

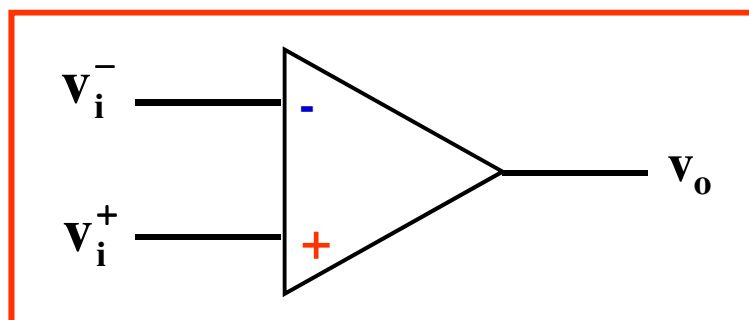
Chương 5**CÁC MẠCH ỨNG DỤNG KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN  
(OPERATIONAL AMPLIFIER – OP AMP)****I. ĐỊNH NGHĨA VÀ KÝ HIỆU**

- **Khuếch đại** là quá trình biến đổi một đại lượng (**dòng điện** hoặc **điện áp**) từ biên độ nhỏ thành biên độ lớn mà không làm thay đổi dạng của nó.

- **Khuếch đại thuật toán** (OP-AMP) cũng có những tính chất của một mạch khuếch đại. OP-AMP có 2 ngõ vào – đảo và không đảo – và một ngõ ra, một OP-AMP lý tưởng sẽ có những tính chất sau:

- + Hệ số khuếch đại (vòng hở) là vô cùng.
- + Trở kháng ngõ vào là vô cùng.
- + Trở kháng ngõ ra là 0.

1

**Ký hiệu**

$V_i^-$  : Ngõ vào đảo

$V_i^+$  : Ngõ vào không đảo

$V_o$  : Ngõ ra

2

## II. MẠCH KHUẾCH ĐẠI ĐẢO (NGƯỢC PHA)

Xét mạch OPAMP lý tưởng:

$R_i = \infty, I_i = 0$  nên:

$$v_i^- = v_i^+ \approx 0$$

Dòng qua  $R_1$ :

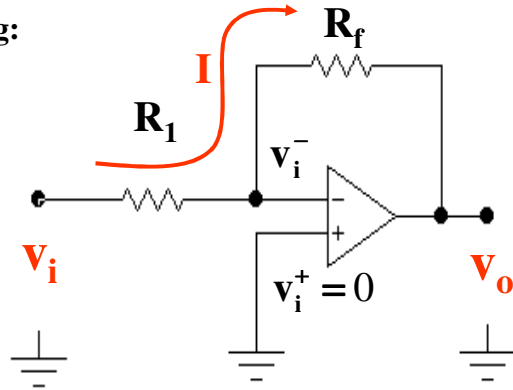
$$I = \frac{v_i}{R_1} = -\frac{v_o}{R_f}$$

Hệ số khuếch đại vòng kín:

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

$$\Rightarrow v_o = -\frac{R_f}{R_1} v_i$$

Tổng trở vào:  $Z_i = \frac{v_i}{i_i} = R_1$



3

## III. MẠCH KHUẾCH ĐẠI KHÔNG ĐẢO (ĐỒNG PHA)

Xét mạch OPAMP lý tưởng:

$R_i = \infty, I_i = 0$  nên:  $v_i^- = v_i^+$

Dòng qua  $R_1$ :

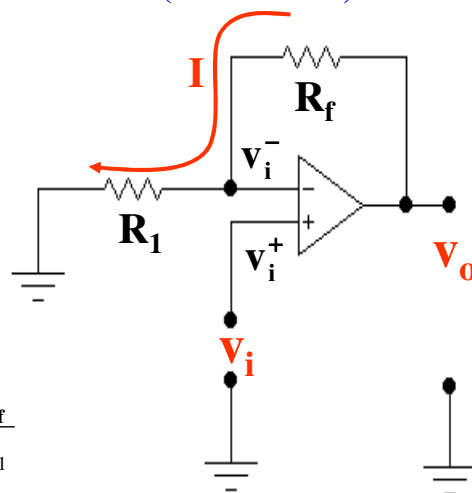
$$I = \frac{v_i}{R_1} = \frac{v_o}{R_1 + R_f}$$

