

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA ĐIỆN-ĐIỆN TỬ
BỘ MÔN KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ



CHƯƠNG 4

Mạch khuếch đại thuật toán

Bùi Minh Thành
Bộ môn Kỹ thuật Điện tử - ĐHBK Tp. HCM

Tài liệu tham khảo

- [1] Theodore F.Bogart, JR, **Electronic devices and Circuits**, 2nd Ed. , Macmillan 1991
- [2] Lê Phi Yến, Nguyễn Như Anh, Lưu Phú, **Kỹ thuật điện tử**, NXB Khoa học kỹ thuật
- [3] Allan R. Hambley, **Electrical Engineering: Principles and Applications**, Prentice Hall, 4 edition (2007)
- [4] Slide bài giảng môn Kỹ thuật điện tử cô Lê Thị Kim Anh

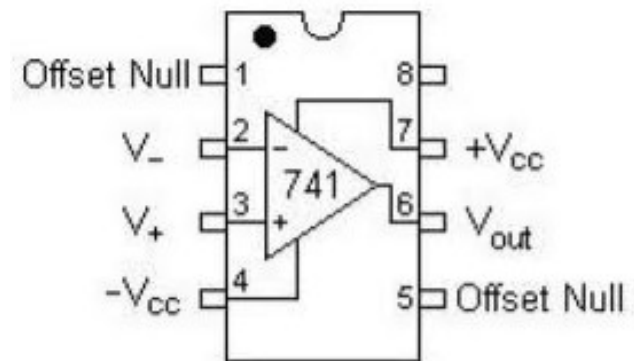
Nội dung

- 1) Giới thiệu
- 2) Đặc tính và các thông số của bộ KĐTT lý tưởng
- 3) Các mạch ứng dụng cơ bản
 - 3.1) Mạch khuếch đại đảo
 - 3.2) Mạch khuếch đại không đảo
 - 3.3) Mạch đệm
 - 3.4) Mạch cộng đảo dấu
 - 3.5) Mạch cộng không đảo dấu
- 4) Các mạch ứng dụng tạo hàm
 - 4.1) Mạch tích phân
 - 4.2) Mạch vi phân

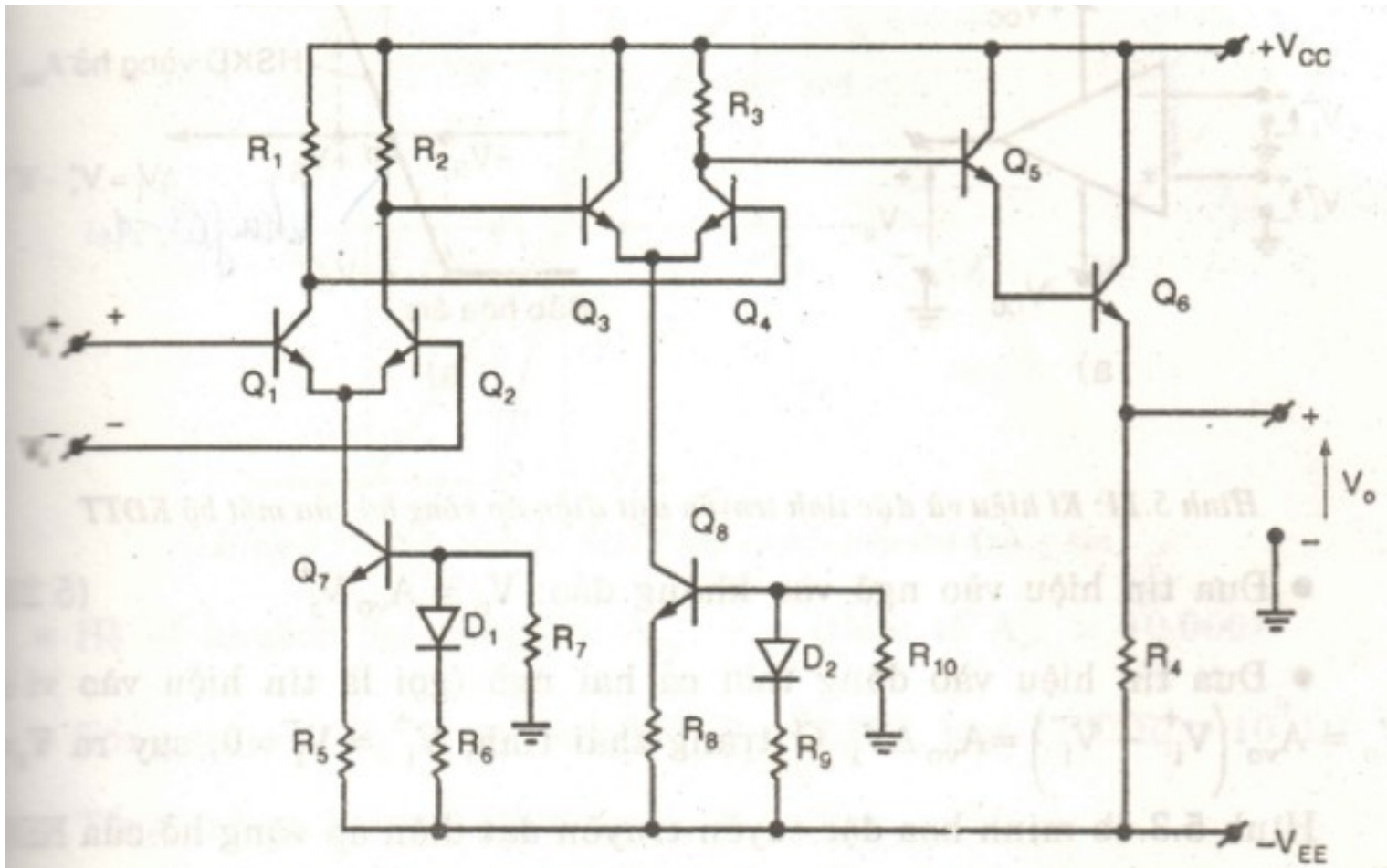
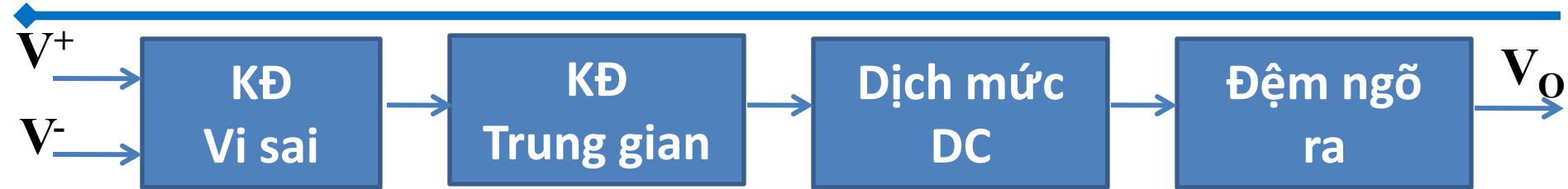
1) Giới thiệu

