

# Chương 1 - OPAMP

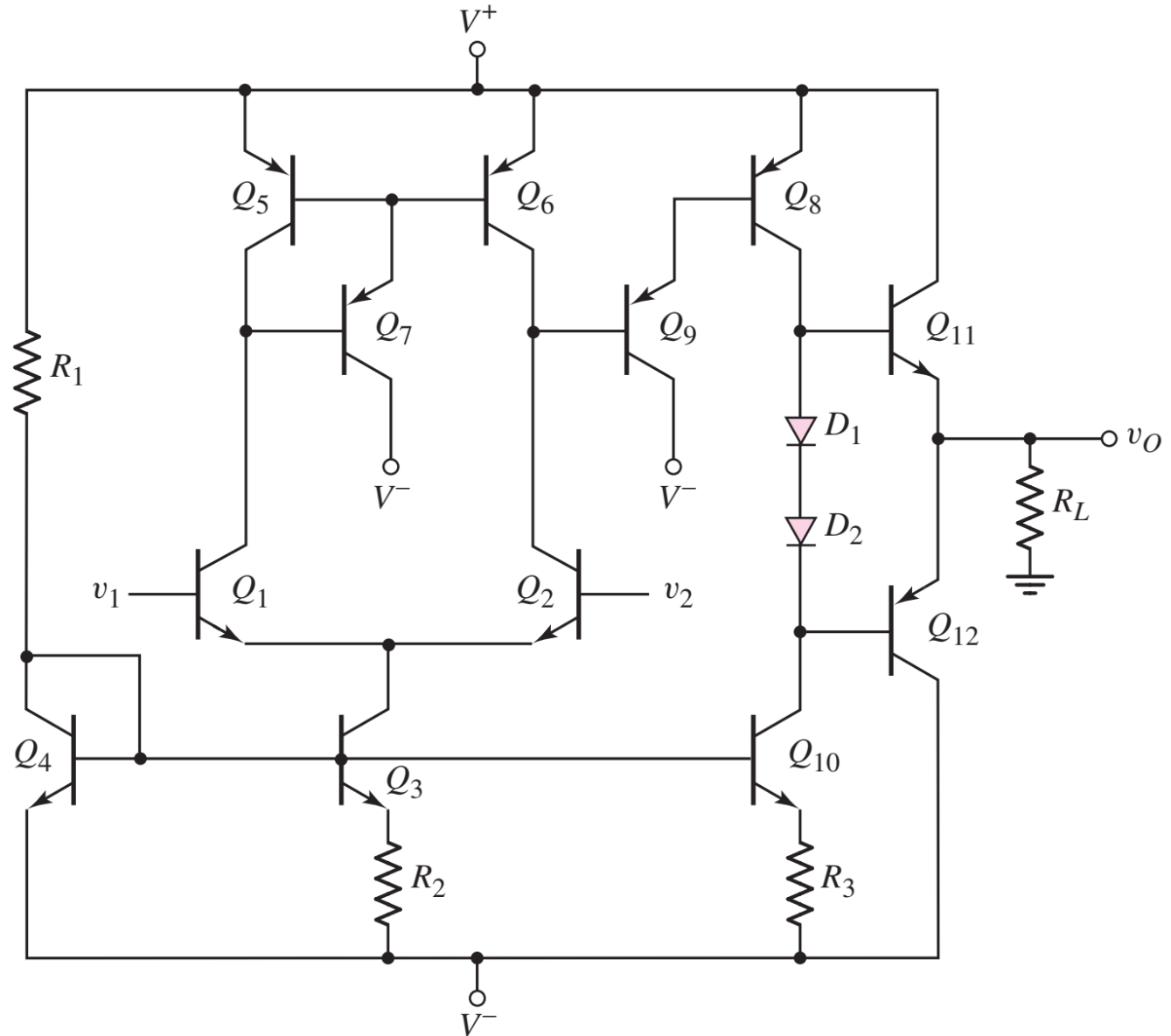


## 1. Giới thiệu

2. Mô hình OPAMP lý tưởng
3. Các mạch ứng dụng của OPAMP
4. Mạch OPAMP ở trạng thái bão hòa

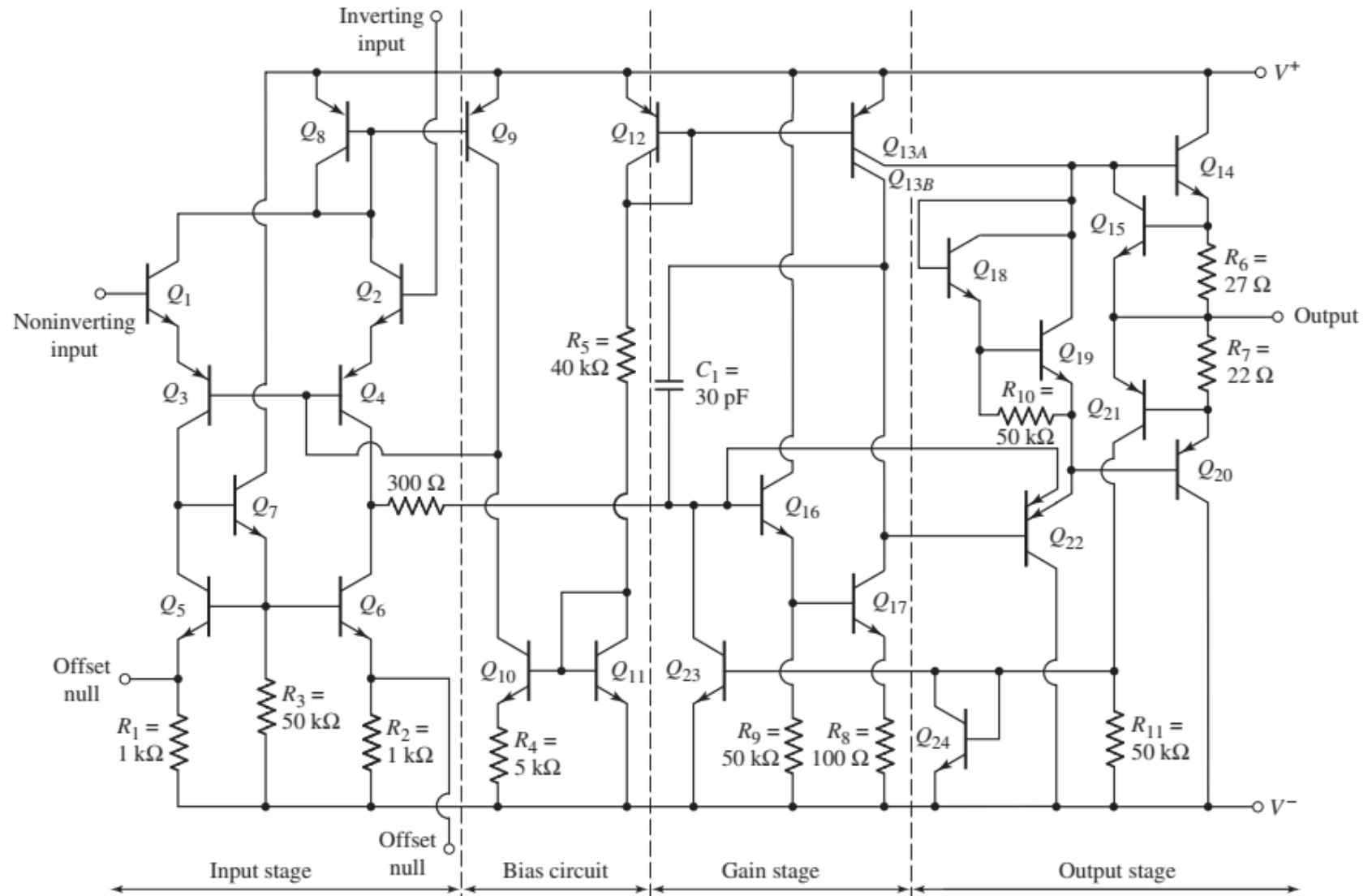
# 1. Giới thiệu

- OPAMP: Operational Amplifier
- OPAMP được cấu tạo từ các mạch dùng BJT hoặc FET, trong đó có sử dụng một hoặc nhiều mạch khuếch đại vi sai.
- Sơ đồ một mạch OPAMP đơn giản như hình bên.



# 1. Giới thiệu

- Hình bên là sơ đồ OPAMP 741, một loại OPAMP thông dụng trên thị trường.

