

**BỘ GIÁO DỤC VÀO ĐÀO TẠO
ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM**



**KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ
Bộ Môn Cơ Sở Kỹ Thuật Điện**

CHƯƠNG 9: MẠCH KHUẾCH ĐẠI HỒI TIẾP

9.1. Giới thiệu

Hồi tiếp âm

- Hồi tiếp âm là mạch có tín hiệu hồi tiếp ngược pha với tín hiệu ngõ vào.
- Làm giảm tín hiệu ngõ vào của mạch.
- Hồi tiếp âm duy trì độ ổn định của hệ số chống lại sự thay đổi các thông số của transistor do nhiệt độ, do điện áp nguồn cung cấp

9.1 Giới thiệu

Hồi tiếp dương

- ❑ Hồi tiếp dương là mạch có tín hiệu hồi tiếp cùng pha với tín hiệu ngõ vào.
- ❑ Làm tăng tín hiệu ngõ vào của mạch.
- ❑ Hồi tiếp sử dụng để thiết kế mạch dao động vào một số ứng dụng khác

9.2 Ưu và nhược điểm của mạch hồi tiếp âm

Ưu điểm:

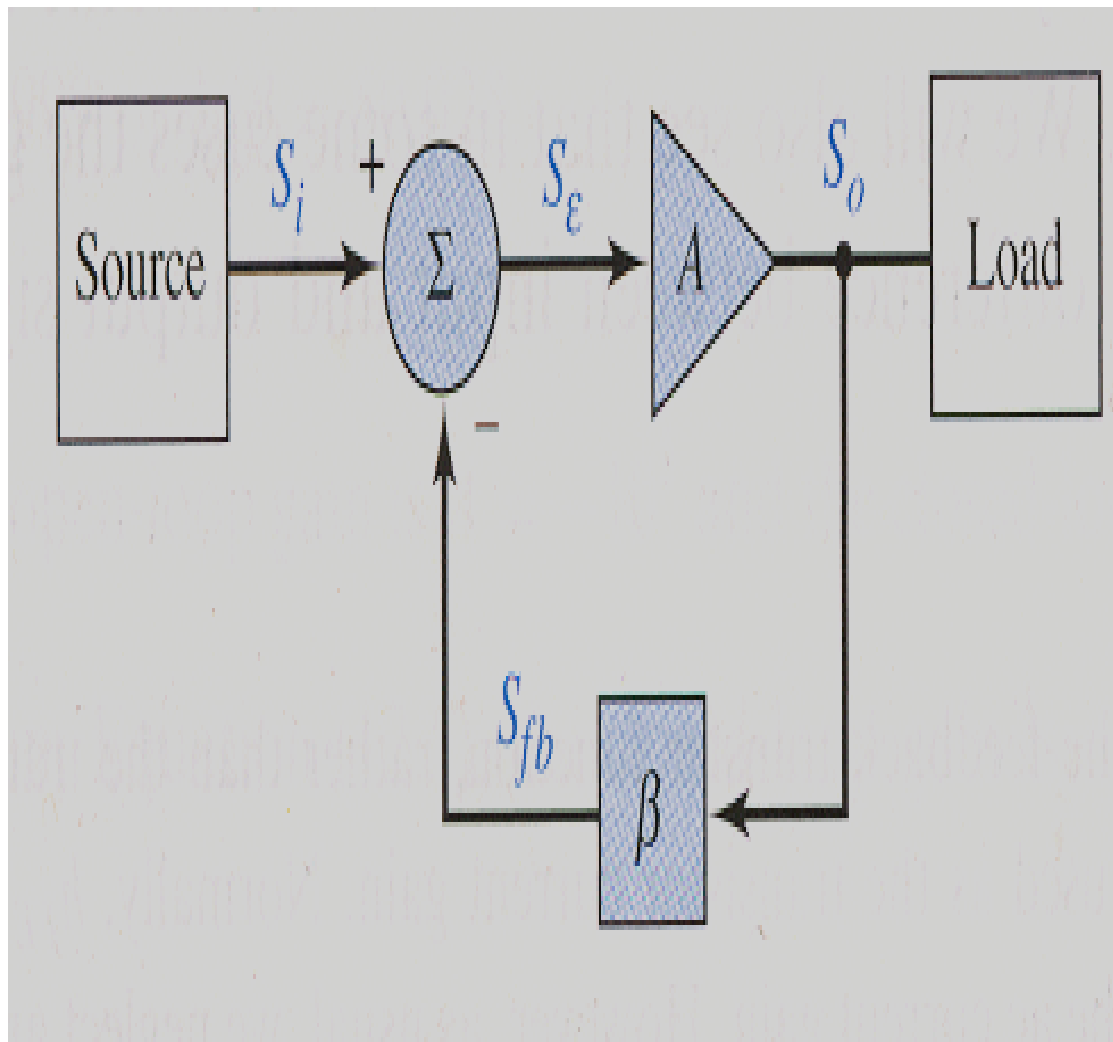
- ❖ Ổn định hàm truyền: $A_F = \text{const.}$
- ❖ Cải thiện băng thông.
- ❖ Giảm méo, giảm nhiễu.
- ❖ Cải thiện tổng trở vào, ra: Z_i, Z_o

Khuyết điểm:

- ❖ Giảm hệ số khuếch đại.
- ❖ Có thể làm mạch dao động ở tần số cao.

9.3 Khái niệm cơ bản về hồi tiếp

9.3.1 Sơ đồ khối mạch khuếch đại có hồi tiếp



- A : mạch khuếch đại vòng hở có hệ số khuếch đại là A .
- β : là mạch hồi tiếp có hệ số hồi tiếp là β .
- S_{fb} : là tín hiệu hồi tiếp.
- S_i : tín hiệu ngõ vào.
- S_e : tín hiệu ngõ vào của mạch khuếch đại khi có hồi tiếp
- S_o : tín hiệu ngõ ra.

