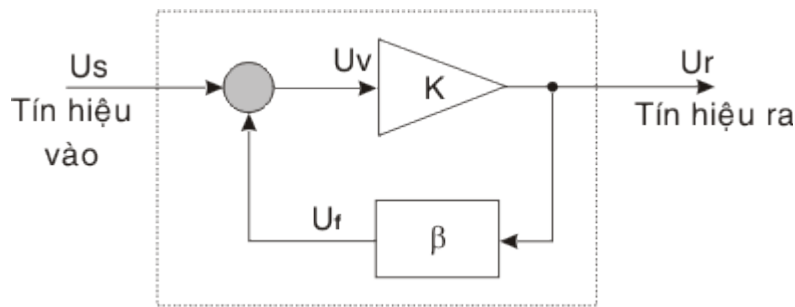


HỒI TIẾP

Hồi tiếp là lấy một phần tín hiệu đầu ra đưa trở lại đầu vào làm thay đổi đầu vào. Trong chương cung cấp nguồn và ổ định chế độ công tác cho transistor, chúng ta đã xét trường hợp đặc biệt của hồi tiếp trong đó là hồi tiếp dòng điện. Tùy thuộc cực tính của tín hiệu tác động về đầu vào mà người ta chia thành hồi tiếp âm và hồi tiếp dương. Hồi tiếp âm làm giảm nhỏ điện áp đầu vào, người ta sử dụng nó để ổn định điểm làm việc tĩnh. Ngược lại hồi tiếp dương làm tăng điện áp đầu vào, người ta sử dụng vào mạch dao động.

Trong phần này nghiên cứu chủ yếu là hồi tiếp âm. Vậy khi nói đến hồi tiếp ta ngầm định đó là hồi tiếp âm.

Sơ đồ tổng quan mạch hồi tiếp (hình 7.1)



Hình 7.1: Sơ đồ tổng quát của mạch hồi tiếp

U_s : tín hiệu vào

U_v : tín hiệu vào phần khuếch đại

U_f : tín hiệu hồi tiếp

U_r : tín hiệu ra

β : hệ số hồi tiếp

K : hàm truyền đạt của khâu khuếch đại

Tín hiệu vào khâu khuếch đại bao gồm tín hiệu vào và tín hiệu hồi tiếp.

Khi tín hiệu vào và tín hiệu hồi tiếp ngược pha nhau thì được gọi là hồi tiếp âm như hình 1.148. Khi có hồi tiếp âm, mạch sẽ có tính chất sau:

Trở kháng vào lớn

Tu được điện áp ổ định hơn

Cải thiện đáp ứng tần số

Trở kháng ra nhỏ

Mở rộng vùng thu hoạt động tuyến tính.

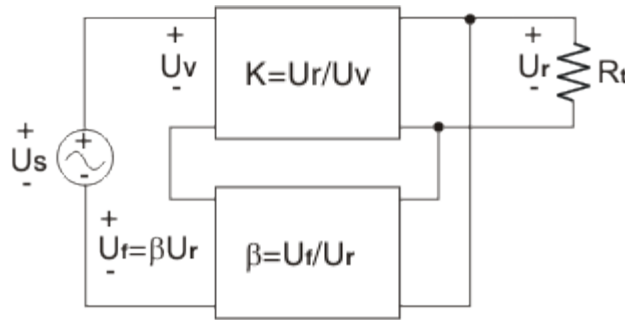
Giảm được nhiễu.

Phân loại hồi tiếp

Dựa vào cách lấy tín hiệu đầu ra đưa hồi tiếp lại đầu vào mà người ta chia thành: hồi tiếp dòng điện và hồi tiếp điện áp.

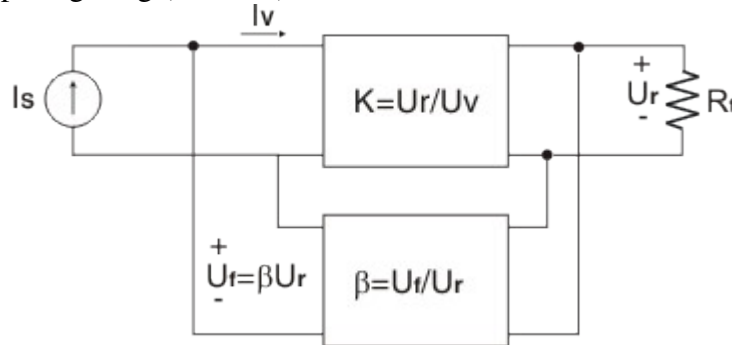
Dựa vào cách ghép tín hiệu hồi tiếp về đầu vào mà người ta chia thành: hồi tiếp nối tiếp và hồi tiếp song song. Cụ thể chia thành 4 loại sau:

Hồi tiếp điện áp nối tiếp (hình 7.2)



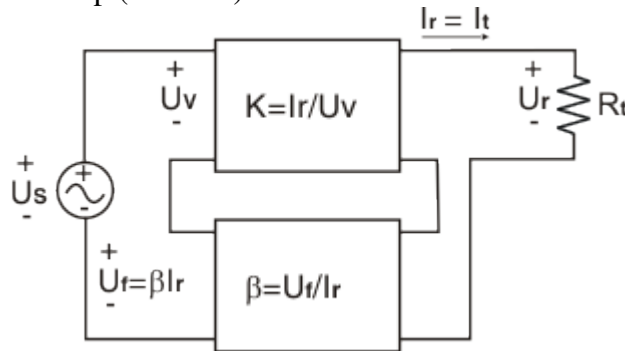
Hình 7.2: Hồi tiếp điện áp nối tiếp

tín hiệu hồi tiếp tỷ lệ với điện áp đầu ra và nối tiếp với tín hiệu vào.
Hồi tiếp điện áp song song (hình 7.3):



