

CHƯƠNG I:

CƠ SỞ PHÂN TÍCH MẠCH ĐIỆN TỬ

I. NHỮNG KHÁI NIỆM VỀ MẠCH ĐIỆN TỬ.

Các mạch điện tử có nhiệm vụ gia công tín hiệu theo những thuật toán khác nhau. Chúng được phân loại theo dạng tín hiệu được xử lý.

Tín hiệu là số đo (điện áp, dòng điện) của một quá trình, sự thay đổi của tín hiệu theo thời gian tạo ra tin tức hữu ích.

Theo quan điểm kỹ thuật, người ta phân biệt hai loại tín hiệu:

- *Tín hiệu tương tự*: là tín hiệu biến thiên liên tục theo thời gian và có thể nhận mọi giá trị trong khoảng biến thiên của nó.
- *Tín hiệu số*: là tín hiệu đã được rời rạc hoá về thời gian và lượng tử hoá về biên độ. Nó được biểu diễn bởi những tập hợp xung tại những điểm đo rời rạc. Do đó, tín hiệu số chỉ lấy một số hữu hạn giá trị trong khoảng biến thiên của nó mà thôi.

Tín hiệu có thể được khuếch đại, điều chế, tách sóng, chỉnh lưu, nhớ, đo, truyền đạt, điều khiển, biến dạng, tính toán ... Nhờ mạch điện tử các thuật toán này được thực hiện.

Để gia công hai loại tín hiệu tương tự và số, người ta dùng hai loại mạch cơ bản: mạch tương tự và mạch số. Ở đây, ta chỉ đề cập đến các mạch điện tử tương tự. Tuy trong những năm gần đây, kỹ thuật số đã phát triển mạnh mẽ và đóng vai trò rất quan trọng trong việc gia công tín hiệu, nhưng trong tương lai chúng cũng không thể thay thế hoàn toàn mạch tương tự được. Thực tế, có nhiều thuật toán không thể thực hiện được bằng các mạch số hoặc nếu thực hiện bằng mạch tương tự thì kinh tế hơn. Ngay cả trong hệ thống số cũng có nhiều phần tử chức năng tương tự, nếu như cần phải gia công tín hiệu tương tự ở một khâu nào đó.

Đối với mạch tương tự, người ta thường quan tâm đến hai thông số chủ yếu: biên độ tín hiệu và độ khuếch đại tín hiệu.

- *Biên độ tín hiệu*: ảnh hưởng đến độ chính xác của quá trình gia công tín hiệu và xác định tỷ số S/N của hệ thống. Khi biên độ tín hiệu nhỏ (cỡ mV hoặc μ A) thì nhiễu có thể lấn át tín hiệu. Vì vậy, khi thiết kế các hệ thống điện tử cần lưu ý nâng cao biên độ tín hiệu ngay ở tầng đầu của hệ thống.

- *Khuếch đại tín hiệu*: là chức năng quan trọng nhất của các mạch tương tự. Nó được thực hiện trực tiếp hoặc gián tiếp trong các phần tử chức năng của hệ thống.

Do sự ra đời của bộ khuếch đại thuật toán, các mạch tổ hợp tương tự đã đóng vai trò quan trọng trong kỹ thuật mạch điện tử. Chúng không những đảm bảo thỏa mãn các chỉ tiêu kỹ thuật mà còn có độ tin cậy cao và giá thành hạ. Tuy nhiên, chúng thường được dùng chủ yếu ở phạm vi tần số thấp. Sự ra đời của bộ khuếch đại thuật toán là một bước ngoặt quan trọng trong quá trình phát triển của kỹ thuật mạch tương tự. Nhờ sự xuất hiện của bộ khuếch đại thuật toán, số lượng các mạch chức năng tương tự khác nhau đã giảm xuống một cách đáng kể, vì có thể dùng bộ khuếch đại thuật toán để thực hiện nhiều chức năng khác nhau nhờ mắc các mạch ngoài thích hợp. Trong nhiều trường hợp, dùng bộ khuếch đại thuật toán có thể tạo hàm đơn giản hơn, chính xác hơn và giá thành rẻ hơn so với các mạch dùng linh kiện rời rạc.

Xu hướng phát triển của kỹ thuật mạch tổ hợp là nâng cao độ tích hợp của mạch. Khi độ tích hợp tăng thì có thể chế tạo các hệ thống có chức năng ngày càng hoàn hảo hơn trên một chip. Do vậy, hướng phát triển của mạch tổ hợp là: giảm nhỏ kích thước bên trong của mạch và tăng tính phổ biến của mạch trong ứng dụng.

II. ĐẶC TÍNH CƠ BẢN VÀ CÁC THAM SỐ CỦA TRANSISTOR LƯỜNG CỰC.

1. Đặc tính tĩnh và phương trình cơ bản.