A_F : độ lợi vòng kín của mạch khuếch đại khi có hồi tiếp

9.3 Khái niệm cơ bản về hồi tiếp

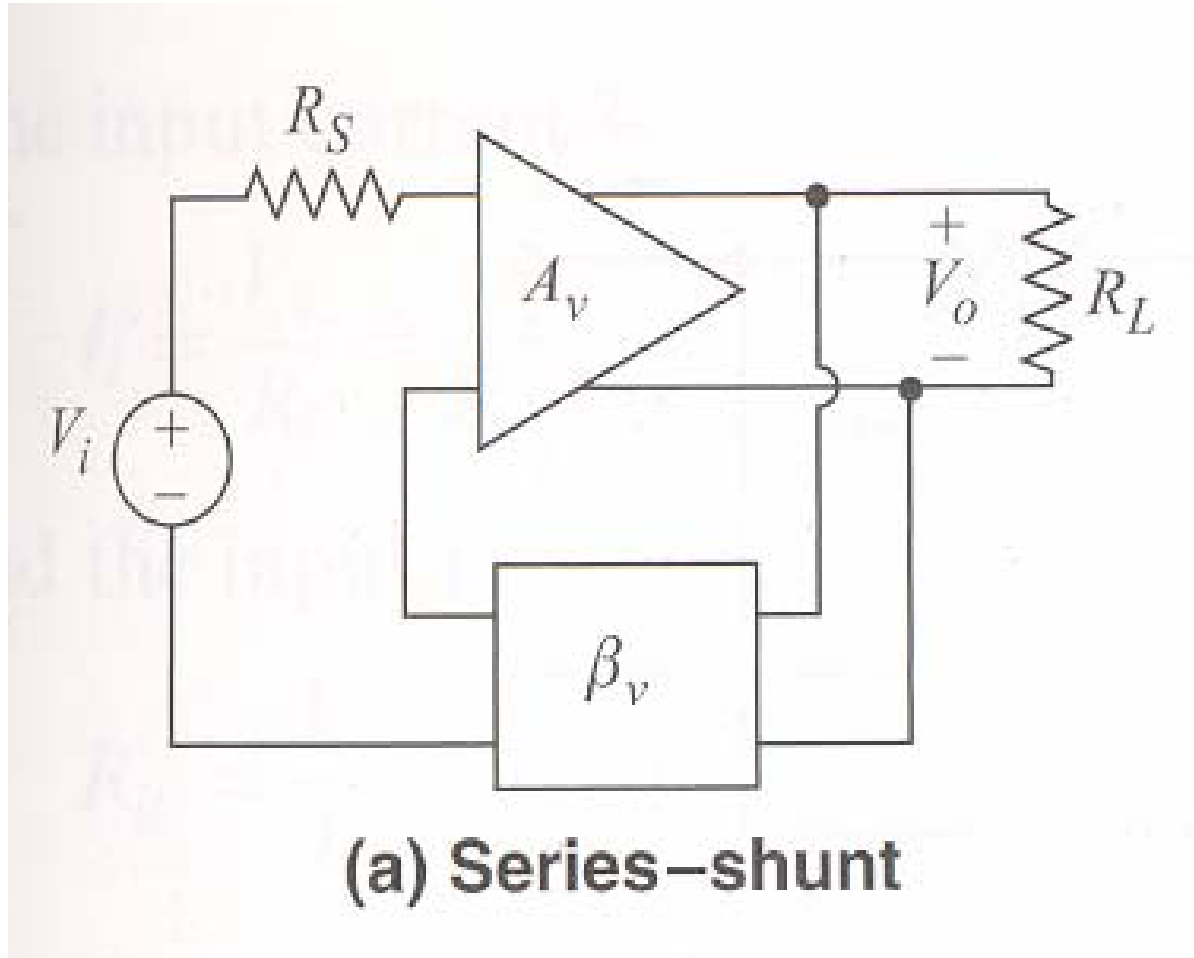
9.3.2 Phân loại:

Có nhiều loại mạch hồi tiếp nhưng về cơ bản có thể phân ra làm bốn loại hồi tiếp dựa vào các đặc điểm sau:

- Tín hiệu hồi tiếp (điện áp hay dòng điện).
- Cách mất tín hiệu với ngõ vào (nối tiếp hay song song).

