

# Chương 4 - Mạch khuếch đại hồi tiếp



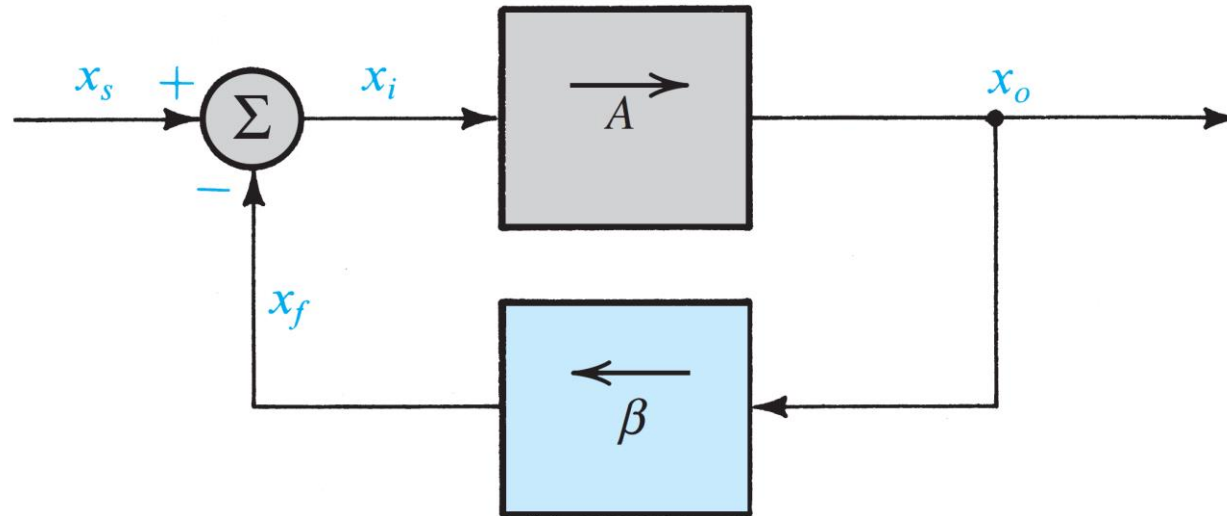
## 1. Một số khái niệm

2. Các vai trò của khối hồi tiếp

3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

# 1. Một số khái niệm

- Độ lợi vòng hở (open-loop gain):  $A = x_o/x_i$ .
- Hệ số hồi tiếp (feedback factor):  $\beta = x_f/x_o$ .



- Độ lợi vòng kín (closed-loop gain):  $A_f = \frac{x_o}{x_s} = \frac{A}{1 + A\beta}$

# 1. Một số khái niệm

- Độ lợi vòng (loop gain):  $A\beta$ .
- Tín hiệu hồi tiếp (feedback signal):

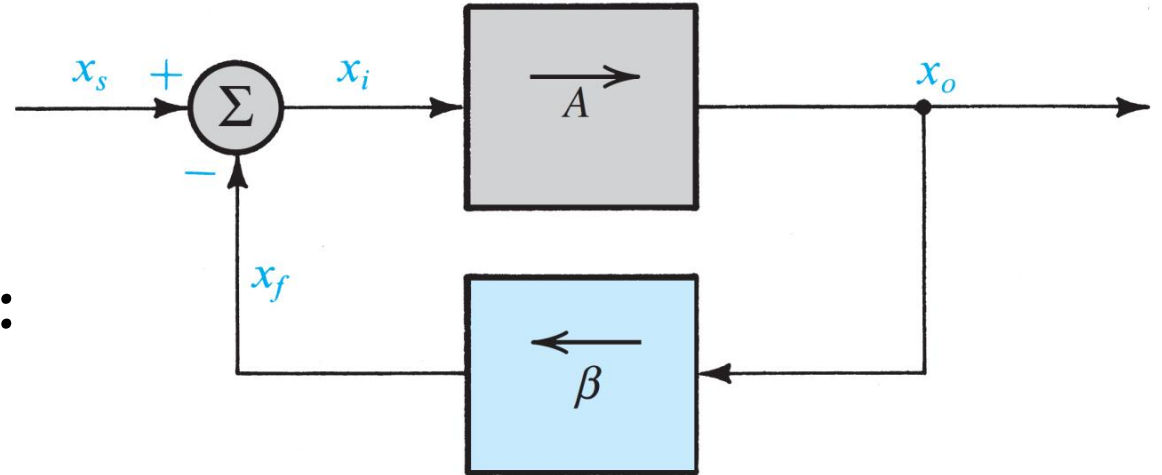
$$x_f = \frac{A\beta}{1 + A\beta} x_s$$

- Ngõ vào của khối khuếch đại (đôi khi gọi là sai số):

$$x_i = \frac{1}{1 + A\beta} x_s$$

- Nếu độ lợi vòng  $A\beta \gg 1$ :

$$A_f \approx \frac{1}{\beta}; \quad x_f \approx x_s; \quad x_i \approx 0$$



# Chương 4 - Mạch khuếch đại hồi tiếp

1. Một số khái niệm



**2. Các vai trò của khối hồi tiếp**

3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

## 2. Các vai trò của khối hồi tiếp

### 1. Giảm độ nhạy của hệ số khuếch đại (gain desensitivity)

$$\frac{dA_f}{A_f} = \frac{1}{1 + A\beta} \frac{dA}{A}$$

Ví dụ: một bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại áp danh định  $A = 1000\text{V/V}$ , tuy nhiên khi nhiệt độ thay đổi thì hệ số này có thể thay đổi 10%. Sử dụng bộ hồi tiếp âm để giảm sự thay đổi hệ số khuếch đại xuống 0.1%, hỏi độ lợi vòng kín cực đại là bao nhiêu?

## 2. Các vai trò của khối hồi tiếp

### 2. Mở rộng băng thông

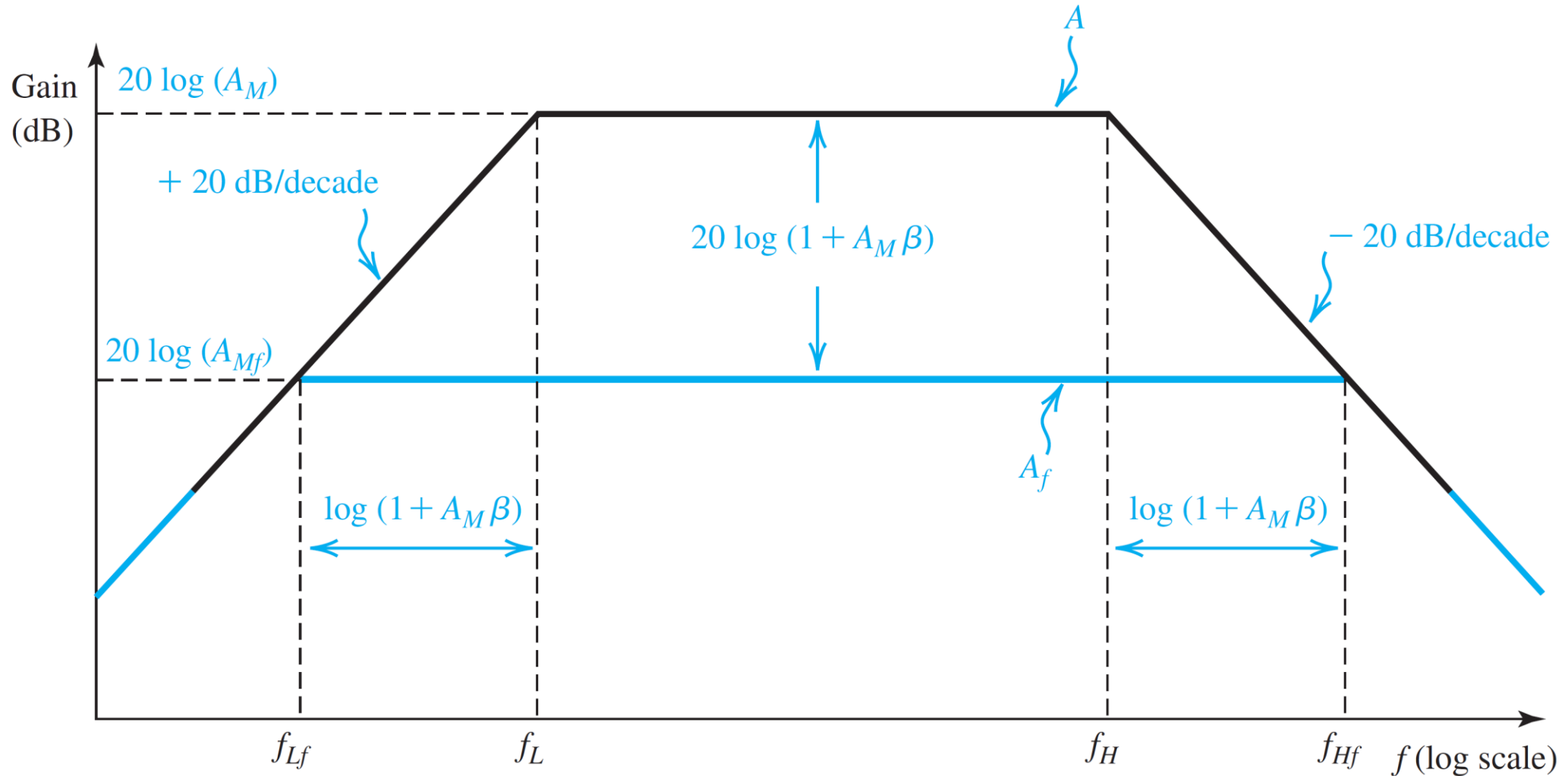
- Xét bộ khuếch đại có tần số cắt cao  $\omega_H$ :  $A(s) = \frac{A_M}{1 + s/\omega_H}$
- Hàm truyền vòng kín khi có hồi tiếp âm:

$$A_f(s) = \frac{A(s)}{1 + \beta A(s)} = \frac{A_M}{1 + A_M \beta} \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_H(1 + A_M \beta)}}$$

- Tần số cắt cao của hệ hồi tiếp  
$$\omega_{Hf} = \omega_H(1 + A_M \beta)$$
- Tương tự chứng minh được tần số cắt thấp của hệ hồi tiếp

$$\omega_{Lf} = \frac{\omega_L}{1 + A_M \beta}$$

## 2. Các vai trò của khối hồi tiếp



## 2. Các vai trò của khối hồi tiếp

### 3. Giảm ảnh hưởng của nhiễu (interference reduction)

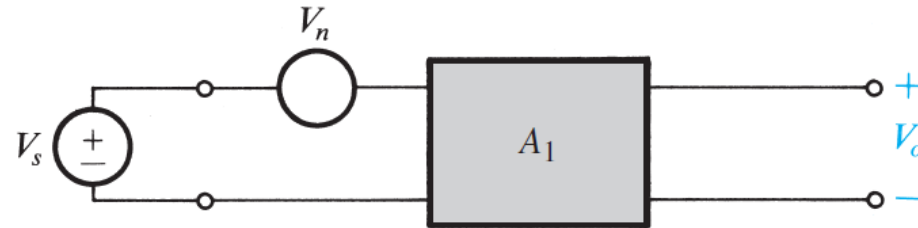
Xét tỉ số tín hiệu trên nhiễu  
(signal-to-interference ratio)

- Hệ thống ban đầu (a):

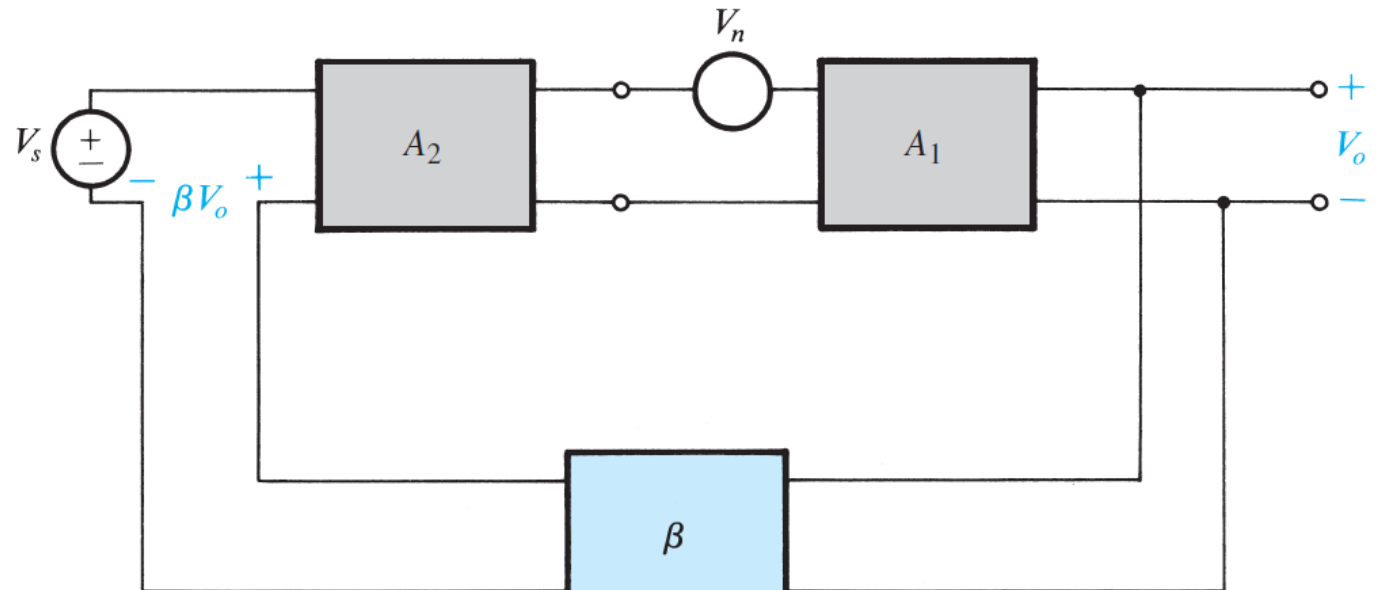
$$\frac{S}{I} = \frac{V_S}{V_n}$$

- Hệ thống có hồi tiếp (b):

$$\frac{S}{I} = \frac{V_S}{V_n} A_2$$



(a)