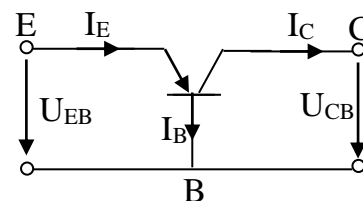
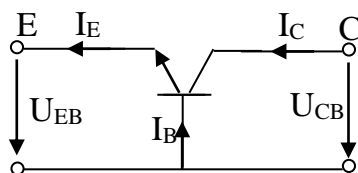
1.1. Đặc tính tĩnh.

Transistor có 3 cực (B, C và E), nếu đưa tín hiệu vào trên 2 cực và lấy tín hiệu ra trên 2 cực thì phải có 1 cực là cực chung. Do vậy, đối với transistor có 3 cách mắc cơ bản:

- *Bazơ chung BC (Common Bazơ)*:

Transistor mắc theo kiểu bazơ chung là cực bazơ dùng chung cho cả đầu vào và đầu ra. Tín hiệu vào được đặt giữa 2 cực emítơ và bazơ, còn tín hiệu ra lấy trên 2 cực colectơ và bazơ.

Sơ đồ mạch BC:



- *Colectơ chung CC (Common Emitter)*:

Transistor mắc theo kiểu collector chung là cực collector dùng chung cho cả đầu vào và đầu ra. Tín hiệu vào được đặt giữa 2 cực bazơ và collector, còn tín hiệu ra lấy trên 2 cực emitter và collector.

Sơ đồ mạch CC:



- *Emitter chung EC (Common Emitter):*

Transistor mắc theo kiểu emitter chung là cực emitter dùng chung cho cả đầu vào và đầu ra. Tín hiệu vào được đặt giữa 2 cực bazơ và emitter, còn tín hiệu ra lấy trên 2 cực collector và emitter.

Sơ đồ mạch EC:



Trong ba cách mắc này, cách mắc Emitter chung được dùng nhiều nhất.

Họ đặc tuyến của transistor:

- Đặc tuyến vào:

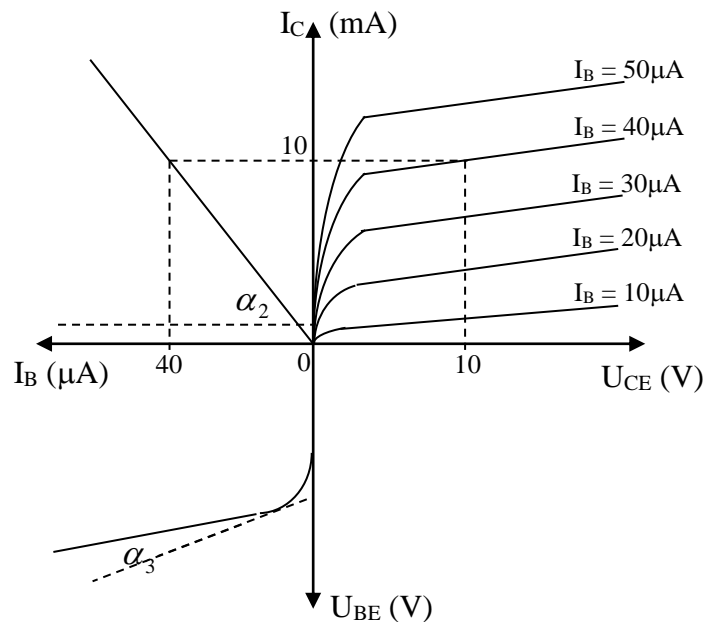
$$I_B = f(U_{BE})|_{U_C=const}$$

- Đặc tuyến ra:

$$I_C = f(U_{CE})|_{I_B=const}$$

- Đặc tuyến truyền đạt:

$$I_C = f(I_B)|_{U_C=const}$$



Các họ đặc tuyến của transistor npn mắc EC

1.2. Phương trình cơ bản.

Để điều khiển transistor, có thể dùng dòng emitter I_E hoặc dòng bazơ I_B :

- Nếu dùng dòng emitor I_E để điều khiển (trong cách mắc bazơ chung) thì hệ số khuếch đại của transistor là α , được xác định:

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \quad (\alpha < 1)$$

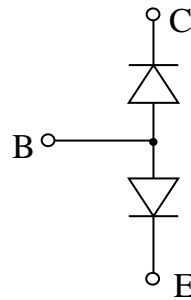
- Nếu dùng dòng bazơ I_B để điều khiển (trong cách mắc emitor chung) thì hệ số khuếch đại của transistor là β , được xác định:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad (\beta \gg 1)$$