9.3.2 Phân loại:

Hồi tiếp điện áp nối tiếp



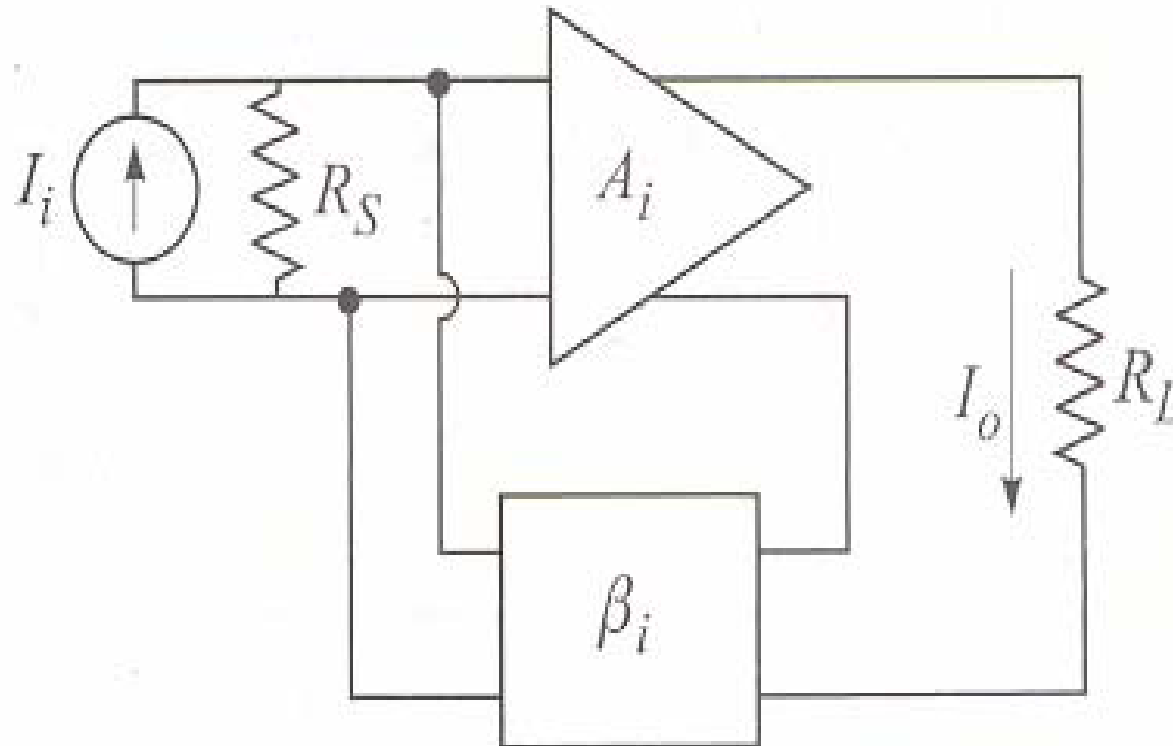
$$A_v = \frac{V_o}{V_\varepsilon}$$

$$\beta_v = \frac{V_\beta}{V_o}$$

$$A_{vF} = \frac{V_o}{V_i}$$

9.3.2 Phân loại:

Hồi tiếp dòng điện song song



(b) Shunt-series

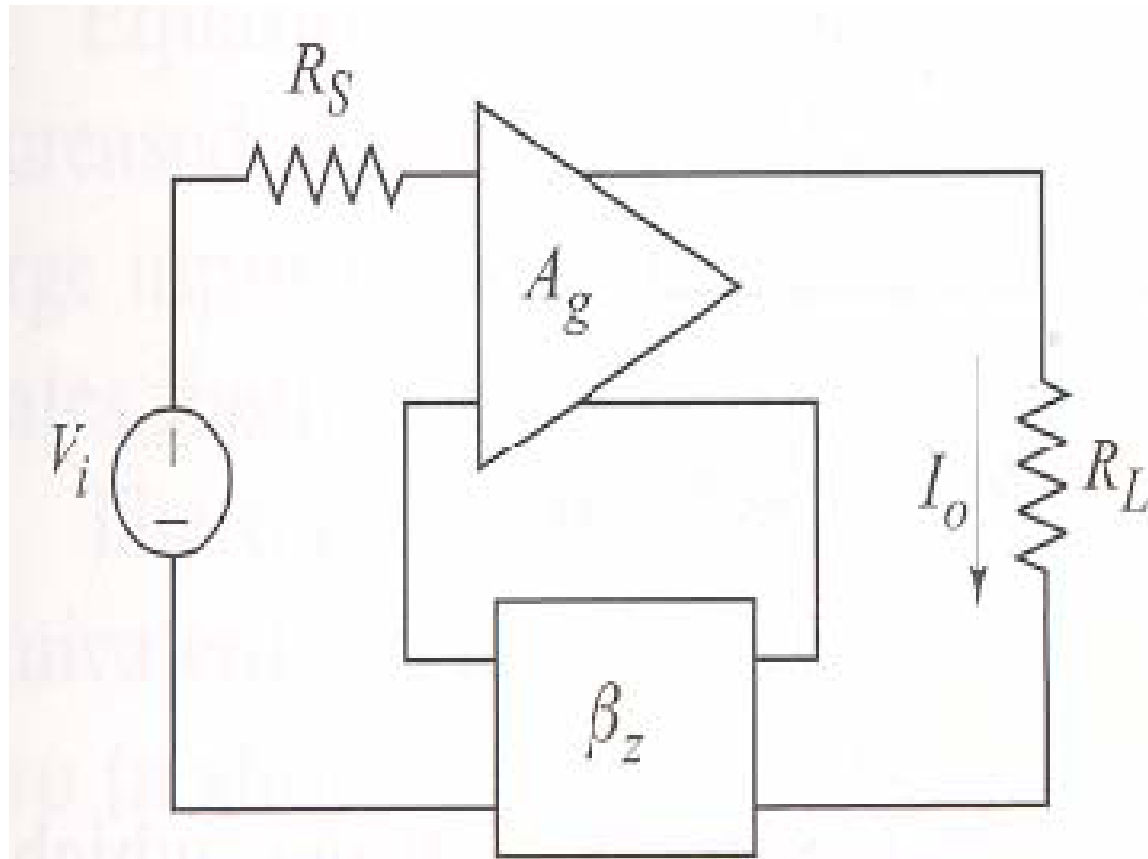
$$A_i = \frac{I_o}{I_\varepsilon}$$

$$\beta_i = \frac{I_{fb}}{I_o}$$

$$A_{iF} = \frac{I_o}{I_i}$$

9.3.2 Phân loại:

Hồi tiếp dòng điện nối tiếp



(c) Series-series

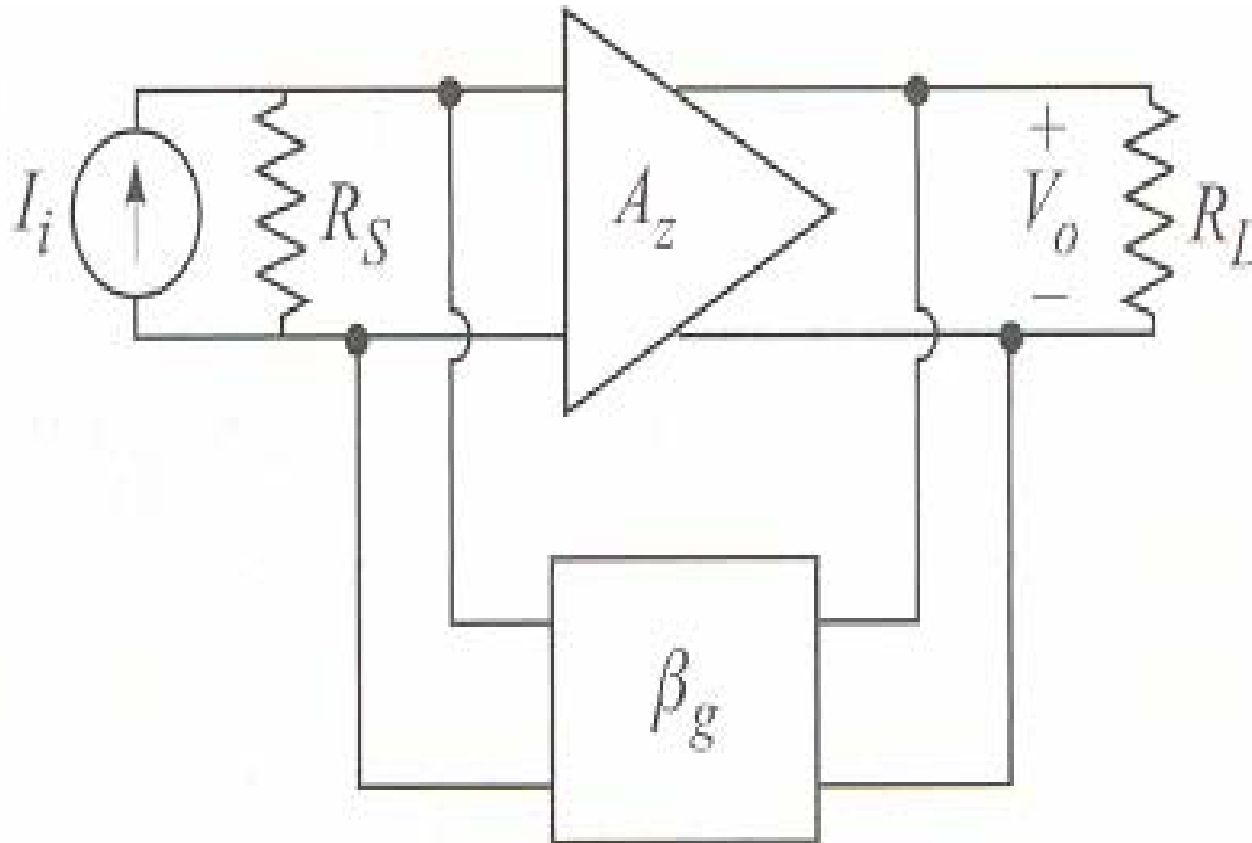
$$A_g = \frac{I_o}{V_\varepsilon}$$

$$\beta_z = \frac{V_{fb}}{I_o}$$

$$A_{gF} = \frac{I_o}{V_i}$$

9.3.2 Phân loại:

Hồi tiếp điện áp song song



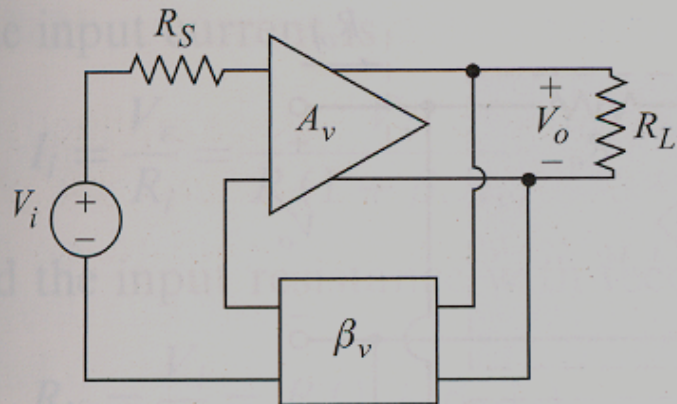
(d) Shunt–shunt

$$A_z = \frac{V_o}{I_i}$$

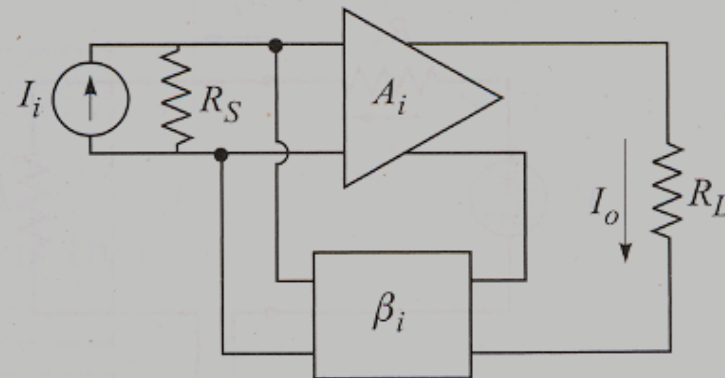
$$\beta_g = \frac{I_{fb}}{V_o}$$

$$A_{zF} = \frac{V_o}{I_i}$$

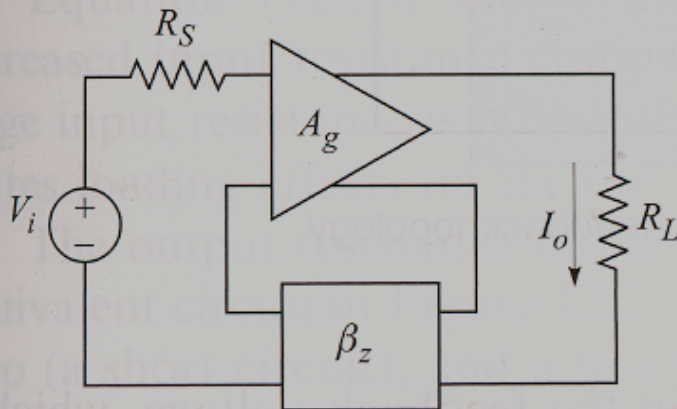
Các kiểu hồi tiếp



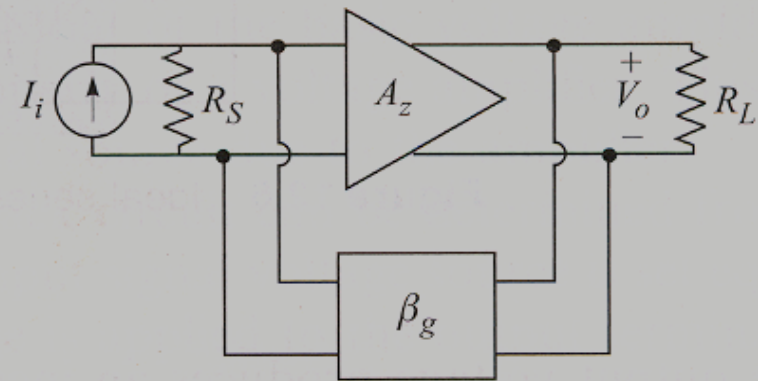
(a) Series-shunt