Mặt khác, coi:  $v_i^- = v_i^+ \approx v_i$

Ta có hệ số khuếch đại vòng kín:

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{R_1 + R_f}{R_1} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

$$\Rightarrow v_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) v_i$$



4

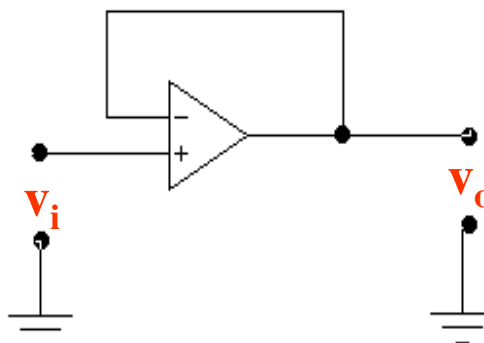
**\* MẠCH ĐỆM (MẠCH THEO ĐIỆN ÁP)**

Đây là trường hợp đặc biệt của mạch khuếch đại không đảo,  
với:  $R_f = 0$  và  $R_1 = \infty$

Áp dụng công thức:

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{R_1 + R_f}{R_1} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

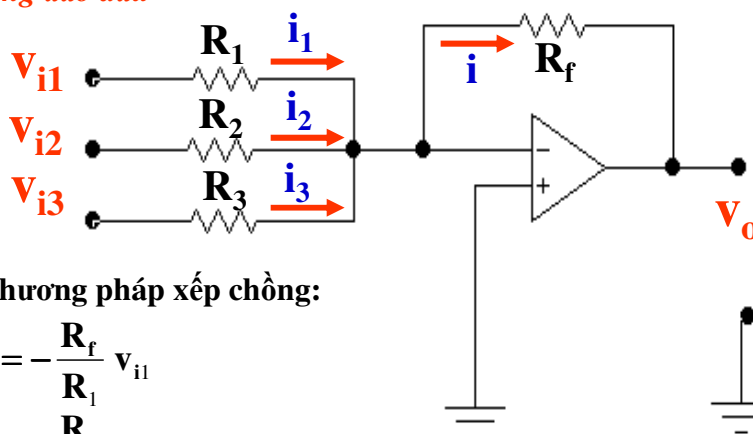
$$\Rightarrow A_v = 1$$



5

**IV. MẠCH CỘNG**

**\* Mạch cộng đảo đầu**



Dùng phương pháp xếp chồng:

$$v_{o1} = -\frac{R_f}{R_1} v_{i1}$$

$$v_{o2} = -\frac{R_f}{R_2} v_{i2}$$

$$v_{o3} = -\frac{R_f}{R_3} v_{i3}$$

6

Điện áp ở ngõ ra:

$$v_o = v_{o1} + v_{o2} + v_{o3}$$

$$\Rightarrow v_o = -\left(\frac{R_f}{R_1} v_{i1} + \frac{R_f}{R_2} v_{i2} + \frac{R_f}{R_3} v_{i3}\right)$$

Nếu chọn  $R_1 = R_2 = R_3 = R$ , ta có:

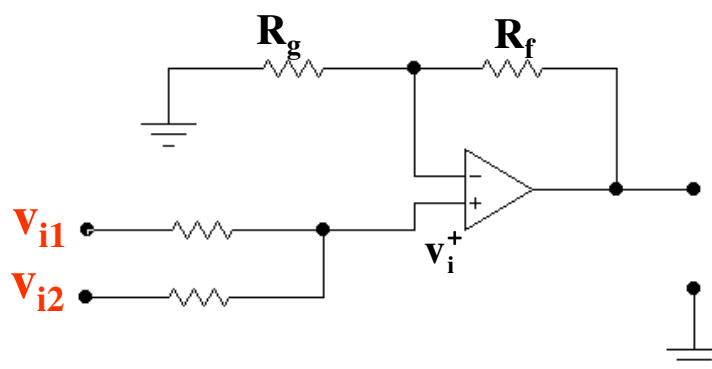
$$v_o = -\frac{R_f}{R} (v_{i1} + v_{i2} + v_{i3})$$