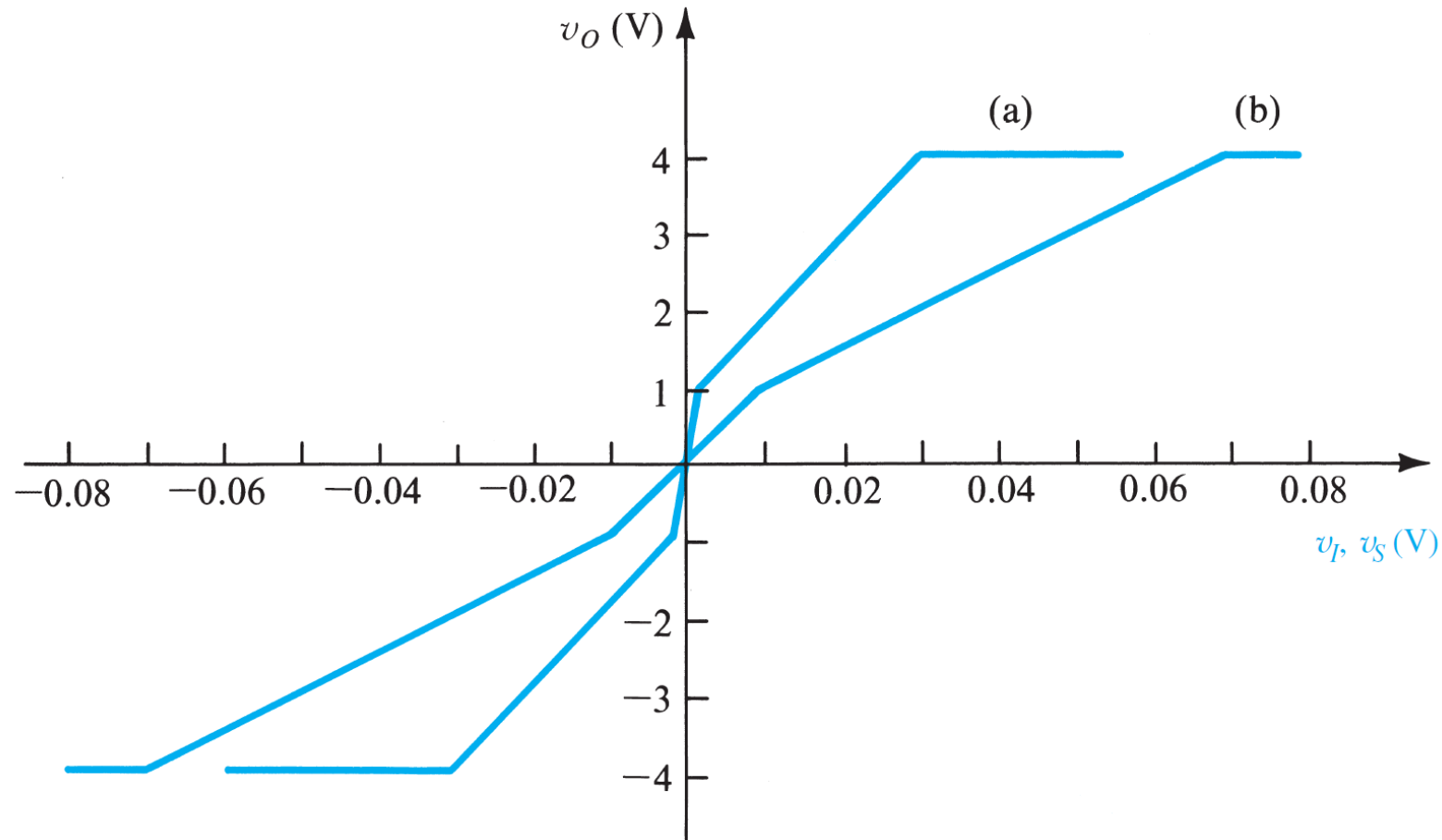


(b)



## 2. Các vai trò của khối hồi tiếp

### 4. Giảm độ méo dạng phi tuyến (reduction in nonlinear Distortion)



# Chương 4 - Mạch khuếch đại hồi tiếp

1. Một số khái niệm

2. Các vai trò của khối hồi tiếp

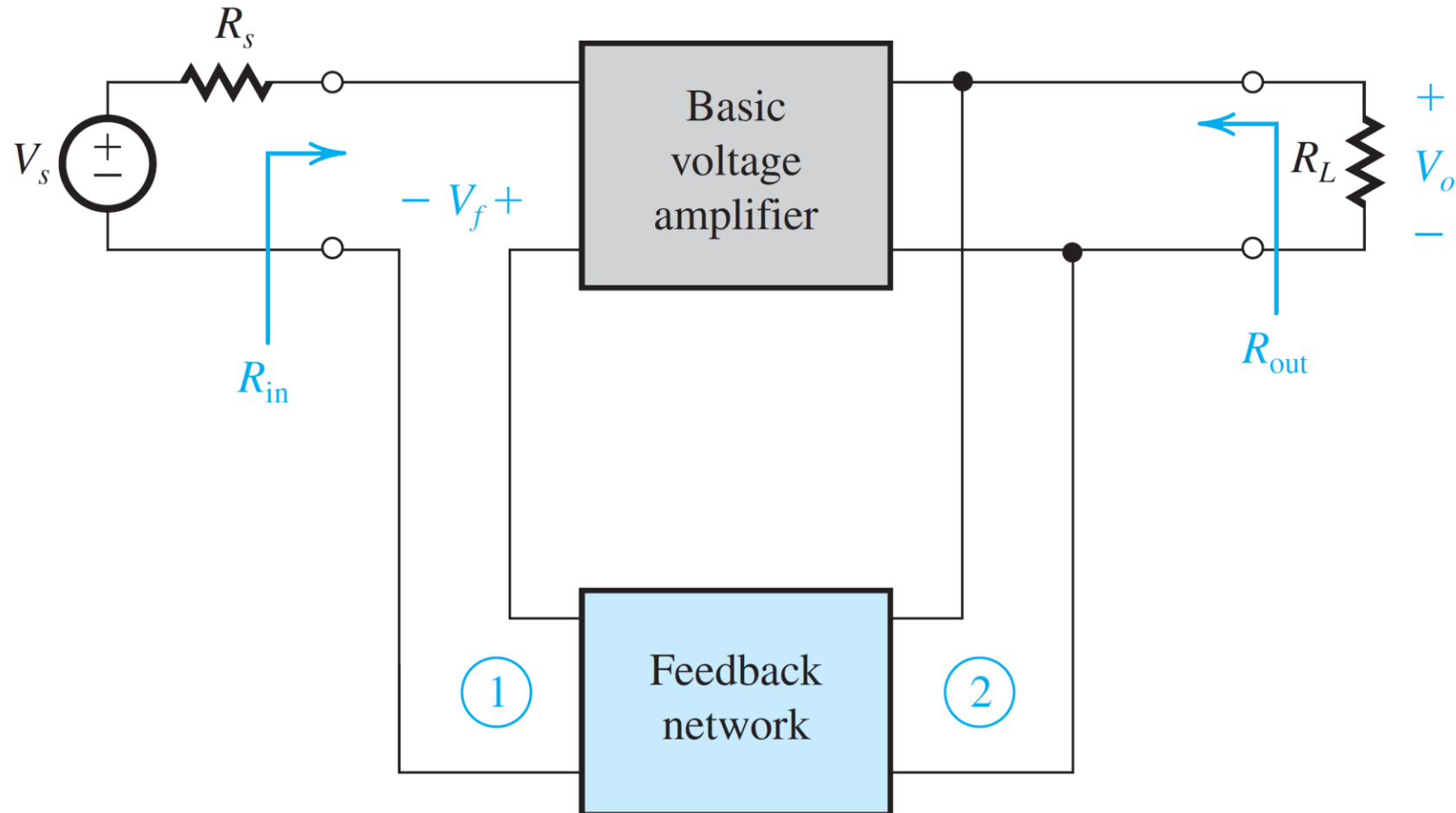
➤ 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

- Phụ thuộc vào tín hiệu vào và tín hiệu ra của bộ khuếch đại (dòng điện hoặc điện áp), có thể chia làm 4 cấu hình hồi tiếp:
  - Cấu hình Series – Shunt: voltage-to-voltage
  - Cấu hình Series – Series: voltage-to-current
  - Cấu hình Shunt – Series: current-to-current
  - Cấu hình Shunt – Shunt: current-to-voltage

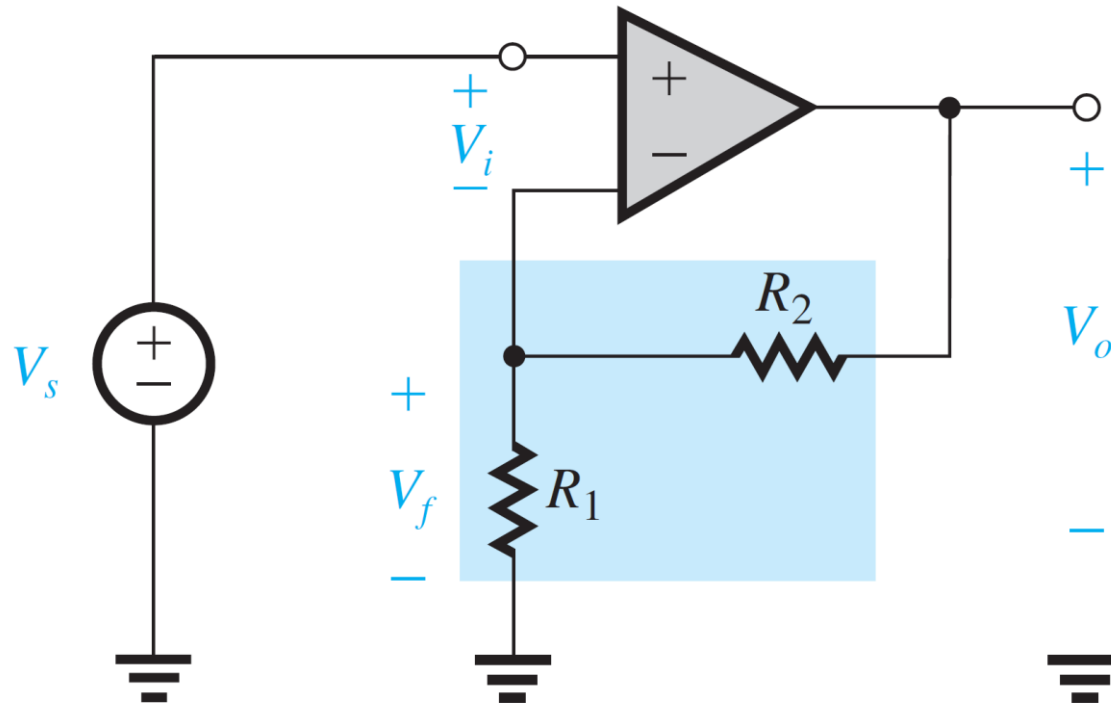
# 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