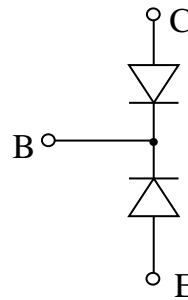
Vì $I_E = I_B + I_C$ nên giữa α và β có mối quan hệ:

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}, \quad \alpha = \frac{\beta}{1 + \beta} \quad \text{và} \quad 1 - \alpha = \frac{1}{1 + \beta}$$

Có thể coi mỗi transistor lưỡng cực gồm hai diode mắc ngược chiều như hình vẽ:



Transistor loại npn



Transistor loại pnp

2. Sơ đồ tương đương ở chế độ tín hiệu bé.

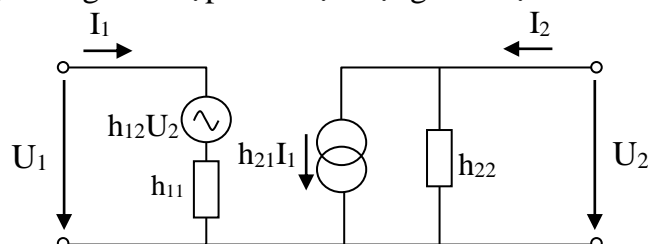
Đối với tín hiệu bé, transistor được coi là một mạng bốn cực tuyến tính. Do đó, có thể dùng hệ phương trình của mạng bốn cực tuyến tính để biểu diễn quan hệ giữa các dòng điện, điện áp vào và ra của transistor.

Trong các loại phương trình của mạng 4 cực, để mô tả transistor người ta thường dùng hệ phương trình hỗn hợp tham số h và hệ phương trình dẫn nạp tham số y .

Hệ phương trình hỗn hợp h :

$$\begin{cases} U_1 = h_{11}I_1 + h_{12}U_2 \\ I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}U_2 \end{cases}$$

Sơ đồ tương đương hỗn hợp của một mạng bốn cực:



Trong đó:

$$+ h_{21e} = \beta$$

$$+ h_{11e} = r_{be}$$

r_{be} là điện trở vào của transistor, nó được xác định như sau:

$$r_{be} = r_{bb'} + \beta r_e$$

r_e là điện trở khuếch tán emito:

$$r_e = \frac{dU_{BE}}{dI_E} = \frac{U_T}{I_E}$$

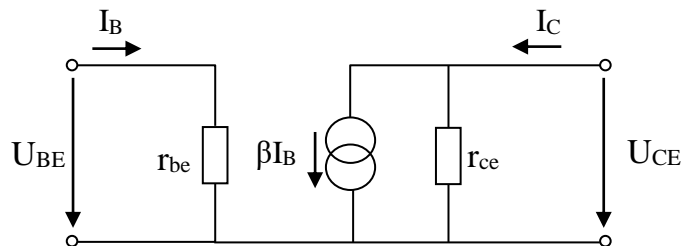
U_T là điện áp nhiệt, ở nhiệt độ 25°C : $U_T = 26 \text{ mV}$.

+ h_{12e} là hệ số hồi tiếp điện áp. Khi hở mạch đầu vào, h_{12e} thường rất nhỏ, nên có thể bỏ qua và trong nhiều trường hợp có thể coi $h_{12e} = 0$.

$$+ h_{22e} = \frac{1}{r_{ce}}$$

Với transistor tín hiệu bé, $r_{ce} = 10\text{K}\Omega \div 1\text{M}\Omega$.

Vậy, sơ đồ tương đương hỗn hợp của transistor:



III. ĐẶC TÍNH CƠ BẢN VÀ CÁC THAM SỐ CỦA TRANSISTOR TRƯỜNG.

1. Đặc tính cơ bản và phân loại.

Transistor hiệu ứng trường được phân loại:

- Transistor trường có cực cửa tiếp giáp JFET:
 - + JFET kênh n.
 - + JFET kênh p.
- Transistor trường có cực cửa cách ly MOSFET:
 - + MOSFET kênh đặt sẵn:
 - MOSFET kênh đặt sẵn loại n.
 - MOSFET kênh đặt sẵn loại p.
 - + MOSFET kênh cảm ứng:

- MOSFET kênh cảm ứng loại n.
- MOSFET kênh cảm ứng loại p.

Nếu đặt vào giữa cực cửa G và cực nguồn S một tín hiệu U_{GS} thì khi U_{GS} thay đổi làm cho điện trở giữa cực máng D và cực nguồn S thay đổi và dòng điện cực máng I_D thay đổi theo. Vì vậy, FET là một dụng cụ không chế điện áp giống triốt chân không. Do đó, đôi khi người ta gọi cực cửa là lưới, cực nguồn là catot và cực máng là anot.