Và nếu  $R_f = R$ , ta có:

$$v_o = -(v_{i1} + v_{i2} + v_{i3})$$

7

*\* Mạch cộng không đảo dấu*



8

*Dùng phương pháp xếp chồng*

Khi  $v_{i2} = 0$ , mạch trở thành

$$v_i^+ = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) v_{i1}$$

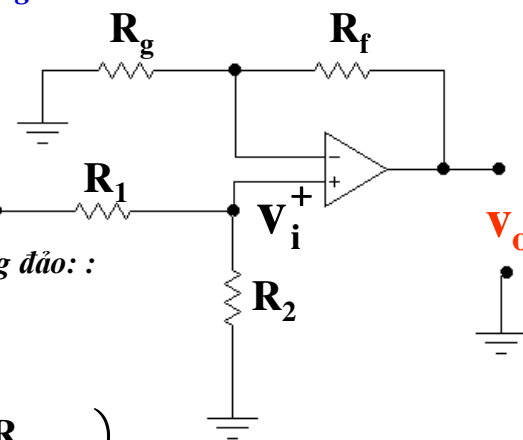
Áp dụng công thức của mạch khuếch đại không đảo: :

$$v_{o1} = \left( 1 + \frac{R_f}{R_g} \right) v_i^+$$

$$v_{o1} = \left( 1 + \frac{R_f}{R_g} \right) \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) v_{i1}$$

Tương tự:

$$v_{o2} = \left( 1 + \frac{R_f}{R_g} \right) \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) v_{i2}$$



9

Điện áp ở ngõ ra:

$$v_o = v_{o1} + v_{o2}$$

$$\Rightarrow v_o = \left( 1 + \frac{R_f}{R_g} \right) \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_{i1} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_{i2} \right)$$

Nếu chọn  $R_1 = R_2 = R$ , ta có:

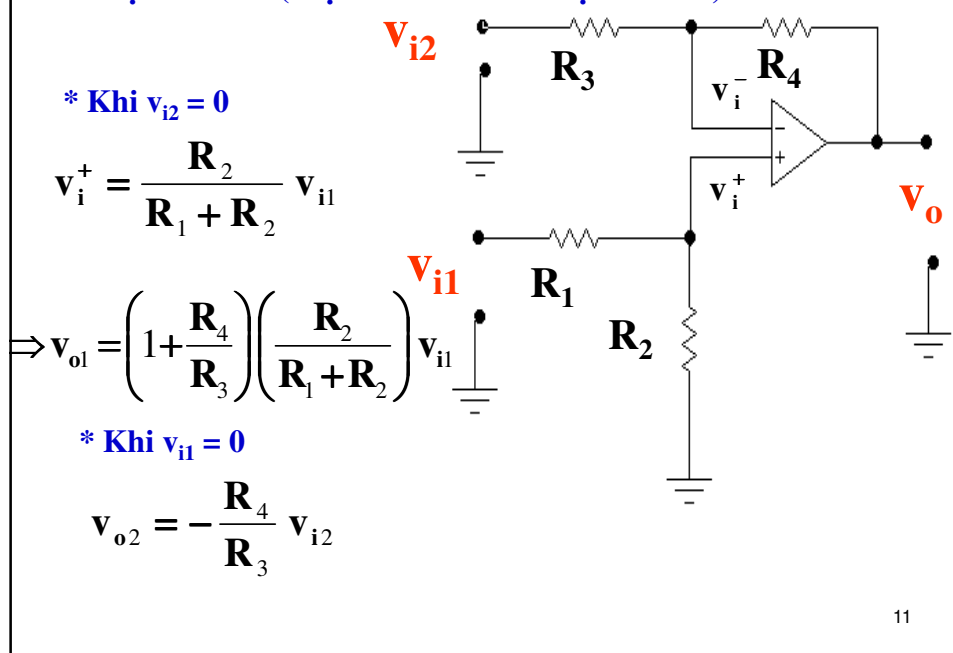
$$v_o = \left( 1 + \frac{R_f}{R} \right) \left( \frac{v_{i1} + v_{i2}}{2} \right)$$