## Cấu hình Series - Shunt



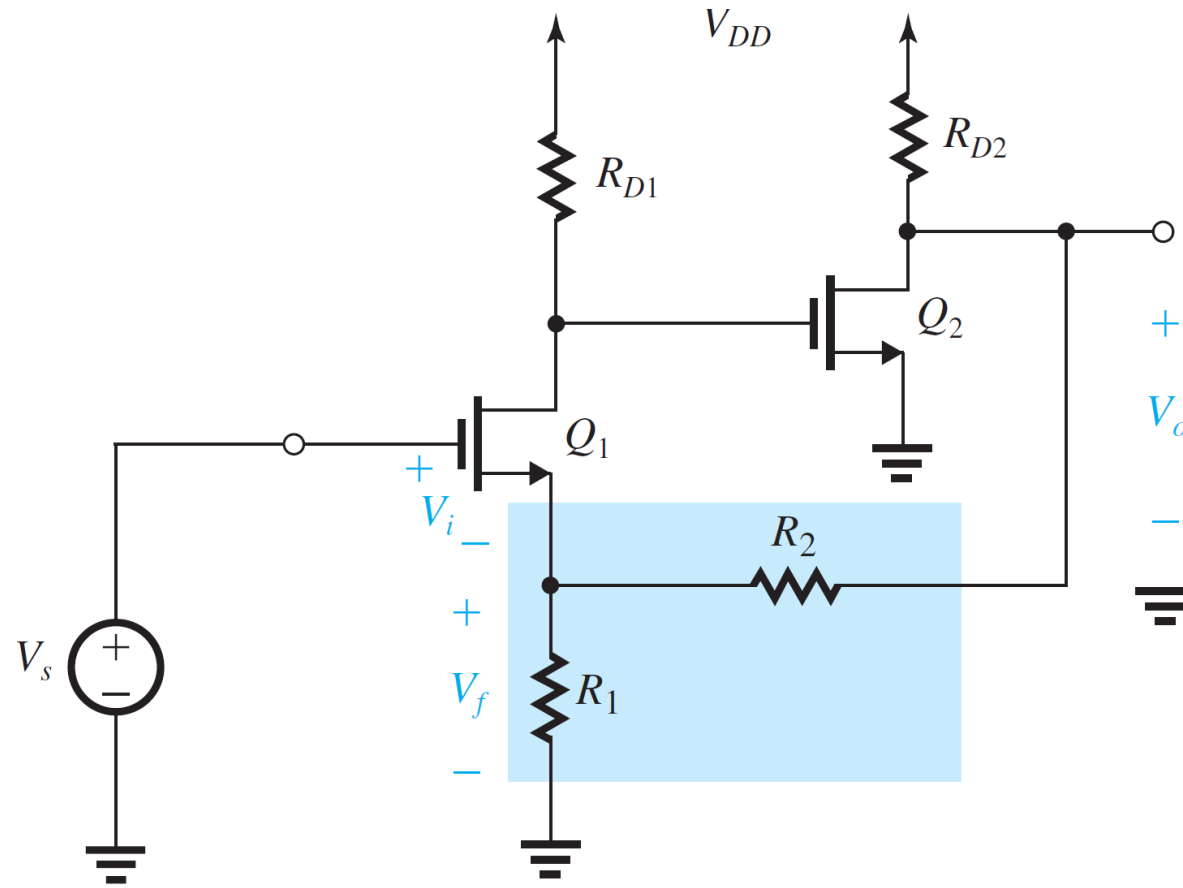
### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

Một số mạch hồi tiếp Series - Shunt



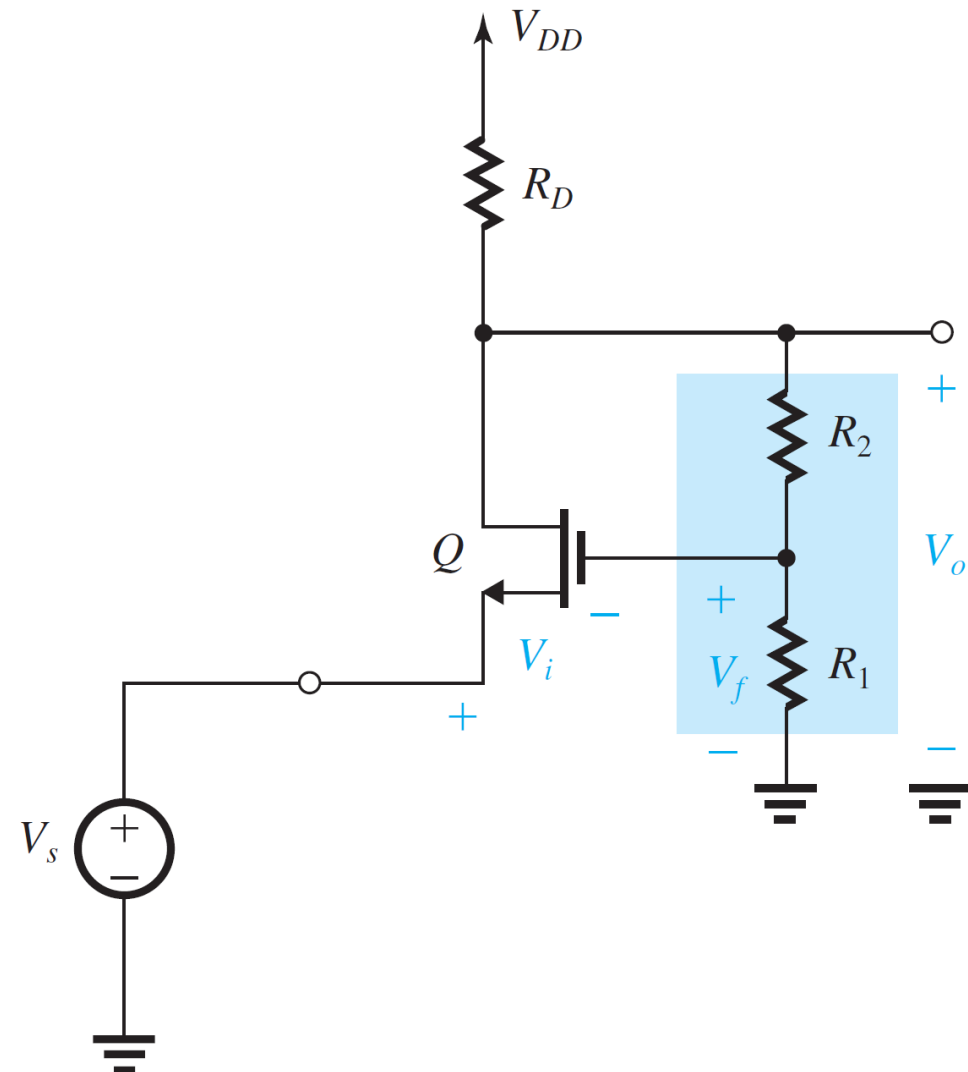
# 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

Một số mạch hồi tiếp Series - Shunt



# 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

Một số mạch hồi tiếp Series - Shunt



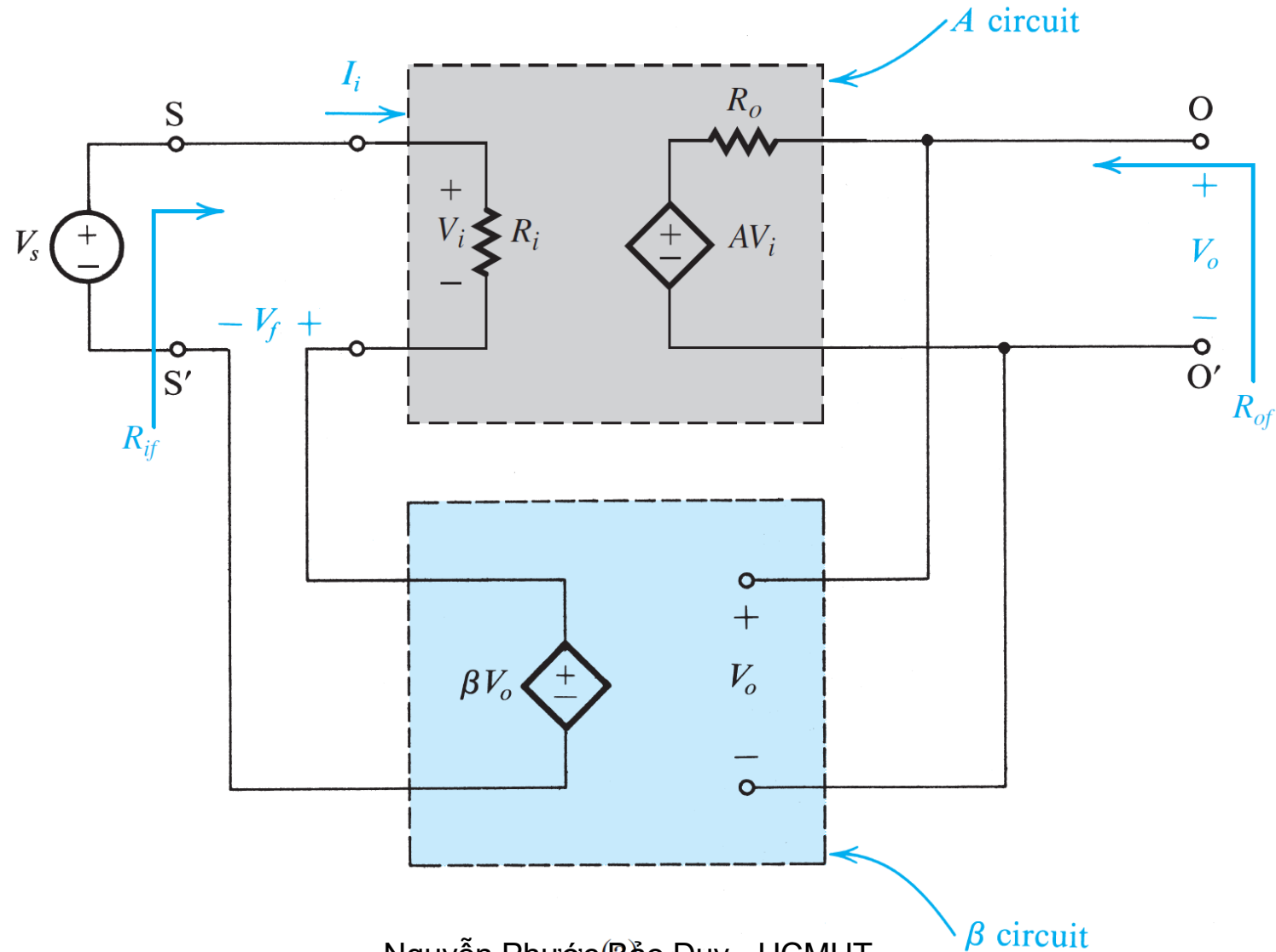
### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

Phương pháp phân tích tổng quát cho hệ thống hồi tiếp:

- Phân tích mạch hồi tiếp thành 2 thành phần:
  - Mạch vòng hở A ('A circuit') để tính độ lợi vòng hở A.
  - Mạch hồi tiếp  $\beta$  (' $\beta$  circuit') để tính độ lợi hồi tiếp.
- Phương pháp này có ưu điểm là giúp tính được trở kháng vào ra của mạch hồi tiếp.
- Nhược điểm của phương pháp là phức tạp, do nhiều trường hợp phần mạch hồi tiếp và mạch vòng hở có tác động lẫn nhau.



### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản



### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

Trường hợp lý tưởng, dễ dàng tính được các thông số quan trọng:

- Độ lợi vòng kín

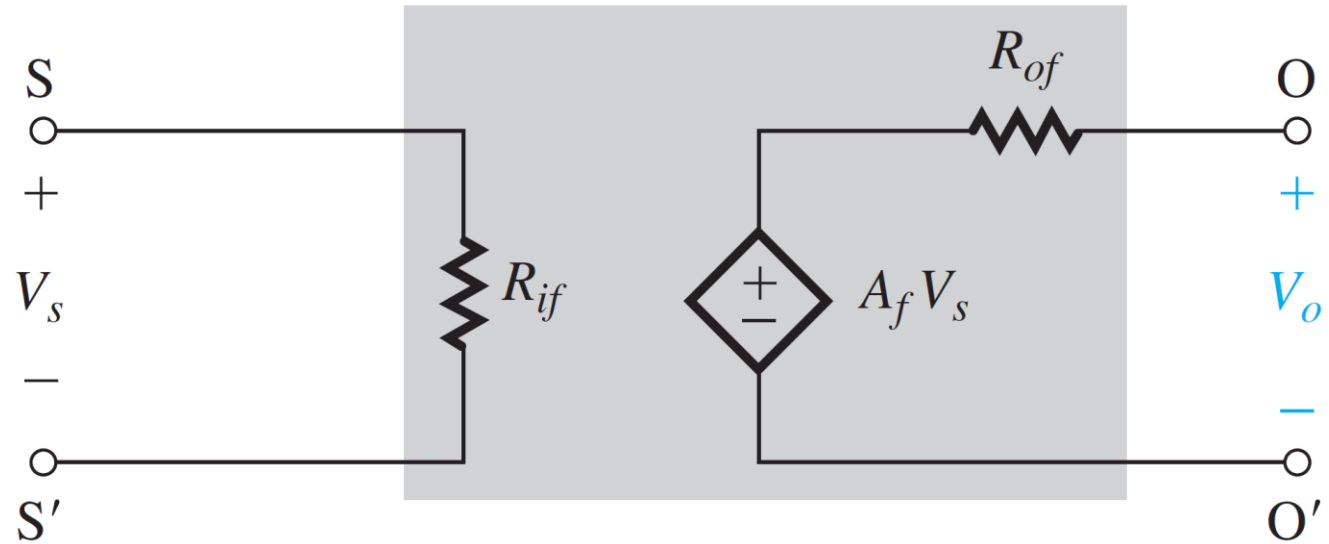
$$A_f = \frac{A}{1 + A\beta}$$

- Trở kháng vào

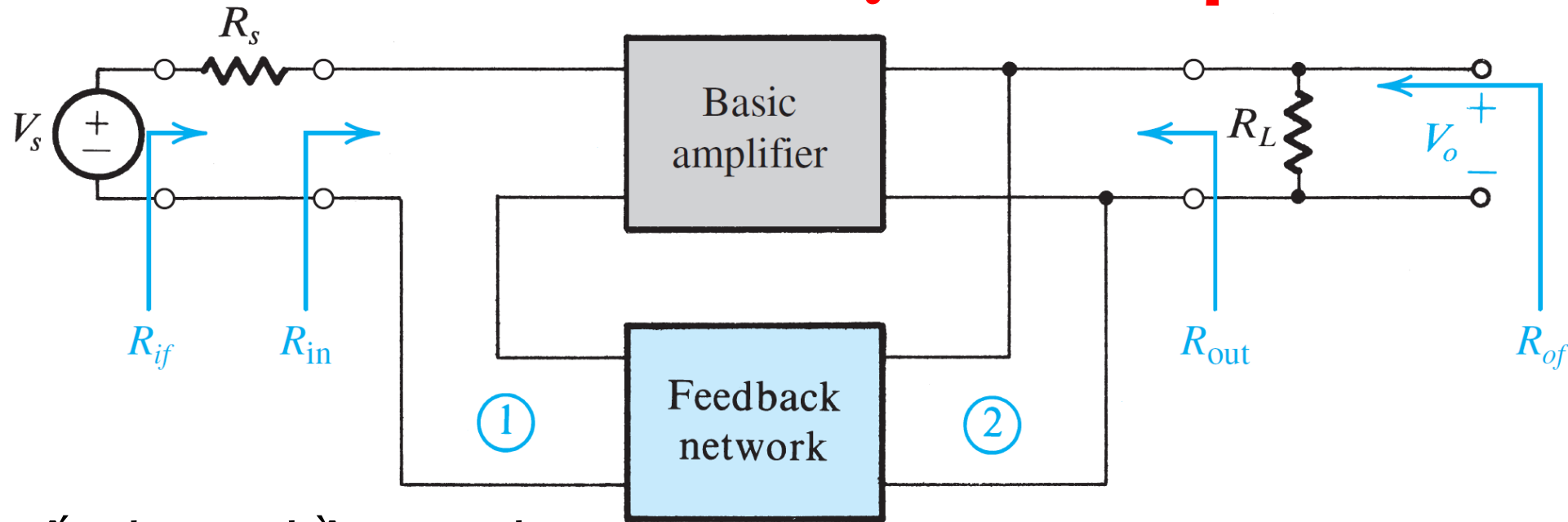
$$R_{if} = (1 + A\beta)R_i$$

- Trở kháng ra

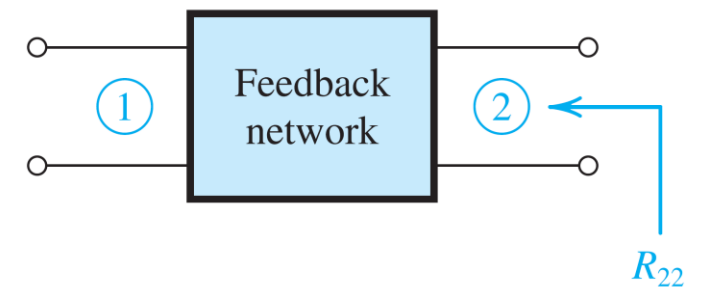
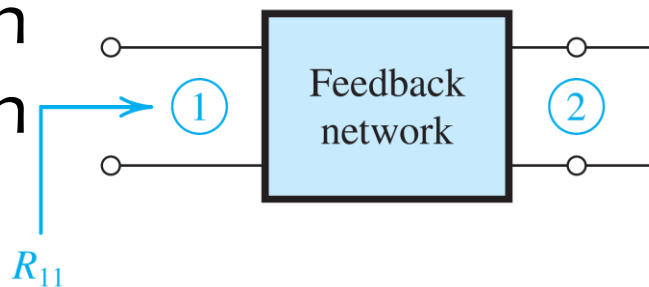
$$R_{of} = \frac{R_o}{1 + A\beta}$$



### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

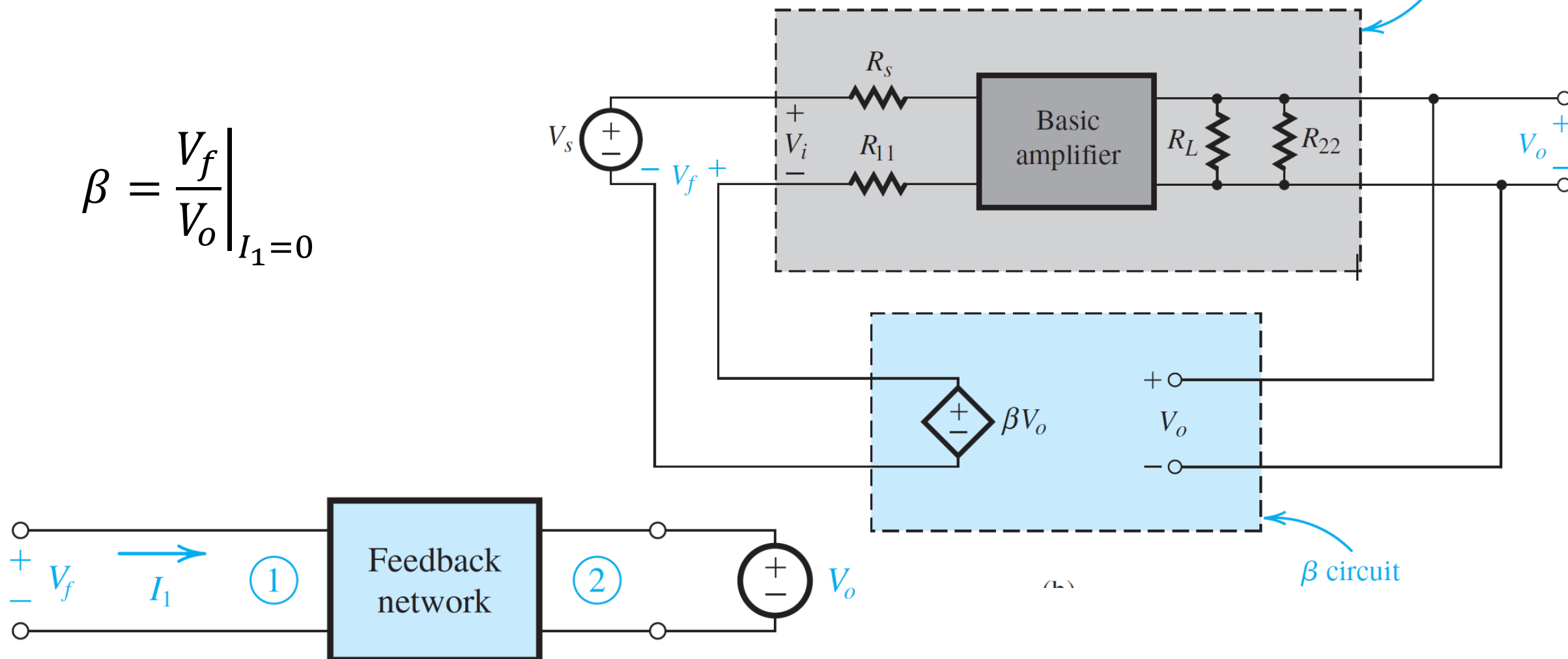


Thực tế, do 2 phần mạch ảnh hưởng qua lại, nên việc tách thành 2 thành phần phức tạp hơn



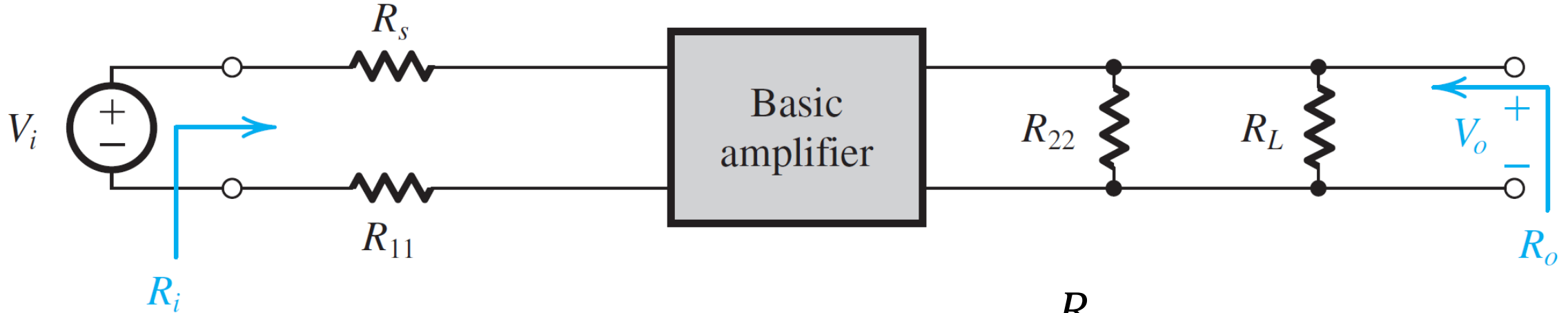
### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

$$\beta = \left. \frac{V_f}{V_o} \right|_{I_1=0}$$



### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

Phần mạch A, dùng để xác định  $R_i$  và  $R_o$ :

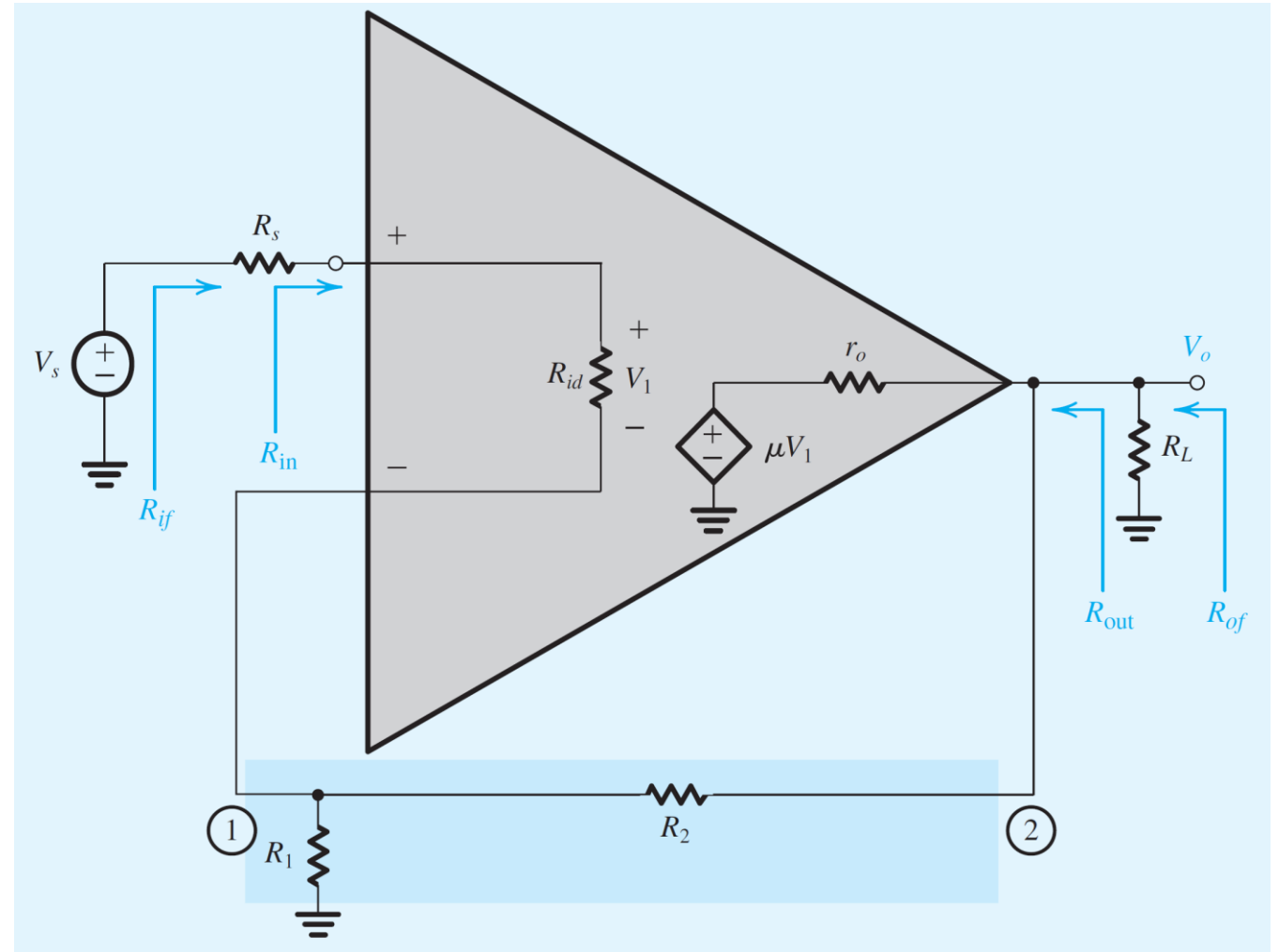


$$R_{if} = (1 + A\beta)R_i \quad R_{of} = \frac{R_o}{1 + A\beta}$$

Lưu ý: phân biệt rõ  $R_i$ ,  $R_{in}$  và  $R_{if}$ ; tương tự với  $R_o$ ,  $R_{out}$  và  $R_{of}$ .

### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

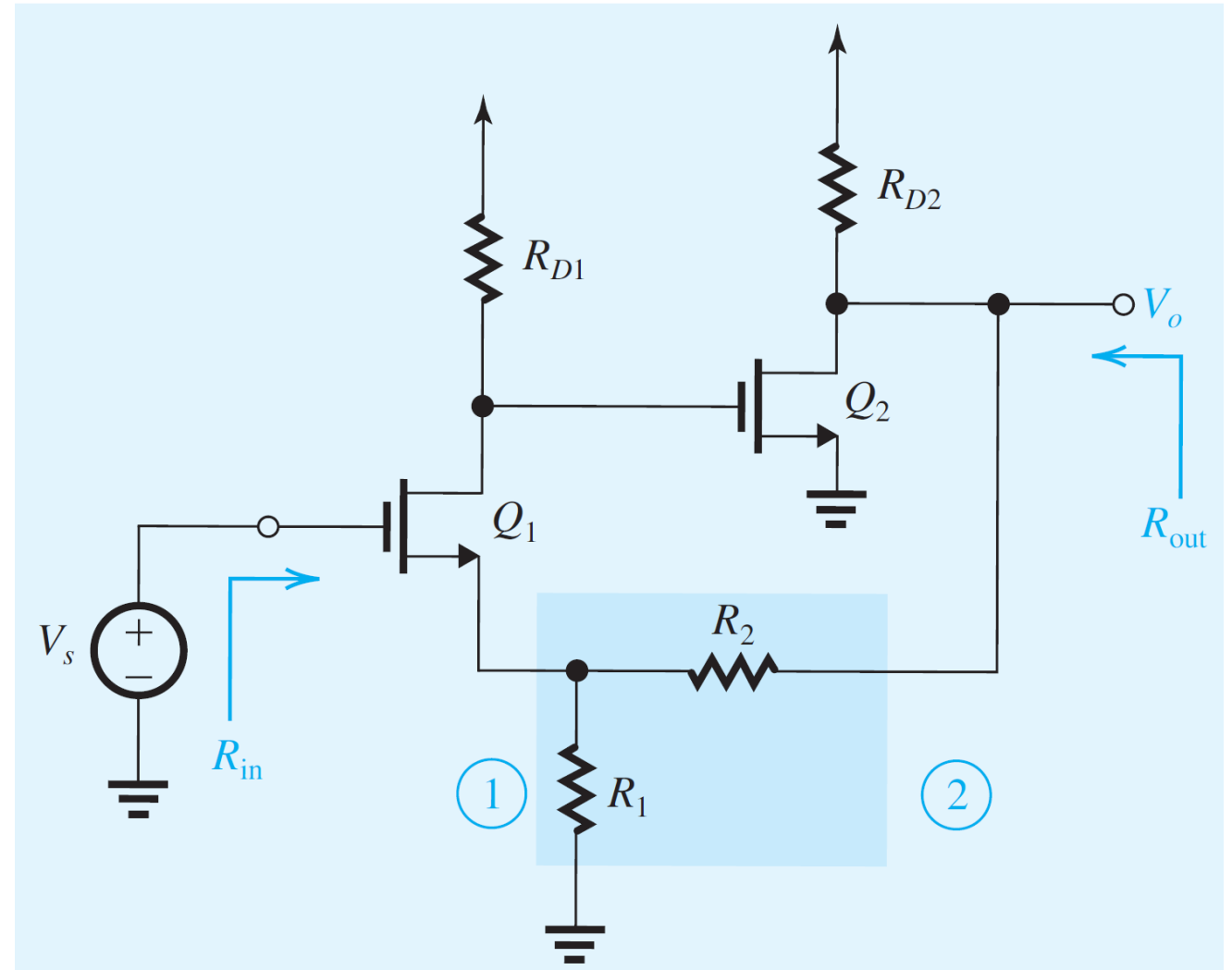
Ví dụ: cho OPAMP với độ lợi áp vòng hở  $\mu$ , trở kháng vào  $R_{id}$ , trở kháng ra  $r_o$ . Xác định  $A$ ,  $\beta$ ,  $A_f$ , trở kháng vào  $R_{in}$  và trở kháng ra  $R_{out}$  sử dụng phương pháp phân tích mạch hồi tiếp tổng quát.



### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

Ví dụ: cho mạch MOSFET như hình, bỏ qua  $r_o$ . Xác định  $A$ ,  $\beta$ ,  $A_f$ , trở kháng vào  $R_{in}$  và trở kháng ra  $R_{out}$  sử dụng phương pháp phân tích mạch hồi tiếp tổng quát.

Gợi ý: bài này không có  $R_s$  và  $R_L$  nên  $R_{in} = R_{if}$ ;  $R_{out} = R_{of}$ .



# 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

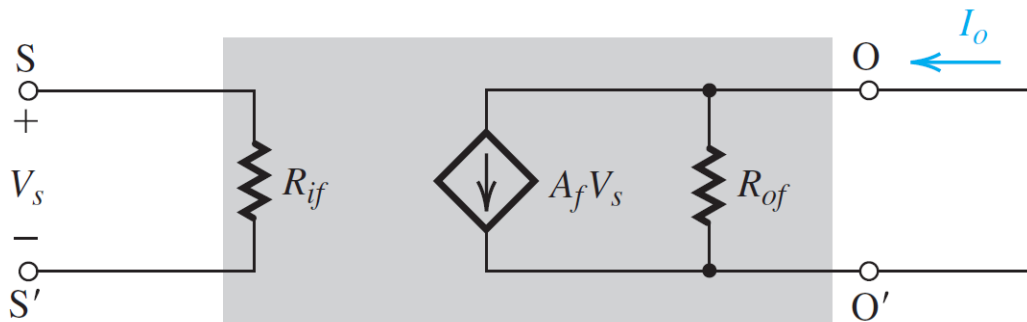
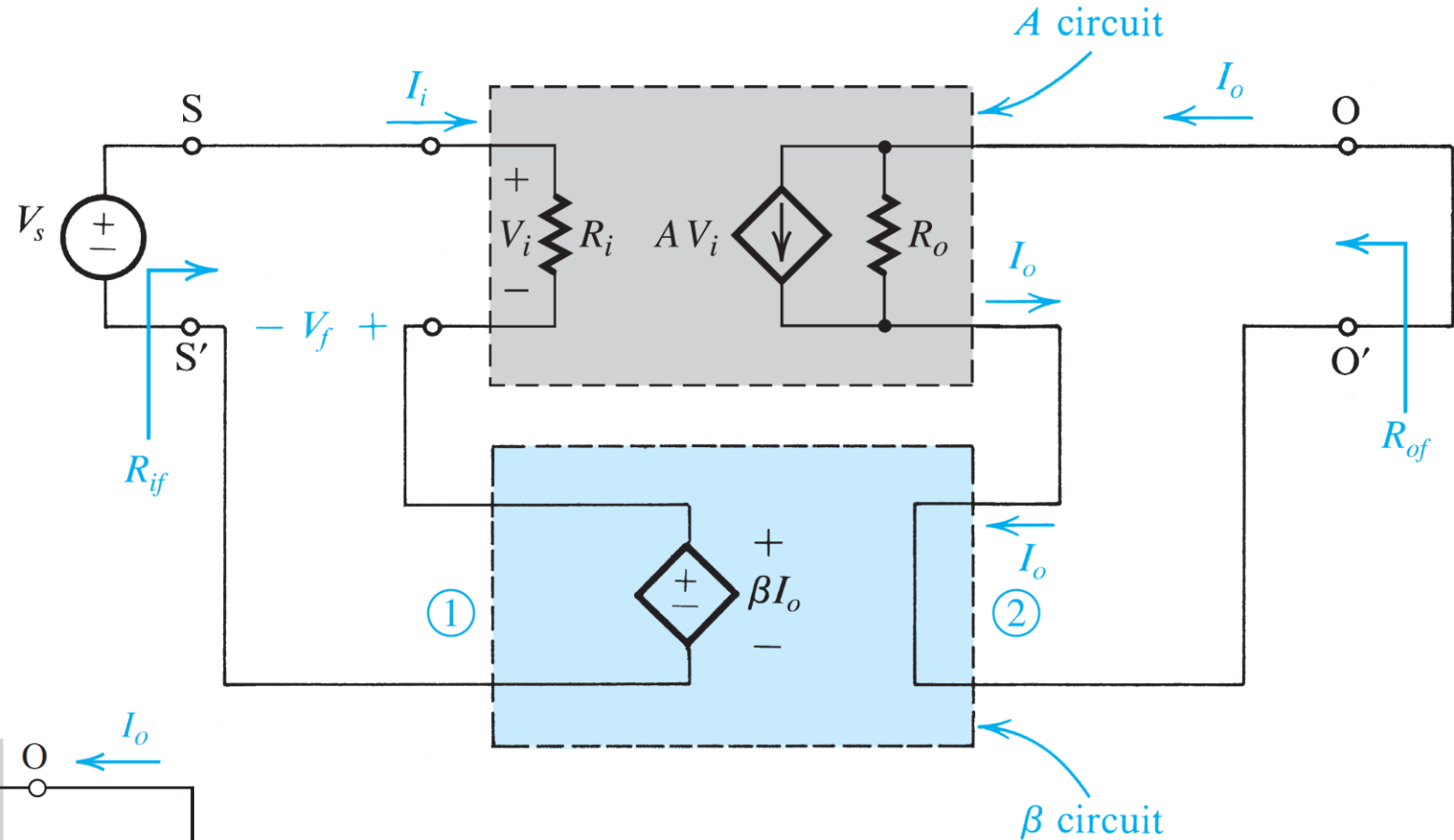
## Cấu hình series-series