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.

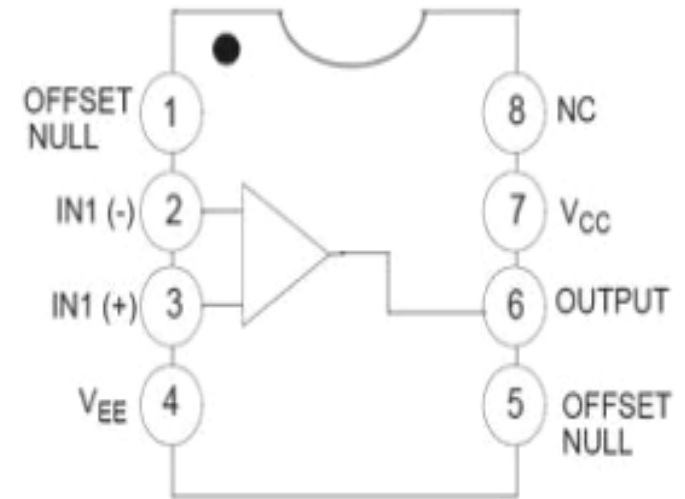
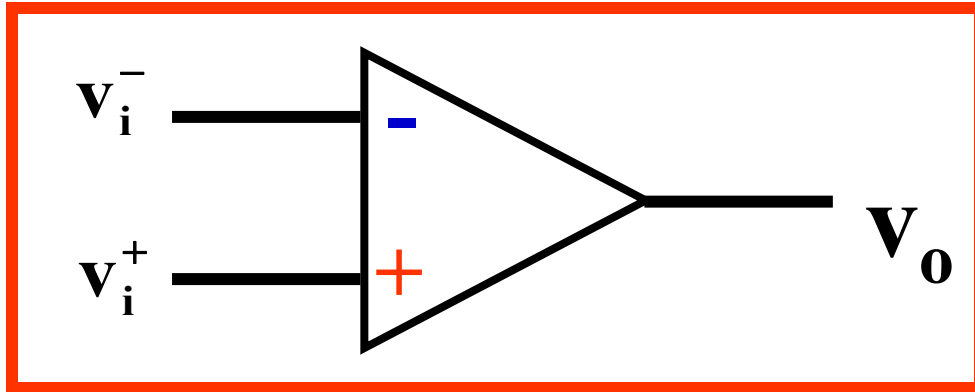
- **Khuếch đại thuật toán** (OPAMP – Operational Amplifier) là bộ khuếch đại DC có hệ số khuếch đại A_v rất cao thường được chế tạo dưới dạng tích hợp