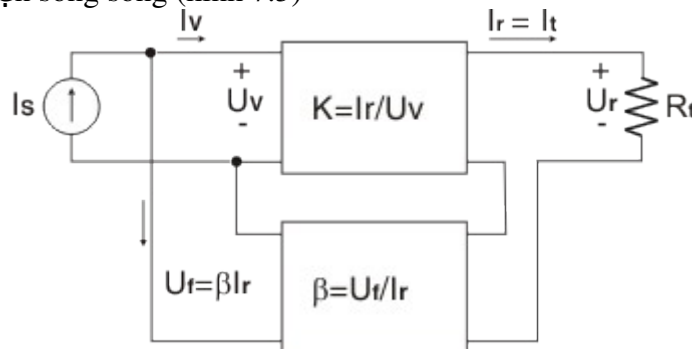
Hình 7.3: Hồi tiếp điện áp song song

tín hiệu hồi tiếp tỷ lệ với điện áp đầu ra và song song với tín hiệu vào.
Hồi tiếp dòng điện nối tiếp (hình 7.4)



Hình 7.4: Hồi tiếp dòng điện nối tiếp

tín hiệu hồi tiếp tỷ lệ với dòng điện đầu ra và nối tiếp với tín hiệu vào.
Hồi tiếp dòng điện song song (hình 7.5)



Hình 7.5: Hồi tiếp dòng điện song song

tín hiệu hồi tiếp tỷ lệ với dòng điện đầu ra và song song với tín hiệu vào. Hồi tiếp nối tiếp làm tăng trở kháng vào, còn hồi tiếp song song làm giảm trở kháng vào. Hồi tiếp điện áp làm giảm trở kháng ra, còn hồi tiếp dòng điện làm tăng trở kháng ra. Trở kháng vào lớn và trở kháng đầu ra nhỏ đó là mong muốn của hầu hết các tầng khuếch đại. Cả hai yêu cầu được đáp ứng trong hồi tiếp điện áp nối tiếp.

1.6.3. Tác dụng của hồi tiếp

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

Khi không có hồi tiếp: K là hệ số khuếch đại. Khi có hồi tiếp: là hệ số hồi tiếp của khâu hồi tiếp thì hệ số khuếch đại của mạch có hồi tiếp giảm đi $(1 - K)$ lần so với khi không có hồi tiếp, chi tiết hệ số khuếch đại của mạch có hồi tiếp được thể hiện theo bảng 1.1:

Bảng 1.1: HỆ SỐ KHUẾCH ĐẠI, HỆ SỐ HỒI TIẾP VÀ HỆ SỐ KHUẾCH ĐẠI KHI CÓ HỒI TIẾP THEO HÌNH 7.1

		Điện áp nối tiếp	Điện áp song song	Dòng điện nối tiếp	Dòng điện song song
Hệ số khuếch đại không có hồi tiếp	K	U_r/U_v	U_r/I_v	I_r/U_v	I_r/I_v
Hệ số hồi tiếp	β	U_r/U_r	I_r/U_r	U_f/I_f	I_f/I_r
Hệ số khuếch đại có hồi tiếp	K_f	U_r/U_s	U_r/I_s	I_r/U_s	I_r/I_s

Hồi tiếp điện áp nối tiếp

Trong hình 7.2 chỉ ra hồi tiếp điện áp nối tiếp. Tín hiệu hồi tiếp điện áp nối tiếp với tín hiệu vào, kết quả làm giảm toàn bộ tín hiệu vào. Thật vậy, nếu không có hồi tiếp ($U_f = 0$) thì hệ số khuếch đại điện áp:

$$K = \frac{U_r}{U_s} = \frac{U_r}{U_v}$$

Nếu có tín hiệu hồi tiếp U_f nối tiếp với đầu vào, ta có: $U_v = U_s - U_f$

Bởi vì

$$\text{Cho nên } (1 - \beta K)U_r = KU_s$$

Từ đó suy ra hệ số khuếch đại điện áp khi có hồi tiếp:

$$K_f = \frac{U_r}{U_s} = \frac{K}{1 - \beta K}$$

trong công thức trên, hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp sẽ giảm đi $(1 - \beta K)$ lần khi không có hồi tiếp. Hệ số này làm thay đổi trở kháng vào ra và các đặc tính khác của mạch.

$g = (1 - \beta K)$ được gọi là độ sâu hồi tiếp.

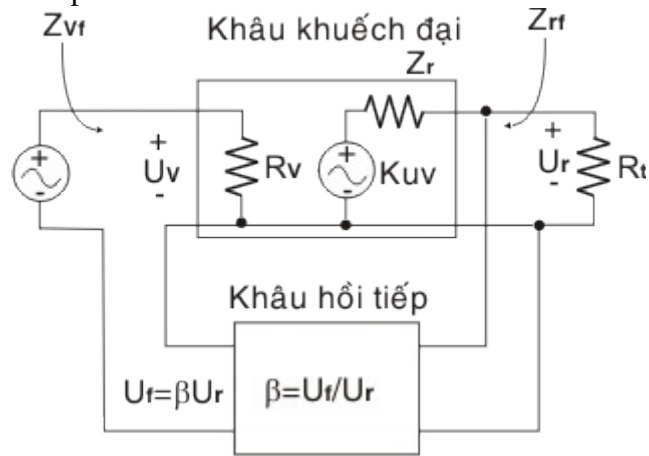
Hồi tiếp điện áp song song:

Hệ số khuếch đại theo hình 7.3 là:

$$K_f = \frac{U_r}{I_s} = \frac{K I_v}{I_v - I_f} = \frac{K I_v}{I_v - \beta U_r} = \frac{K I_v}{I_v - \beta K I_v}$$

$$\text{hay } K_f = \frac{K}{1 - \beta K}$$

Ảnh hưởng của hồi tiếp đến trở kháng vào
Hồi tiếp điện áp nối tiếp



Hình 7.6: Hồi tiếp điện áp nối tiếp

Hồi tiếp điện áp nối tiếp được thể hiện chi tiết trong hình 7.6. Trở kháng vào có thể được tính như sau:

$$I_v = \frac{U_v}{Z_v} = \frac{U_s - U_f}{U_v} = \frac{U_s - \beta U_r}{Z_v} = \frac{U_s - \beta K U_v}{Z_v}$$

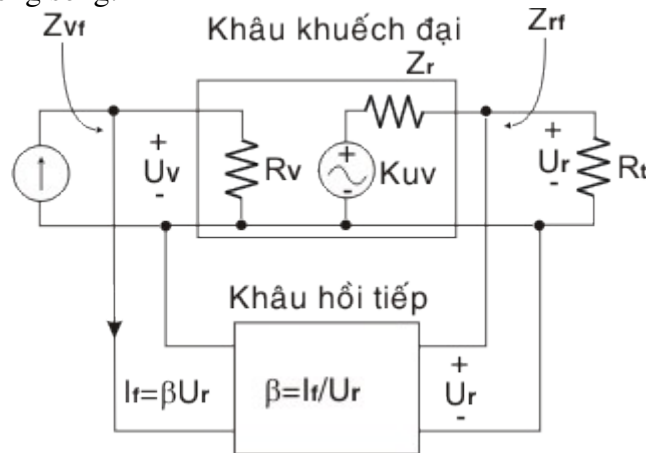
$$I_v Z_v = U_s - \beta K U_v$$

$$U_s = I_v Z_v + \beta K U_v = I_v Z_v + \beta K I_v Z_v$$

$$Z_{vf} = \frac{U_s}{I_v} = Z_v (1 + \beta K)$$

Kết luận: khi có hồi tiếp trở kháng vào sẽ tăng lên $(1 + K)$ lần so với khi không có hồi tiếp, điều này đúng cho cả hồi tiếp điện áp và hồi tiếp dòng điện nối tiếp.

Hồi tiếp điện áp song song:



Hình 7.7: Hồi tiếp điện áp song song

Hồi tiếp điện áp song song được thể hiện chi tiết trong hình 7.7. Trở kháng vào được tính theo công thức:

$$Z_{fv} = \frac{U_v}{I_v} = \frac{U_v}{I_v} \frac{U_v}{I_f} = \frac{U_v}{I_v} \frac{U_v}{U_r} = \frac{U_v/I_v}{I_v/I_v} \frac{U_v/I_v}{U_r/I_v} = \frac{Z_v}{1 + K}$$

Vậy trở kháng vào sẽ tăng $(1 + K)$ lần so với không có hồi tiếp.

1.6.3.3 Ảnh hưởng của hồi tiếp tới trở kháng ra:

Trở kháng ra chỉ phụ thuộc vào hồi tiếp điện áp hoặc hồi tiếp dòng điện mà không phụ thuộc hồi tiếp nối tiếp hay song song. Để thuận tiện chúng ta nghiên cứu loại hồi tiếp nối tiếp.

Hồi tiếp nối tiếp điện áp:

Hồi tiếp điện áp nối tiếp được thể hiện trong hình 7.6. Trở kháng đầu ra được xác định bằng điện áp cung cấp U , gây ra dòng điện I , khi ngắn mạch $U_s = (U_s = 0)$. Điện áp U được tính:

$$U = IZ_r + KU_r$$

$$U_s = 0, \text{ thì } U_v = -U_f$$

$$\text{Vì vậy } U = IZ_r - KU_r = IZ_r - K(U)$$

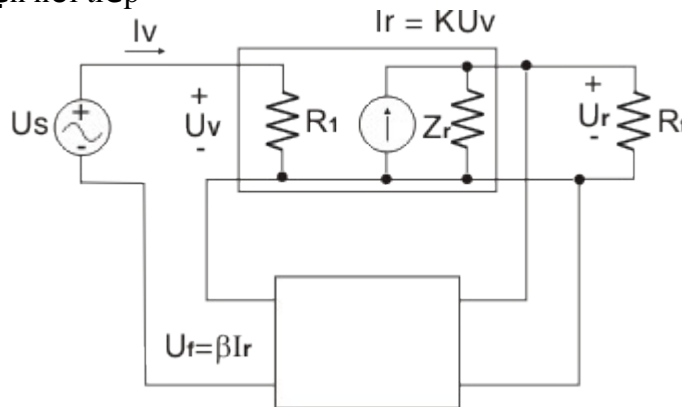
$$\text{Viết lại công thức như sau: } U + KU = IZ_r$$

Vậy ta có trở kháng đầu ra khi có hồi tiếp:

$$Z_{rf} = \frac{U}{I} = \frac{Z_r}{1 + K}$$

Từ đó ta thấy rằng hồi tiếp điện áp nối tiếp sẽ làm trở kháng ra giảm đi $(1 + K)$ so với khi không có hồi tiếp.

