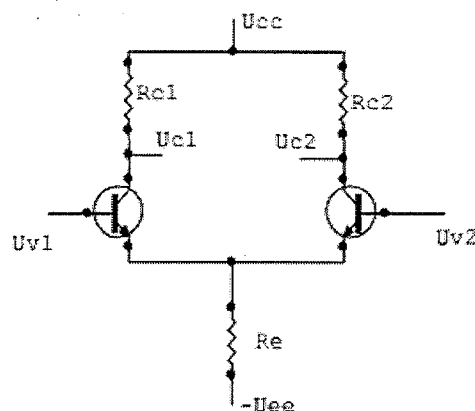
+ Quan sát dạng sóng tín hiệu ngõ vào và ngõ ra cho nhận xét.

+ Gắn tải ngõ ra cực C 100Ω qua tu liên lạc 1 lần quan sát dạng sóng và nhận xét

Khi tải giảm dần.

**Bài thực hành 2: Thực hành lắp ráp mạch khuếch đại vi sai**

Mạch mạch theo sơ đồ dưới đây:





Trong sơ đồ mạch điện Điện trở  $R_c = 2k\Omega, R_e = 100\Omega$

Cho tín hiệu dạng sin  $1V_{ac}$ .

+ Tính hệ số khuếch đại dòng, áp của mạch

+ Quan sát dạng sóng ngõ vào và ra

+ Nhận xét tín hiệu ngõ ra trong hai trường hợp

Khi đưa tín hiệu vào hai ngõ vào

Khi đưa tín hiệu vào một ngõ vào, một ngõ vào còn lại nối xuống mass

## BÀI 4: KHUẾCH ĐẠI CÔNG SUẤT

### 1. Định nghĩa:

Các mạch khuếch đại đã được nghiên cứu ở bài trước, tín hiệu ra của các mạch đều nhỏ (dòng và áp tín hiệu). Để tín hiệu ra đủ lớn đáp ứng yêu cầu điều khiển các tải, Ví dụ như loa, mô tơ, bóng đèn...ta phải dùng đến các mạch khuếch đại công suất. để tín hiệu ra có công suất lớn đáp ứng các yêu cầu về kỹ thuật của tải như độ méo phi tuyến, hiệu suất làm việc..vì thế mạch công suất phải được nghiên cứu khác các mạch trước đó.

Định nghĩa: Tầng công suất là tầng khuếch đại cuối cùng của bộ khuếch đại. Nó có nhiệm vụ cho ra tải một công suất lớn nhất có thể, với độ méo cho phép và đảm bảo hiệu suất cao.

Mạch khuếch đại công suất có nhiệm vụ tạo ra một công suất đủ lớn để kích thích tải. Công suất ra có thể từ vài trăm mw đến vài trăm watt. Như vậy mạch công suất làm việc với biên độ tín hiệu lớn ở ngõ vào: do đó ta không thể dùng mạch trong đương tín hiệu nhỏ để khảo sát như trong các chương trước mà thường dùng phương pháp đồ thị. Tùy theo chế độ làm việc của transistor, người ta thường phân mạch khuếch đại công suất ra thành các loại chính như sau:

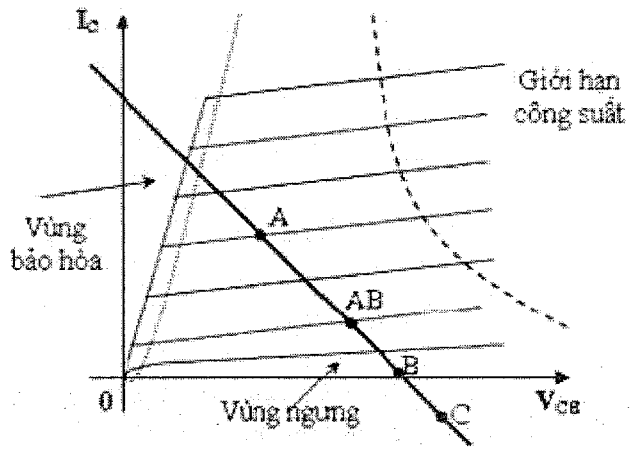
- Khuếch đại công suất loại A: Tín hiệu được khuếch đại gần như tuyến tính, nghĩa là tín hiệu ngõ ra thay đổi tuyến tính trong toàn bộ chu kỳ  $360^\circ$  của tín hiệu ngõ vào (Transistor hoạt động cả hai bán kỳ của tín hiệu ngõ vào).

- Khuếch đại công suất loại AB: Transistor được phân cực ở gần vùng ngưng. Tín hiệu ngõ ra thay đổi hơn một nửa chu kỳ của tín hiệu vào (Transistor hoạt động hơn một nửa chu kỳ - dương hoặc âm - của tín hiệu ngõ vào).

- Khuếch đại công suất loại B: Transistor được phân cực tại  $V_{BE}=0$  (vùng ngưng). Chỉ một nửa chu kỳ âm hoặc dương - của tín hiệu ngõ vào được khuếch đại.

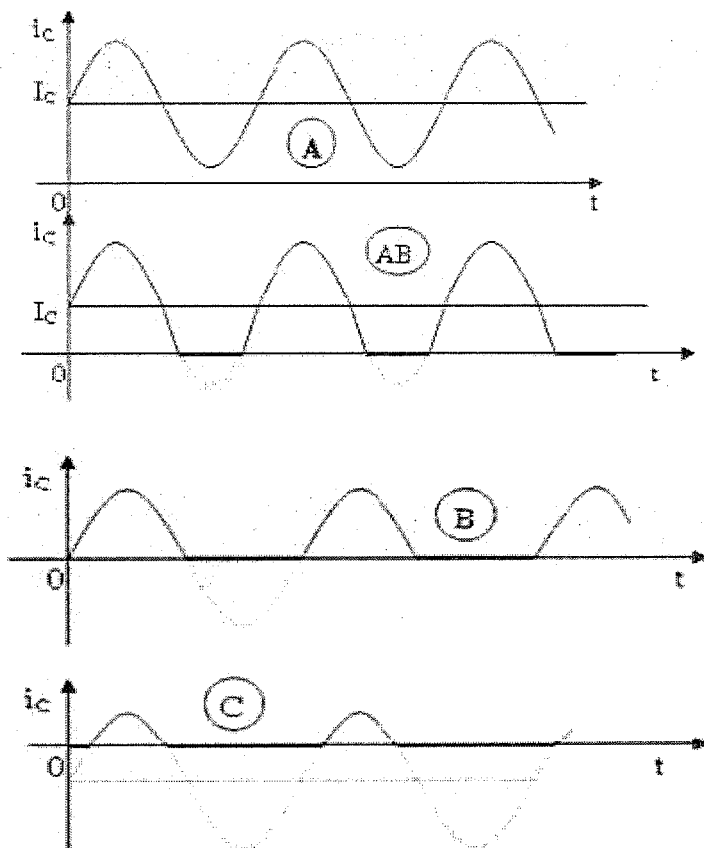
- Khuếch đại công suất loại C,: Transistor được phân cực trong vùng ngưng dẫn để chỉ một phần nhỏ hơn nửa chu kỳ của tín hiệu ngõ vào được khuếch đại. Mạch này thường được dùng khuếch đại công suất ở tần số cao với tải cộng hưởng và trong các ứng dụng đặc biệt.

Hình 4.1 mô tả chế độ phân cực các mạch khuếch đại công suất.



Hình 4.1: Chế độ phân cực các mạch khuếch đại công suất

Hình 4.2 Mô tả dạng tín hiệu ngõ ra của các mạch khuếch đại công suất



Hình 4.2: Mô tả các dạng tín hiệu ngõ ra mạch công suất

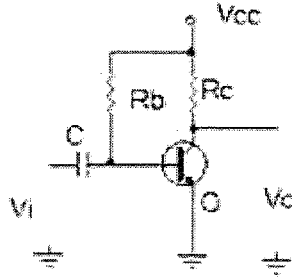
## 2. Các kiểu mạch khuếch đại công suất:

### 2.1. Mạch khuếch đại công suất chế độ A:

#### 2.1.1. Mạch khuếch đại công suất chế độ A dùng tải điện trở:

Trong mạch khuếch đại chế độ A, điểm làm việc thay đổi đối xứng xung quanh điểm làm việc tĩnh. Xét tầng khuếch đại đơn mắc EC và mạch này có hệ số khuếch đại lớn và méo nhỏ.