Đối với JFET, cực cửa nối với kênh máng - nguồn qua mặt ghép *pn* hoặc *np*. Khi đặt điện áp phân cực U_{GS} đúng chiều quy ước thì diode mặt ghép ngắt, ngược lại nếu đổi chiều U_{GS} thì diode thông. Do đó, dòng cửa I_G khác không.

Đối với MOSFET, cực cửa G và kênh máng - nguồn được cách ly bởi một lớp cách điện SiO_2 . Do đó, dòng cửa I_G luôn luôn bằng không.

Khi làm việc, dòng cửa I_G của JFET cỡ 1 pA ÷ 10 nA, còn dòng cửa I_G của MOSFET nhỏ hơn của JFET khoảng 10^{-3} lần. Vì vậy điện trở vào của JFET nằm trong khoảng $10^{10} \div 10^{13} \Omega$ và của MOSFET $10^{13} \div 10^{15} \Omega$.

2. Sơ đồ tương đương ở chế độ tín hiệu bé.

Khi mắc FET theo sơ đồ nguồn SC, ta có phương trình biểu diễn quan hệ giữa dòng điện ra tức thời và điện áp các cực:

$$i_D = f(u_{GS}, u_{DS})$$

Vi phân toàn phần biểu thức trên ta có:

$$\Delta i_D = \left. \frac{\partial i_D}{\partial u_{GS}} \right|_{u_{DS}} \cdot \Delta u_{GS} + \left. \frac{\partial i_D}{\partial u_{DS}} \right|_{u_{GS}} \cdot \Delta u_{DS}$$

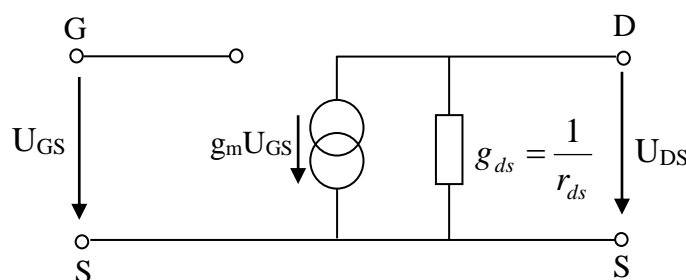
Đối với tín hiệu nhỏ thì:

$$i_D = g_m u_{GS} + g_{ds} u_{DS}$$

$$\text{Trong đó: } g_m = \left. \frac{\partial i_D}{\partial u_{GS}} \right|_{u_{DS} = 0} = \left. \frac{\Delta i_D}{\Delta u_{GS}} \right|_{u_{DS} = \text{const}} (= S)$$

$$g_{ds} = \left. \frac{\partial i_D}{\partial u_{DS}} \right|_{u_{GS} = 0} = \left. \frac{\Delta i_D}{\Delta u_{DS}} \right|_{u_{GS} = \text{const}}$$

Sơ đồ tương đương tần số thấp của FET đối với tín hiệu bé:



3. Đặc điểm của FET so với transistor lưỡng cực.

- Ưu điểm: Không yêu cầu dòng vào (trở kháng vào lớn).
- Nhược điểm:
 - + Độ dốc g_m nhỏ.
 - + Nhạy cảm đối với điện tích tĩnh.

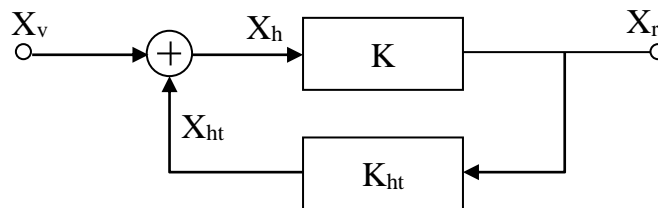
Do đó, FET ít được dùng trong mạch rời rạc mà dùng trong mạch tích hợp thì sẽ tiết kiệm được công suất cung cấp. Trong mạch rời rạc FET chỉ được dùng khi yêu cầu trở kháng vào lớn và tạp âm nhỏ.

IV. ĐỊNH NGHĨA VÀ CÁC PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN CỦA MẠNG BỐN CỰC CÓ HỒI TIẾP.

1. Các định nghĩa cơ bản.

Hồi tiếp là ghép một phần tín hiệu ra (điện áp hoặc dòng điện) của mạng bốn cực tích cực về đầu vào thông qua một mạng bốn cực gọi là mạng hồi tiếp.

Sơ đồ khối bộ khuếch đại có hồi tiếp:



K : Hệ số khuếch đại. K_{ht} : Hệ số hồi tiếp.

X_v : Tín hiệu vào. X_h : Tín hiệu hiệu.

X_r : Tín hiệu ra. X_{ht} : Tín hiệu hồi tiếp.

Hồi tiếp đóng vai trò rất quan trọng trong kỹ thuật mạch tương tự. Hồi tiếp cho phép cải thiện các tính chất của bộ khuếch đại, nâng cao chất lượng của bộ khuếch đại.