- Dạng lý tưởng:

$$A_f = \frac{I_o}{V_s} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

$$R_{if} = (1 + A\beta)R_i$$

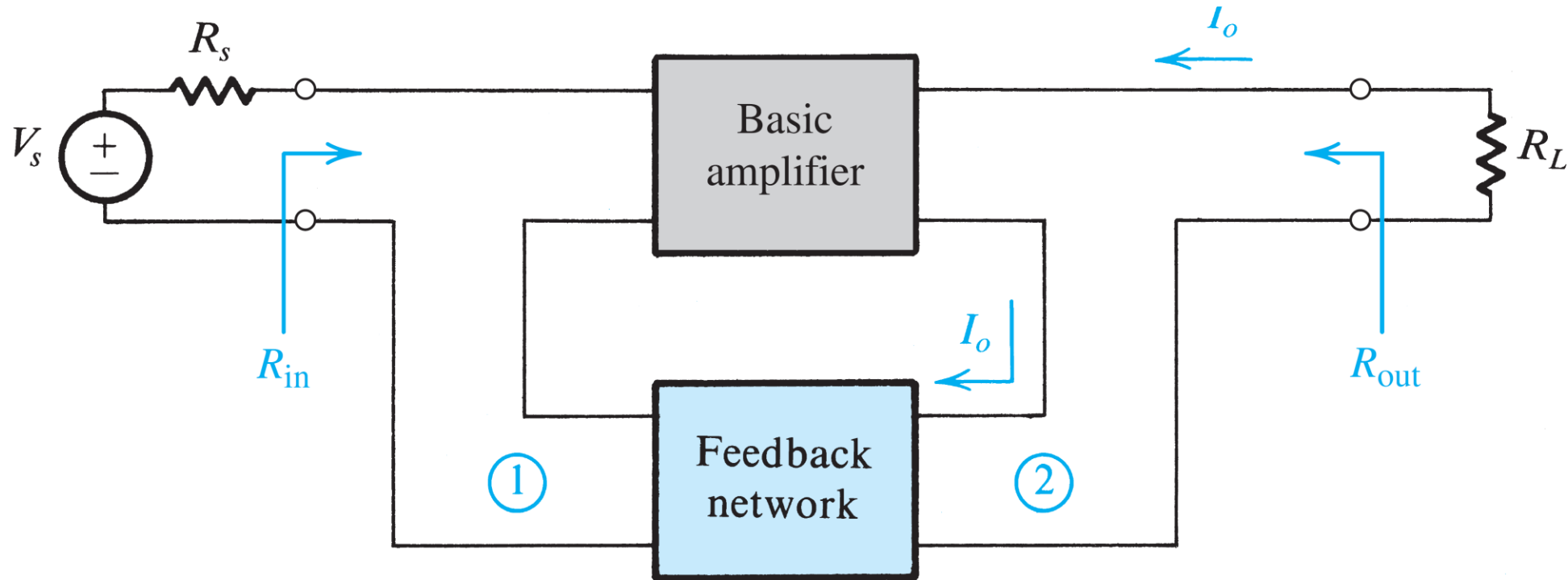
$$R_{of} = (1 + A\beta)R_o$$





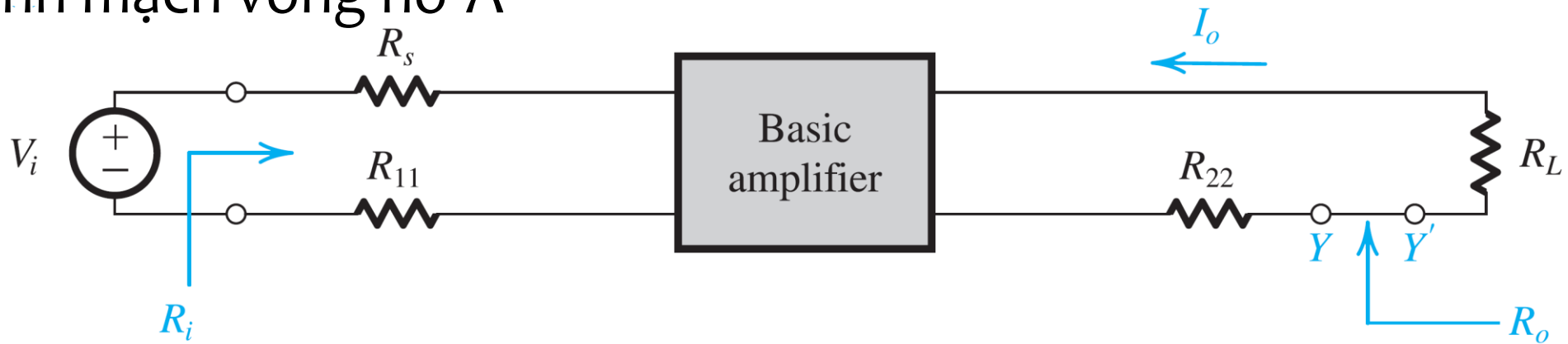
### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

- Dạng thực tế

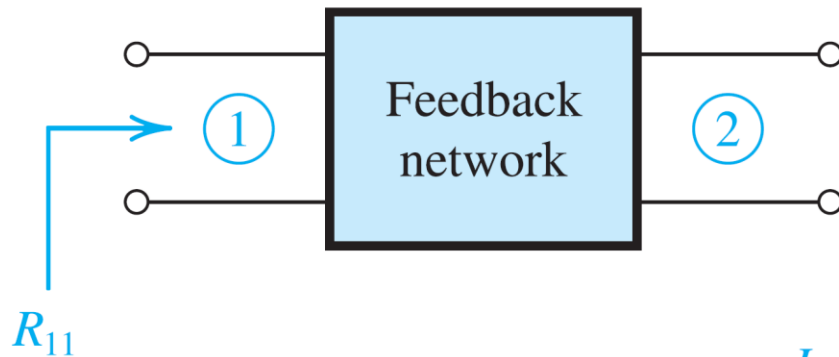


### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

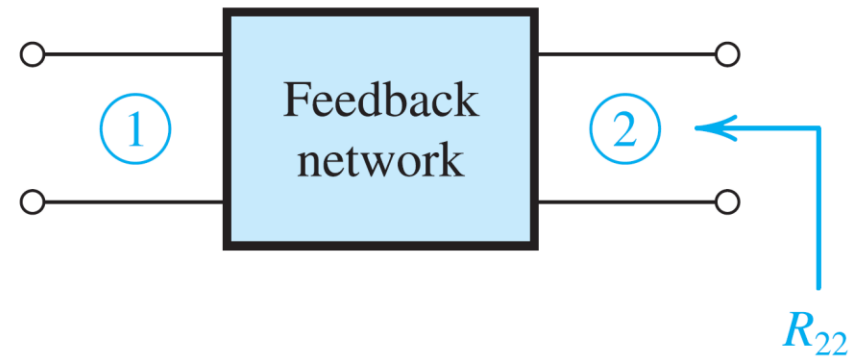
- Xác định mạch vòng hở A



where  $R_{11}$  is obtained from



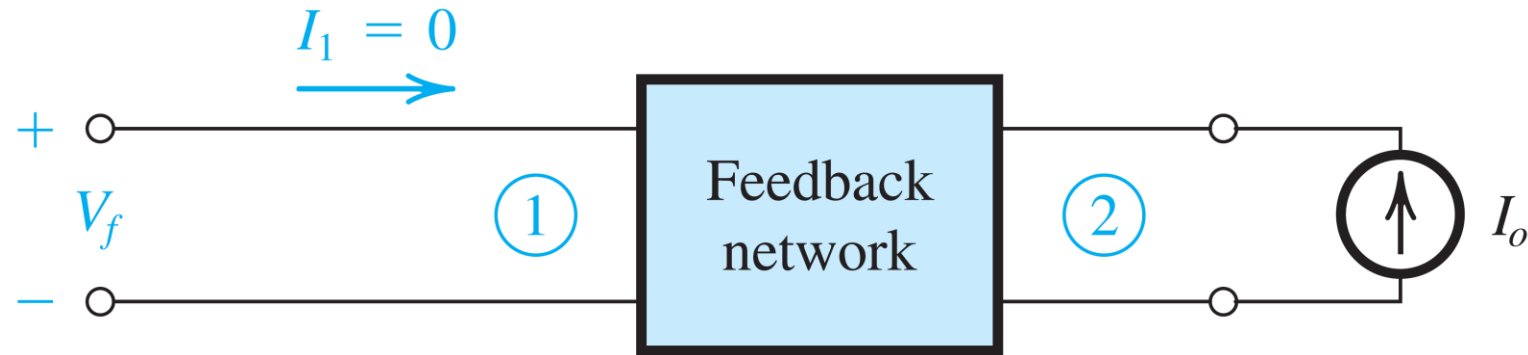
and  $R_{22}$  is obtained from



and the gain  $A$  is defined  $A \equiv \frac{I_o}{V_i}$

### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

- Xác định mạch hồi tiếp  $\beta$



$$\beta \equiv \left. \frac{V_f}{I_o} \right|_{I_1 = 0}$$

- Các thông số của mạch thực tế:

$$A_f = \frac{I_o}{V_s} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

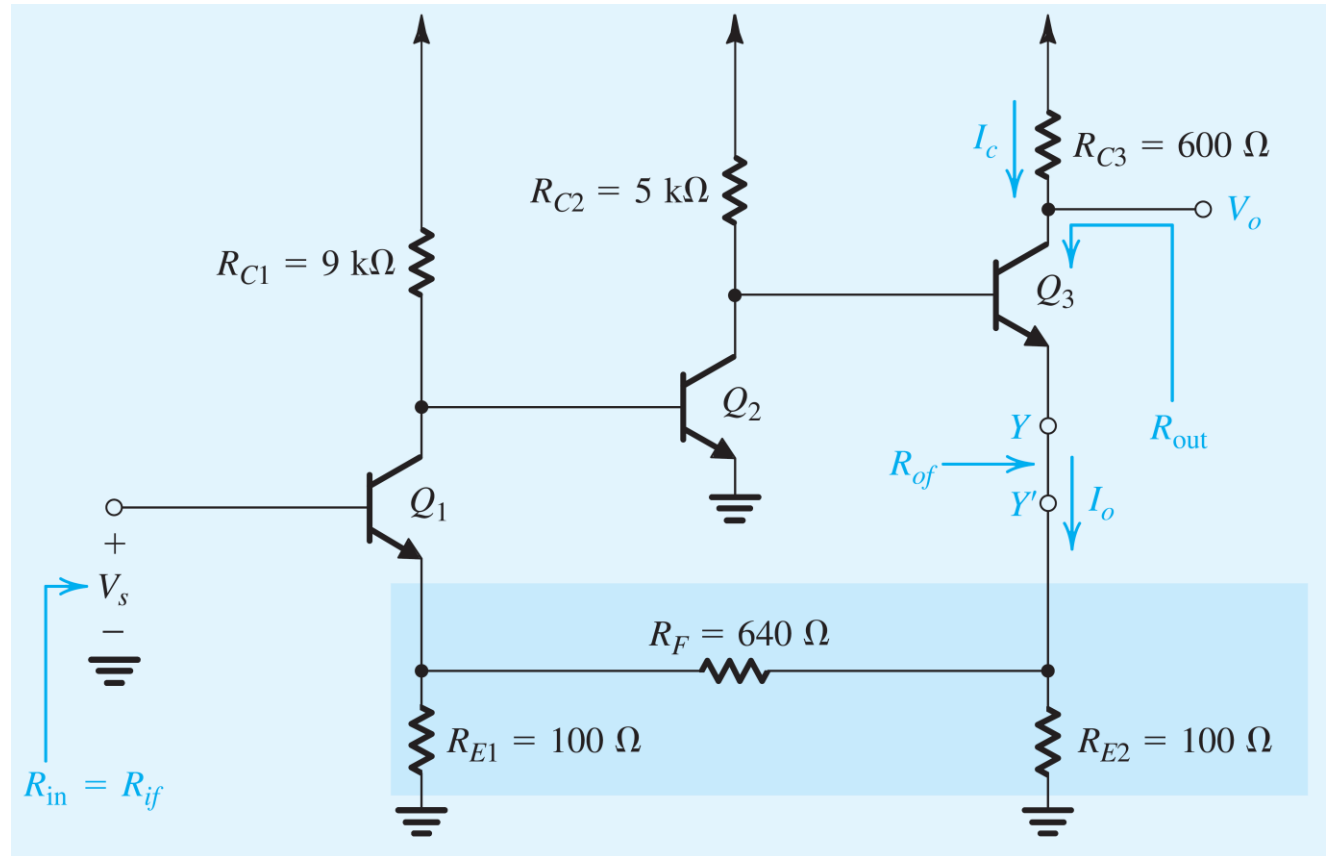
$$R_{in} = R_{if} - R_s$$

$$R_{out} = R_{of} - R_L$$

### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

Ví dụ: Mạch hồi tiếp như hình, biết  $I_{C1} = 0.6\text{mA}$ ,  $I_{C2} = 1\text{mA}$ ,  $I_{C3} = 4\text{mA}$ , các BJT có  $\beta = h_{fe} = 100$ .

Sử dụng phương pháp phân tích mạch hồi tiếp, xác định  $A$ ,  $\beta$ ,  $A_f$ ,  $V_o/V_s$ ,  $R_{in}$  và  $R_{out}$ , giả sử  $Q_3$  có  $r_o = 25\text{k}\Omega$ , 2 BJT còn lại có  $r_o = \infty$ .