(b) Shunt-series



(c) Series-series

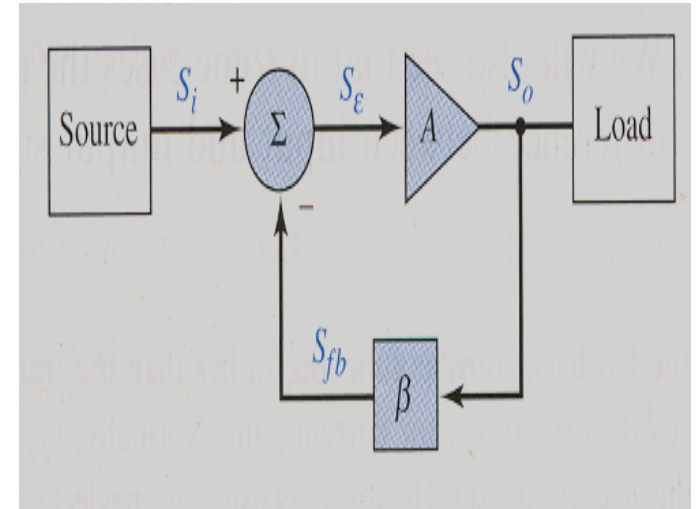


(d) Shunt-shunt

9.4. Các tính chất của hồi tiếp âm:

9.4.1 hệ số khuếch đại có hồi tiếp

$$A_F = \frac{S_o}{S_i} = \frac{S_o}{S_\varepsilon + S_{fb}} = \frac{\frac{S_o}{S_o}}{\frac{S_\varepsilon}{S_o} + \frac{S_{fb}}{S_o}} = \frac{1}{\frac{1}{A} + \beta} = \frac{A}{1 + \beta A}$$



- ❖ Nhận xét: độ lợi của mạch khi có hồi tiếp giảm đi $(1 + \beta A)$ lần so với khi chưa hồi tiếp. Vậy hồi tiếp âm làm giảm hệ số KĐ của mạch KĐ.
- ❖ Nếu mạch có hệ số khuếch đại đủ lớn sao cho $\beta A \gg 1$, thì có thể xem như giá trị hàm truyền của mạch không đổi hay nói cách khác là mạch có độ ổn định cao. Lúc đó độ lợi của mạch là :

$$A_F \cong \frac{1}{\beta}$$

9.4.2. Ổn định hàm truyền:

$$A_F = \frac{S_o}{S_i} = \frac{S_o}{S_\varepsilon + S_{fb}} = \frac{\frac{S_o}{S_o}}{\frac{S_\varepsilon}{S_o} + \frac{S_{fb}}{S_o}} = \frac{1}{\frac{1}{A} + \beta} = \frac{A}{1 + \beta A}$$