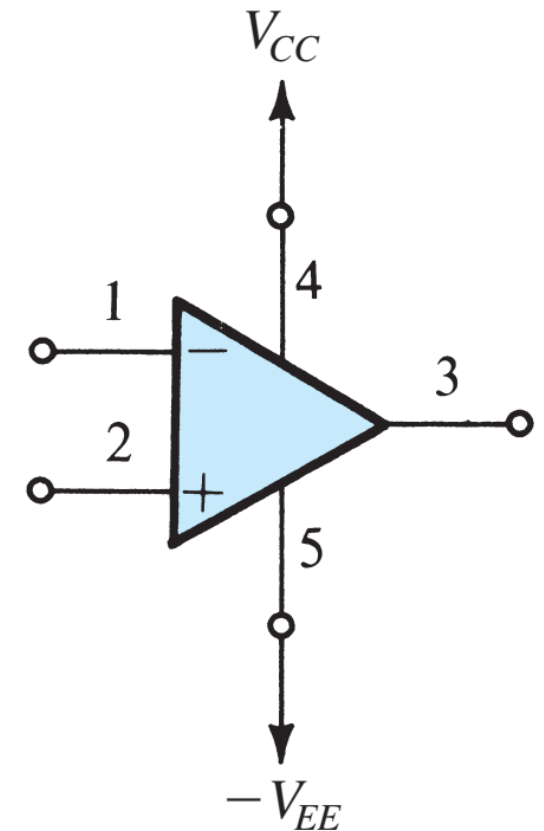


# 1. Giới thiệu

Một OPAMP bao gồm 5 cực chính:

- 1,2 là 2 ngõ vào, gọi là ngõ vào đảo và ngõ vào không đảo (inverting and noninverting input).
- 3 là ngõ ra.
- 4,5 kết nối với nguồn cung cấp  $V_{CC}$  và  $-V_{EE}$  (hoặc  $V^+$  và  $V^-$ )

Đôi lúc trong mạch điện các cực 4,5 không được thể hiện mạch nhìn đơn giản, tuy nhiên phải luôn luôn kết nối nguồn thì OPAMP mới hoạt động được.



# Chương 1 - OPAMP

1. Giới thiệu



**2. Mô hình OPAMP lý tưởng**

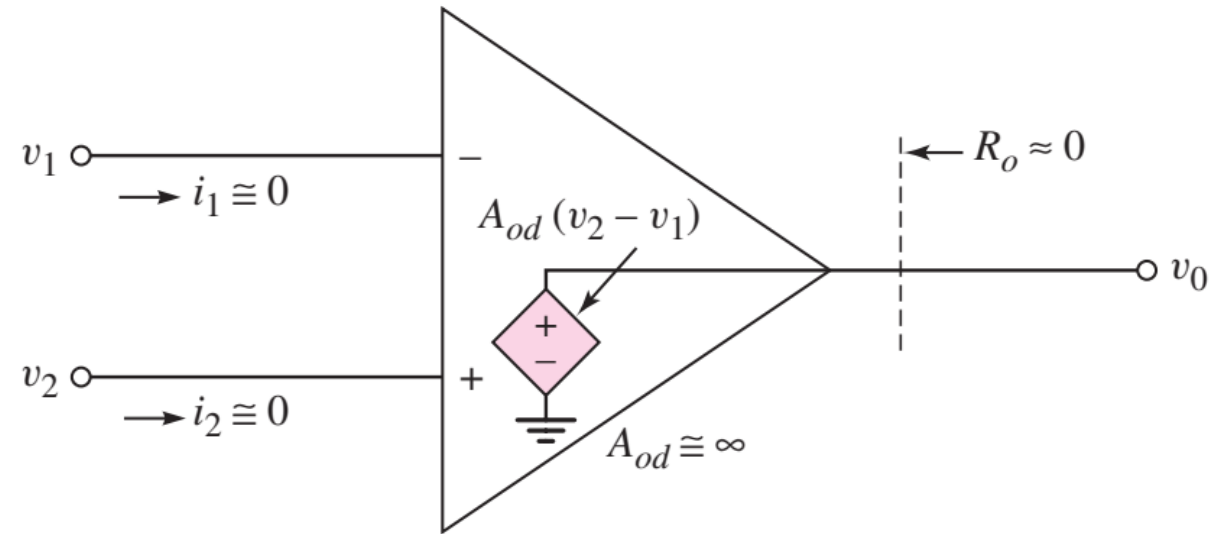
3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

4. Mạch OPAMP ở trạng thái bão hòa

## 2. Mô hình OPAMP lý tưởng

Các đặc tính của OPAMP lý tưởng:

- Trở kháng vào  $\rightarrow \infty$ .
- Trở kháng ra = 0.
- Độ lợi common-mode = 0.
- Độ lợi vi sai  $A_{od} \rightarrow \infty$ .
- Băng thông  $\rightarrow \infty$ .

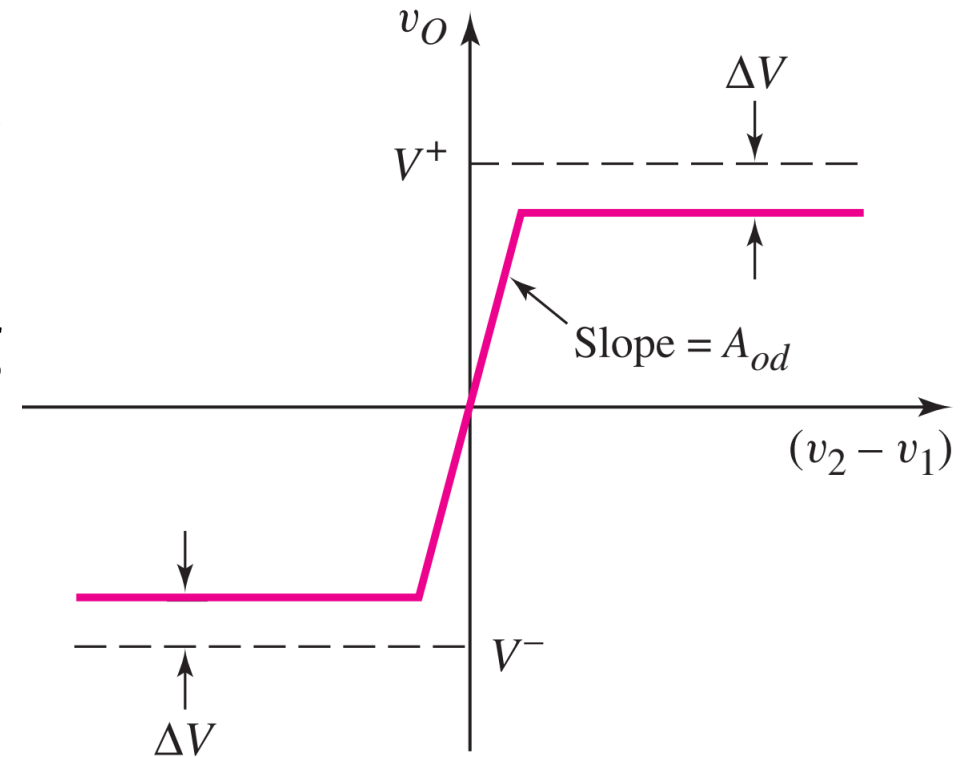


## 2. Mô hình OPAMP lý tưởng

- Mặc dù  $A_{od}$  rất lớn, tuy nhiên ngõ ra bị giới hạn trong khoảng  $(V^+ - \Delta V; V^- + \Delta V)$ , gọi là vùng tích cực của OPAMP.
- $\Delta V$  có giá trị khoảng vài mV đến khoảng hơn 1V.
- Khi OPAMP hoạt động ở vùng tích cực

$$v_2 - v_1 = \frac{v_o}{A_{od}} \rightarrow 0$$

nên có thể xem  $v_2 = v_1$ .



# Chương 1 - OPAMP

1. Giới thiệu
2. Mô hình OPAMP lý tưởng
- 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP
4. Mạch OPAMP ở trạng thái bão hòa



### 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

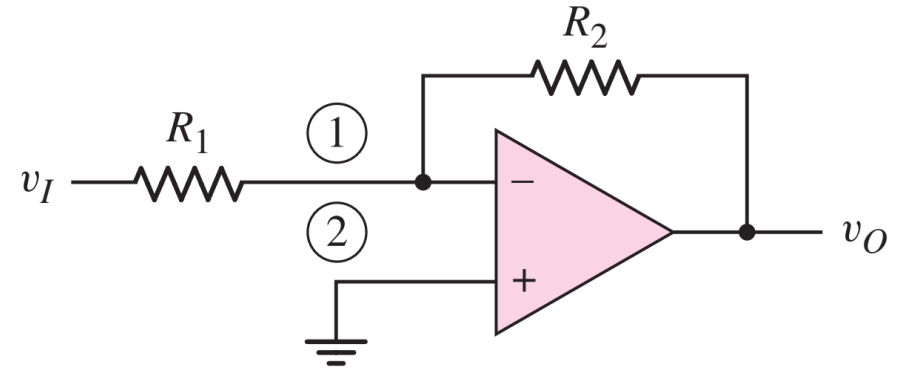
#### *Mạch khuếch đại đảo*

- Độ lợi áp:

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_2}{R_1}$$

- Trở kháng vào - ra:

$$R_i = R_1; R_o = 0$$



### 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

#### Mạch khuếch đại đảo cải tiến

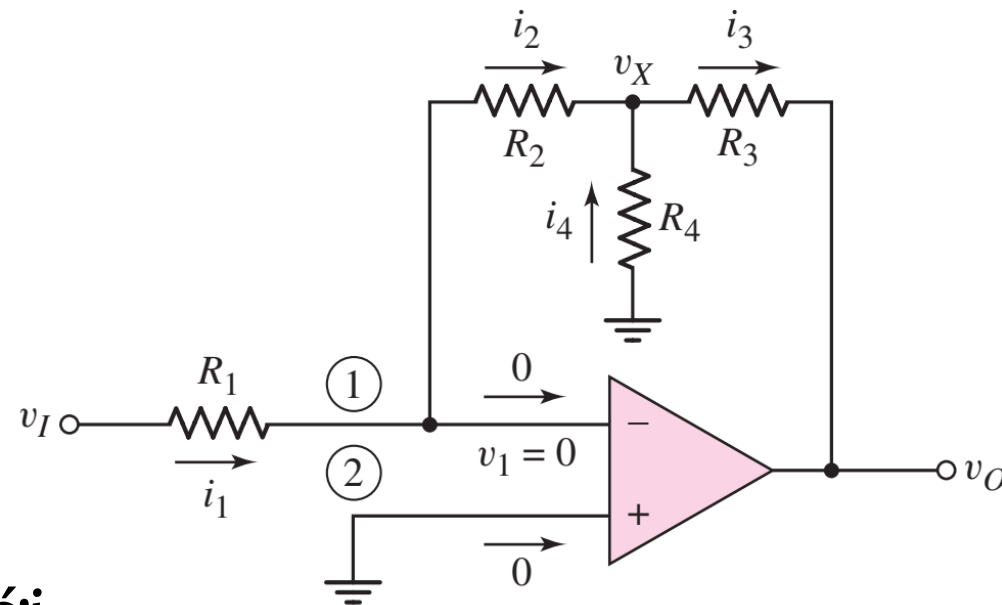
- Độ lợi áp:

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_2}{R_1} \left( 1 + \frac{R_3}{R_4} + \frac{R_3}{R_2} \right)$$

- Trở kháng vào:  $R_i = R_1$ .

- Ưu điểm: tạo được mạch khuếch đại với độ lợi áp lớn và trở kháng vào lớn.

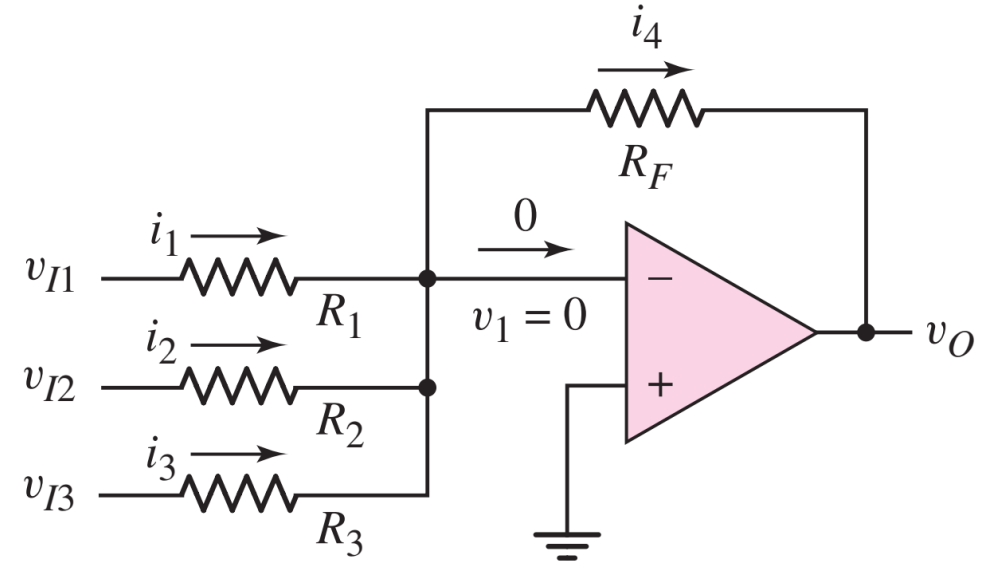
Ví dụ: Thiết kế mạch khuếch đại đảo với  $A_v = -100$ ,  $R_i = 50\text{k}\Omega$  với các điện trở không quá lớn?



# 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

## Mạch cộng

$$v_o = -R_F \left( \frac{v_{I1}}{R_1} + \frac{v_{I2}}{R_2} + \frac{v_{I3}}{R_3} \right)$$



# 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

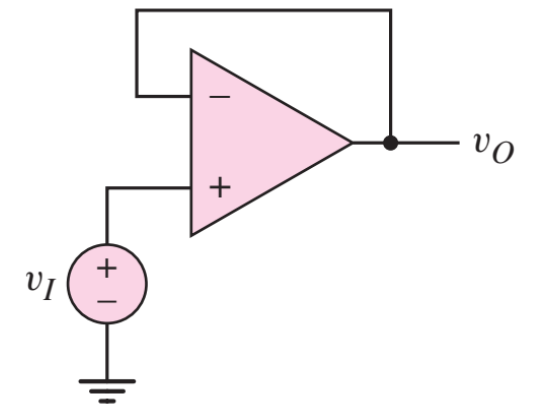
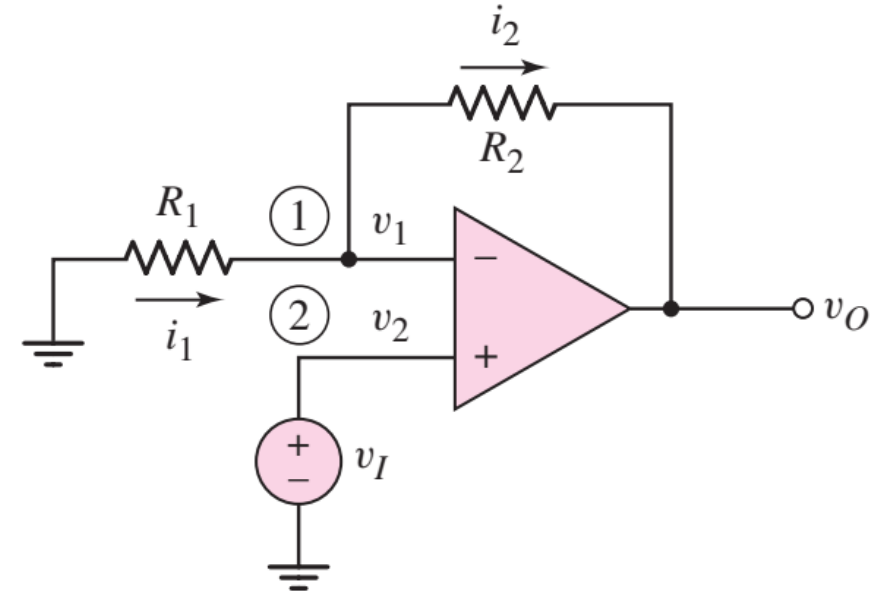
## Mạch khuếch đại không đảo

- Độ lợi áp:

$$A_v = \frac{v_o}{v_I} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

- Trở kháng vào - ra: là trở kháng vào - ra của OPAMP lý tưởng.

- Ứng dụng làm mạch đệm áp

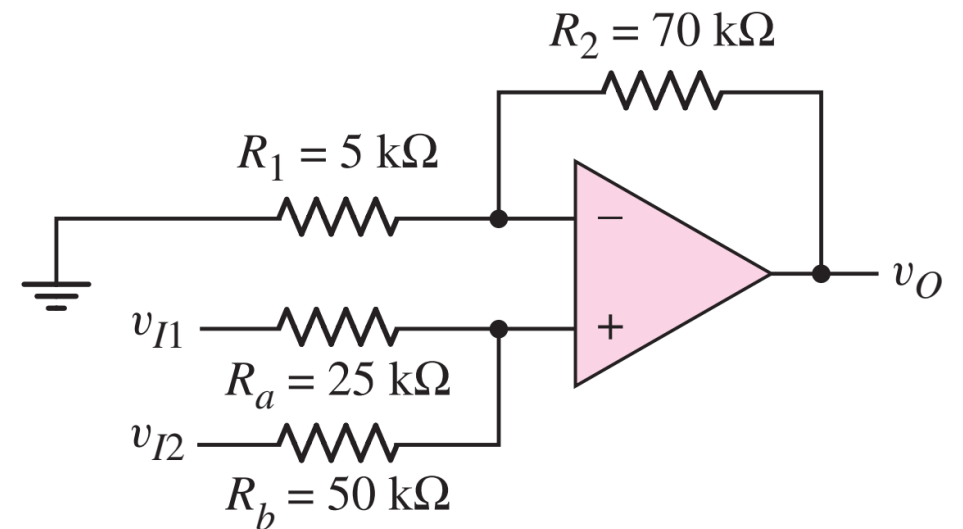


### 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

Ví dụ: Xác định biểu thức  $v_o$  của mạch hình bên.