Chỉ xét mạch ở nguồn cấp nối tiếp. Hình 4.3



Hình 4.3: Mạch khuếch đại công suất đơn tải điện trở

Trong đó:

- Q: Tranzito khuếch đại công suất
- Rc: Điện trở tải
- Rb: Điện trở phân cực
- C: Tụ lên lạc tí hiệu ngõ vào
- Vi: Tín hiệu ngõ vào tầng khuếch đại công suất
- Vo: Tín hiệu ngõ ra tầng khuếch đại công suất

Xét nguyên lý làm việc của mạch trên sơ đồ đặc tuyến làm việc của tranzito hình 4.4

- Chế độ tĩnh:

Dòng phân cực một chiều đ-ợc tính theo công thức Vcc và Rb:

$$I_b = \frac{V_{cc} - 0,7}{R_b}$$

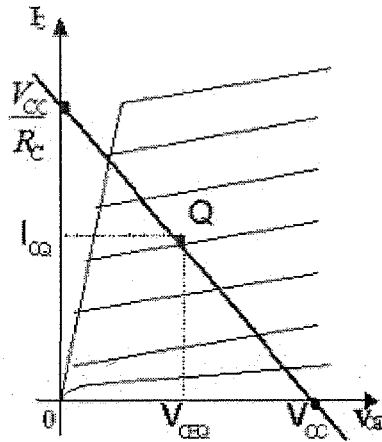
T- ứng với dòng cực C là:

$$I_c = \beta I_b$$

Điện áp Vce:

$$V_{ce} = V_{cc} - I_c R_c$$

Từ giá trị Vcc ta vẽ được đường tải một chiều AB. Từ đó xác định được điểm làm việc Q tương ứng với  $I_{BQ}$  trên đặc tuyến ra. Hạ đường chiếu từ điểm Q đến hai trục toạ độ sẽ được  $I_{CQ}$  và  $V_{CEQ}$



Hình 4.4: Đặc tuyến làm việc của Tranzitor

• Chế độ động:

Khi có một tín hiệu AC đ-ợc đưa đến đầu vào của bộ khuếch đại, dòng điện và điện áp sẽ thay đổi theo đường tải một chiều.

Một tín hiệu đầu vào nhỏ sẽ gây ra dòng điện cực B thay đổi xung quanh điểm làm việc tĩnh, dòng cực C và điện áp Vce cũng thay đổi xung quanh điểm làm việc này.

Khi tín hiệu vào lớn biến thiên xa hơn so với điểm làm việc tĩnh đã đ-ợc thiết lập từ trước, dòng điện Ic và điện áp Vce biến hthien và đạt đến giá trị giới hạn. Đối với dòng điện, giá trị giới hạn này thấp nhất  $I_{min} = 0$ , và cao nhất  $I_{max} = Vc/Rc$ . Đối với điện áp Vce, giới hạn thấp nhất  $Vce = 0v$ , và cao nhất  $Vce = Vcc$ .

• Công suất cung cấp từ nguồn một chiều:

$$P = Vcc \cdot Ic$$

• Công suất ra:

+ Tính theo giá trị hiệu dụng:

$$Po = Vce \cdot Ic$$

$$Po = I_c^2 \cdot Rc$$

$$Po = \frac{V_c^2}{Rc}$$

+ Tính theo giá trị đỉnh:

$$P_o = \frac{V_{ce} I_c}{2} = \frac{I_c^2}{2} R_c$$

$$P_o = \frac{V_{ce}^2}{2 R_c}$$

+ Tính theo giá trị đỉnh - đỉnh:

$$P_o = \frac{V_{ce} I_c}{8}$$

$$P_o = \frac{I_c^2}{8} R_c$$

$$P_o = \frac{V_{ce}^2}{8 R_c}$$

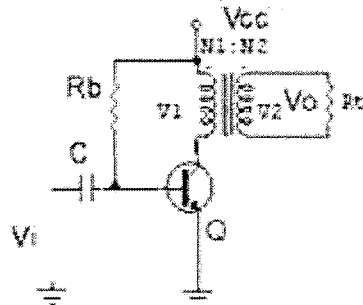
- Hiệu suất mạch: Hiệu suất của một mạch khuếch đại phụ thuộc tổng công suất xoay chiều trên tải và tổng công suất cung cấp từ nguồn 1 chiều. Hiệu suất được tính theo công thức sau:

$$\eta = \frac{P_o}{P} \cdot 100\%$$

$P_o$ : Công suất ra

$P$ : Công suất cung cấp từ nguồn 1 chiều

### 2.1.2. Mạch khuếch đại công suất chế độ A tải biến áp



Hình 4.5: Mạch khuếch đại công suất chế độ A tải biến áp

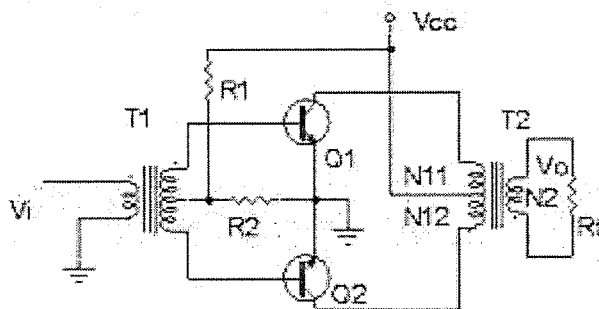
Biến áp để lấy tín hiệu ra đến tải  $R_t$  hình 4.3. Biến áp có thể tăng hay giảm điện áp và dòng điện theo tỉ lệ tính toán trước.

$$\text{Sự biến đổi điện áp theo biểu thức: } \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

## 2.2. Mạch khuếch đại công suất chế độ B:

ở chế độ B, tranzito sẽ điều khiển dòng điện ở mỗi nửa chu kỳ của tín hiệu. Để lấy được cả chu kỳ của tín hiệu của tín hiệu đầu ra, thì cần sử dụng 2 tranzito, mỗi tranzito được sử dụng ở mỗi nửa chu kỳ khác nhau của tín hiệu, sự hoạt động kết hợp sẽ cho ra chu kỳ đầy đủ của tín hiệu. Mạch khuếch đại này được gọi là mạch khuếch đại đẩy kéo, trong thực tế ứng dụng có một số dạng mạch cơ bản sau:

### 2.2.1. Mạch khuếch đại đẩy kéo dùng biến áp: Hình 4.6



Hình 4.6: Mạch khuếch đại đẩy kéo dùng biến áp

- R1, R2: Mạch phân cực
- Q1, Q2: Tranzito khuếch đại công suất.
- T1: biến áp ghép tín hiệu ngõ vào
- T2: Biến áp ghép tín hiệu ngõ ra.
- Rt: Tải ngõ ra

Ưu điểm của mạch là ở chế độ phân cực tĩnh không tiêu thụ nguồn cung cấp do 2 Tranzito không dẫn điện nên không tổn hao trên mạch. Mặt khác do không dẫn điện nên không xảy ra méo do bão hoà từ. Hiệu suất của mạch đạt khoảng 80%.

Nhược điểm của mạch là méo xuyên giao lớn khi tín hiệu vào nhỏ, khi cả hai vé khuếch đại không được cân bằng.

Nguyên lý hoạt động của mạch: Tín hiệu ngõ vào được ghép qua biến áp T1 để phân chia tín hiệu đưa vào cực B của hai Tranzito. ở nửa chu kỳ dương của tín hiệu ngõ vào Q1 được phân cực thuận nên dẫn điện, Q2 bị phân cực nghịch nên không dẫn. ở nửa chu kỳ âm của tín hiệu ngõ vào Q1 bị phân cực nghịch nên không dẫn, Q2 được phân cực thuận nên dẫn điện. Trong thời gian không dẫn điện trên Tranzito không có dòng điện nguồn chảy qua chỉ có dòng điện rỉ  $I_{ceo}$  rất nhỏ chảy qua. ở biến

áp T2 ghép tín hiệu ngõ ra dòng điện chạy qua 2 Tranzito được ghép trở lại từ hai nửa chu kỳ để ở ngõ ra cuộn thứ cấp đến  $R_t$  tín hiệu được phục nguyên dạng toàn kỳ ban đầu. Tại thời điểm chuyển tiếp làm việc của 2 Tranzito do đặc tính phi tuyến của linh kiện bán dẫn và đặc tính từ trễ của biến áp sẽ gây ra hiện tượng méo xuyên giao (méo điểm giao). Để khắc phục nhược điểm này người ta có thể mắc các mạch bù đối xứng.

### 2.2.2. Mạch đẩy kéo ghép trực tiếp:

Mạch khuếch đại công suất ghép trực tiếp mục đích là để bù méo tạo tín hiệu đối xứng chống méo xuyên giao, được sử dụng chủ yếu là cặp Tranzito hỗ bù đối xứng (là 2 tranzito có các thông số kỹ thuật hoàn toàn giống nhau nhưng khác loại PNP và NPN, đồng thời cùng chất cấu tạo) hình 4.7

Nhiệm vụ các linh kiện trong mạch:

C: Tụ liên lạc tín hiệu ngõ vào

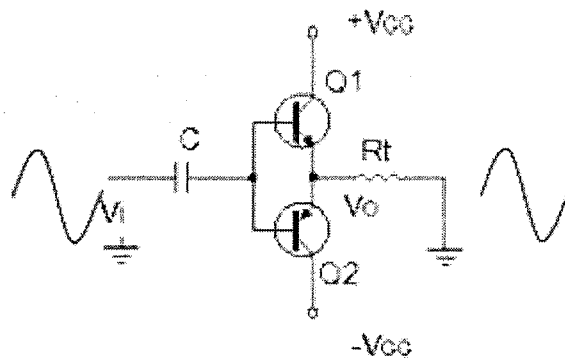
$R_t$ : Điện trở tải của tầng khuếch đại công suất

Q1, Q2: Cặp tranzito khuếch đại công suất hỗ bù đối xứng

Mạch có đặc điểm là nguồn cung cấp cho mạch phải là 2 nguồn đối xứng, khi không đảm bảo yếu tố này dạng tín hiệu ra dễ bị méo nên thông thường nguồn cung cấp cho mạch thường được lấy từ các nguồn ổn áp.