1) Giới thiệu



2) Đặc tính và các thông số

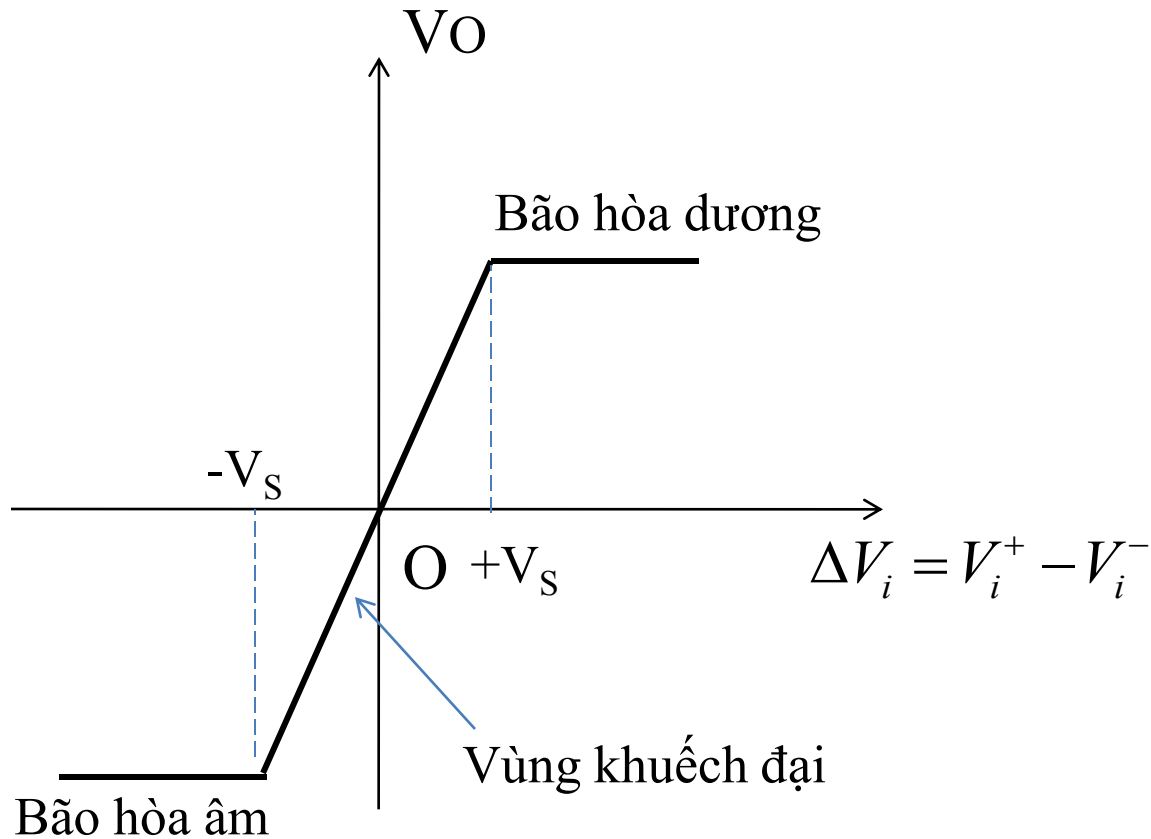


V_i^- : Ngõ vào đảo

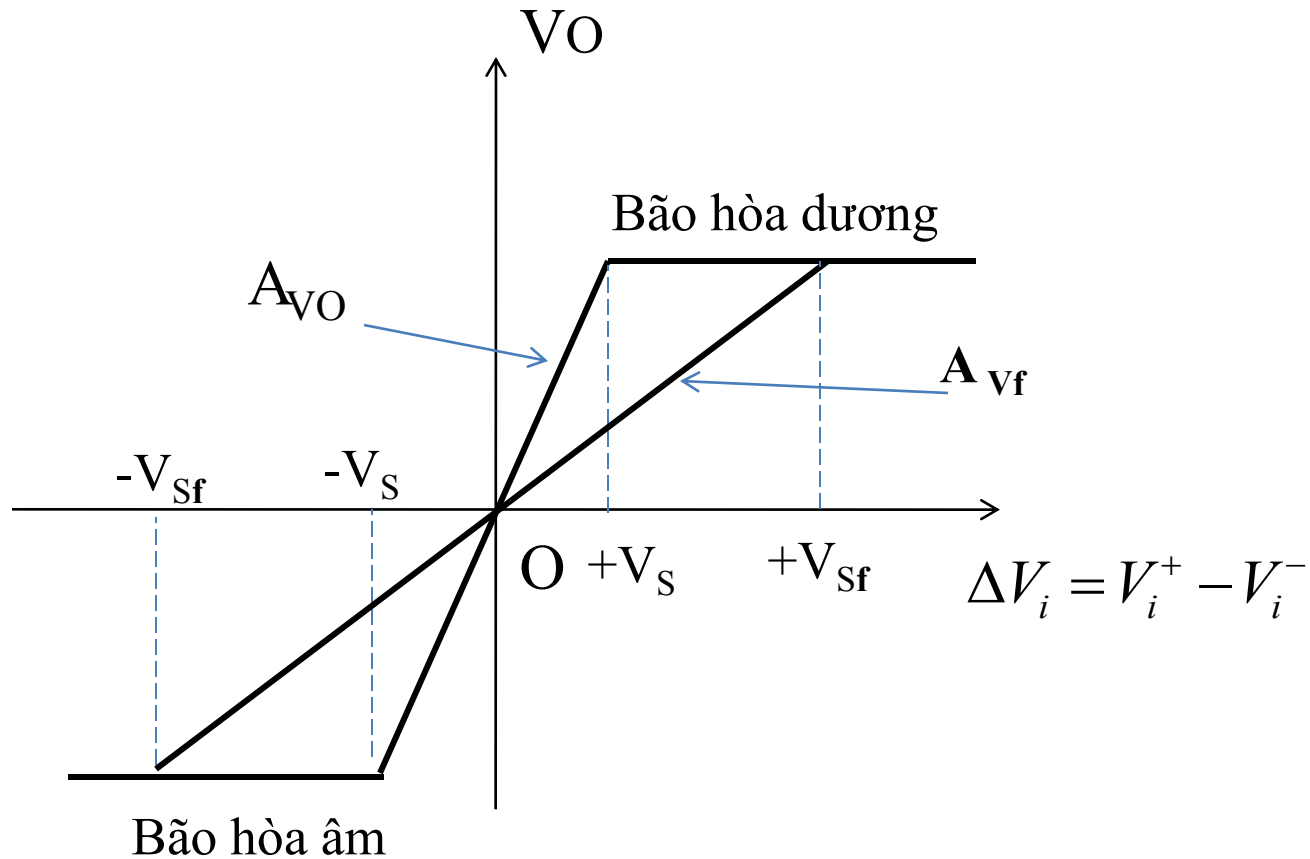
V_i^+ : Ngõ vào không đảo

V_o : Ngõ ra

Đặc tính truyền đạt vòng hở

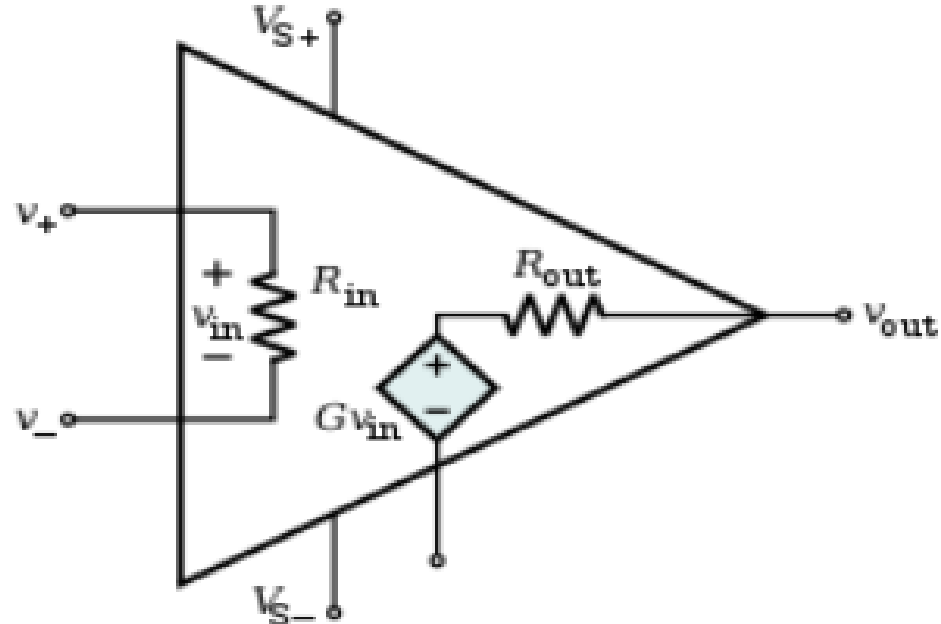


Đặc tính truyền đạt khi có hồi tiếp âm (vòng kín)



Opamp lý tưởng

- Hệ số khuếch đại vòng hở $A_{vO} \rightarrow \infty$
- Tổng trở vào $R_{in} \rightarrow \infty$