- ❖ Độ bất ổn định của hàm truyền trong một mạch khuếch đại khi chưa có hồi tiếp là $\frac{\Delta A}{A}$. Vậy độ bất ổn định của hàm truyền trong

một mạch khuếch đại có hồi tiếp là : $\frac{dA_F}{dA} = \frac{1 + \beta A - \beta A}{(1 + \beta A)^2} = \frac{1}{(1 + \beta A)^2}$ $dA_F = \frac{1}{(1 + \beta A)^2} dA$

$$\frac{dA_F}{A_F} = \frac{1}{(1 + \beta A)^2} dA \times \frac{1 + \beta A}{A} = \frac{1}{1 + \beta A} \times \frac{dA}{A}$$

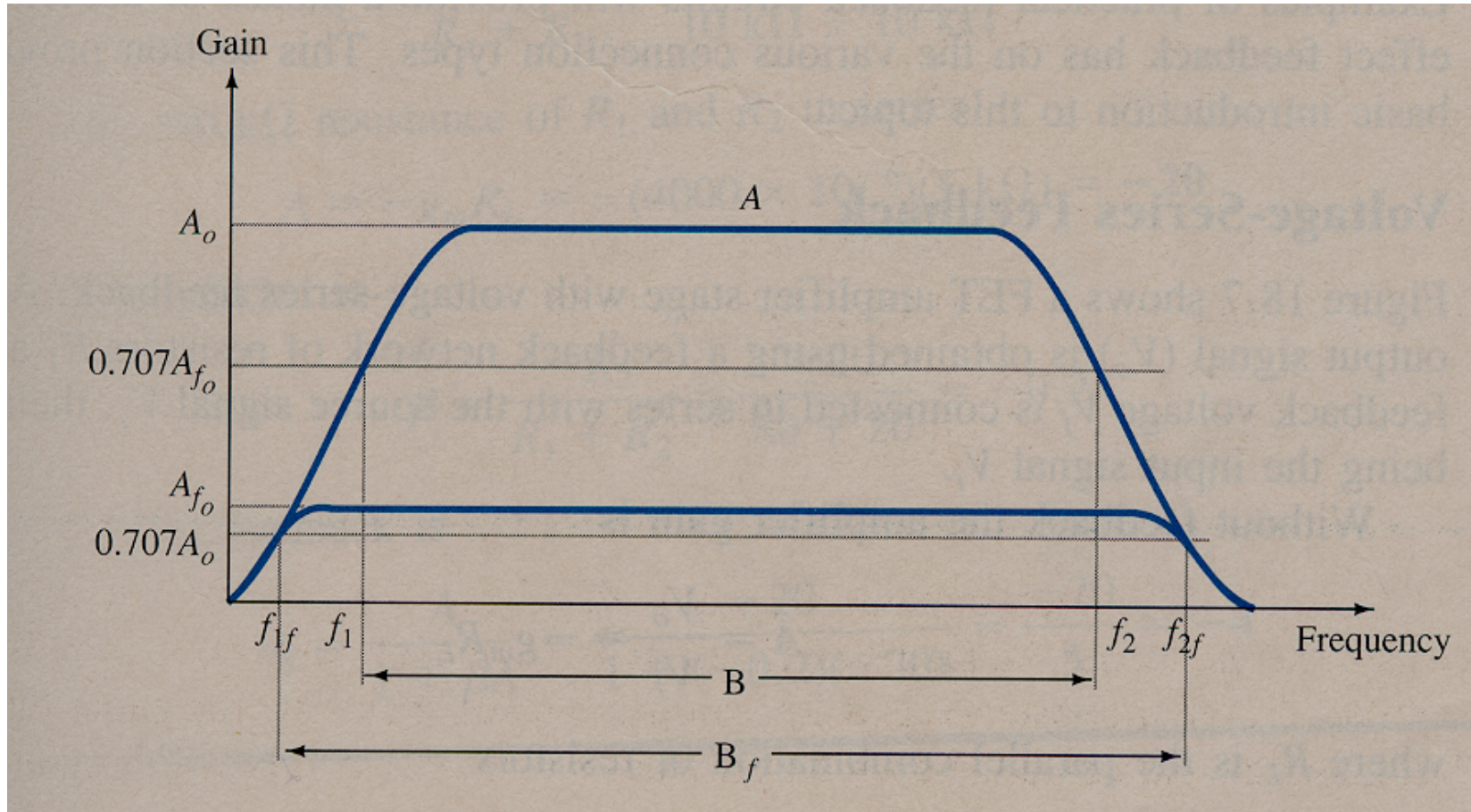
$$\frac{\Delta A_F}{A_F} = \frac{1}{1 + \beta A} \times \frac{\Delta A}{A}$$

- ❖ Vậy độ bất ổn định của hàm truyền khi có hồi tiếp giảm đi $\frac{\Delta A_F}{A_F}$ lần so với khi chưa có hồi tiếp.
- ❖ Nếu mạch có hệ số hồi tiếp đủ lớn sao cho $\beta A \gg 1$, thì có thể xem như giá trị của hàm truyền của mạch không đổi hay nói cách khác là mạch có độ ổn định cao. Lúc đó độ lợi của mạch là:

$$A_F \cong \frac{1}{\beta}$$

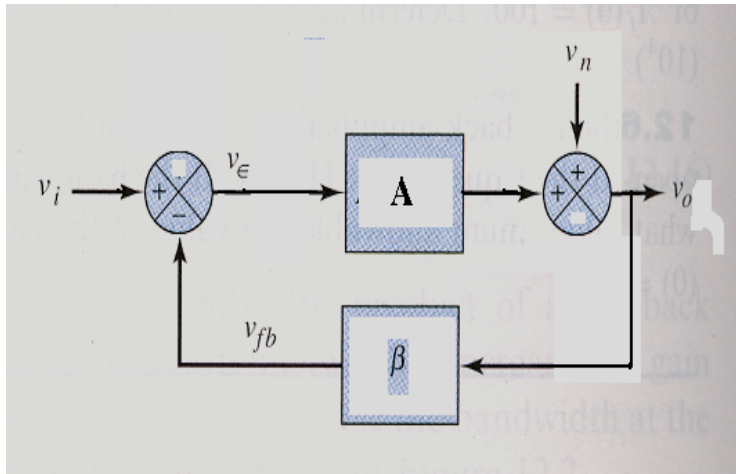
9.4.3 Cải thiện băng thông:

ảnh hưởng của hồi tiếp âm trên độ lợi băng thông



Hình chỉ rõ cho ta thấy khi có hồi tiếp âm thì độ lợi băng thông lớn hơn khi chưa có hồi tiếp (do hệ số khếch đại của mạch giảm)

9.4.4. Giảm méo, giảm nhiễu:



❖ Trong mạch KĐ có hồi tiếp âm khi $\beta A \gg 1$, độ lợi của mạch là $A_F = 1/\beta$, khi đó độ lợi của mạch không phụ thuộc vào tần số. Lúc đó méo tần số phát sinh do sự thay đổi độ lợi với tần số tín hiệu (do các sóng hài) giảm.