Hồi tiếp dòng điện nối tiếp



Hình 7.8: Hồi tiếp dòng điện nối tiếp

Trở kháng đầu ra khi có hồi tiếp nối tiếp dòng điện được xác định bằng tín hiệu U ở đầu ra, tạo ra dòng điện I , khi ngắn mạch U_s , tỷ số giữa U và I chính là trở kháng đầu ra. Trong hình 7.8 chỉ rõ chi tiết hồi tiếp dòng điện nối tiếp. Giá trị của trở kháng ra được tính như sau: với $U_s = 0$ và $U_v = U_f$ ta có

$$I = \frac{U}{Z_r} + KU_v = \frac{U}{Z_r} + KU_f = \frac{U}{Z_r} + K I$$

$$Z_r(1 + K)I = U$$

$$Z_{rf} = \frac{U}{I} = Z_r(1 + K)$$

Như vậy hồi tiếp dòng điện nối tiếp làm trở kháng ra tăng $1 + K$ lần.

TỔNG KẾT ẢNH HƯỞNG CỦA HỒI TIẾP ĐẾN TRỞ KHÁNG VÀO, RA

	Điện áp nối tiếp	Dòng điện nối tiếp	Điện áp song song	Dòng điện nối tiếp
Z _{vf}	Z _V (1+ K) Tăng	Z _V (1+ K) Tăng	Z _V (1+ K) Giảm	Z _V (1+ K) Giảm
Z _{rf}	Z _r (1+ K) Giảm	Z _r (1+ K) Tăng	Z _r (1+ K) Giảm	Z _r (1+ K) Tăng

Ví dụ 25: Xác định hệ số khuếch đại điện áp, trở kháng vào và ra của mạch có hồi tiếp điện áp nối tiếp: Với $K = 100$, $Z_V = 10k$, $Z_r = 20k$, hệ số hồi tiếp: $a_v = -0,1$ và $\beta = -0,5$.

Giải: sử dụng công thức trên ta có:

$$a) K_f = \frac{K}{1 - K} = \frac{100}{1 - 0,1 \cdot 100} = \frac{100}{11} = 9,09$$

$$Z_{r_f} = \frac{Z_r}{1 - K} = \frac{20 \cdot 10^3}{11} = 1,82k$$

$$Z_{v_f} = Z_v \cdot 1 - K = 10k \cdot 11 = 110k$$

$$b) K_f = \frac{K}{1 - K} = \frac{100}{1 - 0,5 \cdot 100} = \frac{100}{51} = 1,96$$

$$Z_{v_f} = Z_v \cdot 1 - K = 10k \cdot 51 = 510k$$

$$Z_{r_f} = \frac{Z_r}{1 - K} = \frac{20 \cdot 10^3}{51} = 392,16$$

Ví dụ 25 cho ta thấy khi hệ số hồi tiếp thay đổi sẽ làm thay đổi hệ số khuếch đại, trở kháng vào, ra của mạch hồi tiếp. Hệ số khuếch đại giảm đi 11 lần (từ 100 còn 9,09), trở kháng vào giảm đi 11 lần, trở kháng ra tăng lên 11 lần. Tương tự trong trường hợp $\beta = 0,5$ hệ số khuếch đại của mạch hồi tiếp sẽ giảm đi 51 lần, trở kháng đầu vào tăng 51 lần, trở kháng ra giảm đi 51 lần. Vậy có thể dùng hồi tiếp âm để thay đổi các tham số của mạch khuếch đại.

1.6.3.4. Giảm méo tần số

Trong bộ khuếch đại hồi tiếp âm mà có $k \gg 1$, thì hệ số khuếch đại sẽ là $K_f = 1/\beta$. Khi đó có thể xem như mạch chỉ đơn thuần là điện trở, nó không phụ thuộc vào tần số cho dù bộ khuếch đại đó có chứa phần tử phụ thuộc tần số. Thực tế thì méo tần số giảm là do sự thay đổi của hệ số khuếch đại theo tần số trong mạch có hồi tiếp âm điện áp được giảm đáng kể.

1.6.3.5. Giảm tạp âm và méo tuyến tính.

Khi có hồi tiếp âm sẽ làm nhỏ tín hiệu nhiễu (ví dụ tiếng ù của nguồn cung cấp) và giảm nhỏ méo phi tuyến.

Khi độ méo phi tuyến giảm đi $(1+K)$ lần thì hệ số khuếch đại cũng giảm đi. Để có thể giảm được độ méo phi tuyến mà vẫn có hệ số khuếch đại cần thiết người ta sử dụng phần tử có hệ số khuếch đại lớn hoạt động tăng tần số khuếch đại lên.

1.6.3.6. ảnh hưởng của hồi tiếp âm đến hệ số khuếch đại và dải tần

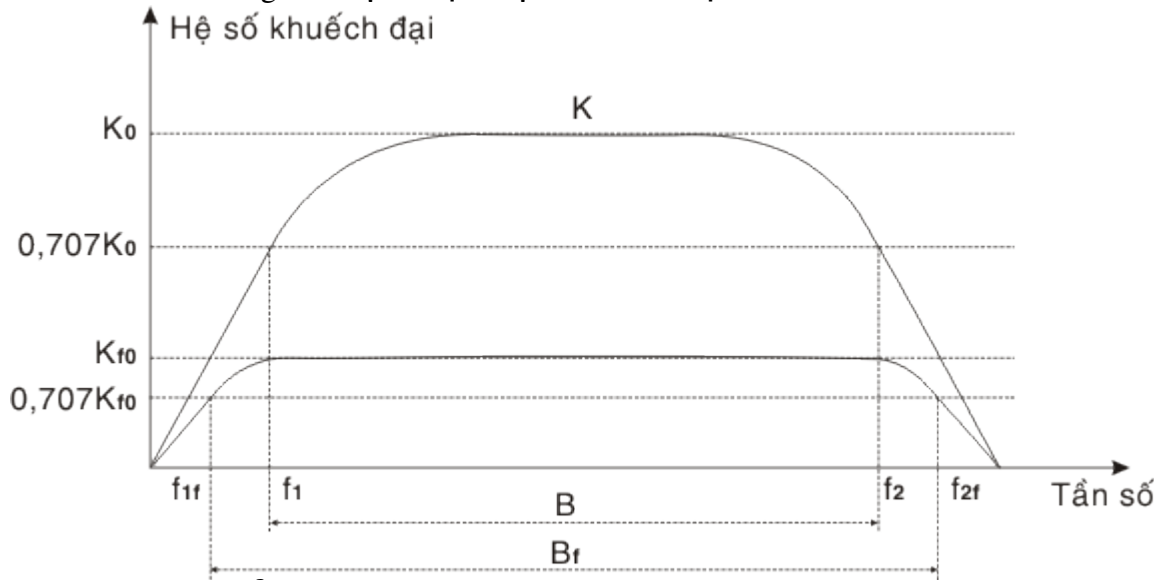
Theo công thức tính hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp âm là:

$$K_f \approx \frac{K}{1 + K} \approx \frac{K}{K} = 1 \text{ với } K \gg 1$$

Nếu $K \gg 1$, hệ số khuếch đại xấp xỉ $1/K$. Ở tần số thấp, đặc tuyến có độ dốc lên do dung kháng trong mạch khuếch đại khá lớn, ngược lại ở tần số cao, đặc tuyến dốc xuống, dung kháng trong mạch khuếch đại rất nhỏ. Do vậy hệ số khuếch đại của mạch ở các tần số khác nhau sẽ khác nhau (h 7.9). Khi mà hệ số khuếch đại giảm xuống thấp đến giá trị mà hệ số K không còn lớn hơn rất nhiều so với 1, thì công thức $K_f \approx 1/K$ không còn đúng nữa.

Trong hình 7.9 chỉ ra mối quan hệ giữa hệ số khuếch đại và tần số làm việc. Khi có hồi tiếp âm dải tần làm việc B_f sẽ rộng hơn khi không có hồi tiếp các giới hạn tần số trên và dưới được xác định khi hệ số khuếch đại của mạch giảm đi 3dB.

1.6.3.7. Ảnh hưởng đến độ Ổn định hệ số khuếch đại.



Hình 7.9: Ảnh hưởng của hồi tiếp tới hệ số khuếch đại và dải tần

Ở đây chúng ta chỉ quan tâm đến vấn đề Ổn định khi có hồi tiếp so với hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp so với khi không có hồi tiếp. Lấy ví phân hai vế của công thức tính K_f :

$$\left| \frac{dK_f}{K_f} \right| = \left| \frac{1}{1 + K} \right| \left| \frac{dK}{K} \right| \text{ hay } \left| \frac{dK_f}{K_f} \right| = \left| \frac{1}{K} \right| \left| \frac{dK}{K} \right| \text{ khi } K \gg 1$$

Nhìn vào công thức trên ta thấy mạch có hồi tiếp hệ số khuếch đại có độ Ổn định hơn mạch khi không có hồi tiếp với hệ số là $1/K$.

Ví dụ 26:

Một mạch khuếch đại bằng -1000, hệ số khuếch đại thay đổi 20% theo nhiệt độ. Hãy tính sự thay đổi của hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp âm với $\beta = -0,1$.

Giải:

Sử dụng công thức:

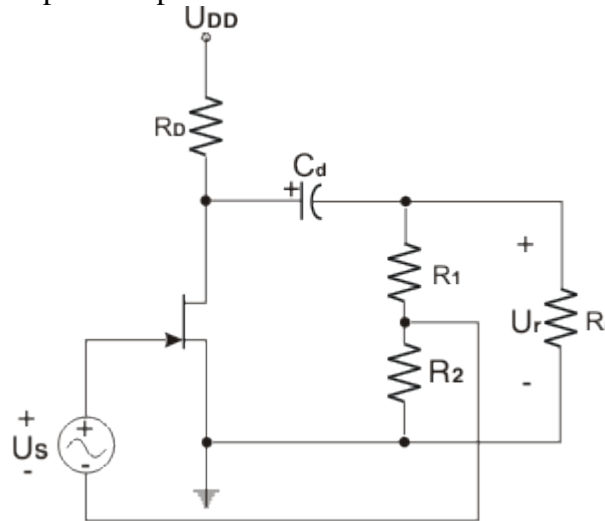
$$\left| \frac{dK_f}{K_f} \right| = \left| \frac{1}{K} \right| \left| \frac{dK}{K} \right| = \left| \frac{1}{0,1 \cdot 1000} \right| \cdot 20\% = 0,2\%$$

Như vậy độ ổn định của hệ số khuếch đại tăng lên 100 lần so với khi không có hồi tiếp. Hệ số khuếch đại thay đổi từ 1000 sai số 20% xuống còn 10 và sai số chỉ còn 0.2%.

1.6.4. Các mạch hồi tiếp thực tế:

Các ví dụ về mạch hồi tiếp sẽ giải thích, minh họa ảnh hưởng của hồi tiếp với các kiểu kết nối khác nhau. Trong phần này chỉ giới thiệu những nội dung cơ bản.

1.6.4.1. Hồi tiếp điện áp nối tiếp



Hình 7.10: Mạch khuếch đại hồi tiếp điện áp nối tiếp dùng FET

Trong hình 7.10 là một mạch khuếch đại hồi tiếp điện áp nối tiếp dùng FET. Một phần tín hiệu ra (U_r) thông qua các điện trở R_1 và R_2 được đưa trở về đầu vào điện áp này chính là điện áp hồi tiếp U_f nối tiếp với tín hiệu nguồn U_s , tín hiệu vào $U_v = U_s - U_f$.