Hoạt động của mạch: Mạch được phân cực với thiên áp tự động. ở bán kỳ dương của tín hiệu Q1 dẫn dòng điện nguồn dương qua tải  $R_t$ , Q2 tắt không cho dòng điện nguồn qua tải. ở bán kỳ âm của tín hiệu Q2 dẫn dòng nguồn âm qua tải  $R_t$ , Q1 tắt.

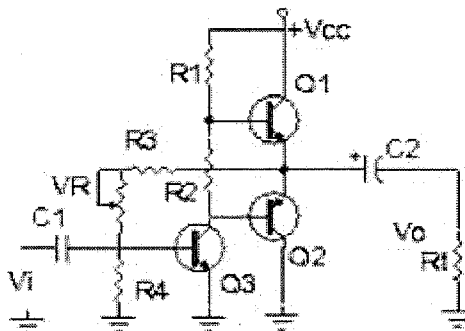
Mạch này có ưu điểm đơn giản, chống méo hài, hiệu suất lớn và điện áp phân cực ngõ ra  $\approx 0V$  nên có thể ghép tín hiệu ra tải trực tiếp. Nhưng dễ bị méo xuyên giao và cần nguồn đối xứng làm cho mạch điện cồng kềnh, phức tạp đồng thời dễ làm hư hỏng tải khi Tranzito bị đánh thủng. Để khắc phục nhược điểm này thông thường người ta dùng mạch ghép ra dùng tụ.



Hình 4.7 : Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo ghép trực tiếp



### 2.2.3. Mạch đẩy kéo ghép dùng tụ: Hình 4.8



Hình 4.8: Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo ghép tụ.

Nhiệm vụ của các linh kiện trong mạch:

Q1, Q2: Cặp tranzito khuếch đại công suất

Q3: Đảo pha tín hiệu

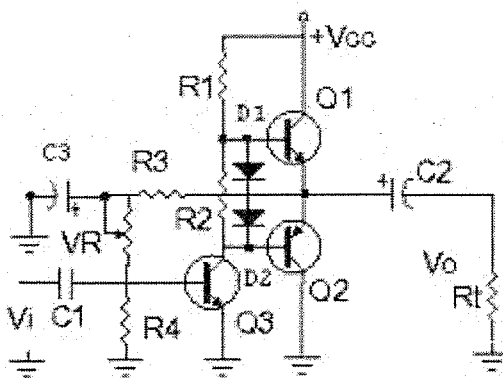
R1, R2: Phân cực cho Q1, Q2 đồng thời là tải của Q3

R3, VR: Lấy một phần điện áp một chiều ngõ ra quay về kết hợp với R4 làm điện áp phân cực cho Q3 làm hồi tiếp âm điện áp ổn định điểm làm việc cho mạch.

C1: Tụ liên lạc tín hiệu ngõ vào.

C2: Tụ liên lạc tín hiệu ngõ ra đến tải.

Mạch này có đặc điểm là có độ ổn định làm việc tương đối tốt, điện áp phân cực ngõ ra  $V_o \approx V_{cc}/2$  khi mạch làm việc tốt. Nhưng có nhược điểm dễ bị méo xuyên giao nếu chọn chế độ phân cực cho 2 tranzito Q1, Q2 không phù hợp hoặc tín hiệu ngõ vào có biên độ không phù hợp với thiết kế của mạch và một phần tín hiệu ngõ ra quay trở về theo đường hồi tiếp âm làm giảm hiệu suất của mạch để khắc phục nhược điểm này người ta có thể dùng mạch có dạng ở hình 4.9



Hình 4.9: Mạch khuếch đại công suất đẩy kéo có mạch cắt rào điện thế

Trong đó C3: Lọc bỏ thành phần xoay chiều của tín hiệu

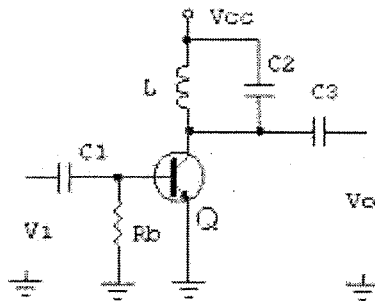
D1, D2: Cắt rào điện áp phân cực cho Q1 và Q2,

Trên thực tế mạch có thể dùng từ 1 đến 4 diôt cùng loại để cắt rào điện thế. Ngoài ra với sự phát triển của công nghệ chế tạo linh kiện hiện nay các mạch công suất thường được thiết kế sẵn dưới dạng mạch tổ hợp (IC) rất tiện lợi cho việc thiết kế mạch và thay thế trong sửa chữa.

### 2.3. Mạch khuếch đại công suất chế độ C:

Mặc dù các mạch khuếch đại chế độ A, AB, và B thường được dùng khuếch đại công suất, khuếch đại chế độ D cũng được ứng dụng khá phổ biến vì có hiệu suất cao. Các mạch khuếch đại chế độ C lại ít được sử dụng trong khuếch đại âm tần mà chỉ dùng trong trong các mạch khuếch đại cao tần để chọn lọc sóng hài mong muốn.

Mạch khuếch đại C cơ bản như hình 4.10 Mạch hoạt động trong khoảng dưới 1/2 chu kỳ tín hiệu vào. Dạng tín hiệu ở ngõ ra vẫn được biểu diễn đầy đủ cả chu kỳ của tín hiệu cơ sở hoặc của mạch cộng hưởng. Hoạt động của mạch này chỉ giới hạn ở các tầng cộng hưởng, dao động.



Hình 4.10: Mạch khuếch đại công suất phân cực chế độ C

Nhiệm vụ của các linh kiện trong mạch:

C1: liên lạc tín hiệu kích thích ngõ vào

Rb: Phân cực Tranzito nằm sâu trong vùng ngưng dẫn.

Q: Khuếch đại công suất

L, C2: Khung cộng hưởng.

C3: Tụ liên lạc lấy tín hiệu ngõ ra.

#### Hoạt động của mạch như sau:

Ở trạng thái bình thường Tranzito không dẫn điện do được phân cực nằm sâu trong vùng ngưng dẫn nên điện áp ngõ ra  $\approx V_{cc}$

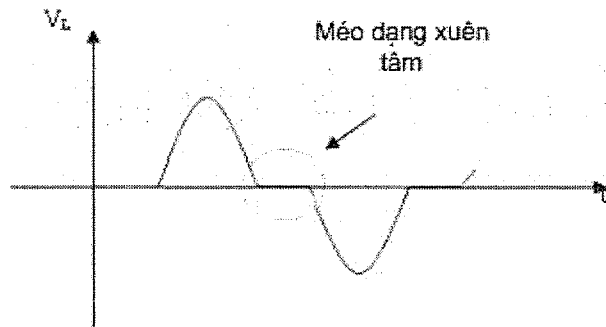
Khi có kích thích nguồn tín hiệu từ bên ngoài qua tụ liên lạc C1, một phần đỉnh bán kỳ dương của tín hiệu làm tăng phân cực B của tranzito làm cho tranzito dẫn điện bão hoà. Dương cực C chảy qua tranzito nạp điện lên cuộn dây L dưới dạng từ. Chấm dứt bán kỳ dương của tín hiệu tranzito trở về trạng thái ngưng dẫn. cuộn dây L xả điện qua tụ C2 tạo thành tín hiệu dạng sin ở ngõ ra trên cực C. Nếu có tín hiệu đến kích thích tiếp tục thì tín hiệu ra sẽ liên tục, và ngược lại nếu không có tín hiệu đến kích

thích ngõ vào thì tín hiệu ngõ ra sẽ có dạng hình sin tắt dần do tổn thất trên khung cộng hưởng.

### 3. Truyền nhiệt với linh kiện bán dẫn:

Khi mạch điện, điện tử hoạt động ở chế độ có tải, các linh kiện trên mạch có dòng điện chạy qua, căn cứ vào độ sụt áp trên chân linh kiện mà mỗi linh kiện có một công suất toả nhiệt nhất định. Đối với linh kiện thụ động như điện trở, cuộn dây, tụ điện... giá trị của nó ít thay đổi theo nhiệt độ. Đối với linh kiện bán dẫn, khi nhiệt độ tăng dòng rỉ ( dòng ngược với dòng điện thuận ) tăng theo làm giảm hiệu suất, tuổi thọ của mạch điện, linh kiện, thậm chí trong một số trường hợp còn có thể đánh thủng linh kiện do quá nhiệt

Để tăng tuổi thọ của linh kiện, tăng hiệu suất làm việc của mạch điện người ta có những biện pháp ổn định nhiệt cho mạch nhờ các vòng hồi tiếp âm điện áp hay dòng điện trên mạch điện. Song song với biện pháp về xử lý mạch, ở các mạch khuếch đại công suất người ta còn có các biện pháp cơ khí để giải nhiệt cho mạch điện.