Có hai loại hồi tiếp cơ bản:

- *Hồi tiếp âm*: Là sự hồi tiếp trong đó tín hiệu hồi tiếp ngược pha với tín hiệu vào, nên làm yếu tín hiệu vào.
- *Hồi tiếp dương*: Là sự hồi tiếp trong đó tín hiệu hồi tiếp cùng pha với tín hiệu vào, do đó nó làm mạnh tín hiệu vào. Hồi tiếp dương thường làm cho bộ khuếch đại mất ổn định và nó được sử dụng để tạo dao động.

Ngoài ra, còn phân biệt: *hồi tiếp một chiều* và *hồi tiếp xoay chiều*. Hồi tiếp âm một chiều được dùng để ổn định chế độ công tác, còn hồi tiếp âm xoay chiều được dùng để ổn định các tham số của bộ khuếch đại.

Ở đây, ta chỉ xét đến hồi tiếp âm xoay chiều.

Mạch điện của bộ khuếch đại có hồi tiếp được phân làm bốn loại:

- *Hồi tiếp nối tiếp - điện áp*: Tín hiệu hồi tiếp đưa về đầu vào nối tiếp với nguồn tín hiệu ban đầu và tỷ lệ với điện áp ở đầu ra.

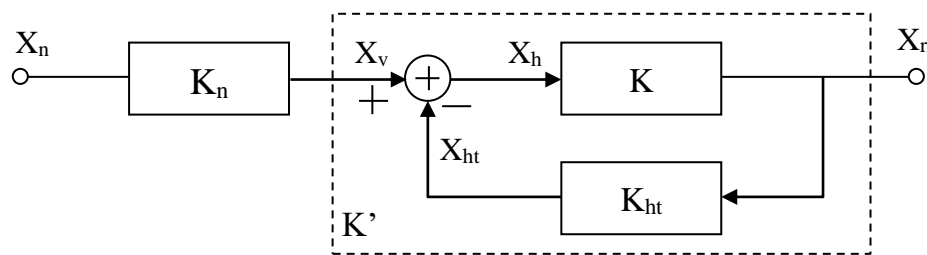
- *Hồi tiếp song song - điện áp*: Tín hiệu hồi tiếp đưa về đầu vào song song với nguồn tín hiệu ban đầu và tỷ lệ với điện áp ra.

- *Hồi tiếp nối tiếp - dòng điện*: Tín hiệu hồi tiếp về đầu vào nối tiếp với nguồn tín hiệu ban đầu và tỷ lệ với dòng điện ra.

- *Hồi tiếp song song - dòng điện*: Tín hiệu hồi tiếp về đầu vào song song với nguồn tín hiệu ban đầu và tỷ lệ với dòng điện ra.

2. Các phương trình cơ bản.

Sơ đồ khối tổng quát của bộ khuếch đại có hồi tiếp:



Giả thiết các khối đều là các hệ tuyến tính và tín hiệu chỉ chạy theo chiều mũi tên.

Từ sơ đồ khối:

$$X_r = KX_h$$

$$X_v = K_n X_n$$

$$X_{ht} = K_{ht} X_r$$

$$X_h = X_v - X_{ht}$$

Ta có:

$$K' = \frac{X_r}{X_v} = \frac{K}{1 + KK_{ht}} \quad \text{và} \quad K_{tp} = \frac{X_r}{X_n} = K' K_n$$

Gọi: $K_v = KK_{ht}$ là hệ số khuếch đại vòng.

$g = 1 + K_v = 1 + KK_{ht}$ là độ sâu hồi tiếp.

Các tham số K_v và g là những tham số dùng để đánh giá mức độ thay đổi các tham số của bộ khuếch đại do hồi tiếp âm gây ra và đánh giá mức độ ổn định của bộ khuếch đại.

Khi $|1 + KK_{ht}| > 1$ thì $|K'| < |K|$, tương ứng có hồi tiếp âm.

Khi $|1 + KK_{ht}| < 1$ thì $|K'| > |K|$, tương ứng có hồi tiếp dương.

$$\text{Khi } |K_v| = |KK_{ht}| \gg 1 \text{ thì } K' = \frac{X_r}{X_v} \approx \frac{1}{K_{ht}} \text{ và } K_{tp} = \frac{X_r}{X_n} \approx \frac{K_n}{K_{ht}}$$

Điều này cho thấy: một hệ thống khép kín có hệ số khuếch đại vòng rất lớn thì hàm truyền đạt của nó hầu như không phụ thuộc vào các tính chất của mạng bốn cực khuếch đại mà chỉ phụ thuộc vào tính chất của mạng bốn cực hồi tiếp. Sự thay đổi các tham số của phần tử tích cực và độ tạp tán của nó không ảnh hưởng đến các tính chất của bộ khuếch đại có hồi tiếp. Vì vậy, muốn xây dựng các bộ khuếch đại chính xác, phải dùng linh kiện (chủ yếu là điện trở) chính xác trong khâu hồi tiếp.