Nếu không có hồi tiếp thì hệ số khuếch đại là:

$$K = \frac{U_r}{U_v} = g_m R_L$$

Trong đó R_L là điện trở phối hợp song song

$$R_L = R_D // R_r // R_1 // R_2$$

Khâu hồi tiếp có hệ số hồi tiếp:

$$\frac{U_f}{U_r} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Thay giá trị của K và $\frac{U_f}{U_r}$ ta có thể tìm được hệ số khuếch đại của mạch khi có hồi tiếp âm.

$$K_f = \frac{K}{1 + K \frac{U_f}{U_r}} = \frac{g_m R_L}{1 + \frac{g_m R_L R_2}{R_1 + R_2}}$$

Nếu $\frac{g_m R_L R_2}{R_1 + R_2} \gg 1$ ta có:

$$K_f \approx \frac{1}{\frac{R_2}{R_1 + R_2}}$$

Vì dụ 27:

Hãy tính hệ số khuếch đại khi không có hồi tiếp và khi có hồi tiếp trong mạch sử dụng FET như hình. 7.10. Theo các giá trị như sau: $R_1 = 80k$, $R_2 = 20k$, $R_r = 10k$, $R_D = 10k$, và $g_m = 4000 S$.

Giải:

Đầu tiên tính R_L :

$$R_L = \frac{R_r R_D}{R_r + R_D} = \frac{10k \cdot 10k}{10k + 10k} = 5k$$

Bỏ qua điện trở $100k$ do R_1 và R_2 mắc nối tiếp, hệ số khuếch đại khi chưa có hồi tiếp:

$$K = g_m R_L = 4000 \cdot 10^{-6} S \cdot 5k = 20$$

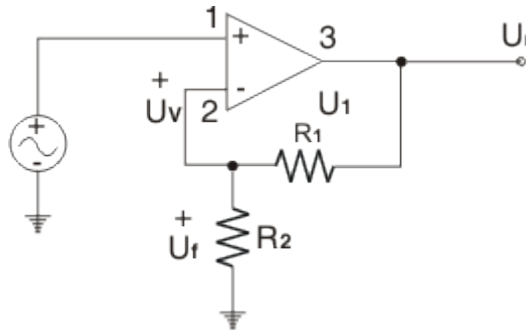
Hệ số hồi tiếp là:

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20k}{80k + 20k} = 0,2$$

Hệ số khuếch đại có hồi tiếp:

$$K_f = \frac{K}{1 + K} = \frac{20}{1 + 20 \cdot 0,2} = \frac{20}{5} = 4$$

Ví dụ 28:



Hình 7.11: Hồi tiếp điện áp nối tiếp sử dụng bộ khuếch đại thuật toán

Tính hệ số khuếch đại của mạch theo hình 7.11 biết: hệ số khuếch đại của bộ khuếch đại thuật toán $K = 100.000$ và các điện trở $R_1 = 1,8M$ và $R_2 = 200k$

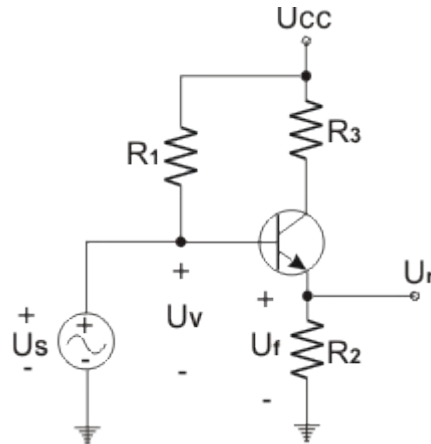
Giải:

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{200k}{200k + 1,8M} = 0,1$$

$$K_f = \frac{K}{1 + K} = \frac{100000}{1 + 0,1 \cdot 100000} = \frac{100000}{100001} = 9,9999$$

Chú ý, nếu $K \gg 1$ thì ta có:

$$K_f = \frac{1}{0,1} = 10$$



Hình 7.12: Mạch hồi tiếp điện áp nối tiếp

Theo mạch trong hình 7.12 hồi tiếp điện áp nối tiếp. Tín hiệu điện áp nguồn là U_s , điện áp nguồn là U_v , điện áp ra là U_r , U_r cũng là điện áp hồi tiếp nối tiếp với điện áp vào. Khi không có hồi tiếp thì $U_f = 0$ ta có:

$$K \frac{U_r}{U_s} = \frac{h_{fe} I_b R_E}{U_s} = \frac{h_{fe} R_E U_s / h_{ve}}{h_{ve}}$$

Và $\frac{U_f}{U_r} = 1$

Khi có hồi tiếp thì.

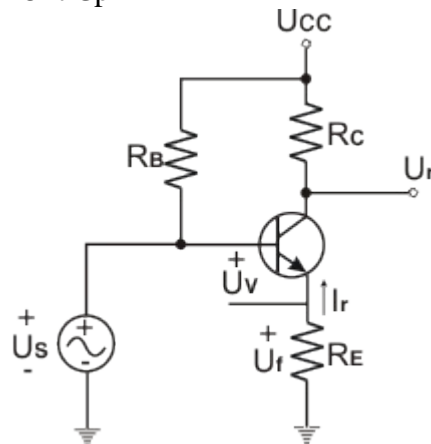
$$K_f \frac{U_r}{U_s} = \frac{K}{1 + K} = \frac{h_{fe} R_E / h_{ve}}{1 + \frac{h_{fe} R_E}{h_{ve}}} = \frac{h_{fe} R_E}{h_{ve} + h_{fe} R_E}$$