Đáp án:

$$v_o = 10v_{I1} + 5v_{I2}.$$



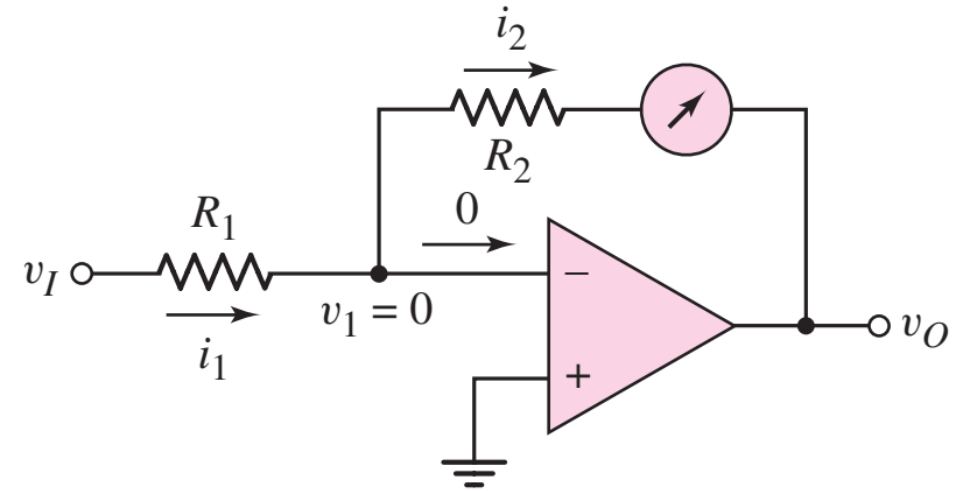
### 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

#### *Mạch chuyển đổi điện áp - dòng điện*

- Tạo dòng điện cố định qua tải:

$$i_2 = i_1 = \frac{V_I}{R_1}$$

- Mạch này không áp dụng được cho trường hợp tải cần nối đất.



### 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

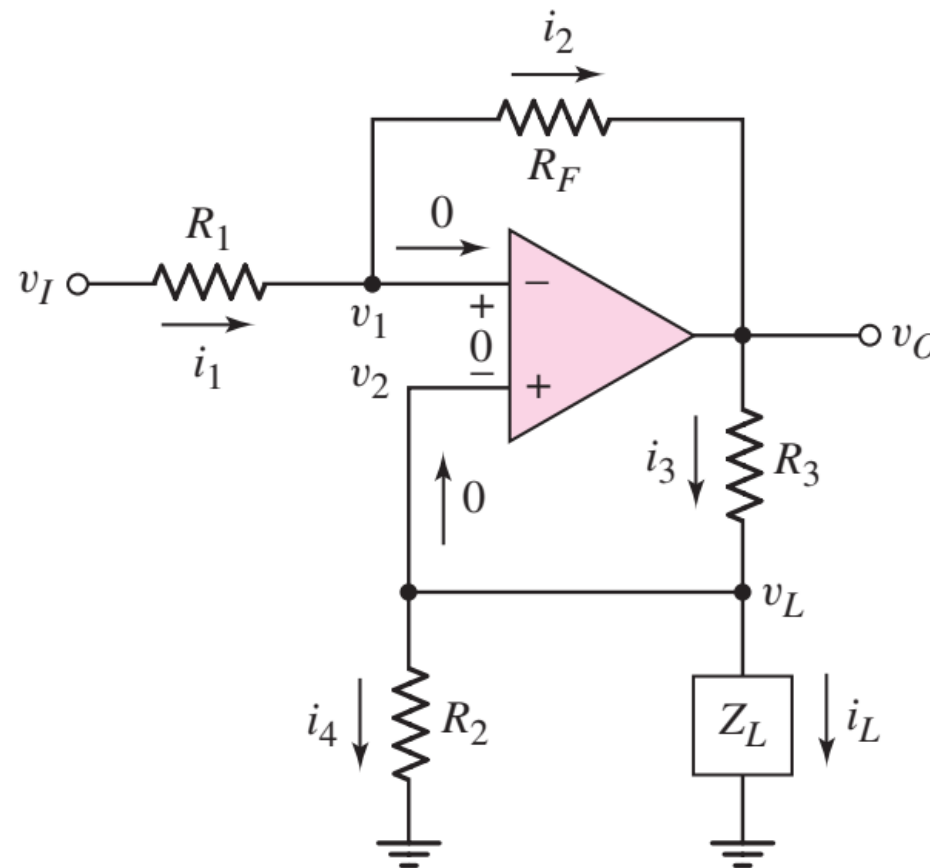
**Mạch chuyển đổi điện áp - dòng điện cải tiến**

- Dòng qua tải:

$$i_L = \left( \frac{R_F Z_L}{R_1 R_3} - 1 - \frac{Z_L}{R_2} \right) v_I = v_I \left( \frac{R_F}{R_1 R_3} \right)$$

- Thiết kế chọn:

$$\frac{R_F}{R_1 R_3} = \frac{1}{R_2} \Rightarrow i_L = -\frac{v_I}{R_2}$$



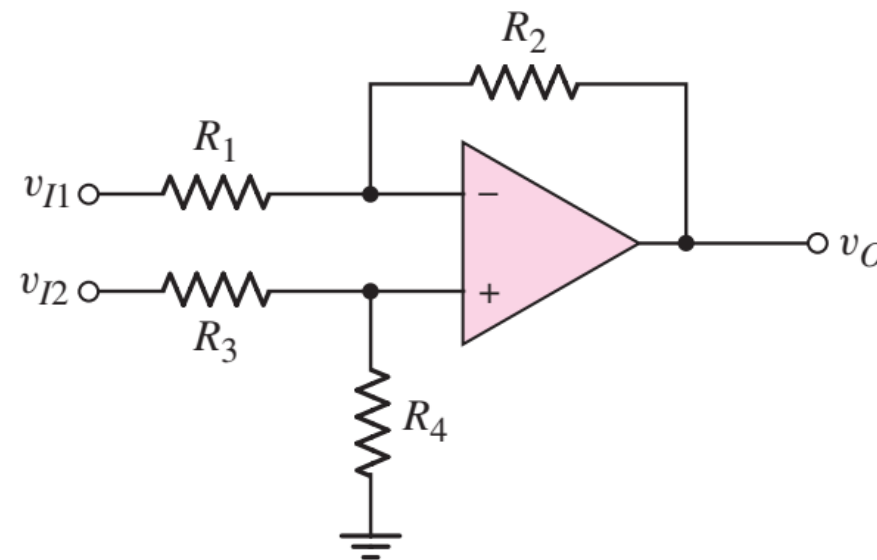
# 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

## Mạch khuếch đại vi sai

$$v_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \left( \frac{\frac{R_4}{R_3}}{1 + \frac{R_4}{R_3}} \right) v_{I2} - \left( \frac{R_2}{R_1} \right) v_{I1}$$

- Thiết kế chọn:

$$\frac{R_4}{R_3} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow v_o = \frac{R_2}{R_1} (v_{I2} - v_{I1})$$



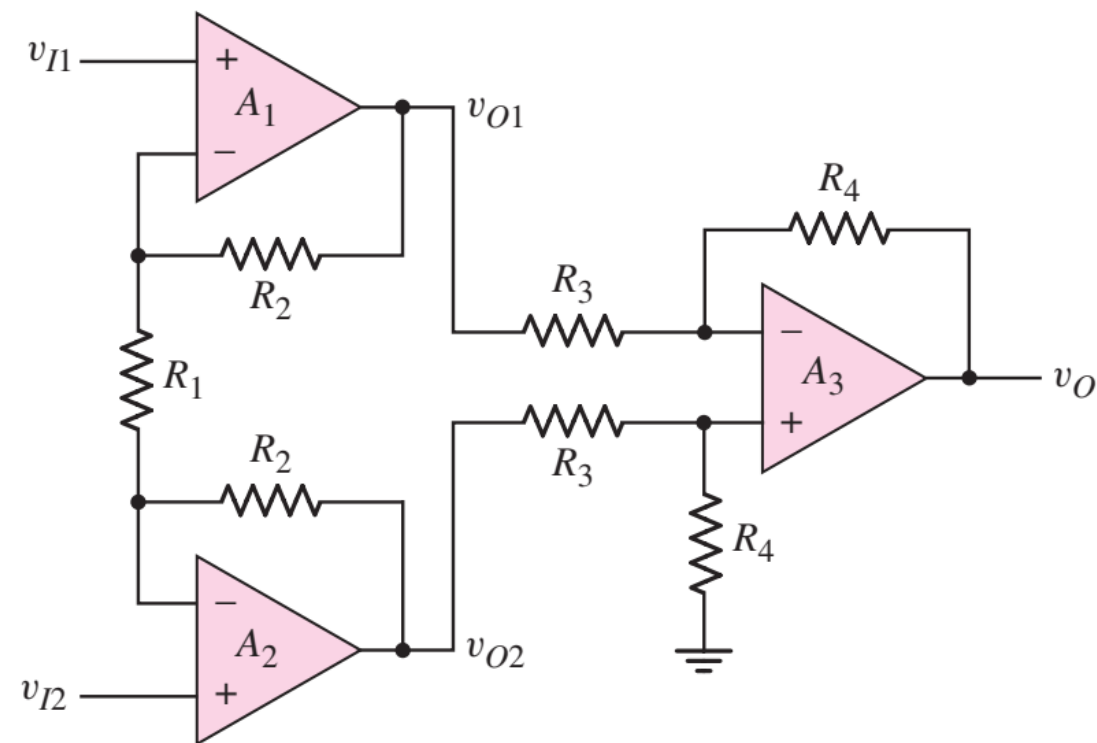


# 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

## Mạch khuếch đại dụng cụ (instrumentation amplifier)

$$v_o = \frac{R_4}{R_3} \left( 1 + \frac{2R_2}{R_1} \right) (v_{I2} - v_{I1})$$

- Ứng dụng: Mạch có hệ số khuếch đại lớn và trở kháng vào lớn.