Giảm méo do sự không tuyến tính của hàm truyền.

$$V_o = A V_\varepsilon + V_n$$

$$V_\varepsilon = V_i - V_{fb} = V_i - \beta V_o$$

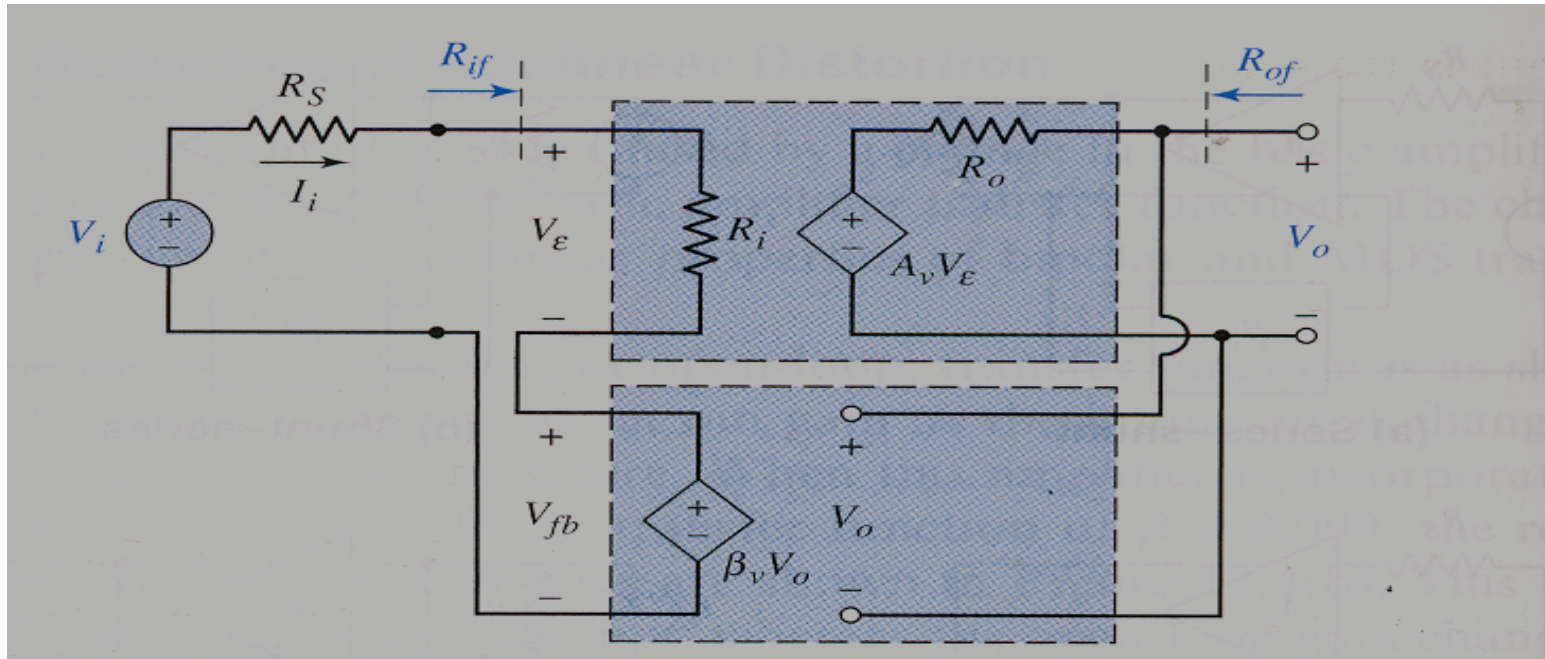
$$V_o = A(V_i - \beta V_o) + V_n$$

$$V_{fb} = \beta V_o$$

$$V_o = \frac{A}{1 + \beta A} V_i + \frac{1}{1 + \beta A} V_n$$

9.4.5. Cải thiện tổng trở vào, ra:

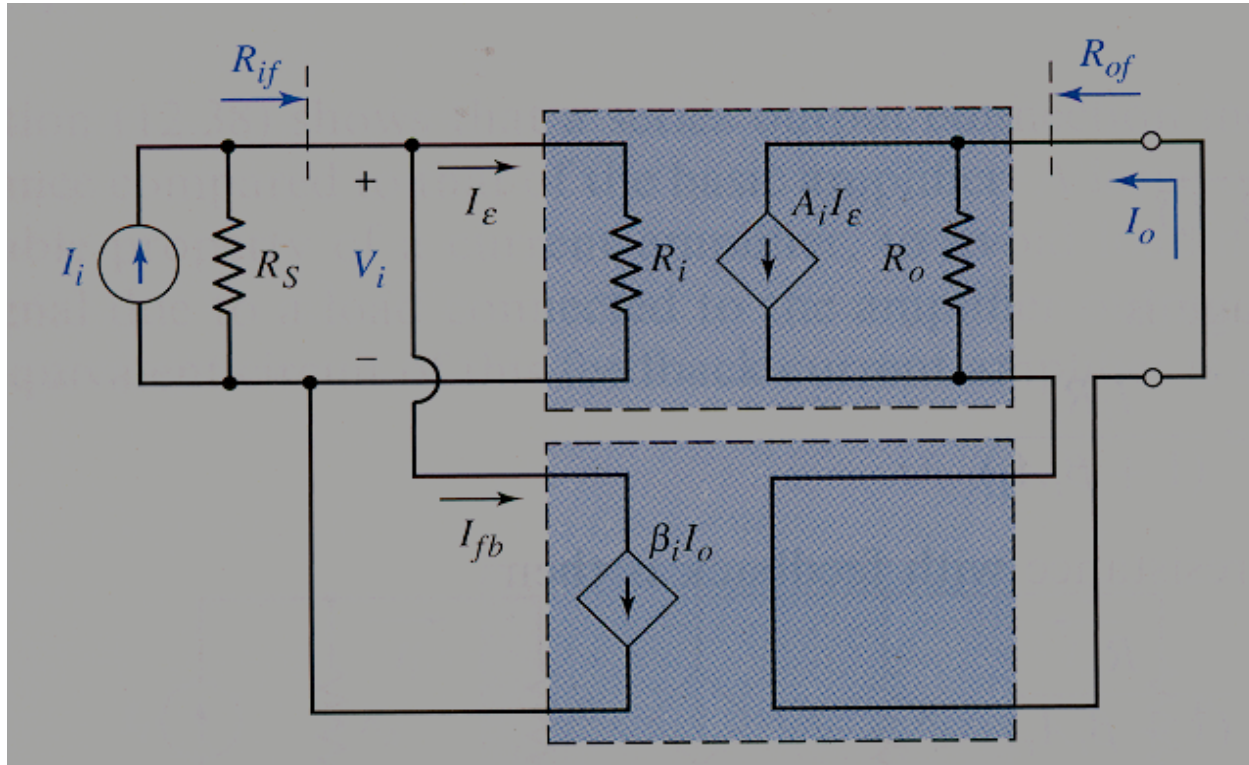
a. Z_i : a.1 Hồi tiếp nối tiếp



$$R_{if} = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_\epsilon + V_{fb}}{I_i}$$