Nếu

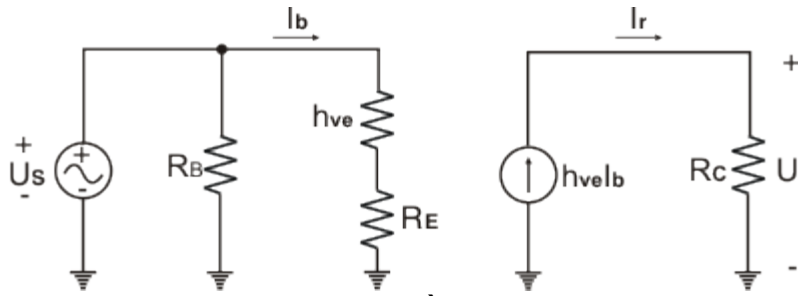
$$h_{fe} R_E \gg h_{ve} \text{ thì } K_f \approx 1$$

Chú ý: Khi sử dụng tham số h để phân tích mạch dùng BJT, có sự tương đương với các tham số r_e, r_0 , như phần 1.3.2. như sau $h_{ve} = r_e, h_{fe} = \beta, h_{re} = -r_e, h_{vb} = r_e$.

1.6.4.2. hồi tiếp dòng điện nối tiếp



Hình 7.13a: Hồi tiếp dòng điện nối tiếp



Hình 7.13b: Sơ đồ tương đương

Cũng giống như các ví dụ ta vừa xét trên, hồi tiếp dòng điện nối tiếp là lối một phần dòng điện ở đầu ra đưa trở lại nối tiếp với tín hiệu ở đầu vào. Hồi tiếp dòng điện nối tiếp ổn định hệ số khuếch đại và làm tăng trở kháng đầu vào.

Hình 7.13a cho ta một mạch khuếch đại dùng transistor, dòng điện hồi tiếp nối tiếp được lấy từ cực emitter. Dòng điện này qua điện trở R_E , tạo ra điện áp hồi tiếp ngược pha với tín hiệu nguồn, kết quả làm nhỏ điện áp đầu ra U_r . Muốn bỏ hồi tiếp dòng điện nối tiếp chỉ cần bỏ điện trở emitter hoặc mắc thêm một tụ điện song song với nó.

Xét khi không có hồi tiếp

Dựa vào hình 7.13b và bảng 1.2 ta có:

$$K = \frac{I_r}{U_V} = \frac{I_b h_{fe}}{I_b h_{ve} R_E} = \frac{h_{fe}}{h_{ve} R_E}$$

$$\frac{U_f}{I_r} = \frac{I R_E}{I_r} = R_E$$

Trở kháng vào và trở kháng ra

$$Z_V = R_B // h_{ve} R_E = h_{ve} R_E$$

$$Z_r = R_C$$

Khi có hồi tiếp:

$$K_{vf} = \frac{I_r}{U_S} = \frac{K}{1 + K} = \frac{h_{fe} / h_{ve}}{1 + \frac{h_{fe}}{h_{ve} R_E}} = \frac{h_{fe}}{h_{ve} + h_{fe} R_E}$$

Trở kháng vào và trở kháng ra có thể được tính theo bảng 1.2

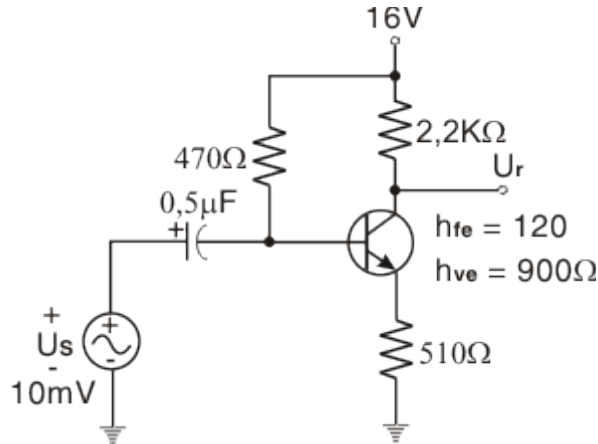
$$Z_{rf} = Z_r (1 + K) = R_C (1 + \frac{h_{fe} R_E}{h_{ve}})$$

$$Z_{Vf} = Z_V (1 + K) = h_{ve} (1 + \frac{h_{fe} R_E}{h_{ve}}) = h_{ve} + h_{fe} R_E$$

Hệ số khuếch đại điện áp K_f khi có hồi tiếp được xác định:

$$K_f = \frac{U_r}{U_S} = \frac{I_r R_C}{U_S} = \frac{I_r}{U_S} R_C = K_f R_C = \frac{h_{fe} R_C}{h_{ve} + h_{fe} R_E}$$

Ví dụ 29:



Hình 7.14: Mạch khuếch đại BJT hồi tiếp dòng điện

Tính hệ số khuếch đại điện áp của mạch sau với các số liệu cho trên sơ đồ(H.7.14)

Giải:

Khi không có hồi tiếp:

$$K \frac{I_r}{UV} = \frac{h_{fe}}{h_{fe} R_E} = \frac{120}{900 \cdot 510} = 0,085$$

$$\frac{U_f}{I_r} = R_E = 510$$

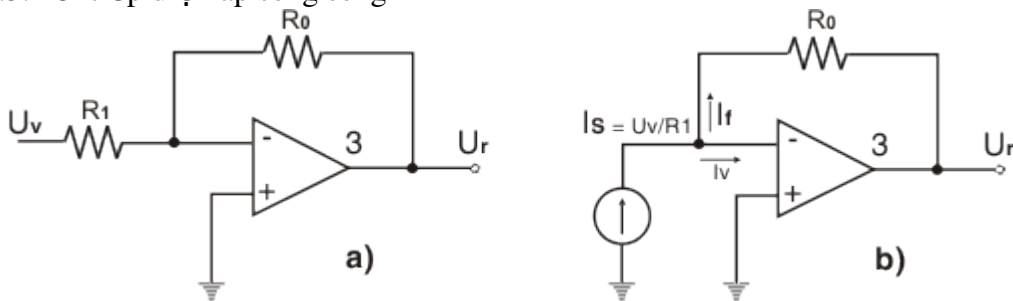
Hệ số khuếch đại điện áp khi có hồi tiếp:

$$K_{uf} = \frac{U_r}{U_s} = K_f R_C = 1,92 \cdot 10^3 \cdot 2,2 \cdot 10^3 = 4,2$$