Hình 4.11: Méo dạng xuyên tâm trên mạch khuếch đại công suất

Thực tế, tín hiệu ngõ ra lấy được trên tải không được trọn vẹn như trên mà bị biến dạng. Lý do là khi bắt đầu một bán kỳ, transistor không dẫn điện ngay mà phải chờ khi biên độ vượt qua điện thế ngưỡng  $V_{BE}$ . Sự biến dạng này gọi là sự biến dạng xuyên tâm (cross-over). Để khắc phục, người ta phân cực VB dương một chút (thí dụ ở transistor NPN) để transistor có thể dẫn điện tốt ngay khi có tín hiệu áp vào chân B. Cách phân cực này gọi là phân cực loại AB. Chú ý là trong cách phân cực này độ dẫn điện của transistor công suất không đáng kể khi chưa có tín hiệu

Ngoài ra, do hoạt động với dòng IC lớn, transistor công suất dễ bị nóng lên. Khi nhiệt độ tăng, điện thế ngưỡng  $V_{BE}$  giảm (transistor dễ dẫn điện hơn) làm dòng IC càng lớn hơn, hiện tượng này chồng chất dẫn đến hư hỏng transistor. Để khắc phục, ngoài việc phải giải nhiệt đầy đủ cho transistor, người ta mắc thêm một điện trở nhỏ (thường là vài  $\Omega$ ) ở hai chân E của transistor công suất xuống mass. Khi transistor chạy

manh, nhiệt độ tăng, IC tăng tức IE làm VE tăng dẫn đến VBE giảm. Kết quả là transistor dẫn yếu trở lại.

### **3.1. Giải nhiệt bằng phiến giải nhiệt:**

Phiến giải nhiệt được dùng bằng kim loại, thông dụng nhất là nhôm vì có đặc tính nhẹ và khả năng truyền nhiệt tương đối tốt nên có khả năng giải nhiệt tốt.

Thông thường ở các mạch công suất nhỏ khoảng vài W người ta dùng một tấm nhôm phẳng bề góc vuông phù hợp với vị trí lắp đặt linh kiện, dùng ốc bắt chặt linh kiện vào tấm nhôm để truyền nhiệt của linh kiện sang phiến để truyền nhiệt ra ngoài môi trường.

Ở các mạch công suất lớn từ vài W đến vài trăm W, các phiến nhôm được đúc sẵn có các cánh tản nhiệt như ở xe gắn máy, nó là các tấm nhôm song song vuông góc với tấm nhôm chính. Trong quá trình làm việc nhiệt từ linh kiện được truyền ra phiến giải nhiệt, do được cấu tạo từ nhiều tấm nhôm song song nên diện tích truyền nhiệt được tăng lên làm cho nhiệt độ từ linh kiện được truyền ra môi trường nhiều hơn.

Ngoài cách sử dụng nhôm người ta còn có thể dùng đồng đỏ hay sắt để làm phiến giải nhiệt nhưng do nặng và cứng nên khi sử dụng người ta thường kết hợp dùng làm giá đỡ cho mạch, đồng thời phải chú ý mặt tiếp xúc phải đảm bảo phẳng và có keo để tăng khả năng truyền nhiệt.

### **3.2. Các hình thức giải nhiệt khác:**

Ở các mạch điện tử hiện đại với công nghệ hàn bề mặt. Linh kiện được hàn trực tiếp lên bảng mạch vấn đề giải nhiệt thông thường được dùng là gồm vừa dùng làm mạch in có độ cách điện cao vừa có tính giải nhiệt tốt.

Đối với các mạch có công suất lớn từ vài trăm W trở lên hoặc phải làm việc với thời gian lâu dài liên tục tỏa nhiệt ra môi trường làm cho không gian mạch nóng theo ảnh hưởng đến các linh kiện khác. Để hạn chế điều này người ta có thể đặt một quạt hút không khí nóng ra ngoài để giảm nhiệt độ cho môi trường bên trong mạch điện như máy tính, ampli công suất lớn...

Đối với các thiết bị công suất cực lớn trong dây chuyền công nghiệp người ta có thể dùng phương pháp giải nhiệt bằng nước. Linh kiện bán dẫn công suất được đặt trong một bình có độ cách điện tốt, đặt trong môi trường nước chảy để truyền nhiệt theo nước ra bên ngoài và được làm lạnh sau đó quay trở về linh kiện.

• **Câu hỏi trắc nghiệm khách quan**

Hãy lựa chọn phương án đúng để trả lời các câu hỏi dưới đây bằng cách tô đen vào ô vuông thích hợp:

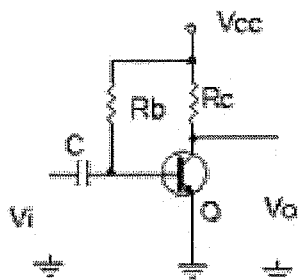
TT	Nội dung câu hỏi	a	b	c	d
1	<b>Thế nào là mạch khuếch đại công suất?</b> a. Là tầng cuối cùng của bộ khuếch đại. b. Cho ra tải công suất lớn nhất có thể. c. Có độ méo hài nhỏ và công suất lớn nhất. d. Tất cả các yếu tố trên.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<b>Thế nào là mạch khuếch đại chế độ A?</b> a. Là chế độ khuếch đại cả hai bán kỳ của tín hiệu. b. Là chế độ khuếch đại một bán kỳ của tín hiệu. c. Là chế độ khuếch đại ra nhỏ hơn nửa tín hiệu sin. d. Mạch làm việc như một khóa điện tử đóng mở	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<b>Thế nào là mạch khuếch đại chế độ B?</b> a. Là chế độ khuếch đại cả hai bán kỳ của tín hiệu. b. Là chế độ khuếch đại một bán kỳ của tín hiệu. c. Là chế độ khuếch đại ra nhỏ hơn nửa tín hiệu sin. d. Mạch làm việc như một khóa điện tử đóng mở	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<b>Thế nào là mạch khuếch đại chế độ C?</b> a. Là chế độ khuếch đại cả hai bán kỳ của tín hiệu. b. Là chế độ khuếch đại một bán kỳ của tín hiệu. c. Là chế độ khuếch đại ra nhỏ hơn nửa tín hiệu sin. d. Mạch làm việc như một khóa điện tử đóng mở	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

• **Các bài thực hành**

**Bài thực hành 1: Thực hành lắp ráp mạch khuếch đại công suất chế độ A**

\* Lắp ráp mạch khuếch đại công suất đơn: (chế độ A)

Mạch khuếch đại dùng điện trở như sơ đồ dưới đây:



+ Nguồn  $V_{cc} = 12V$

+  $R_c = 2K\Omega$

+  $R_b = 220K\Omega$

+  $C = 0.1\mu f / 50v$

+  $Q = D401$

Đo điện áp phân cực  $C$  của tranzito và hiệu chỉnh lại điện trở  $R_b$  sao cho điện áp phân cực  $C = 1/2 V_{cc}$  ( $=6v$ ) Cho tín hiệu ngõ vào dạng sin  $V_i = 1v/ 50Hz$ .

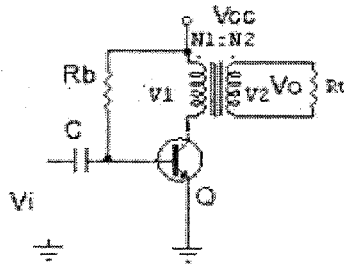
Dùng máy hiện sóng đo biên độ ngõ vào và đo biên độ ngõ ra:

+ Tính hệ số khuếch đại của mạch điện (hệ số khuếch đại điện áp)

+ Quan sát dạng sóng tín hiệu ngõ vào và ngõ ra cho nhận xét.

+ Gắn tải ngõ ra cực  $C$   $100\Omega$  qua tu liên lạc 1 lần quan sát dạng sóng và nhận xét khi tải giảm dần.

Mắc mạch theo sơ đồ dưới đây:



Trong sơ đồ mạch điện Điện trở  $R_c$  được thay bằng biến áp  $T$  có  $N_1=100\Omega$ ,  $N_2= 8\Omega$

Cho tín hiệu dạng sin  $1vac$ .