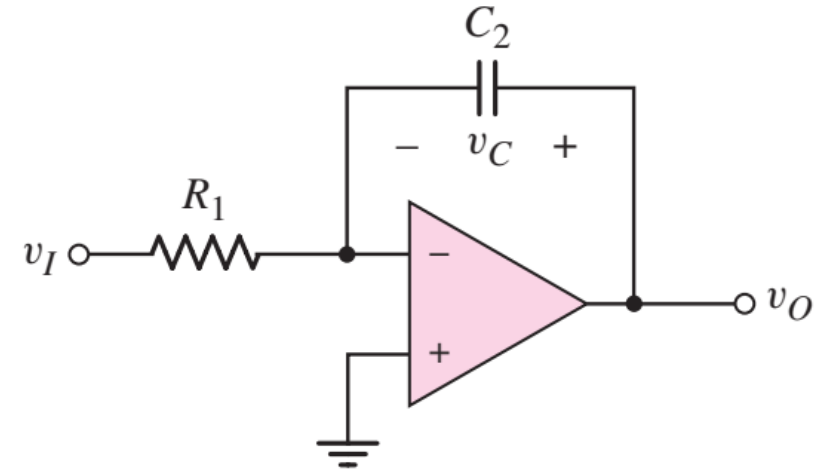
# 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

## Mạch tích phân

$$v_o(t) = v_c(0) - \frac{1}{R_1 C_2} \int_0^t v_i(x) dx$$

- Hàm truyền

$$H(s) = -\frac{1}{R_1 C_2 s}$$



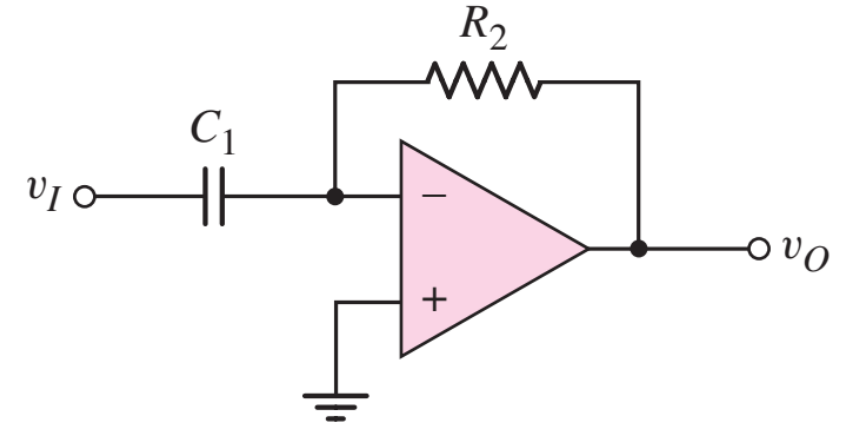
### 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

#### Mạch vi phân

$$v_o(t) = -R_2 C_1 \frac{dv_I(t)}{dt}$$

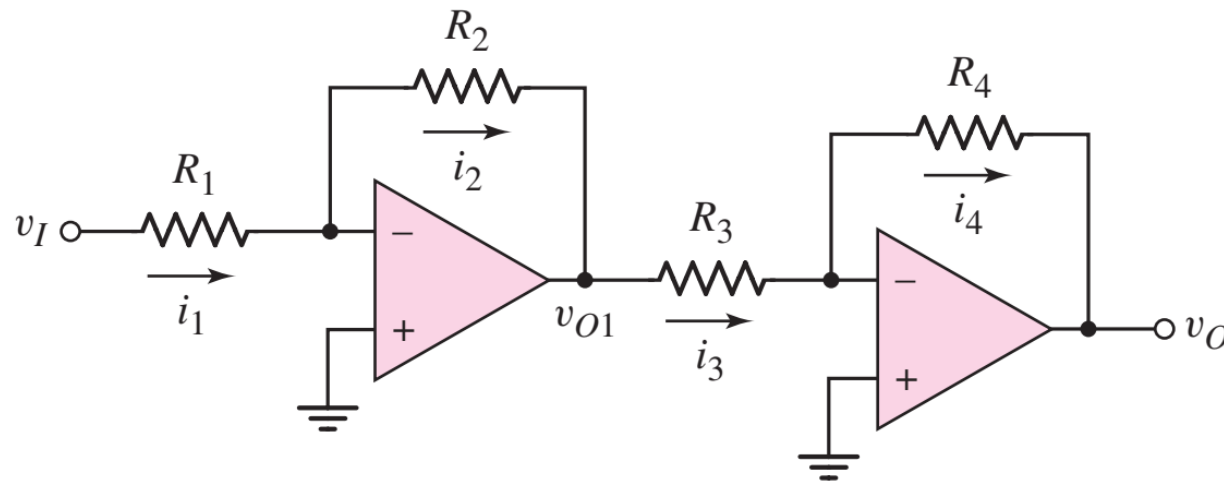
- Hàm truyền

$$H(s) = -R_2 C_1 s$$



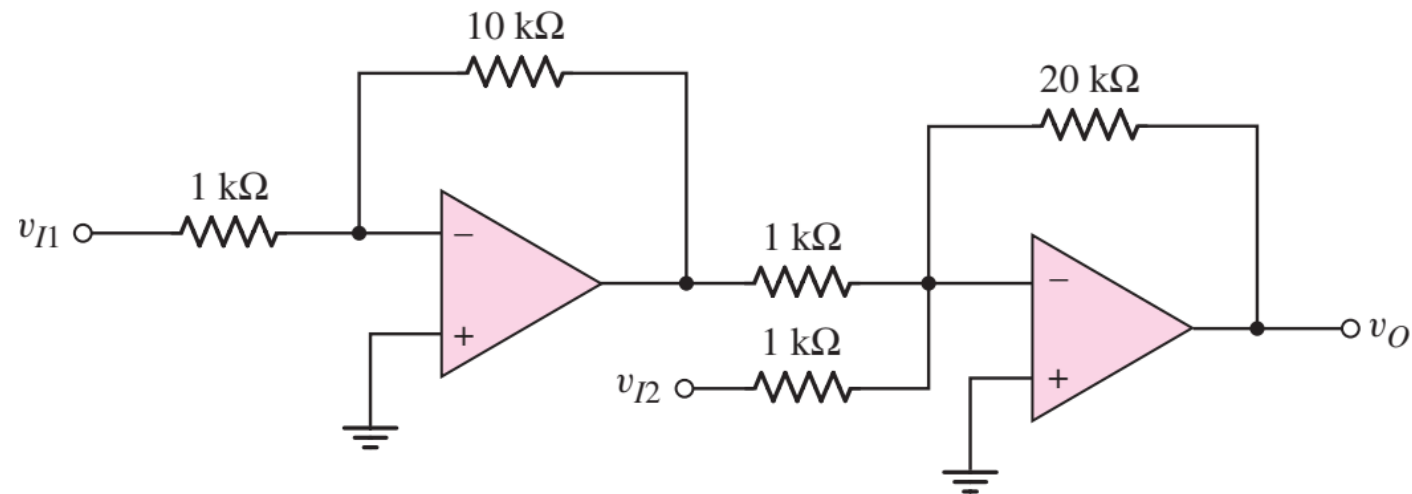
### 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

Bài tập 1: Cho mạch OPAMP như hình với:  $R_1 = 10\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 80\text{k}\Omega$ ,  $R_3 = 20\text{k}\Omega$ ,  $R_4 = 100\text{k}\Omega$  và  $v_I = -0.15\text{V}$ . Tính  $v_{O1}$ ,  $v_O$ ,  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$ ,  $i_4$  và cho biết dòng ngۆ ra của mỗi OPAMP chạy ra ngoài hay chạy vào trong OPAMP.