$$R_{if} = \frac{1 + \frac{V_{fb}}{V_\epsilon}}{\frac{I_i}{V_\epsilon}} = \frac{V_\epsilon}{I_i} \times \left(1 + \frac{V_{fb}}{V_o} \times \frac{V_o}{V_\epsilon}\right) = R_i (1 + \beta_v A_v)$$

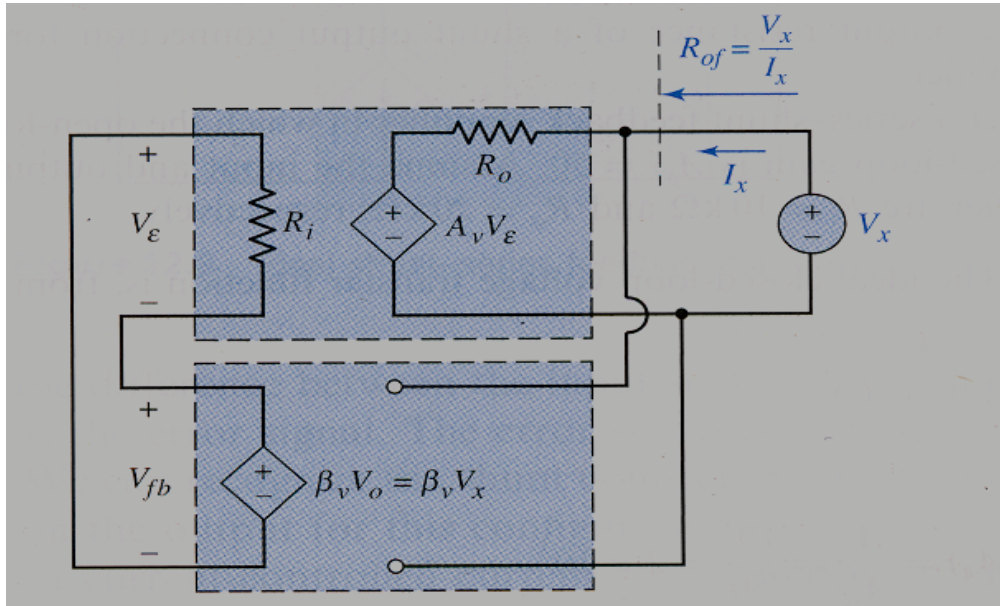
a.2 Hồi tiếp song song:



$$R_{if} = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_\varepsilon}{I_\varepsilon + I_{fb}}$$

$$R_{if} = \frac{V_\varepsilon / I_\varepsilon}{1 + I_{fb} / I_\varepsilon} = \frac{R_i}{1 + \beta_i A_i}$$

b.1 Hồi tiếp điện áp:



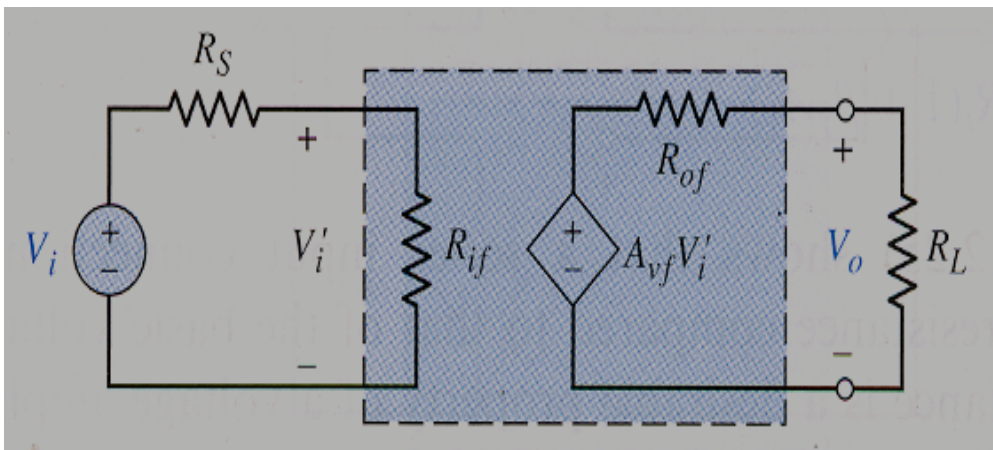
$$R_{of} = \frac{V_o}{I_o} \Big|_{V_i=0} = \frac{V_x}{I_x}$$