+ Tính hệ số khuếch đại dòng, áp của mạch

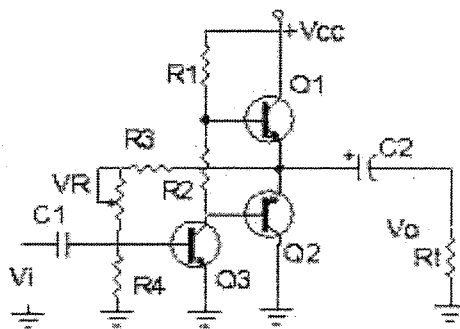
+ Quan sát dạng sóng ngõ vào và ra

+ Nhận xét tín hiệu ngõ ra trong trường hợp dùng biến áp và không dùng biến áp

## Bài thực hành 2: Thực hành lắp ráp mạch công suất chế độ B - C

\* Lắp ráp mạch khuếch đại đẩy kéo ghép ra dùng tụ:

Mắc mạch theo sơ đồ dưới đây:



+ Nguồn  $V_{cc} = 12v$

+ Q1, Q2 : cặp Tranzitor hồ bổ đối xứng D468, B562 hoặc tương đương

+ Q3: C945 hoặc C1815

+ R4: 2k2

+ R1: 4k7

+ R2: 470  $\Omega$

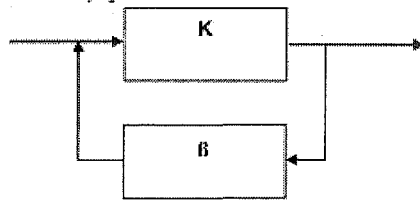
- + R3100k  $\Omega$
- + Rt: Loa 8  $\Omega$  hoặc điện trở R = 10  $\Omega$
- + VR: 100k  $\Omega$
- + C1: 10mf
- + C2: 470mf
- Điều chỉnh VR sao cho điện áp ngõ ra =  $V_{cc}/2$ .
- Đo và ghi nhận điện áp trên các chân của tranzito Q1, Q2, Q3.
- Cho tín hiệu ngõ vào có dạng sin 1Khz. Quan sát và vẽ dạng tín hiệu ngõ ra trên các chân.
  - + B và C của Q3: .....
  - + E của Q1 và Q2: .....
- Chế độ hoạt động của Q1, Q2 .
- Chế độ hoạt động của Q3
- Giải thích nguyên lí hoạt động của toàn mạch

## BÀI 5: MẠCH DAO ĐỘNG

### 1. Khái niệm về các mạch dao động:

Mạch dao động là một mạch điện tử tự tạo ra các dạng xung ( sóng ) điện khi được cung cấp nguồn điện. Mạch dao động có tính chất chung là có tần số xác định, như ở phần giới thiệu tần số của mạch dao động có thể từ vài Hz đến vài ngàn MHz, để tạo ra dao động người ta dùng linh kiện tích cực như tranzito, IC để duy trì trạng thái làm việc của mạch. Trong thực tế người ta gọi mạch có tần số làm việc xác định là mạch dao động điều hoà.

Mạch dao động điều hoà có dạng khối như sau:



Hình 5.1: Sơ đồ khối mạch dao động điều hoà

- Điều kiện để tồn tại dao động là:

$$K \cdot \beta = 1$$

$$\varphi_K + \varphi_B = 2n\pi$$

Trong đó: K: Hệ số khuếch đại

$\beta$ : Hệ số hồi tiếp

$\varphi_K$ : Góc di pha của bộ khuếch đại

$\varphi_B$ : Góc di pha của bộ hồi tiếp

- Để ổn định biên độ điện áp:

- + Hạn chế biên độ điện áp ra bằng cách chọn trị số nguồn cung cấp thích hợp
- + Dịch chuyển điểm làm việc trên đặc tính phi tuyến của linh kiện bán dẫn nhờ thay đổi điện áp phân cực đặt lên cực điều khiển của linh kiện khuếch đại.

+ Dùng mạch hồi tiếp phi tuyến hoặc linh kiện điều chỉnh.

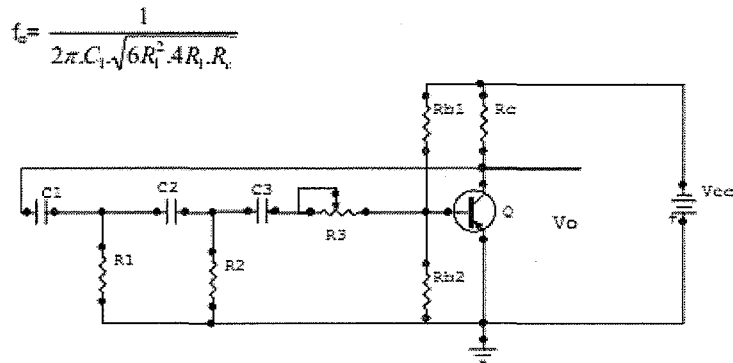
- ổn định tần số dao động:

- + Cung cấp nguồn điện áp ổn định ( ổn áp )
- + Dùng các linh kiện có hệ số khuếch đại nhỏ
- + Dùng các linh kiện có sai số nhỏ.
- + Dùng các phần tử mạch ổn định nhiệt.

### 2. Mạch dao động dịch pha:

Điểm chính là mạch được mắc theo kiểu E chung. Sự hồi tiếp từ cực C đến cực B qua các linh kiện  $C_1, C_2, C_3, R_1, R_2, R_3$  nối tiếp với đầu vào. Điện trở  $R_3$  có tác dụng biến đổi tần số của mạch dao động. Đối với mỗi mạch dịch pha  $R_C$  để tạo ra sự dịch pha 600 thì  $C_1=C_2=C_3$  và  $R_1=R_2=R_3$ . Tần số của mạch dao động  $f_0$  được tính: (Hình 5.2)





Hình 5.2: Mạch dao động dịch pha

Hoạt động của mạch như sau: Khi được cấp nguồn Qua cầu chia thế  $R_{b1}$  và  $R_{b2}$  Q dẫn điện, điện áp trên cực C của Tranzito Q giảm được đưa trở về qua mạch hồi tiếp  $C_1, C_2, C_3$  và  $R_1, R_2, R_3$  và được di pha một góc  $180^\circ$  nên có biên độ tăng cùng chiều với ngõ vào (Hồi tiếp dương). Tranzito tiếp tục dẫn mạnh đến khi dẫn bão hoà thì các tụ xả điện làm cho điện áp tại cực B Tranzito giảm thấp, tranzito chuyển sang trạng thái ngưng dẫn đến khi xả hết điện, điện áp tại cực B tăng lên hình thành chu kỳ dẫn điện mới. Hình thành xung tín hiệu ở ngõ ra. Điểm quan trọng cần ghi nhớ là đường vòng hồi tiếp phải thoả mãn điều kiện là pha của tín hiệu ngõ ra qua mạch di pha phải lệch một góc  $180^\circ$ , nếu không thoả mãn điều kiện này thì mạch không thể dao động được, hoặc dạng tín hiệu ngõ ra sẽ bị biến dạng không đối xứng.

Mạch thường được dùng để tạo xung có tần số điều chỉnh như mạch dao động dọc trong kỹ thuật truyền hình, do mạch làm việc kém ổn định khi nguồn cung cấp không ổn định hoặc độ ẩm môi trường thay đổi nên ít được sử dụng trong điện tử công nghiệp và các thiết bị cần độ ổn định cao về tần số.

### 3. Mạch dao động hình sin:

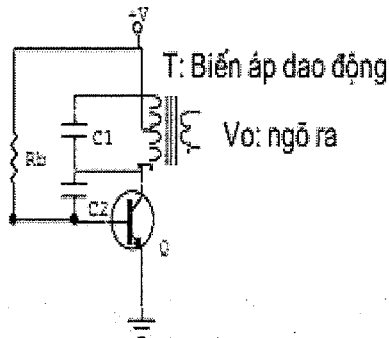
Dao động hình sin có ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực điện tử, chúng cung cấp nguồn tín hiệu cho các mạch điện tử trong quá trình làm việc. Có nhiều kiểu dao động hình sin khác nhau nhưng tất cả đều phải chứa hai thành phần cơ bản sau:

- Bộ xác định tần số: Nó có thể là một mạch cộng hưởng L-C hay một mạch R-C. Mạch cộng hưởng là sự kết hợp giữa điện cảm và tụ điện, tần số của mạch dao động chính là tần số của cộng hưởng riêng của mạch L-C. Mạch R-C không cộng hưởng tự nhiên nhưng sự dịch pha của mạch này được sử dụng để xác định tần số của mạch dao động.

- Bộ duy trì: có nhiệm vụ cung cấp năng lượng bổ xung đến bộ cộng hưởng để duy trì dao động. Bộ phận này bản thân nó phải có một nguồn cung cấp  $V_{dc}$ , thường là linh kiện tích cực như tranzito nó dẫn các xung điện đều đặn đến các mạch cộng hưởng để bổ xung năng lượng, phải đảm bảo độ dịch pha và độ lợi vừa đủ để bù cho sự suy giảm năng lượng trong mạch.

### 3.1. Mạch dao động L-C:

#### a. Mạch dao động ba điểm điện cảm(Hartley): (hình 5.3)

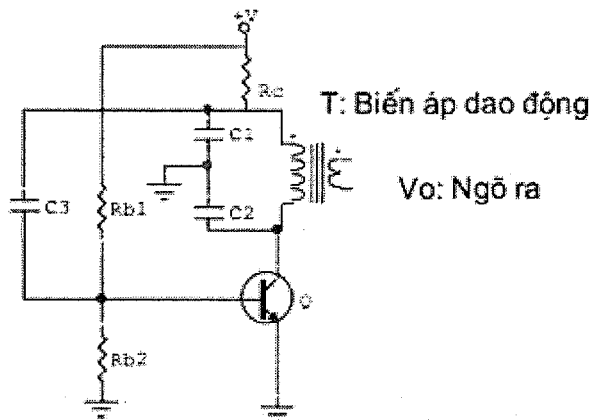


Hình 5.3: Mạch dao động hình sin ba điểm điện cảm

Trên sơ đồ mạch được mắc theo kiểu E-C, với cuộn dây có điểm giữa, cuộn dây và tụ C1 tạo thành một khung cộng hưởng quyết định tần số dao động của mạch. tụ C2 làm nhiệm vụ hồi tiếp dương tín hiệu về cực B của tranzito để duy trì dao động. Mạch được phân cực bởi điện trở Rb.