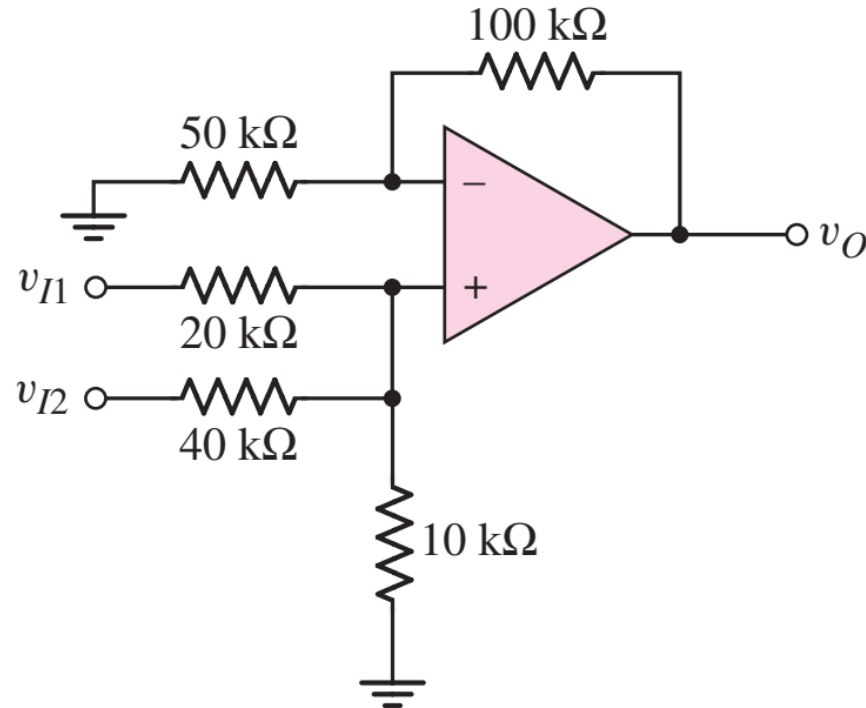
### 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

Bài tập 2: Cho mạch OPAMP như hình. Tính  $v_o$  theo  $v_{I1}$  và  $v_{I2}$ , vẽ dạng  $v_o$  khi  $v_{I1} = 5\text{mV}$ ,  $v_{I2} = -25 - 50\sin(\omega t)\text{mV}$ .



### 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

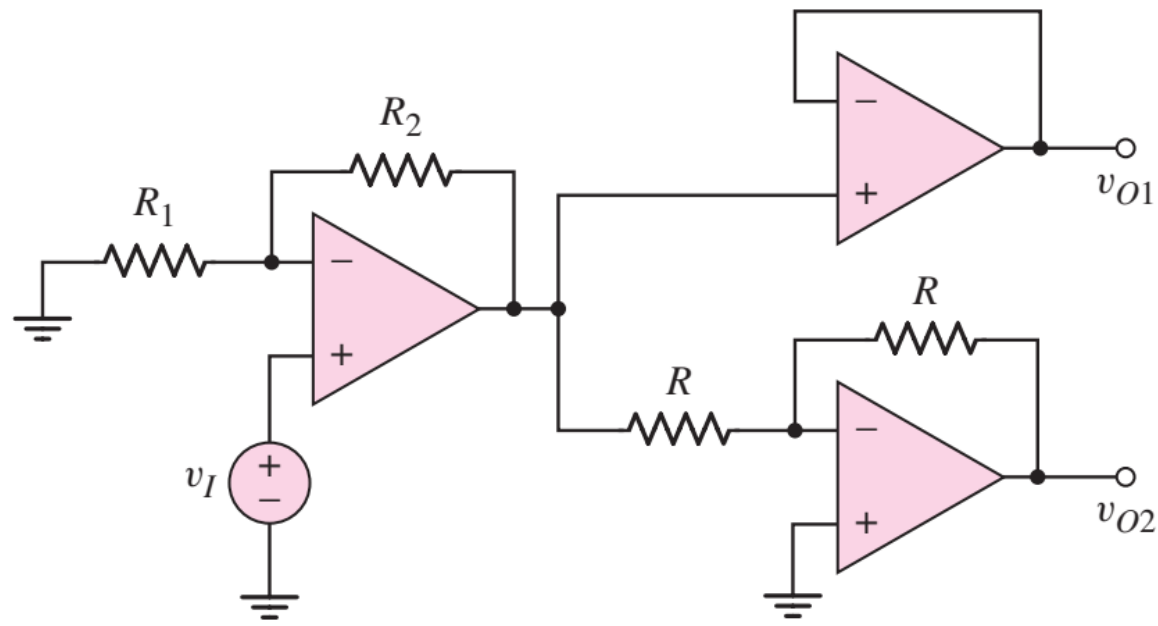
Bài tập 3: Cho mạch OPAMP như hình. Viết biểu thức  $v_o$  theo  $v_{I1}$  và  $v_{I2}$ , tính  $v_o$  khi a)  $v_{I1} = 0.2V$ ,  $v_{I2} = 0.3V$  và b)  $v_{I1} = 0.25V$ ,  $v_{I2} = -0.4V$ .



### 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

Bài tập 4: Cho mạch OPAMP như hình.

- a) Xác định  $A_{v1} = v_{o1}/v_i$ ;  $A_{v2} = v_{o2}/v_i$ ; Xác định mối liên hệ giữa  $v_{o1}$  và  $v_{o2}$ .
- b) Với  $R_2 = 60\text{k}\Omega$ ,  $R_1 = 20\text{k}\Omega$ ,  $R = 50\text{k}\Omega$ ,  $v_i = -0.5\text{V}$ , tính  $v_{o1}$  và  $v_{o2}$ .

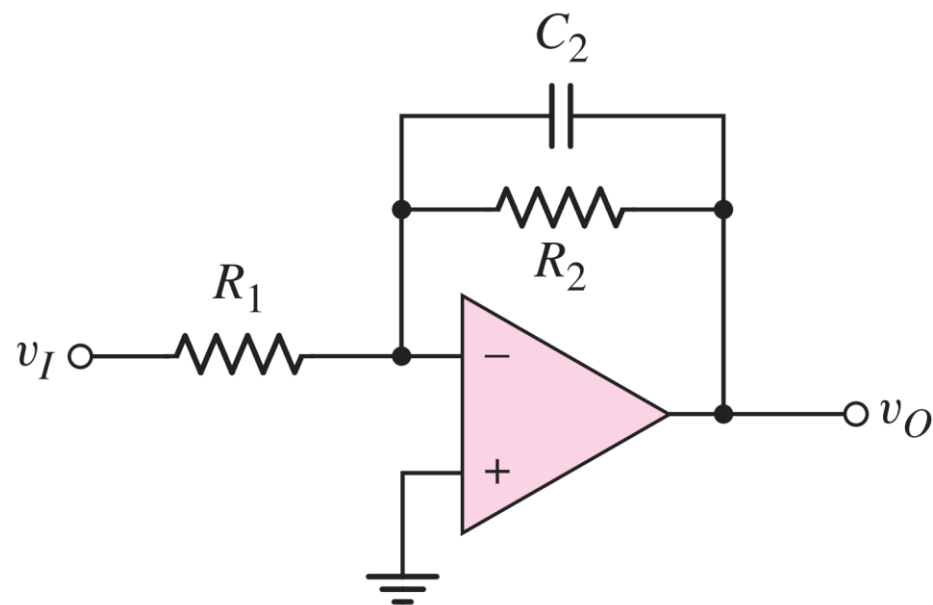


### 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

Bài tập 5: Cho mạch OPAMP như hình (mạch này gọi là mạch lọc tích cực thông thấp bậc 1 - mạch lọc Butterworth thông thấp bậc 1).

a) Xác định hàm truyền  $H(s) = V_o(s)/V_i(s)$ .

b) Vẽ đồ thị Bode của  $H(s)$  khi  $R_1 = R_2 = 1\text{k}\Omega$ ,  $C_2 = 10\mu\text{F}$ .



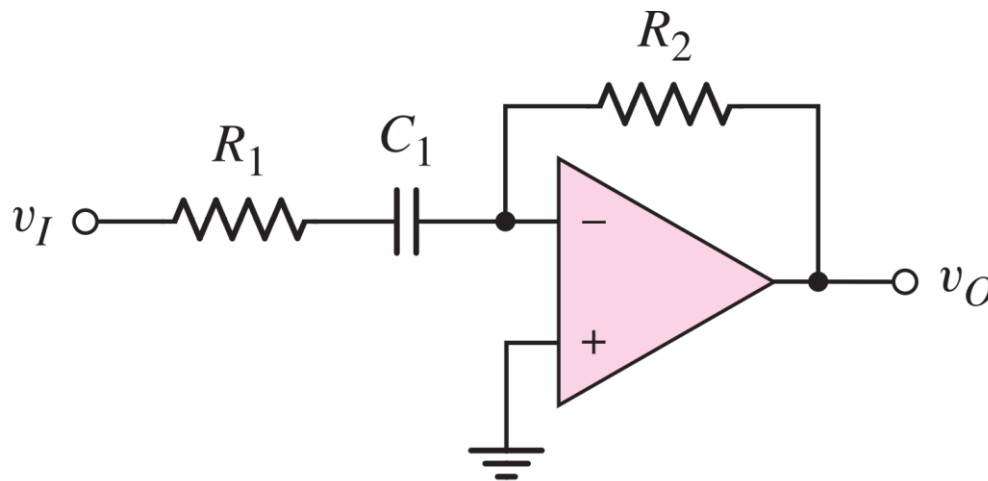


### 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

Bài tập 6: Cho mạch OPAMP như hình (mạch này gọi là mạch lọc tích cực thông cao bậc 1 - mạch lọc Butterworth thông cao bậc 1).

a) Xác định hàm truyền  $H(s) = V_o(s)/V_i(s)$ .

b) Vẽ đồ thị Bode của  $H(s)$  khi  $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 100\text{k}\Omega$ ,  $C_2 = 10\mu\text{F}$ .