V. ẢNH HƯỞNG CỦA HỒI TIẾP ÂM ĐẾN CÁC TÍNH CHẤT CỦA BỘ KHUẾCH ĐẠI.

1. Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đối với hệ số khuếch đại.

- Hồi tiếp điện áp nối tiếp:

+ Khi không có hồi tiếp thì hệ số KĐ điện áp: $K = \frac{U_2}{U_1}$

+ Khi có hồi tiếp U_{ht} :

Ta có: $U_{1k} = U_1 - U_{1ht}$

Mà: $U_2 = KU_{1k} = K(U_1 - U_{1ht}) = KU_1 - KU_{1ht} = KU_1 - KK_{ht}U_2$

$\Rightarrow (1 + KK_{ht})U_2 = KU_1$

Hệ số KĐ điện áp khi có hồi tiếp:

$$K' = \frac{U_2}{U_1} = \frac{K}{1 + KK_{ht}}$$

- Hồi tiếp điện áp song song:

+ Khi không có hồi tiếp thì hệ số KĐ: $K = \frac{U_2}{I_1}$

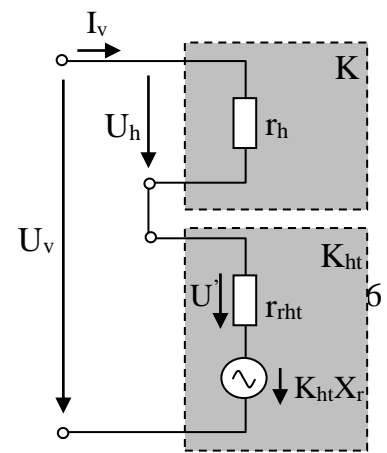
+ Khi có hồi tiếp U_{ht} :

$$K' = \frac{U_2}{I_1} = \frac{U_2}{I_{1k} + I_{1ht}} = \frac{KI_{1k}}{I_{1k} + K_{ht}U_2} = \frac{KI_{1k}}{I_{1k} + KK_{ht}I_{1k}} = \frac{K}{1 + KK_{ht}}$$

Vậy, hệ số KĐ khi có hồi tiếp sẽ giảm đi $(1 + KK_m)$ lần so với khi không có hồi tiếp.

2. Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến trở kháng vào.

Hồi tiếp âm làm thay đổi trở kháng vào của phần mạch nằm trong vòng hồi tiếp. Sự thay đổi này chỉ phụ thuộc vào phương pháp mắc mạch hồi tiếp về đầu vào (nối tiếp hay song song) mà không phụ thuộc phương pháp lấy tín hiệu ở đầu ra để đưa vào mạch hồi tiếp. Do đó, để tính trở kháng vào của bộ



khuếch đại có hồi tiếp ta phân biệt hai trường hợp: hồi tiếp nối tiếp và hồi tiếp song song.

- Hồi tiếp nối tiếp:

Để đơn giản khi tính toán, ta dùng sơ đồ tương đương điện áp cho mạch hồi tiếp.

+ Khi không có hồi tiếp ($K_{ht}X_r = 0$):

$$Z_v = \frac{U_v}{I_v} = \frac{U_h + U'}{I_v} = r_h + r_{rht}$$

+ Khi có hồi tiếp:

$$Z'_v = \frac{U_v}{I_v} = \frac{U_h + U' + K_{ht}X_r}{I_v} = \frac{U_h(1 + KK_{ht}) + U'}{I_v} \Rightarrow Z'_v = gr_h + r_{rht} \approx gr_h$$

Nếu $r_{rht} \ll r_h$ thì $Z'_v = gZ_v$

- Hồi tiếp song song:

Để đơn giản khi tính toán, ta dùng sơ đồ tương đương dòng điện cho mạch hồi tiếp.