- Tổng trở ra $R_{out} \rightarrow 0$



$$V_i^+ = V_i^-$$

$$I^+ = I^- = 0$$



3) Các mạch ứng dụng cơ bản Opamp

3.1) Mạch khuếch đại đảo

3.2) Mạch khuếch đại không đảo

3.3) Mạch đệm

3.4) Mạch cộng đảo dấu và không đảo dấu

3.5) Mạch vi sai (mạch trừ)

3.1 MẠCH KHUẾCH ĐẠI ĐẢO (NGƯỢC PHA)

Xét mạch OPAMP lý tưởng:

$R_i = \infty$, $I_i = 0$ nên:

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

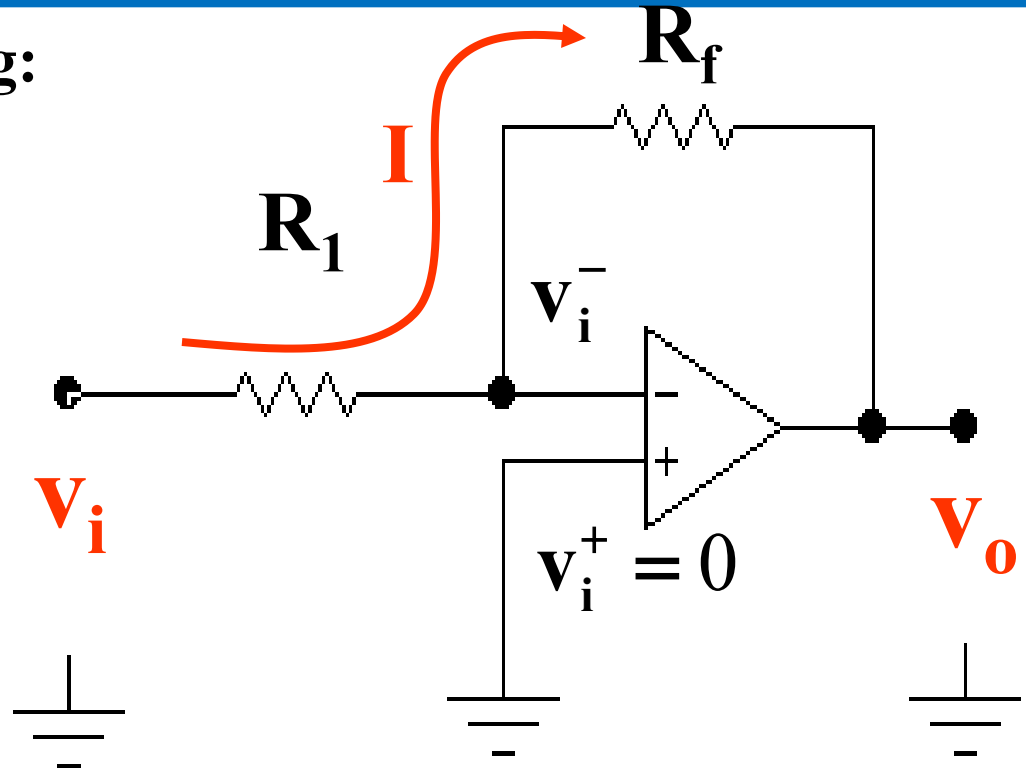
Dòng qua R_1 :