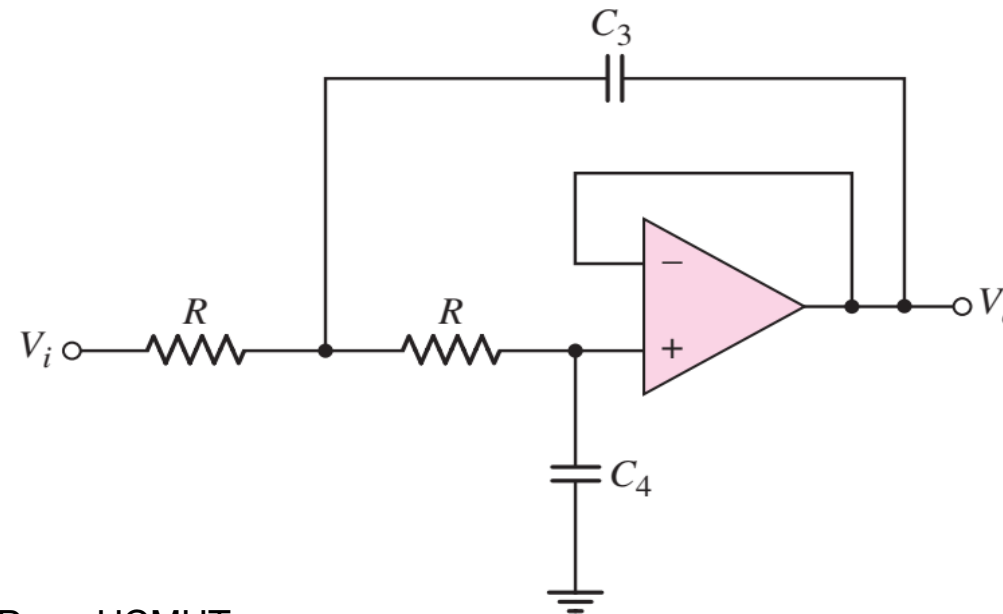


### 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

Bài tập 7: Cho mạch OPAMP như hình (mạch lọc Butterworth thông thấp bậc 2).

a) Xác định hàm truyền  $H(s) = V_o(s)/V_i(s)$ .

b) Vẽ đồ thị Bode của  $H(s)$  khi  $R = 100\text{k}\Omega$ ,  $C_3 = 120\text{pF}$ ,  $C_4 = 56\text{pF}$ . Xác định tần số cắt của mạch lọc.

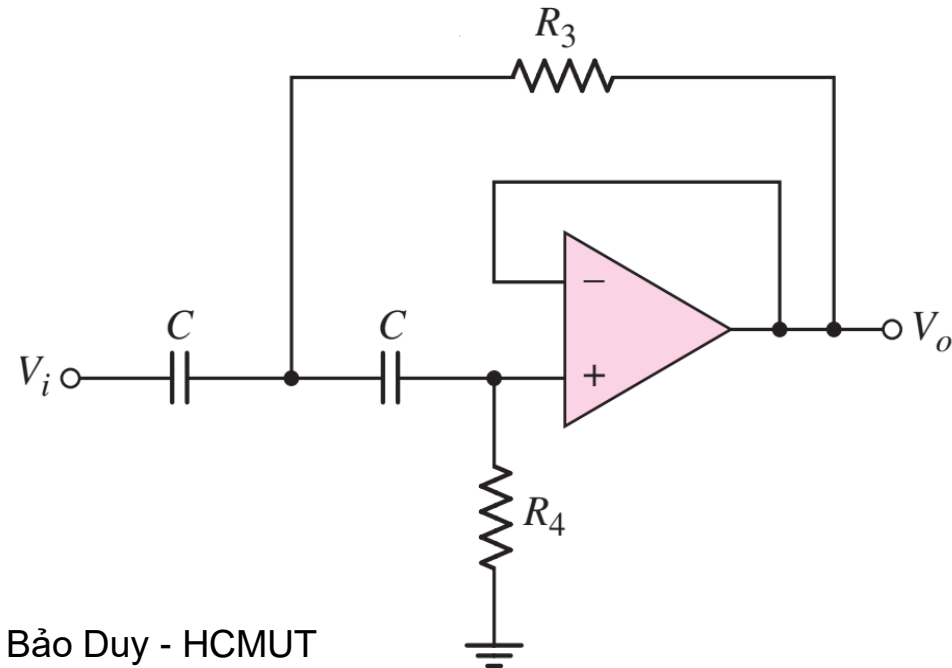


### 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

Bài tập 8: Cho mạch OPAMP như hình (mạch lọc Butterworth thông cao bậc 2).

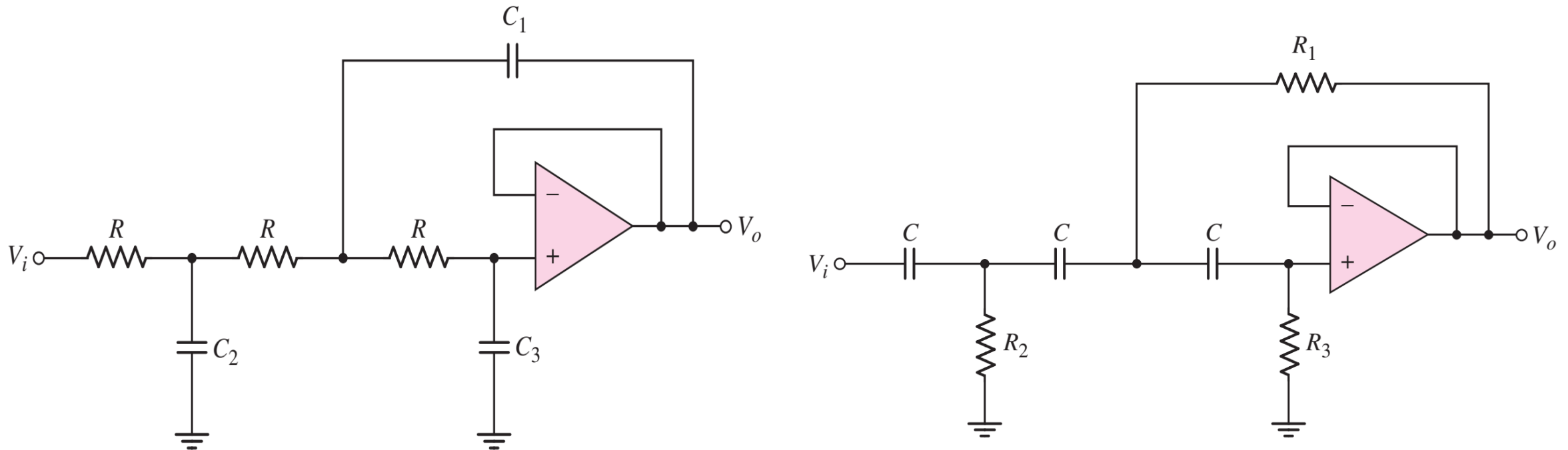
a) Xác định hàm truyền  $H(s) = V_o(s)/V_i(s)$ .

b) Vẽ đồ thị Bode của  $H(s)$  khi  $R_3 = 56\text{k}\Omega$ ,  $R_4 = 120\text{k}\Omega$ ,  $C = 100\text{pF}$ . Xác định tần số cắt của mạch lọc.