$$V_\epsilon + V_{fb} = V_\epsilon + \beta_v V_x = 0$$

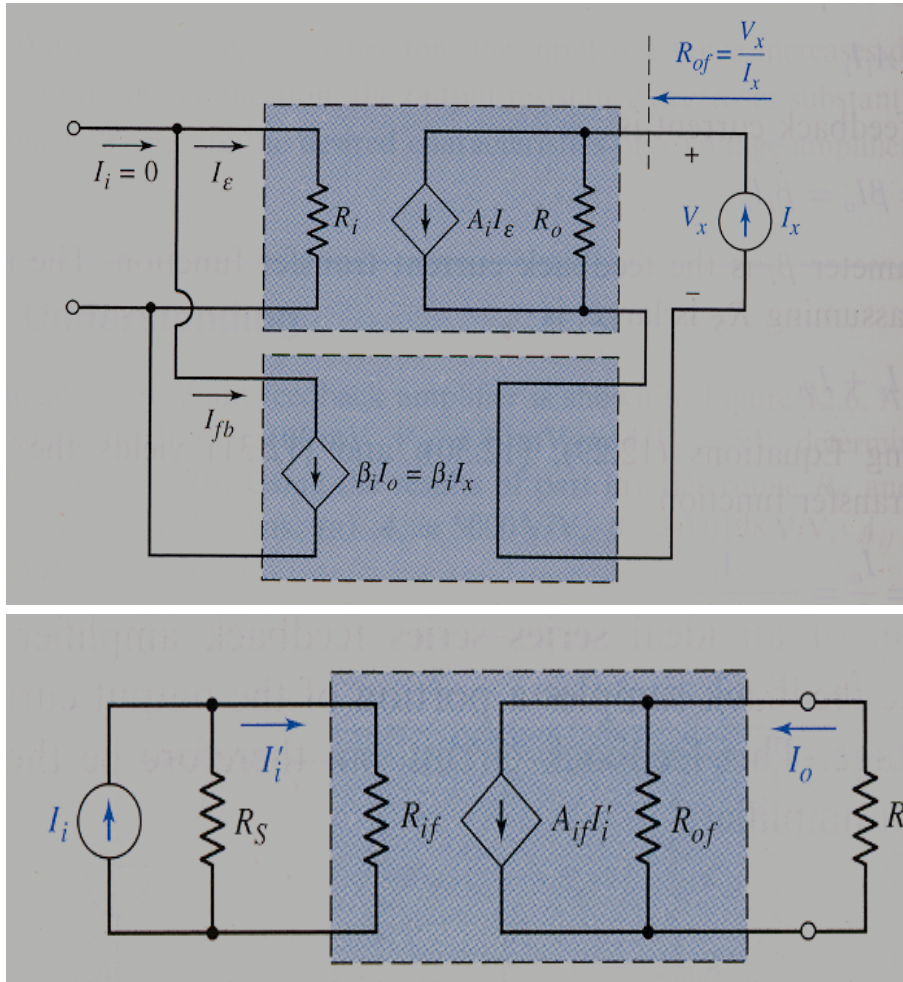
$$V_\epsilon = -\beta_v V_x$$

$$I_x = \frac{V_x - A_v V_\epsilon}{R_o} = \frac{V_x - A_v (-\beta_v V_x)}{R_o}$$

$$R_{of} = \frac{V_x}{I_x} = \frac{R_o}{1 + \beta A_v}$$



b.2 Hồi tiếp dòng điện:



$$R_{of} = \left. \frac{V_o}{I_o} \right|_{I_i=0} = \frac{V_x}{I_x}$$

$$I_\varepsilon + I_{fb} = I_\varepsilon + \beta_i I_x = 0$$

$$I_\varepsilon = -\beta_i I_x$$

$$R_{of} = \frac{V_x}{I_x} = R_o (1 + \beta_i A_i)$$

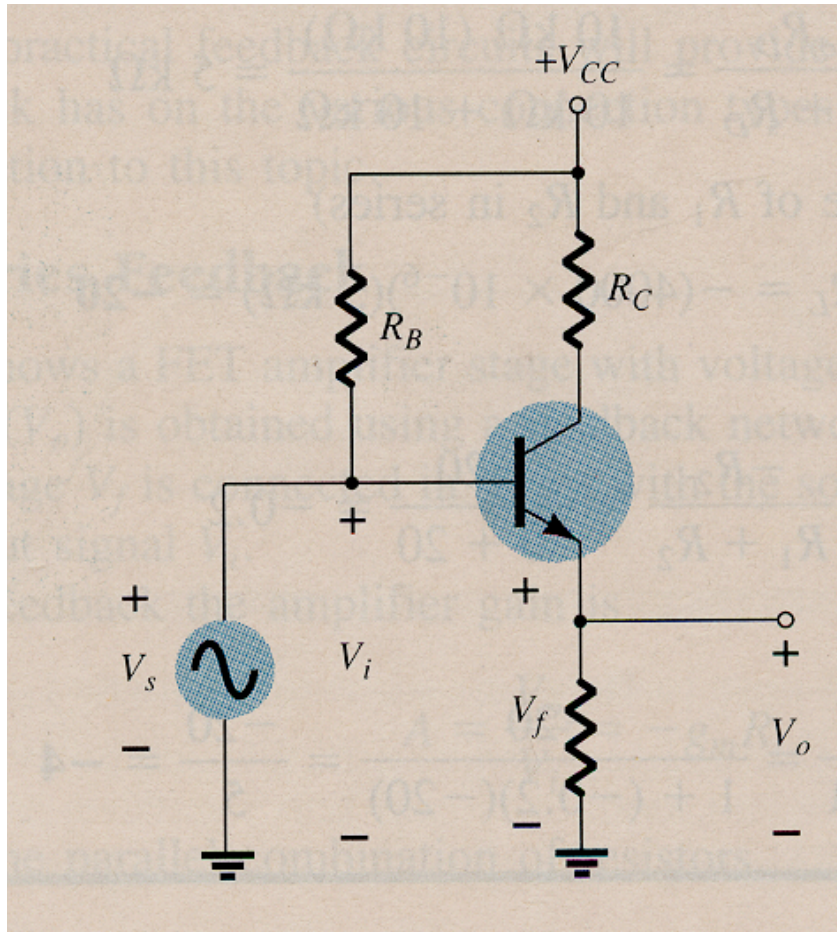
$$V_x = (I_x - A_i I_\varepsilon) R_o = [I_x - A_i (-\beta_i I_x) R_o] = I_x (1 + \beta_i A_i) R_o$$

9.5. Bảng so sánh các dạng hồi tiếp

Mạch khuếch đại hồi tiếp	Tín hiệu nguồn	Tín hiệu ngõ ra	Hàm truyền	Điện trở ngõ vào	Điện trở ngõ ra
Điện áp nối tiếp	Áp	Áp	$A_{vF} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{A_v}{1 + \beta_v A_v}$	$R_i(1 + \beta_v A_v)$	$\frac{R_o}{(1 + \beta_v A_v)}$
Dòng điện song song	Dòng	Dòng	$A_{iF} = \frac{I_o}{I_i} = \frac{A_i}{1 + \beta_i A_i}$	$\frac{R_i}{(1 + \beta_i A_i)}$	$R_o(1 + \beta_i A_i)$
Dòng điện nối tiếp	Áp	Dòng	$A_{gF} = \frac{I_o}{V_i} = \frac{A_g}{1 + \beta_z A_g}$	$R_i(1 + \beta_z A_g)$	$R_o(1 + \beta_z A_g)$
Điện áp song song	Dòng	Áp	$A_{zF} = \frac{V_o}{I_i} = \frac{A_z}{1 + \beta_g A_z}$	$\frac{R_i}{(1 + \beta_g A_z)}$	$\frac{R_o}{(1 + \beta_g A_z)}$

9.6. Các ví dụ

9.6.1 Mạch hồi tiếp điện áp nối tiếp



❖ Độ lợi vòng hở:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{h_{fe} I_b R_E}{I_b h_{ie}} = \frac{h_{fe} R_E}{h_{ie}}$$

❖ Hệ số hồi tiếp:

$$\beta_v = \frac{V_{fb}}{V_o} = 1$$

❖ Độ lợi vòng kín:

$$A_{vF} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{A_v}{1 + \beta_v A_v} = \frac{h_{fe} R_E / h_{ie}}{1 + 1 \times (h_{fe} R_E / h_{ie})} = \frac{h_{fe} R_E}{h_{ie} + h_{fe} R_E}$$

Thank You !