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

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: $Z_i = \frac{v_i}{i_i} = R_1$

3.2) 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 :

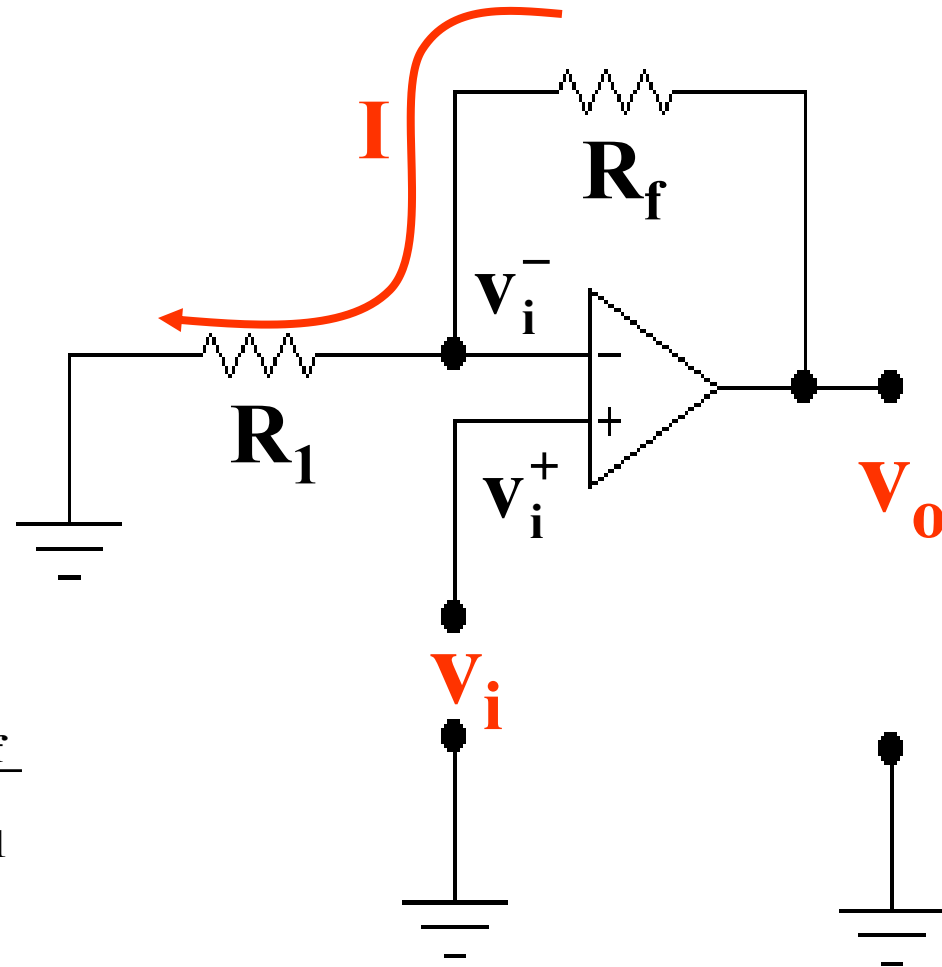
$$I = \frac{V_i^-}{R_1} = \frac{V_o}{R_1 + R_f}$$

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

Ta có hệ số khuếch đại vòng kín

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R_1 + R_f}{R_1} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

$$\Rightarrow V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right) V_i$$



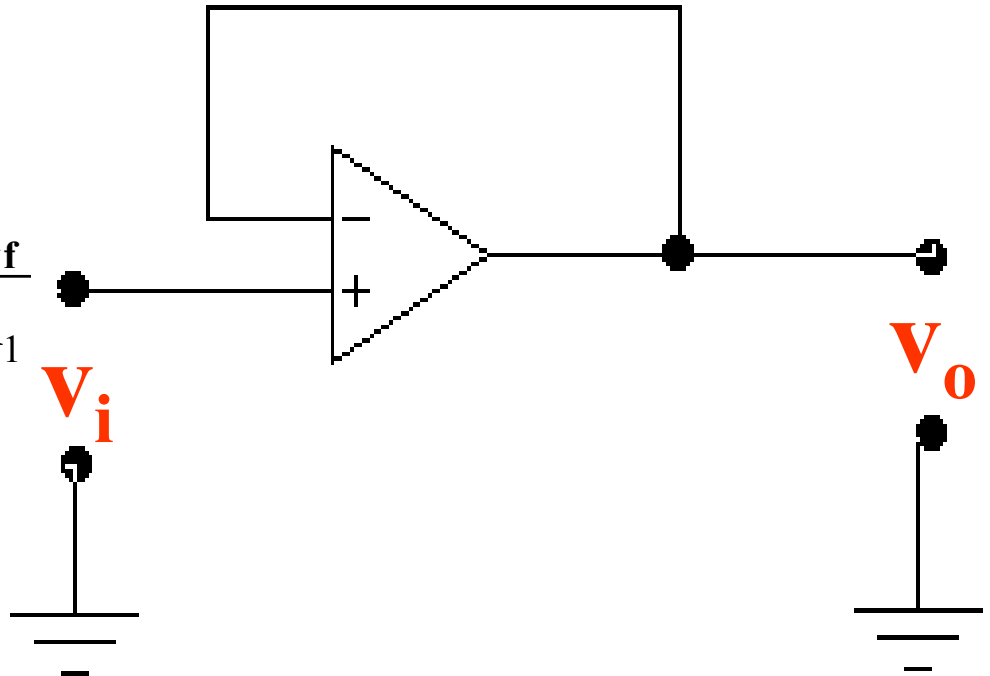
3.3) MẠCH ĐỆM (MẠCH THEO ĐIỆN ÁP)