+ Khi không có hồi tiếp ($K_{ht}X_r = 0$):

$$Y_v = \frac{1}{Z_v} = \frac{I_v}{U_v} = \frac{I_h + I'}{U_v} = \frac{1}{r_h} + \frac{1}{r_{rht}}$$

+ Khi có hồi tiếp:

$$Y'_v = \frac{1}{Z'_v} = \frac{I_v}{U_v} = \frac{I_h + I' + K_{ht}X_r}{U_v} = \frac{g}{r_h} + \frac{1}{r_{rht}}$$

Nếu $r_{rht} \gg r_h$ thì $Z'_v \approx Z_v / g$

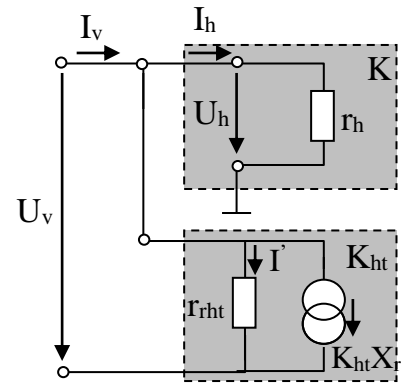
Tóm lại:

Hồi tiếp âm nối tiếp làm tăng trở kháng vào của phần mạch nằm trong vòng hồi tiếp g lần và hồi tiếp âm song song làm giảm trở kháng vào cũng bấy nhiêu lần.

3. Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến trở kháng ra.

Hồi tiếp âm cũng làm biến đổi trở kháng ra của bộ khuếch đại. Khác với trường hợp trở kháng vào, sự biến đổi này không phụ thuộc vào phương pháp dẫn tín hiệu hồi tiếp về đầu vào mà chỉ phụ thuộc phương pháp nối đầu ra bộ khuếch đại với đầu vào mạch hồi tiếp. Do đó, để tính trở kháng ra của bộ khuếch đại có hồi tiếp ta phân biệt hai trường hợp: hồi tiếp điện áp và hồi tiếp dòng điện.

Trở kháng ra của một mạch được xác định theo biểu thức sau:



$$Z_r = \frac{U_{rh}}{I_{mg}} \quad \text{Với: } U_{rh}: \text{ Điện áp ra khi hở mạch tải.}$$

$$I_{mg}: \text{ Dòng điện ra khi ngắn mạch tải.}$$

Gọi: K_h : Hàm truyền của bộ khuếch đại không hồi tiếp khi hở mạch tải.

K_{ng} : Hàm truyền bộ khuếch đại không hồi tiếp khi ngắn mạch tải.

K'_h : Hàm truyền của bộ khuếch đại có hồi tiếp khi hở mạch tải.

K'_{ng} : Hàm truyền bộ khuếch đại không hồi tiếp khi ngắn mạch tải.

- Hồi tiếp điện áp:

Để đơn giản khi tính toán, ta dùng sơ đồ tương đương điện áp cho mạch hồi tiếp điện áp.

+ Khi không có hồi tiếp: $Z_r = r_r // r_{vht}$

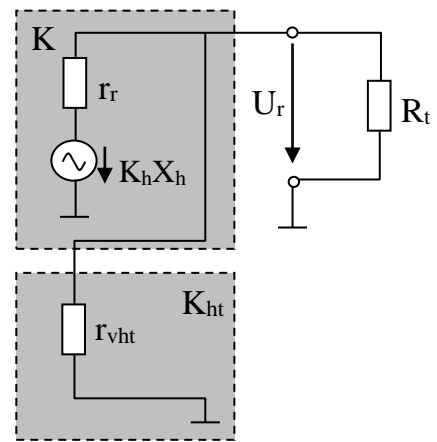
+ Khi có hồi tiếp:

$$U_{rh} = K'_h X_v = \frac{K_h}{1 + K_h K_{ht}} X_v$$

$$I_{mg} = \frac{K_h X_h}{r_r} = \frac{K_h X_v}{r_r}$$

$$\Rightarrow Z'_r = \frac{U_{rh}}{I_{mg}} = \frac{r_r}{1 + K_h K_{ht}} = \frac{r_r}{g_1} \approx \frac{r_r}{g}$$

Nếu $r_r \ll r_{vht}$ thì: $Z'_r \approx \frac{Z_r}{g}$



- Hồi tiếp dòng điện:

+ Khi không có hồi tiếp: $Z_r = r_r + r_{vht}$

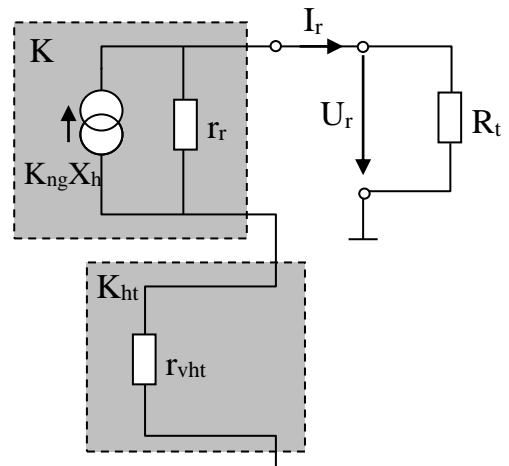
+ Khi có hồi tiếp:

$$U_{rh} = K_{ng} X_h r_r = K_{ng} X_v r_r$$

$$I_{mg} = K'_{ng} X_v = \frac{K_{ng}}{1 + K_{ng} K_{ht}} X_v$$

$$\Rightarrow Z'_r = \frac{U_{rh}}{I_{mg}} = r_r (1 + K_{ng} K_{ht}) = r_r g_{ng} \approx g r_r$$

Nếu $r_r \gg r_{vht}$ thì $Z'_r \approx g Z_r$



Tóm lại:

Hồi tiếp âm điện áp làm giảm trở kháng ra của phần mạch nằm trong vòng hồi tiếp g lần, còn hồi tiếp âm dòng điện thì trở kháng ra của phần mạch có hồi tiếp tăng lên g lần so với khi không có hồi tiếp.

4. Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến dải động và đến méo phi tuyến.

Nhờ hồi tiếp âm, dải động của bộ khuếch đại được mở rộng. Thật vậy:

- *Khi không có hồi tiếp:* thì toàn bộ tín hiệu được đưa đến đầu vào bộ khuếch đại. Do đó: $X_h = X_v$.

- *Khi có hồi tiếp:* thì chỉ có một phần tín hiệu được đặt vào bộ khuếch đại:

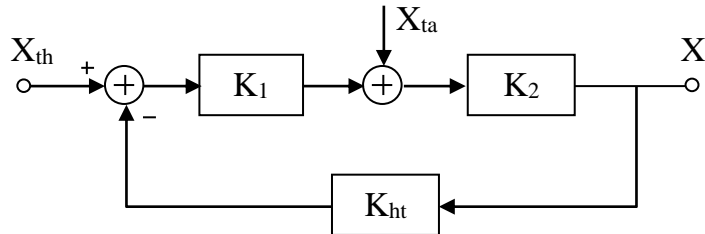
$$X_h = X_v - K_{ht} X_r = X_v - K K_{ht} X_h \Rightarrow X_h = \frac{X_v}{g}$$

Ngoài ra, vì tín hiệu vào của bộ khuếch đại có hồi tiếp X_h nhỏ hơn tín hiệu vào của bộ khuếch đại không hồi tiếp X_v là g lần, nên méo phi tuyến do độ cong đường đặc tính truyền đạt của bộ khuếch đại gây ra, tương ứng cũng giảm đi ít nhất là bấy nhiêu lần.

Đó là một trong những ưu điểm lớn nhất của hồi tiếp âm vì nhờ đó có thể nâng cao tính chân thực và độ nhạy của bộ khuếch đại.

5. Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến tạp âm.

Giả thiết tạp âm ngoài đưa vào giữa hai tầng của một bộ khuếch đại.



Dựa vào sơ đồ khối, ta có:

$$[(X_{th} - K_{ht} X_r) K_1 + X_{ta}] K_2 = X_r$$

Biến đổi ta được:

$$X_r = \frac{K_1 K_2}{1 + K_1 K_2 K_{ht}} X_{th} + \frac{K_2}{1 + K_1 K_2 K_{ht}} X_{ta}$$

$X_{rath} \qquad X_{rata}$

Vậy trong mạch có hồi tiếp, tạp âm ở đầu ra X_{rata} giảm đi $K_1 K_2 K_{ht}$ lần.

Ta có tỷ số:

$$\frac{X_{rath}}{X_{rata}} = K_1 \frac{X_{th}}{X_{ta}}$$

Tỷ số tín hiệu trên tạp âm ở đầu ra càng lớn khi K_1 càng lớn và chỉ có thể khử loại tạp âm xuất hiện sau tầng thứ nhất, không thể giảm nhỏ loại tạp âm xuất hiện ở ngay đầu vào bộ khuếch đại.

6. Ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến độ ổn định của hệ số khuếch đại.

Trong thực tế, có nhiều trường hợp người ta cần dùng các bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại ổn định, không phụ thuộc vào nhiệt độ, vào các biến đổi của điện áp nguồn,

vào thời gian sử dụng cũng như vào độ tạp tán của transistor. Bằng cách tính toán sau đây, ta thấy bộ khuếch đại dùng hồi tiếp âm có thể đáp ứng được các yêu cầu đó. Thật vậy, hệ số KĐ khi có hồi tiếp âm:

$$K' = \frac{K}{1 + KK_{ht}}$$

Lấy vi phân toàn phần hai vế của công thức hệ số KĐ K' ta có:

$$\left| \frac{dK'}{K'} \right| = \left| \frac{1}{1 + KK_{ht}} \right| \left| \frac{dK}{K} \right| \approx \left| \frac{1}{KK_{ht}} \right| \left| \frac{dK}{K} \right| \quad \text{Khi } KK_{ht} \gg 1.$$

Vậy khi mạch có hồi tiếp, hệ số KĐ có độ ổn định hơn mạch khi không có hồi tiếp với hệ số là KK_{ht} .