Tín hiệu hồi tiếp được lấy trên nhánh của cuộn cảm nên được gọi là mạch dao động ba điểm điện cảm (hartley)

#### b. Mạch dao động ba điểm điện dung(Colpitts): (Hình5.4)



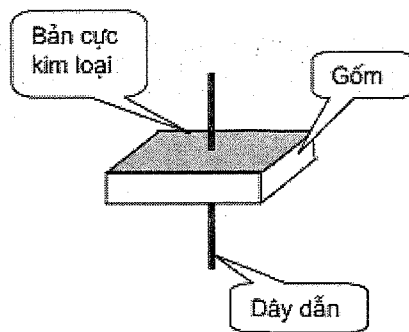
Hình 5.4: Mạch dao động ba điểm điện dung

Trên sơ đồ mạch được mắc theo kiểu E-C với cuộn dây không có điểm giữa, khung cộng hưởng gồm cuộn dây mắc song song với hai tụ C1, C2 mắc nối tiếp nhau, tụ C3 làm nhiệm vụ hồi tiếp dương tín hiệu về cực B của tranzito Q để duy trì dao động, mạch được phân cực bởi cầu chia thế Rb1 và Rb2. Tín hiệu ngõ ra được lấy trên cuộn thứ cấp của biến áp dao động. trong thực tế để điều chỉnh tần số dao động của mạch người ta có thể điều chỉnh phạm vi hẹp bằng cách thay đổi điện áp phân cực B của Tranzito và điều chỉnh phạm vi lớn bằng cách thay đổi hệ số tự cảm của cuộn dây bằng lõi chỉnh đặt trong cuộn dây thay cho lõi cố định.


### 3.2. Mạch dao động thạch anh:(hình 5.5)

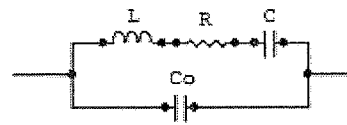
Mạch dao động dùng khung cộng hưởng  $L, C$  có nhược điểm là độ ổn định không cao. Tần số dao động phụ thuộc nhiều vào điều kiện bên ngoài như: điện áp nguồn cung cấp, nhiệt độ, độ ẩm môi trường, chất lượng linh kiện, thời gian làm việc... Điều này thể hiện rất rõ khi phải làm việc với tần số cao. Để khắc phục nhược điểm này ở các thiết bị điện, điện tử hiện nay nhất là các thiết bị làm việc đòi hỏi tính ổn định cao, người ta thường dùng mạch dao động thạch anh.

Thạch anh còn được gọi là gốm áp điện. Cấu tạo gồm một miếng gốm được cắt theo một kích thước nhất định có hai mặt song song. Trên bề mặt được phủ một lớp kim loại mỏng làm bản cực, trên bề mặt bản cực người ta nối với dây dẫn nối ra bên ngoài. Thạch anh có độ bền cơ học cao, ít chịu ảnh hưởng của nhiệt độ, độ ẩm và tác dụng hoá học (Hình 5.5a,b). Chúng có tần số cộng hưởng tự nhiên phụ thuộc vào kích thước và hình dạng của phần tử gốm dùng làm linh kiện nên chúng có hệ số phẩm chất rất cao, độ rộng băng tần hẹp, nhờ vậy độ chính xác của mạch rất cao. Dao động thạch anh được ứng dụng rộng rãi trong các thiết bị điện tử có độ chính xác cao về mặt tần số như tạo nguồn sóng mang của các thiết bị phát, xung đồng hồ trong các hệ thống vi xử lí...



Hình 5.5.a: Cấu tạo thạch anh

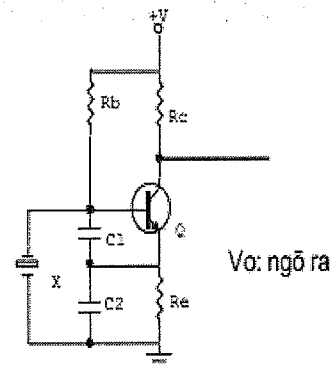
- Ký hiệu :   
 - Mạch điện t-đng đ-đng:



Hình 5.5.b: Mạch điện t-đng đ-đng

Để thay đổi tần số trong một phạm vi hẹp người ta có thể mắc nối tiếp với thạch anh một tụ xoay có trị số tương đối nhỏ, khoảng vài trăm pF.

Thạch anh có tính chất thuận nghịch về nguyên lý hoạt động. Khi đặt lên hai bản cực một điện áp thì kích thước của thạch anh bị biến dạng theo cường độ điện áp đặt lên bản cực, ngược lại tác động lên hai bản cực một lực thì trên hai bản cực xuất hiện một điện áp tỷ lệ thuận với



Hình 5.6: Mạch dao động dùng thạch anh căn bản

cường độ lực đặt lên bản cực. Lợi dụng tính chất này mà người ta dùng thạch anh làm phần tử dao động hoặc làm biến tử thu, phát trong các thiết bị siêu âm.

Nhiệm vụ các linh kiện trong mạch như sau:

Q: tranzito dao động

Rc: Điện trở tải lấy tín hiệu ngõ ra

Re: Điện trở ổn định nhiệt và lấy tín hiệu hồi tiếp

C1, C2: Cầu chia thế dùng tụ để lấy tín hiệu hồi tiếp về cực B

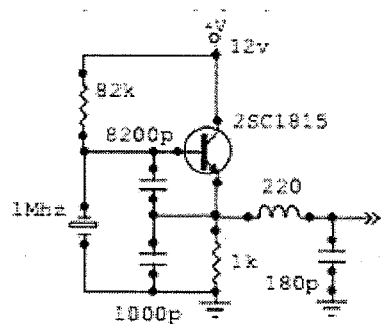
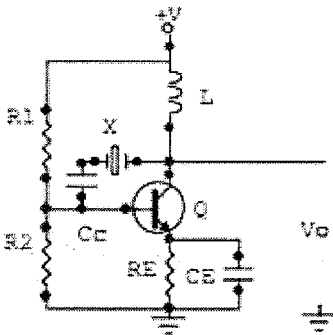
Rb: Điện trở phân cực B cho tranzito Q

X: thạch anh dao động

+V: Nguồn cung cấp cho mạch

Hoạt động của mạch như sau: Khi được cấp nguồn điện áp phân cực B cho tranzito Q đồng thời nạp điện cho thạch anh và hai tụ C1 và C2 làm cho điện áp tại cực B giảm thấp, đến khi mạch nạp đầy điện áp tại cực B tăng cao qua vòng hồi tiếp dương C1, C2 điện áp tại cực B tiếp tục tăng đến khi Tranzito dẫn điện bão hoà mạch bắt đầu xả điện qua tiếp giáp BE của tranzito làm cho điện áp tại cực B của tranzito giảm đến khi mạch xả hết điện bắt đầu lại một chu kỳ mới của tín hiệu. Tần số của mạch được xác định bởi tần số của thạch anh, dạng tín hiệu ngõ ra có dạng hình sin do đó để tạo ra các tín hiệu có dạng xung số cho các mạch điều khiển các tín hiệu xung được đưa đến các mạch dao động đa hài lưỡng ổn (FF) để sửa dạng tín hiệu.

Một mạch dao động thạch anh căn bản khác được trình bày ở Hình 5.7. Khi được cấp nguồn, Tranzito được phân cực ở chế độ khuếch đại nên dẫn điện đồng thời với việc thạch anh dao động, một phần tín hiệu quay trở về cực B của tranzito để khuếch đại và duy trì trạng thái làm việc của mạch. Hình 6.8 là mạch dao động 1 MHz thực tế được dùng trong TV màu JVC 1480ME.



Hình 5.7: Mạch dao động thạch anh căn bản Hình 5.8: Mạch dao động dùng thạch anh thực tế

### Câu hỏi và bài tập

#### A. Câu hỏi trắc nghiệm khách quan

B. Hãy lựa chọn phương án mà học viên cho là đúng nhất trong các câu gợi ý dưới đây và tô đen vào ô vuông thích hợp:

TT	Nội dung câu hỏi	a	b	c	d
1	<p><b>Hạn chế biên độ điện áp ra bằng cách chọn nguồn cung cấp thích hợp để làm gì trong mạch dao động?</b></p> <p>d. ổn định biên độ điện áp e. ổn định tần số dao động f. ổn định pha của dao động d. ổn định nhiệt cho mạch</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<p><b>Dùng mạch hồi tiếp phi tuyến hoặc linh kiện điều chỉnh để làm gì trong mạch dao động?</b></p> <p>a. ổn định biên độ điện áp b. ổn định tần số dao động c. ổn định pha của dao động d. ổn định nhiệt cho mạch</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<p><b>Cung cấp điện áp ổn định để làm gì trong mạch dao động?</b></p> <p>a. ổn định biên độ điện áp b. ổn định tần số dao động c. ổn định pha của dao động d. ổn định nhiệt cho mạch</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<p><b>Dùng các linh kiện có hệ số khuếch đại nhỏ trong mạch dao động để làm gì?</b></p> <p>a. ổn định biên độ điện áp b. ổn định tần số dao động c. ổn định pha của dao động d. ổn định nhiệt cho mạch</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	<p><b>Dùng các linh kiện trong có sai số nhỏ và phân tử ổn định nhiệt trong mạch dao động để làm gì?</b></p> <p>a. ổn định biên độ điện áp b. ổn định tần số dao động c. ổn định pha của dao động d. ổn định nhiệt cho mạch</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## BÀI 6 : MẠCH ỔN ÁP

### 1. Khái niệm:

Định nghĩa: ổn áp là mạch thiết lập nguồn cung cấp điện áp ổn định cho các mạch điện trong thiết bị theo yêu cầu thiết kế của mạch điện, từ một nguồn cung cấp ban đầu.