Hệ số khuếch đại điện áp khi không có hồi tiếp (tức khi đó $R_E = 0$)

$$K_u = \frac{R_C}{r_e} = \frac{02,2 \cdot 10^3}{7,5} = 293,3$$

1.6.4.3.Hồi tiếp điện áp song song



Hình 7.15: Bộ khuếch đại hồi tiếp âm điện áp dùng OA

Ta xét mạch hồi tiếp điện áp song song sử dụng bộ khuếch đại thuật toán hình 7.15.

Theo hình 7.15 và bảng 1 áp dụng cho bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng, dòng điện vào $I_v = 0$, điện áp vào $U_v = 0$, hệ số khuếch đại bằng vô cùng, chúng ta có:

$$K = \frac{U_r}{I_v} = \frac{I_f}{U_r} = \frac{1}{R_0}$$

Hệ số khuếch đại có hồi tiếp

$$K_f = \frac{U_r}{I_s} = \frac{U_r}{I_v} \cdot \frac{1}{R_0}$$

Thông thường hệ số khuếch đại là khuếch đại điện áp khi có hồi tiếp.

$$K_{uf} = \frac{U_r}{I_s} \cdot \frac{I_s}{U_v} = R_0 \cdot \frac{1}{R_1} = \frac{R_0}{R_1}$$

Đối với mạch điện hình 7.16 mạch khuếch đại hồi tiếp điện áp song song sử dụng FET, khi không có hồi tiếp, $U_f = 0$

$$K = \frac{U_r}{I_v} = g_m R_D R_S$$

Hệ số hồi tiếp $\frac{I_f}{U_r} = \frac{1}{R_F}$

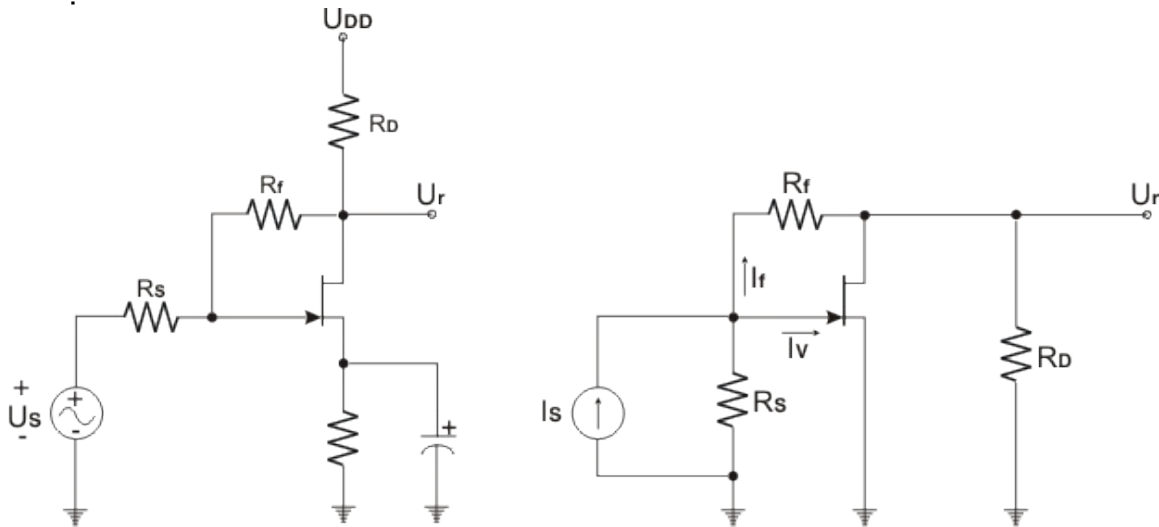
Khi có hồi tiếp hệ số khuếch đại của mạch:

$$K_f = \frac{U_r}{I_s} = \frac{K}{1 + K} = \frac{g_m R_D R_S R_F}{R_F + g_m R_D R_S}$$

Hệ số khuếch đại điện áp của mạch khi có hồi tiếp

$$K_{uf} = \frac{U_r}{I_s} \cdot \frac{I_s}{U_s} = \frac{g_m R_D R_S R_F}{R_F + g_m R_D R_S} \cdot \frac{1}{R_S} = g_m R_D \cdot \frac{R_F}{R_F + g_m R_D R_S}$$

Ví dụ 30:



Hình 7.16: Bộ khuếch đại hồi tiếp điện áp song song sử dụng FET

Tính hệ số khuếch đại khi có hồi tiếp và không có hồi tiếp cho mạch 7.16a, biết các giá trị $g_m = 5\text{mS}$, $R_D = 5,1\text{k}$, $R_S = 1\text{k}$ và $R_F = 20\text{k}$.

Giải:

Khi không có hồi tiếp hệ số khuếch đại điện áp là:

$$K_u = g_m R_D = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 5,1 \cdot 10^3 = 25,5$$

$$= 25,5 \cdot 0,44 = 11,2$$