# 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

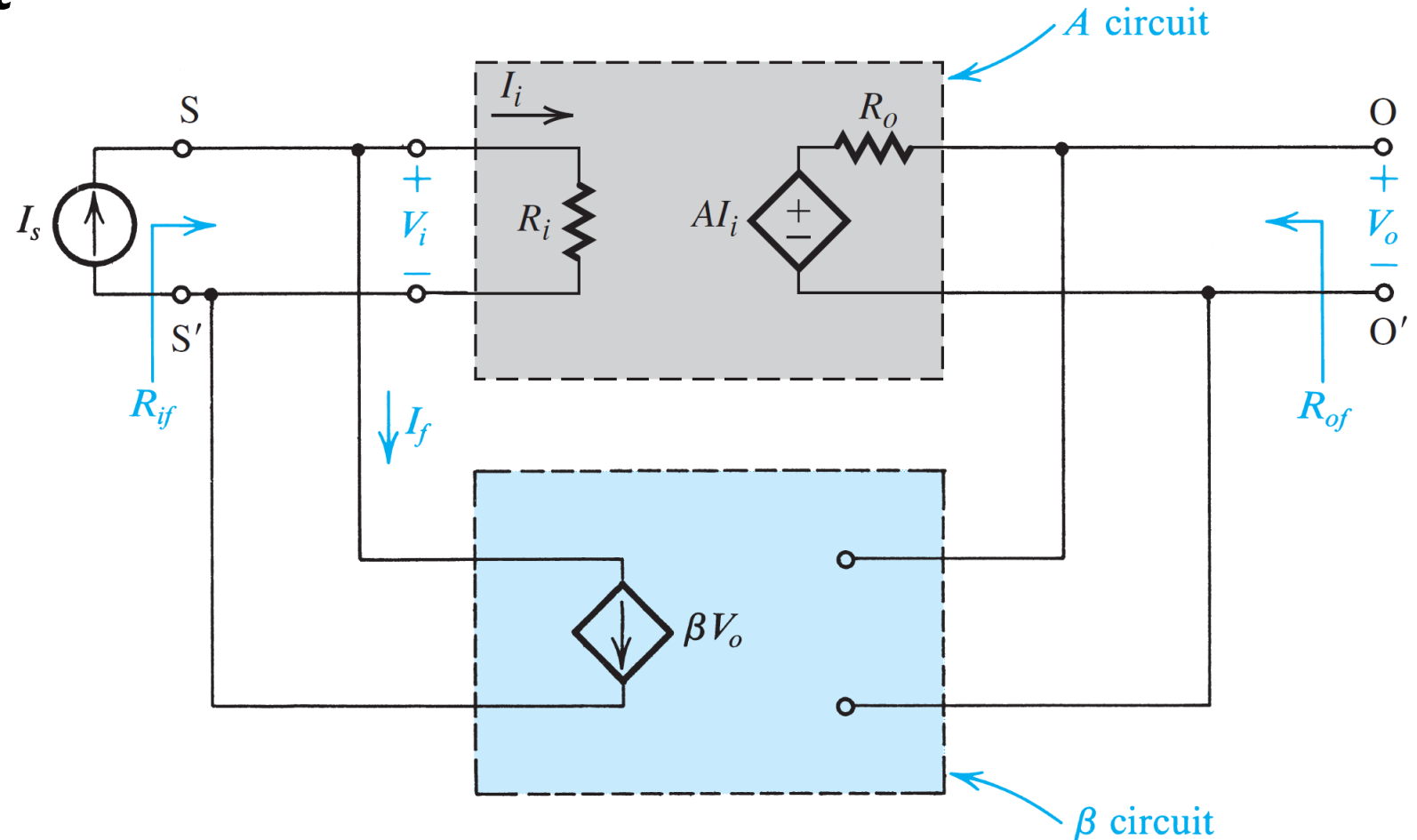
## Cấu hình Shunt-Shunt

- Dạng lý tưởng

$$A_f = \frac{V_o}{I_s} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

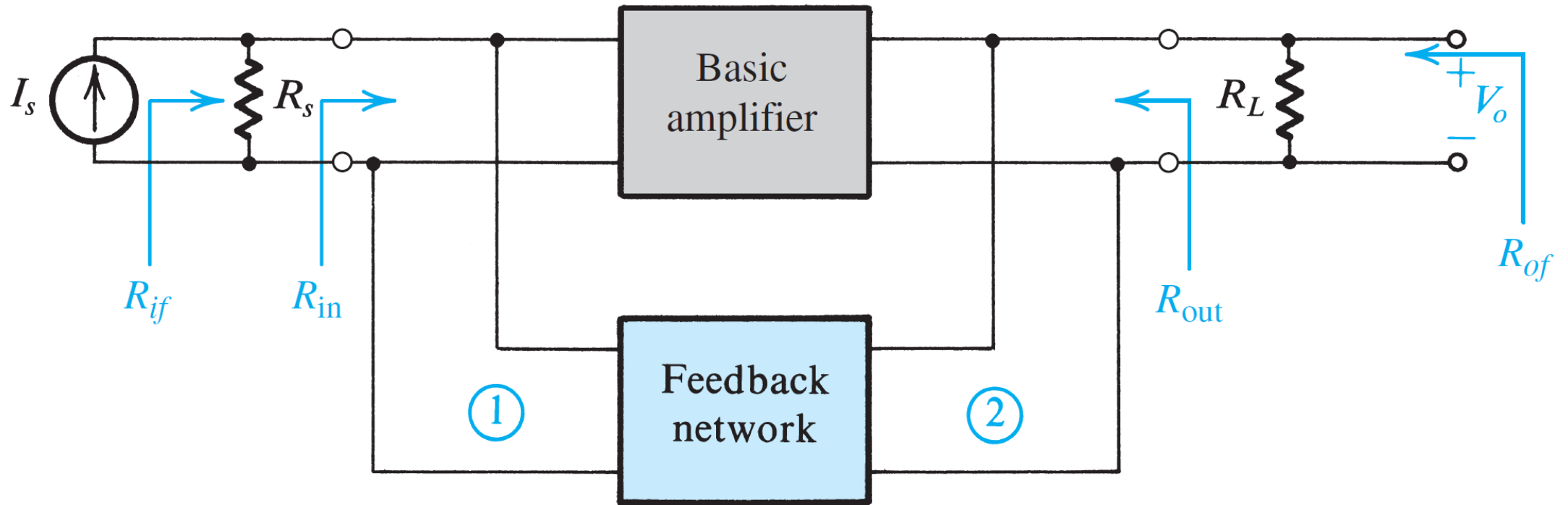
$$R_{if} = \frac{R_i}{1 + A\beta}$$

$$R_{of} = \frac{R_o}{1 + A\beta}$$



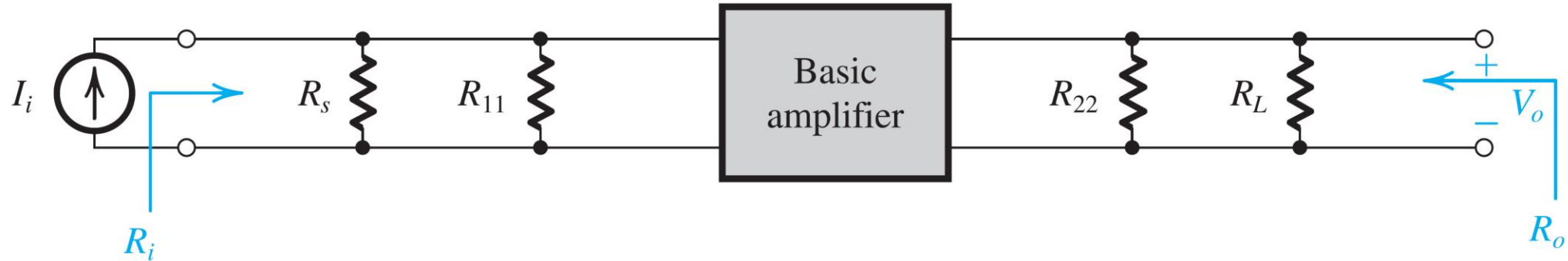
### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

- Dạng thực tế

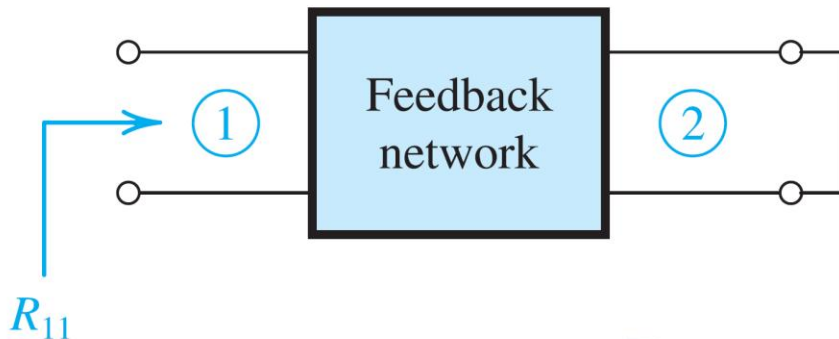


### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

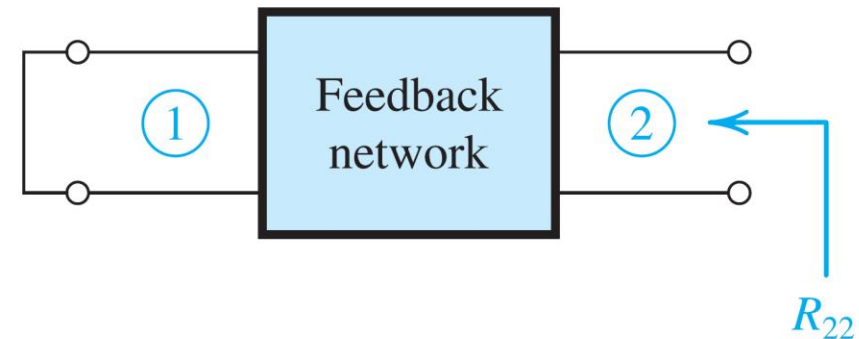
- Xác định mạch vòng hở A



where  $R_{11}$  is obtained from



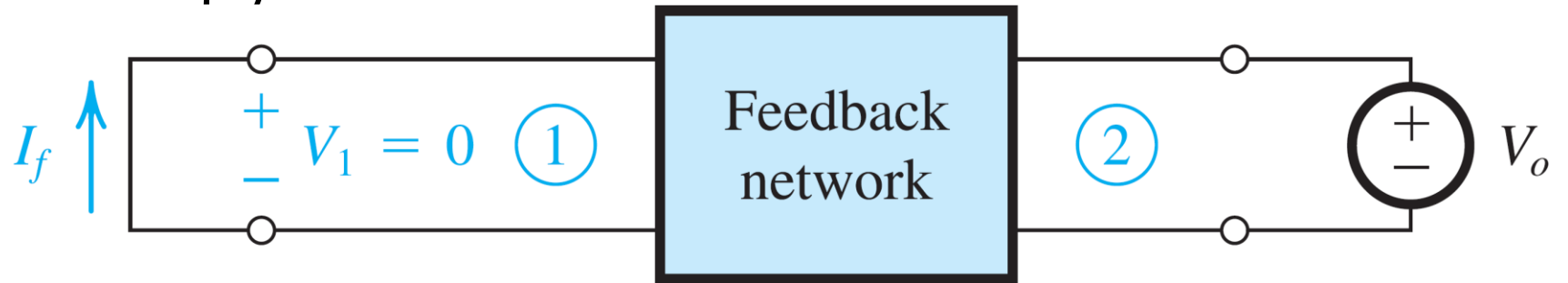
and  $R_{22}$  is obtained from



and the gain  $A$  is defined  $A \equiv \frac{V_o}{I_i}$

### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

- Xác định mạch hồi tiếp  $\beta$



$$\beta \equiv \left. \frac{I_f}{V_o} \right|_{V_1 = 0}$$

- Các thông số của mạch thực tế:

$$A_f = \frac{V_o}{I_s} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

$$R_{in} = \frac{1}{\left( \frac{1}{R_{if}} - \frac{1}{R_s} \right)}$$

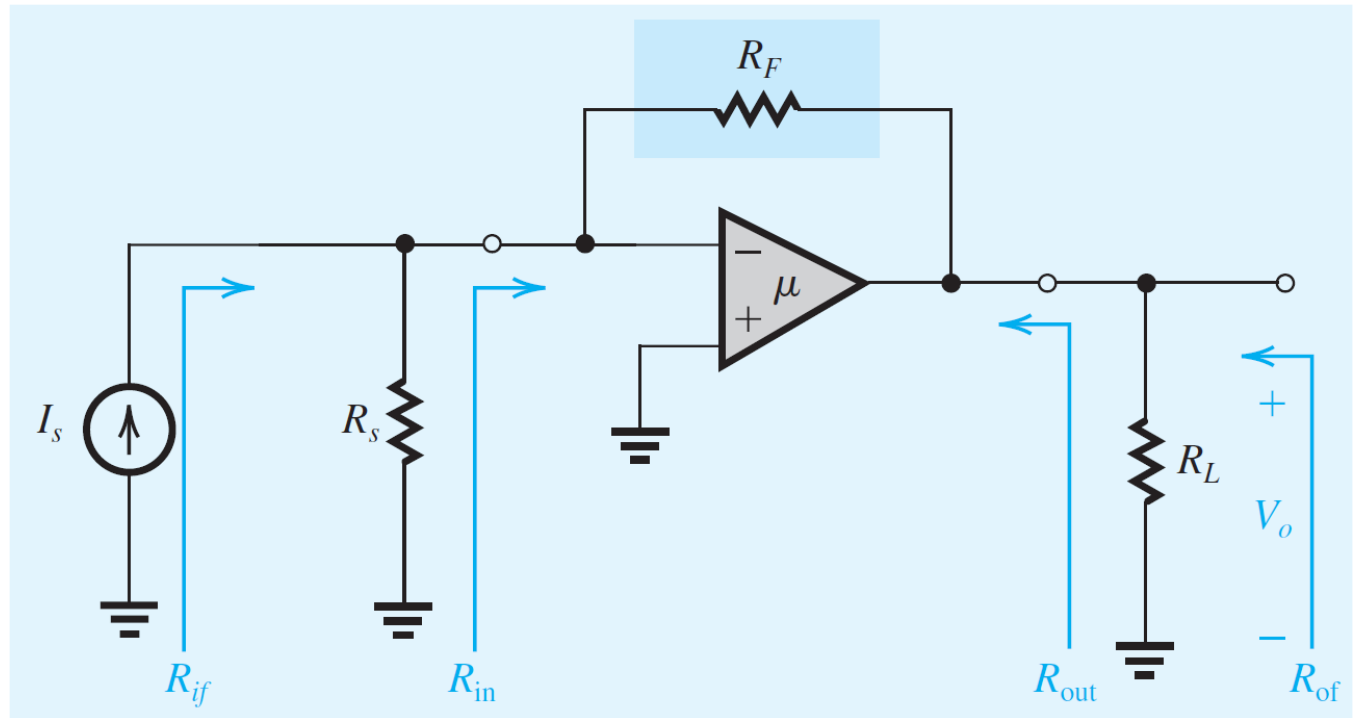
$$R_{out} = \frac{1}{\left( \frac{1}{R_{of}} - \frac{1}{R_L} \right)}$$



### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

Ví dụ: Cho mạch khuếch đại áp với hệ số khuếch đại  $\mu$ , trở kháng vào  $R_{id}$ , trở kháng ra  $r_o$ , được lắp vào mạch hồi tiếp như hình.

- Xác định mạch A và  $R_i$ ,  $R_o$ .
- Xác định  $A_f$ ,  $R_{if}$ ,  $R_{in}$ ,  $R_{of}$  và  $R_{out}$ .



# 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

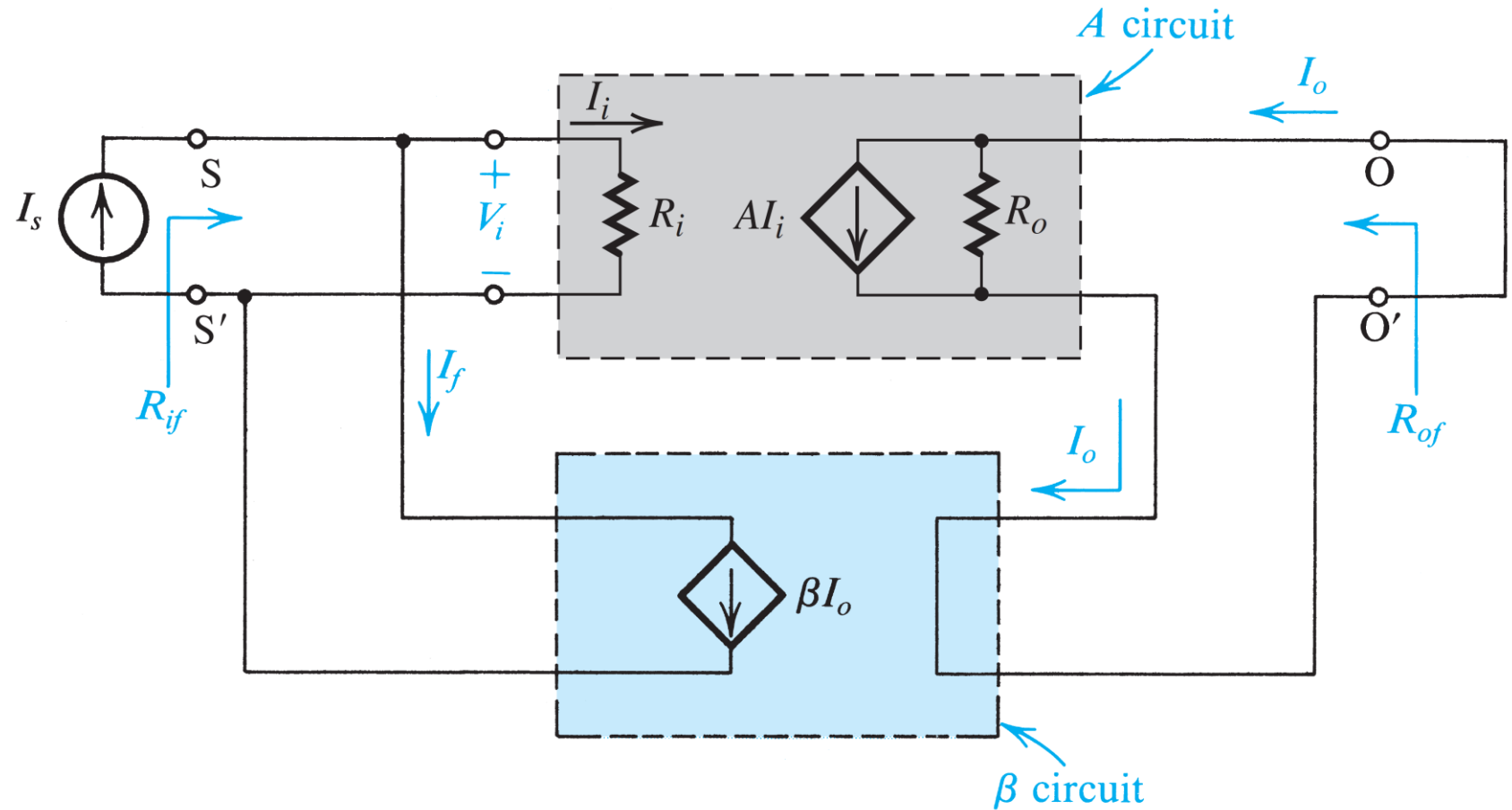
## Cấu hình Shunt-Series

- Dạng lý tưởng

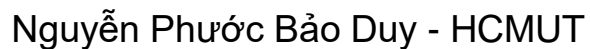
$$A_f = \frac{I_o}{I_s} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

$$R_{if} = \frac{R_i}{1 + A\beta}$$

$$R_{of} = (1 + A\beta)R_o$$

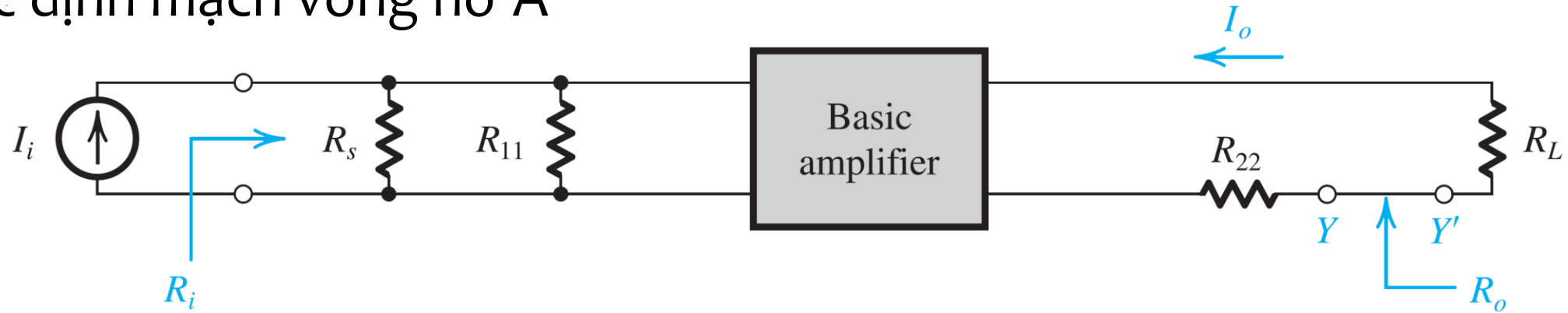


- Dạng thực tế

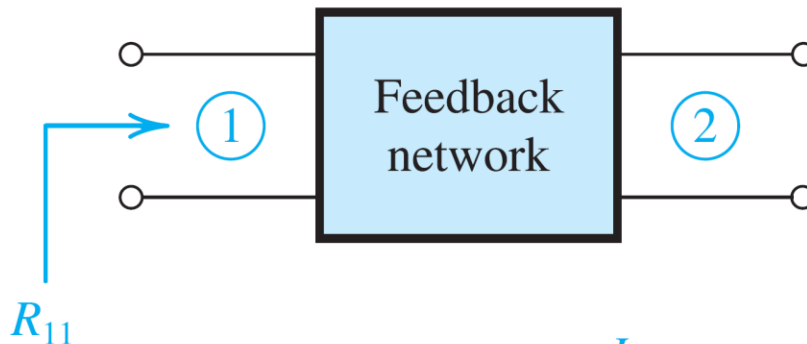


# 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

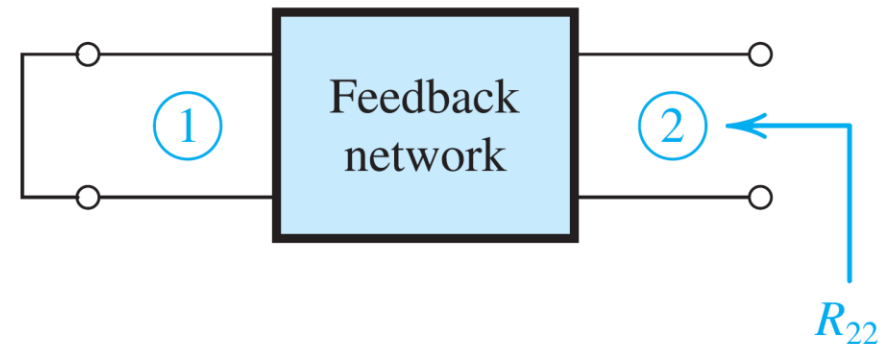
- Xác định mạch vòng hở A



where  $R_{11}$  is obtained from



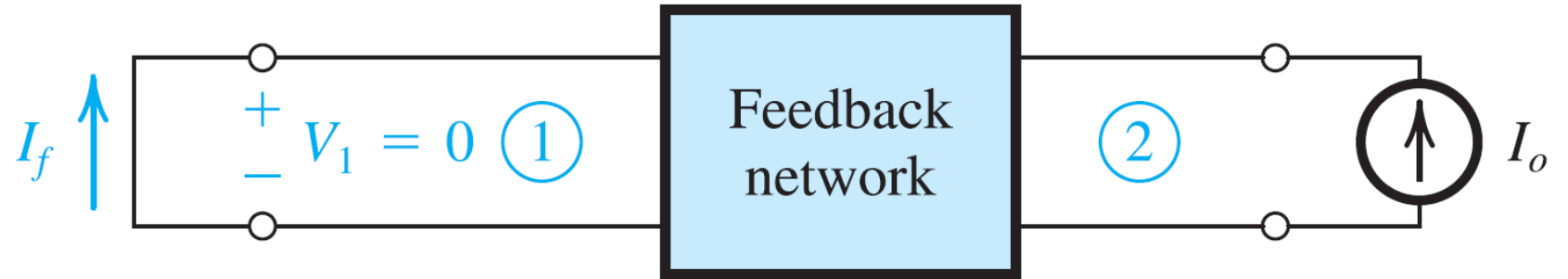
and  $R_{22}$  is obtained from



and the gain  $A$  is defined as  $A \equiv \frac{I_o}{I_i}$

### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

- Xác định mạch hồi tiếp  $\beta$



$$\beta \equiv \left. \frac{I_f}{I_o} \right|_{V_1 = 0}$$

- Các thông số của mạch thực tế:

$$A_f = \frac{I_o}{I_s} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

$$R_{in} = \frac{1}{\left( \frac{1}{R_{if}} - \frac{1}{R_s} \right)}$$

$$R_{out} = R_{of} - R_L$$

### 3. Các cấu hình khuếch đại hồi tiếp cơ bản

Ví dụ: Cho mạch khuếch đại áp với hệ số khuếch đại  $\mu$ , trở kháng vào  $R_{id}$ , trở kháng ra  $r_{o1}$ , nối tiếp với mạch CS (không xét phần mạch phân cực), MOSFET có trở kháng  $r_{ds} = r_{o2}$ .

- Xác định mạch vòng hở  $A$ ,  $R_i$  và  $R_o$ .
- Xác định  $A\beta$ ,  $A_f$ ,  $R_{if}$ ,  $R_{in}$ ,  $R_{of}$  và  $R_{out}$ .