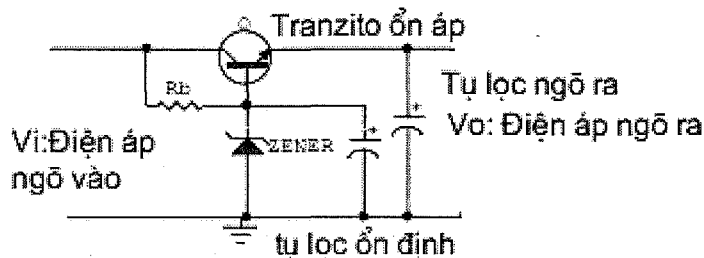
Phân loại: tùy theo nhu cầu về điện áp, dòng điện tiêu thụ, độ ổn định mà trong kỹ thuật người ta phân chia mạch ổn áp thành hai nhóm gồm ổn áp xoay chiều và ổn áp một chiều.

Ổn áp xoay chiều dùng để ổn áp nguồn điện từ lưới điện trước khi đưa vào mạng cục bộ hay thiết bị điện. Ngày nay với tốc độ phát triển của kỹ thuật người ta có các loại ổn áp như: ổn áp bù từ, ổn áp dùng mạch điện tử, ổn áp dùng linh kiện điện tử....

Ổn áp một chiều dùng để ổn định điện áp cung cấp bên trong thiết bị, mạch điện của thiết bị theo từng khu vực, từng mạch điện tùy theo yêu cầu ổn định của mạch điện. Người ta có thể chia mạch ổn áp một chiều thành hai nhóm lớn là ổn áp tuyến tính và ổn áp không tuyến tính (còn gọi là ổn áp xung). việc thiết kế mạch điện cũng đa dạng phức tạp, từ ổn áp dùng Diot zêne, ổn áp dùng tranzito, ổn áp dùng IC... Trong đó mạch ổn áp dùng tranzito rất thông dụng trong việc cấp điện áp thấp, dòng tiêu thụ nhỏ cho các thiết bị và mạch điện có công suất tiêu thụ thấp.

### 2. Mạch ổn áp tham số:

Mạch lợi dụng tính ổn áp của diot zener và điện áp phân cực thuận của tranzito để thiết lập mạch ổn áp (Hình 7.1)



Hình 7.1: Mạch ổn áp tham số dùng tranzito NPN

Q: Tranzito ổn áp

Rb: Điện áp phân cực B cho tranzito và diot zêne

Ở mạch này cực B của tranzito được giữ mức điện áp ổn định nhờ diot zener và điện áp ngõ ra là điện áp của điện áp zener và điện áp phân cực thuận của tranzito

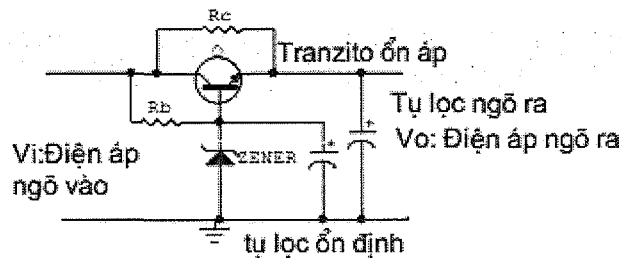
$$V_o = V_Z + V_{be}$$

Vz: Điện áp zener

Vbe: Điện áp phân cực thuận của Tranzito (0,5 – 0,8v)

Điện áp cung cấp cho mạch được lấy trên cực E của tranzito, tùy vào nhu cầu mạch điện mà mạch được thiết kế có dòng cung cấp từ vài mA đến hàng trăm mA, ở các mạch điện có dòng cung cấp lớn thường song song với mạch được mắc thêm một điện trở  $R_c$  khoảng vài chục đến vài trăm Ohm như hình 7.2 gọi là trở gánh dòng.

Việc chọn tranzito cũng được chọn tương thích với dòng tiêu thụ của mạch điện để tránh dư thừa làm mạch điện cồng kềnh và dòng phân cực qua lớn làm cho điện áp phân cực  $V_{be}$  không ổn định dẫn đến điện áp cung cấp cho tải kém ổn định.



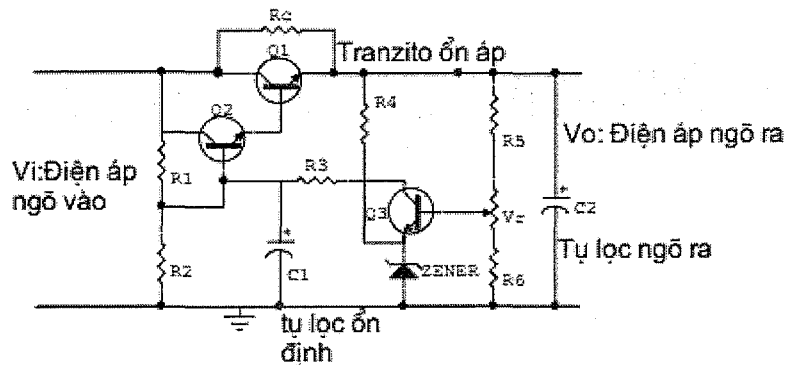
Hình 7.2: Mạch ổn áp tham số dùng tranzito NPN có điện trở gánh dòng

Dòng điện cấp cho mạch là dòng cực C của tranzito nên khi dòng tải thay đổi dòng cực C thay đổi theo làm trong khi dòng cực B không thay đổi, nên mặc dù điện áp không thay đổi (trên thực tế sự thay đổi không đáng kể) nhưng dòng tải thay đổi làm cho tải làm việc không ổn định.

### 3 Mạch ổn áp có điều chỉnh:

#### 3.1. Mạch ổn áp có điều chỉnh tuyến tính: Hình 7.3

Mạch ổn áp này có thể điều chỉnh được điện áp ngõ ra và có độ ổn định cao nhờ đường vòng hồi tiếp điện áp ngõ ra nên còn được gọi là ổn áp có hồi tiếp.



Hình 7.3: Mạch ổn áp có điều chỉnh

Nhiệm vụ của các linh kiện trong mạch như sau:

- + Q1: Tranzito ổn áp, cấp dòng điện cho mạch
- + Q: Khuếch đại điện áp một chiều
- + Q3: So sánh điện áp được gọi là dò sai
- + Rc: Trở gánh dòng
- + R1, R2: Phân cực cho Q2
- + R3: Hạn dòng cấp nguồn cho Q3
- + R4: Phân cực cho zener, tạo điện áp chuẩn cố định cho cực E Q3 gọi là tham chiếu
- + R5, R6, Vr: cầu chia thế phân cực cho B Q3 gọi là lấy mẫu.
- + C1: Chống đột biến điện áp.
- + C2: Lọc nguồn sau ổn áp cách li nguồn với điện áp một chiều từ mạch ngoài.

- **Hoạt động của mạch được chia làm hai giai đoạn như sau:**

**Giai đoạn cấp điện:** Là giai đoạn lấy nguồn ngoài cấp điện cho mạch được thực hiện gồm Rc, Q1, Q2, R1, R2 Nhờ quá trình cấp điện từ nguồn đến cực C của Q1, Q2 và phân cực nhờ cầu chia điện áp R1, R2 làm cho hai tranzito Q1, Q2 dẫn điện. Trong đó Q2 dẫn điện phân cực cho Q1, dòng qua Q1 cùng với dòng qua điện trở Rc gánh dòng cấp nguồn cho tải. Trong các mạch có dòng cung cấp thấp thì không cần điện trở gánh dòng Rc.

**Giai đoạn ổn áp:** Điện áp ngõ ra một phần quay trở về Q3 qua cầu chia thế R5, R6, Vr đặt vào cực B. do điện áp tại chân E được giữ cố định nên điện áp tại cực C thay đổi theo điện áp tại cực B nhưng ngược pha, qua điện trở R3 đặt vào cực B Q2 khuếch đại điện áp một chiều thay đổi đặt vào cực B của Q1 để điều chỉnh điện áp ngõ ra, cấp điện ổn định cho mạch. Điện áp ngõ ra có thể điều chỉnh được khoảng 20% so với thiết kế nhờ biến trở Vr. Hoạt động của Q1 trong mạch giống như một điện trở biến đổi được để ổn áp.