Và nếu  $R_f = R$ , ta có:

$$v_o = (v_{i1} + v_{i2})$$

10

### V. MẠCH TRỪ (MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI)



Điện áp ở ngõ ra:  $V_o = V_{i1} + V_{i2}$

$$\Rightarrow v_o = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) v_{i1} - \frac{R_4}{R_3} v_{i2}$$

$V_o$  có dạng:  $V_o = a_1 v_{i1} - a_2 v_{i2}$ , với:

$$a_1 = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) ; a_2 = \frac{R_4}{R_3}$$

Hay :  $a_1 = (1 + a_2) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) ; a_2 = \frac{R_4}{R_3}$

$\Rightarrow$  Điều kiện để thực hiện được mạch này:  $(1 + a_2) > a_1$

Nếu chọn  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ , ta có:

$$V_o = V_{i1} - V_{i2}$$

## VI. MẠCH TÍCH PHÂN

Dòng đi qua tụ được tính:

$$i_c = C \frac{dv}{dt}$$

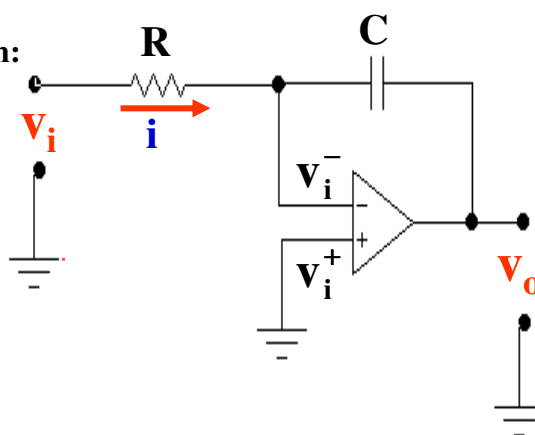
$$\Rightarrow i = -C \frac{dV_o}{dt}$$

$$\Rightarrow dv_o = -\frac{1}{C} i dt$$

$$\Rightarrow v_o = -\frac{1}{C} \int i dt$$

Mặt khác:  $i = \frac{V_i}{R}$

$$\Rightarrow v_o = -\frac{1}{RC} \int v_i dt$$



13

## VII. MẠCH VI PHÂN

Dòng đi qua tụ:

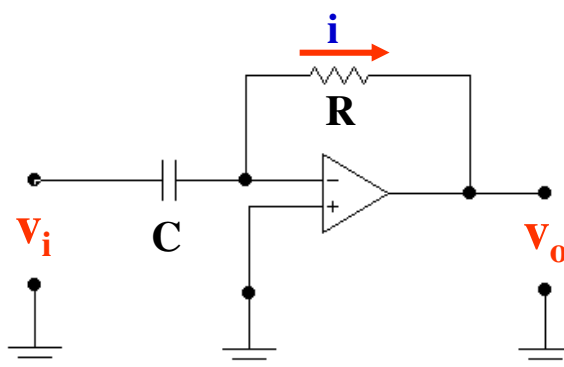
$$i = C \frac{dV_i}{dt}$$

Mặt khác:

$$i = -\frac{V_o}{R}$$

$$\Rightarrow C \frac{dV_i}{dt} = -\frac{V_o}{R}$$

$$\Rightarrow v_o = -RC \frac{dV_i}{dt}$$



14