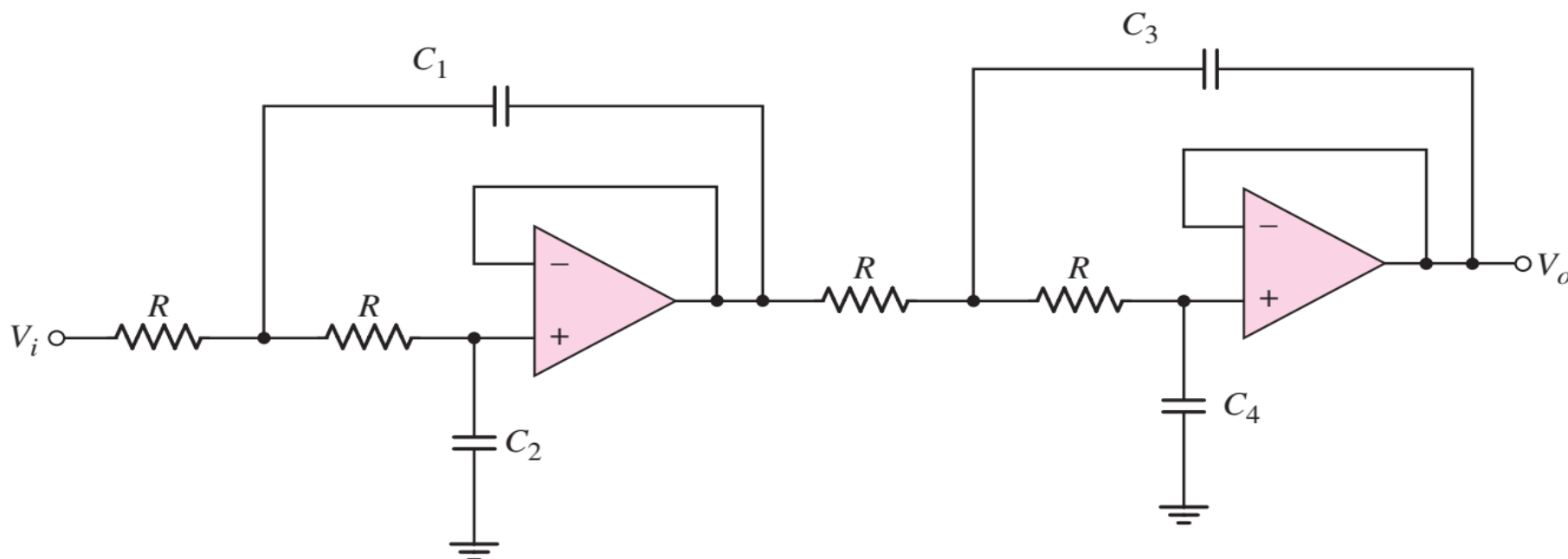
# 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

Mạch lọc Butterworth bậc 3: thông thấp và thông cao



### 3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

Mạch lọc Butterworth cao: nối tiếp các mạch lọc Butterworth bậc thấp hơn, ví dụ hình dưới là mạch lọc Butterworth bậc 4 thông thấp.



# Chương 1 - OPAMP

1. Giới thiệu
2. Mô hình OPAMP lý tưởng
3. Các mạch ứng dụng của OPAMP

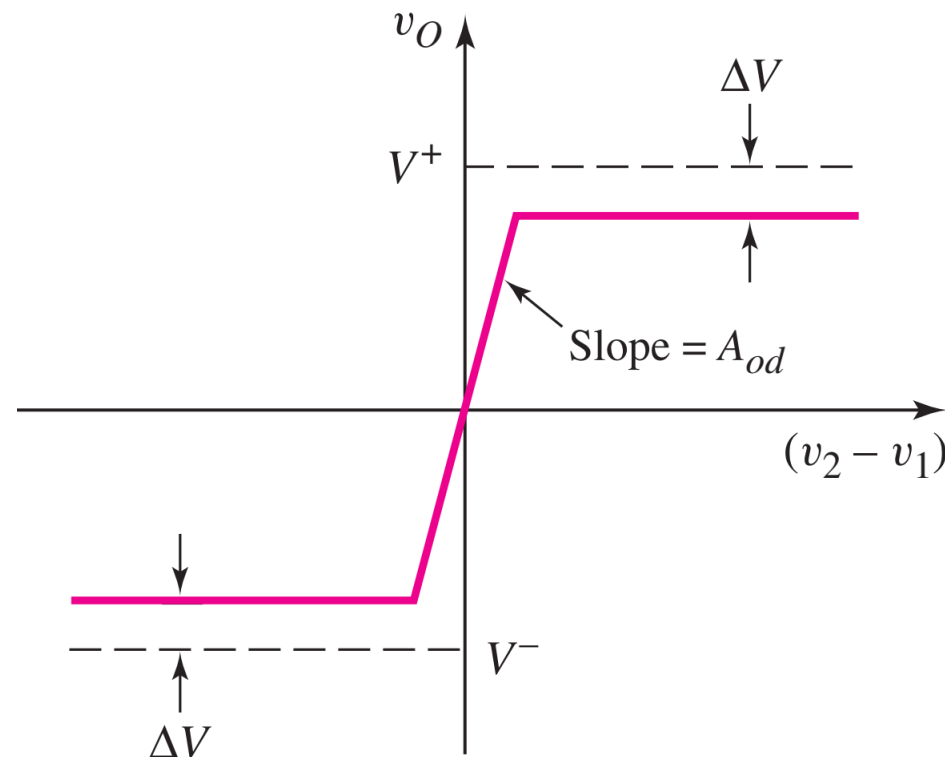
➤ **4. Mạch OPAMP ở trạng thái bão hòa**

## 4. Mạch OPAMP ở trạng thái bão hòa

- OPAMP rơi vào trạng thái bão hòa khi  $v_o$  theo tính toán vượt ra ngoài khoảng giới hạn  $(V^+ - \Delta V; V^- + \Delta V)$ . Khi đó:

$$\begin{cases} v_o \geq V^+ - \Delta V \Rightarrow v_o = V^+ - \Delta V \\ v_o \leq V^- + \Delta V \Rightarrow v_o = V^- + \Delta V \end{cases}$$

- Khi tính toán có thể cho  $\Delta V = 0$  nếu đề bài không đề cập chi tiết.



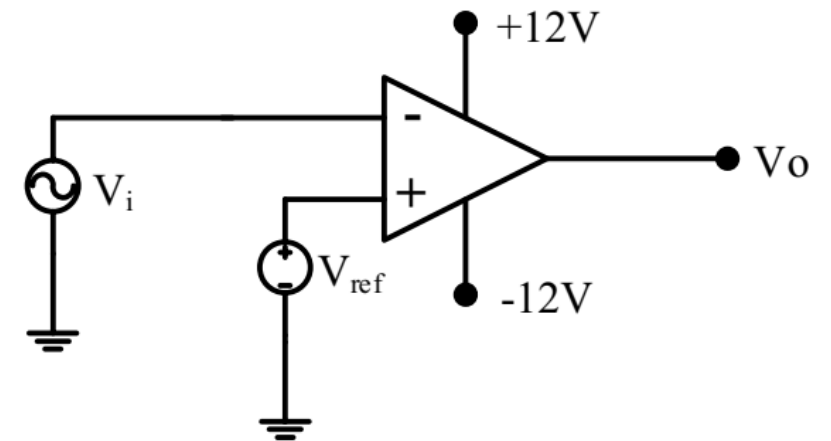
## 4. Mạch OPAMP ở trạng thái bão hòa

### Mạch so sánh

$$V_o = \begin{cases} +V_{CC} = V^+ = 12V, & v_i < V_{ref} \\ -V_{EE} = V^- = -12V, & v_i > V_{ref} \end{cases}$$

(giải thích?)

Ví dụ: cho  $v_i = 5\sin(\omega t)$  V,  $V_{ref} = 3$  V, vẽ  $v_i(t)$  và  $v_o(t)$ .





## 4. Mạch OPAMP ở trạng thái bão hòa

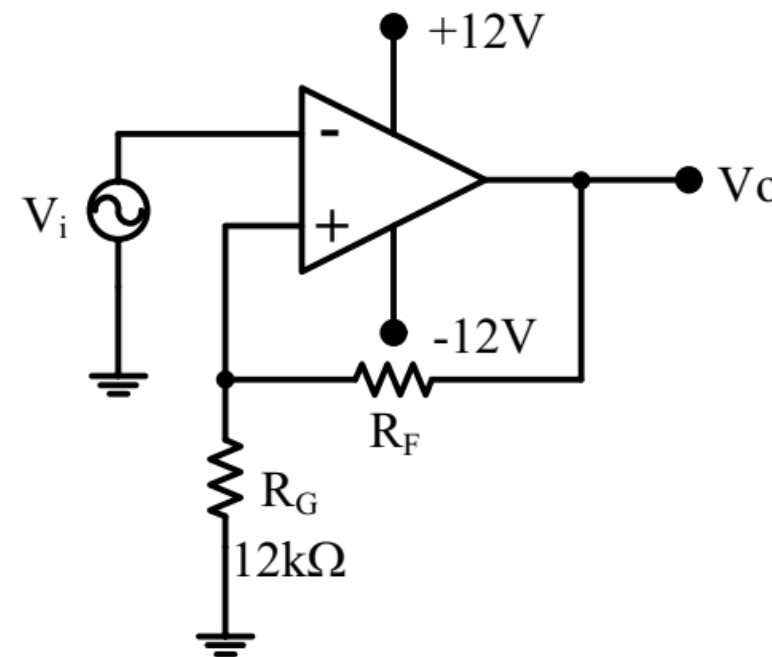
### Mạch Schmitt Trigger

- Giải thích hoạt động của mạch?

Ví dụ: cho  $R_F = 12k\Omega$ , vẽ  $v_i(t)$  và  $v_o(t)$  khi:

a.  $v_i = 10\sin(\omega t)$  V.

b.  $v_i = 5\sin(\omega t)$  V.



## 4. Mạch OPAMP ở trạng thái bão hòa

### *Mạch tạo sóng vuông và sóng tam giác*

- Giải thích hoạt động của mạch?
- Đề xuất cách thay đổi tần số của sóng tam giác?