Mạch ổn áp này có dòng điện cung cấp cho mạch tương đối lớn có thể lên đến vài Amp và điện áp cung cấp lên đến hàng trăm Volt.

- **Ưu nhược điểm:**

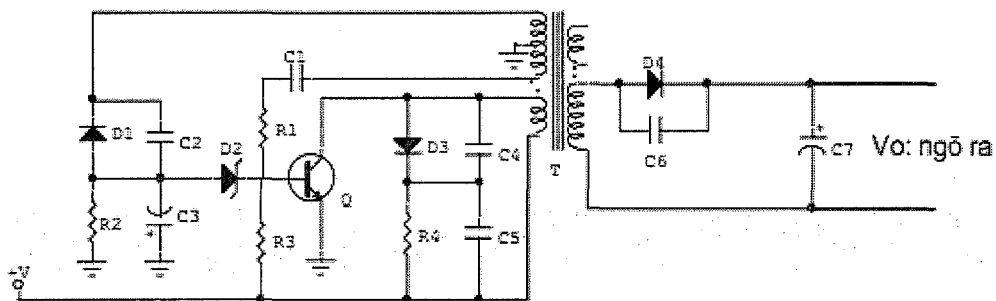
Mạch có ưu điểm dễ thiết kế, dễ kiểm tra, sửa chữa tuy nhiên mạch có nhiều nhược điểm cụ thể là mạch kém ổn định khi nguồn ngoài thay đổi, sụt áp trên nguồn tương đối lớn nên tổn thất công suất trên nguồn cao nhất là các mạch có công suất lớn cần phải có thêm bộ tản nhiệt nên công kênh. Không cách li được nguồn trong và ngoài nên khi Q1 bị thủng gây ra hiện tượng quá áp trên mạch gây hư hỏng mạch điện, độ ổn định không cao

### 3.3.2. Mạch ổn áp có điều chỉnh không tuyến tính:

Mạch ổn áp không tuyến tính có nhược điểm khó thiết kế nhưng có nhiều ưu điểm như: có độ ổn định cao ngay cả khi nguồn ngoài thay đổi, tổn thất công suất thấp, không gây hư hỏng cho mạch điện khi ổn áp bị đánh thủng và có thể thiết kế được các mức điện áp, và dòng điện theo ý muốn. Trong thực tế mạch ổn áp không



tuyến tính cũng có nhiều dạng mạch khác nhau, trong đó mạch dùng tranzito và IC là thông dụng hiện nay Chủ yếu là ổn áp kiểu xung dùng dao động nghệt . Mạch điện điển hình dùng tranzito có dạng mạch đơn giản như hình 7.4



Hình 7.4: Mạch ổn áp ổn áp kiểu xung dùng dao động nghệt

Trong mạch Tranzito Q đóng vai trò là phần tử dao động đồng thời là phần tử ổn áp, T là biến áp dao động nghệt đồng thời là biến áp tạo nguồn thứ cấp cung cấp điện cho mạch điện hoặc thiết bị. C1, R1 giữ vai trò là mạch hồi tiếp xung để duy trì dao động. R4 làm nhiệm vụ phân cực ban đầu cho mạch hoạt động. D3, R4, C4, C5 làm nhiệm vụ chống quá áp bảo vệ tranzito.

Các linh kiện D1, R2, C3, C2. Tạo nguồn cung cho mạch ổn áp. D2 làm nhiệm vụ tạo điện áp chuẩn cho mạch ổn áp gọi là tham chiếu.

Hoạt động của mạch cũng tương tự như mạch ổn áp có điều chỉnh gồm có hai giai đoạn.

Giai đoạn tạo nguồn. Được thực hiện như sau: Điện áp một chiều từ nguồn ngoài được tiếp tế đến cực C của Q qua cuộn sơ cấp của biến áp T, một phần được đưa đến cực B của tranzito qua điện trở phân cực R3 làm cho tranzito chuyển trạng thái từ không dẫn điện sang trạng thái dẫn điện sinh ra dòng điện chạy trên cuộn sơ cấp của biến áp T, dòng điện biến thiên này cảm ứng lên các cuộn thứ cấp hình thành xung hồi tiếp về cực B của Tranzito Q để duy trì dao động gọi là dao động nghệt. Xung dao động nghệt lấy trên cuộn thứ cấp khác được nắn bởi điôt D4 và lọc bởi tụ C7 hình thành nguồn một chiều thứ cấp cung cấp điện áp cho mạch điện lúc này điện áp ngõ ra chưa được ổn định.

Giai đoạn ổn áp. Được thực hiện bởi một nhánh thứ cấp khác nắn lọc xung để hình thành điện áp một chiều có giá trị âm nhờ D1, C3 đặt vào cực B của tranzito Q qua Diot zener D2 điều chỉnh điện áp phân cực của tranzito Q để ổn định điện áp ngõ ra. Giữ điện áp ngõ ra được ổn định.

Để hiểu rõ nguyên tắc ổn định điện áp của mạch, giả thuyết điện áp ngõ ra tăng đồng thời cũng làm cho điện áp âm được hình thành từ D1 và C3 cũng tăng làm cho điện áp tại anôt của zener D2 tăng kéo theo điện áp tại catôt giảm làm giảm dòng phân cực cho Q ổn áp dẫn điện yếu điện áp ngõ ra giảm bù lại sự tăng ban đầu giữ ở mức

ổn định. Hoạt động của mạch xảy ra ngược lại khi điện áp ngõ ra giảm cũng làm cho điện áp âm tại Anod của D2 giảm làm cho điện áp tại catôt tăng nên tăng phân cực B cho tranzito Q do đó Q dẫn mạnh làm tăng điện áp ngõ ra bù lại sự giảm ban đầu điện áp ra ổn định.

Mạch điện Hình 8.4 chỉ được dùng cung cấp nguồn cho các mạch điện có dòng tiêu thụ nhỏ và sự biến động điện áp ngõ vào thấp. Trong các mạch cần có dòng tiêu thụ lớn, tầm dò sai rộng thì cấu trúc mạch điện phức tạp hơn, dùng nhiều linh kiện hơn, kể cả tranzito, các thành phần của hệ thống ổn áp được hoàn chỉnh đầy đủ sẽ có: ổn áp, dò sai, tham chiếu, lấy mẫu và bảo vệ nếu hệ thống nguồn cần độ an toàn cao

### Câu hỏi và bài tập

#### a. Câu hỏi trắc nghiệm khách quan

Hãy lựa chọn phương án mà học viên cho là đúng nhất trong các câu gợi ý dưới đây và tô đen vào ô vuông thích hợp

TT	Nội dung câu hỏi	a	b	c	d
1	<b>Mạch ổn áp có nhiệm vụ giữ cho điện áp cung cấp ổn định khi</b> a. Điện áp nguồn vào thay đổi b. Điện áp cung cấp cho tải thay đổi c. Dòng qua tải thay đổi d. Tất cả các yếu tố trên	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<b>Đơn giản là ưu điểm của ổn áp</b> a. Tham số b. Kiểu bù c. Kiểu xung đa hài d. Kiểu xung dao động nghệt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<b>Trong ổn áp kiểu bù, đóng vai trò như một điện trở biến đổi được là nguyên lý của</b> a. ổn áp b. Khuếch đại c. Dò sai d. Lấy mẫu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<b>Trong ổn áp kiểu bù, đóng vai trò khuếch đại điện áp một chiều là nguyên lý của</b> a. ổn áp b. Khuếch đại c. Dò sai d. Cả ba yếu tố trên	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5	<b>Điện áp dò sai được lấy</b> a. Điện áp AC ngõ vào b. Điện áp DC ngõ vào c. Điện áp DC ngõ ra tải d. Một phần điện áp ngõ ra tải	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	<b>Cung cấp điện áp ổn định ngay cả khi nguồn ngoài thay đổi là ưu điểm của ổn áp</b> a. Tham số b. Kiểu bù c. Kiểu xung đa hài d. Kiểu xung dao động nghẹt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<b>Mạch ổn áp điều chỉnh tuyến tính là tên gọi của mạch ổn áp</b> a. Tham số b. Kiểu bù c. Kiểu xung d. Cả ba đều sai	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<b>Mạch ổn áp không tuyến tính là tên gọi của ổn áp</b> a. Tham số b. Kiểu bù c. Kiểu xung d. Cả ba đều sai	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Sổ tay linh kiện điện tử cho người thiết kế mạch (R. H.WARRING - người dịch KS. Đoàn Thanh Huệ - nhà xuất bản Thống kê)

[2] Giáo trình linh kiện điện tử và ứng dụng (TS Nguyễn Việt Nguyên - Nhà xuất bản Giáo dục)

[3] Kỹ thuật mạch điện tử (Phạm Xuân Khánh, Bò Quốc Bảo, Nguyễn Việt Tuyền, Nguyễn Thị Phước Vân - Nhà xuất bản Giáo dục)

[4] Kỹ thuật điện tử - Đỗ Xuân Thụ NXB Giáo dục, Hà Nội, 2005 (Đỗ Xuân Thụ - NXB Giáo dục)

[5] Sổ tay tra cứu các tranzito Nhật Bản (Nguyễn Kim Giao, Lê Xuân Thế)