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

Áp dụng công thức:

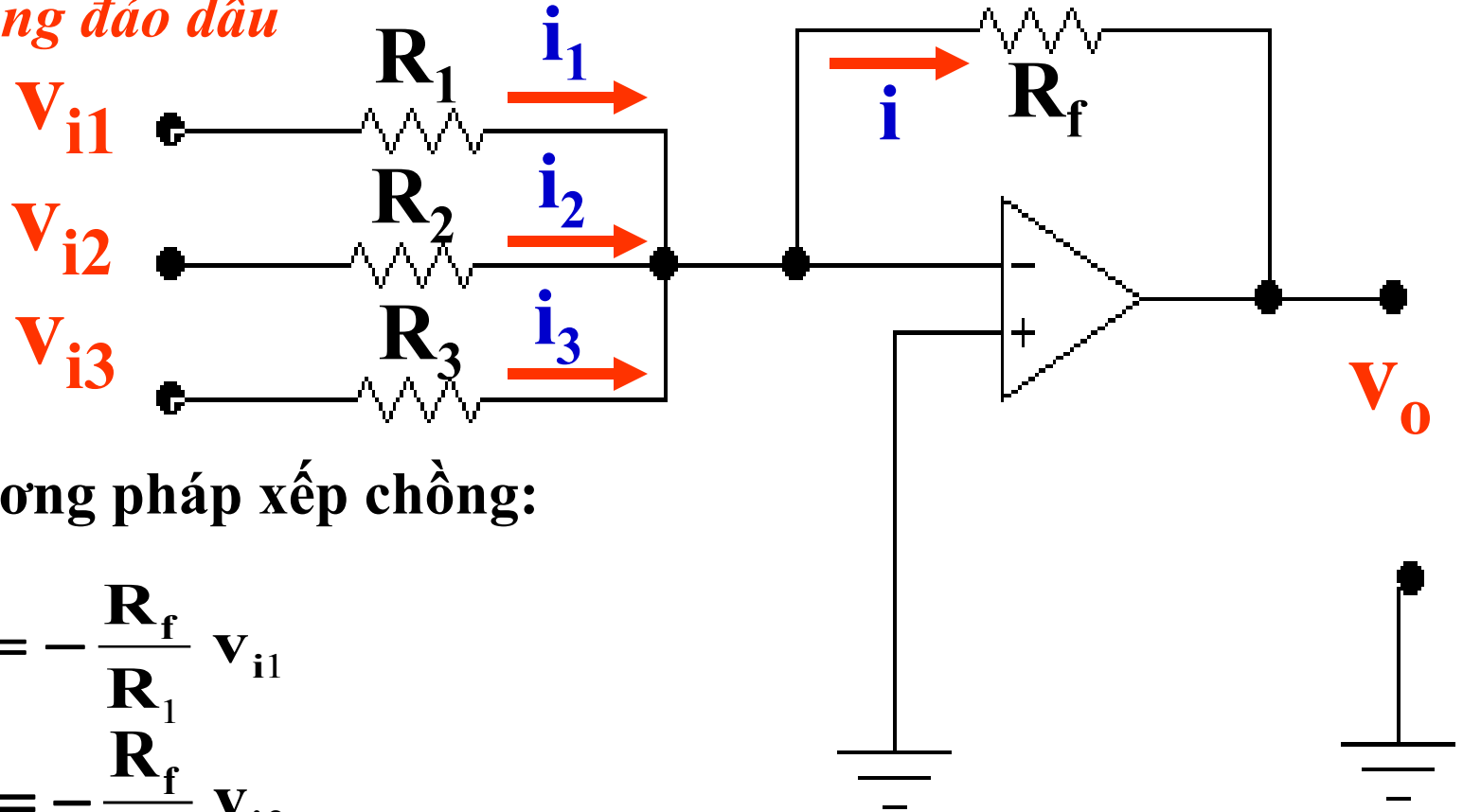
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R_1 + R_f}{R_1} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

$$\Rightarrow A_v = 1$$



3.4) MẠCH CỘNG

** Mạch cộng đảo dấu*



Dùng phương pháp xếp chồng:

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

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

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

Điện áp ở ngõ ra:

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

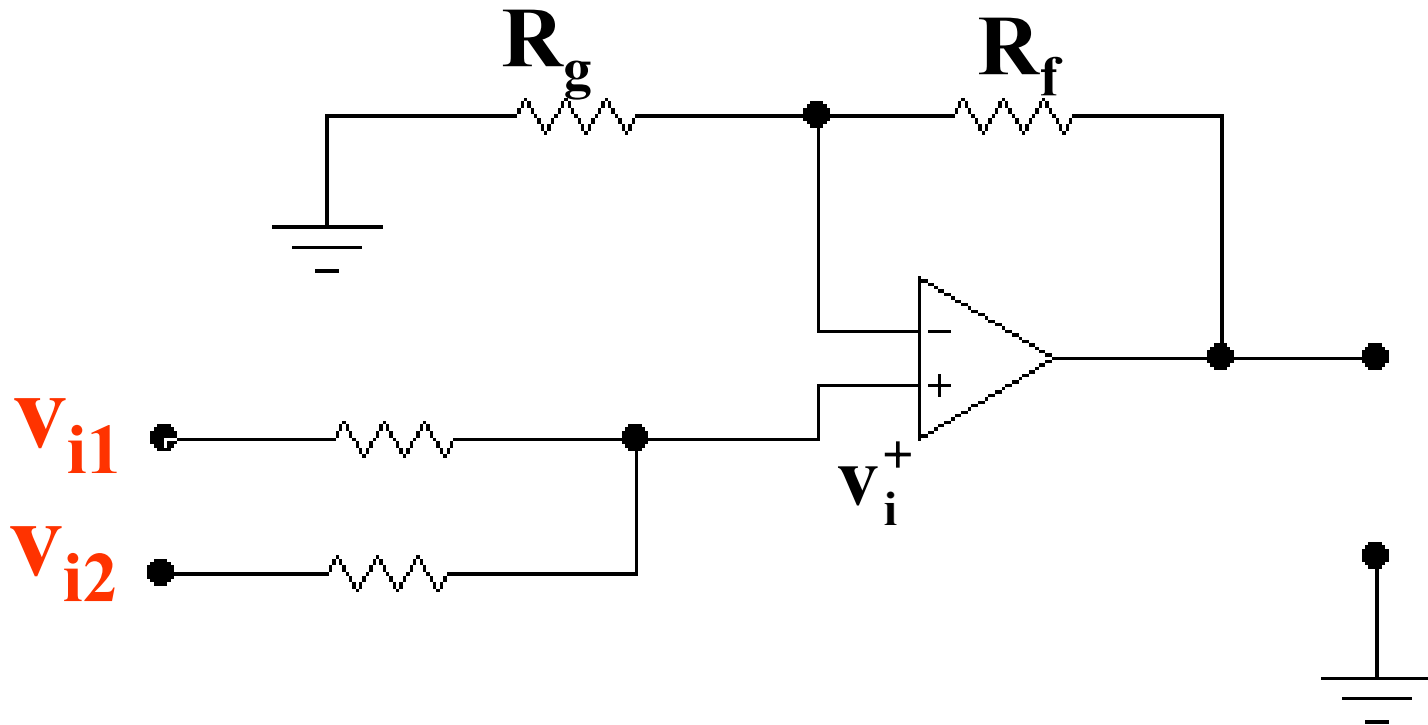
Nếu chọn $R_1 = R_2 = R_3 = R$, ta có:

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

Và nếu $R_f = R$, ta có:

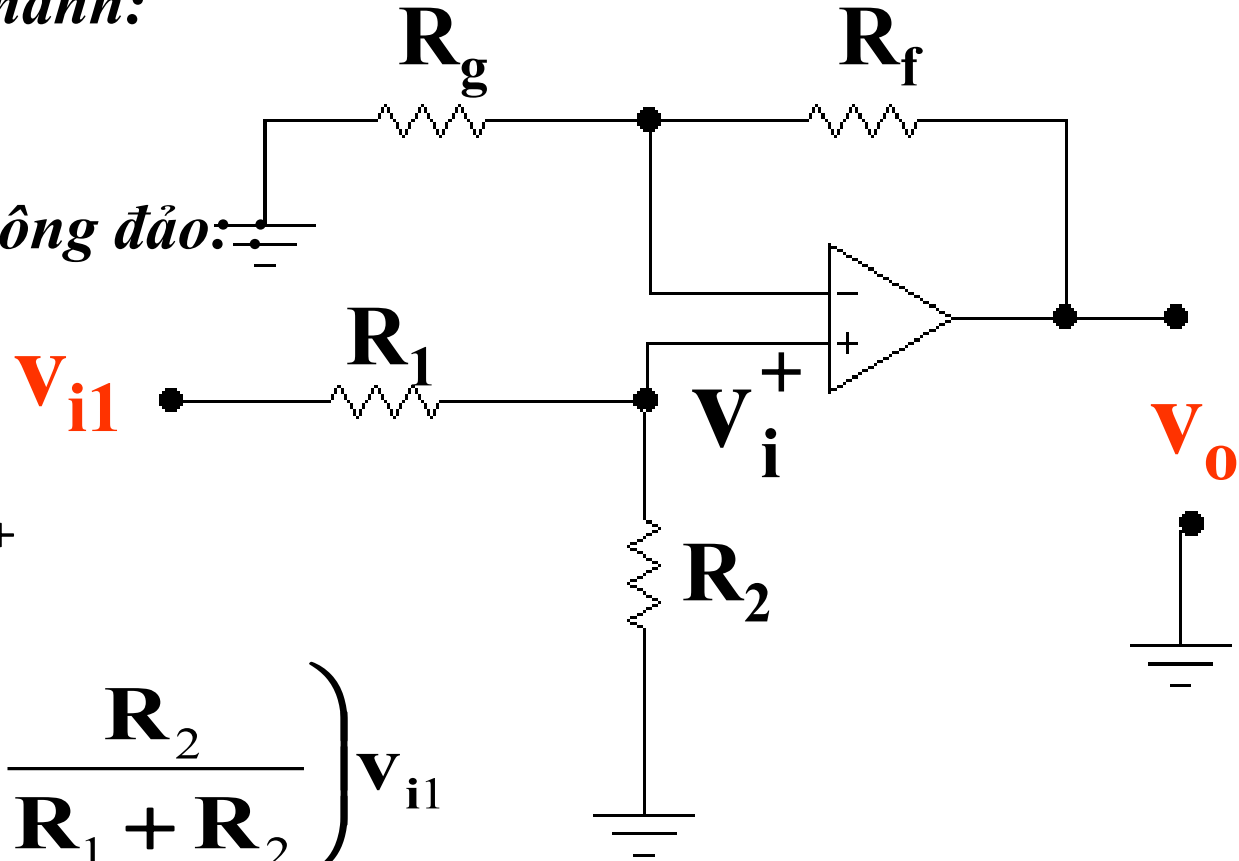
$$v_o = -(v_{i1} + v_{i2} + v_{i3})$$

* Mạch cộng không đảo dấu



Khi $v_{i2} = 0$, mạch trở thành:

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:

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

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:

$$V_o = (V_{i1} + V_{i2})$$

3.5) MẠCH TRỪ (MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI)

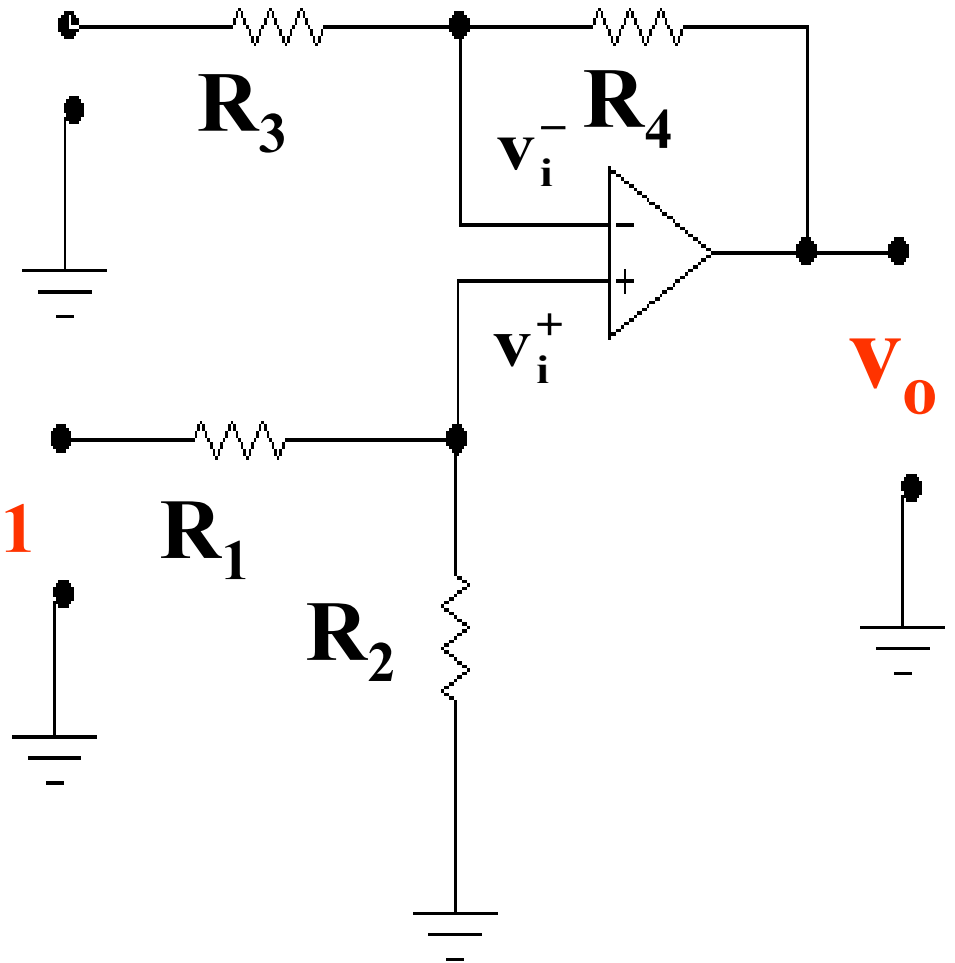
* Khi $v_{i2} = 0$

$$v_i^+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_{i1}$$

$$\Rightarrow v_{o1} = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) v_{i1}$$

* Khi $v_{i1} = 0$

$$v_{o2} = -\frac{R_4}{R_3} v_{i2}$$





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:

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



4) Các mạch ứng dụng tạo hàm

4.1) Mạch tích phân

4.2) Mạch vi phân

4.1) MẠCH TÍCH PHÂN

Dòng đi qua tụ được tính:

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

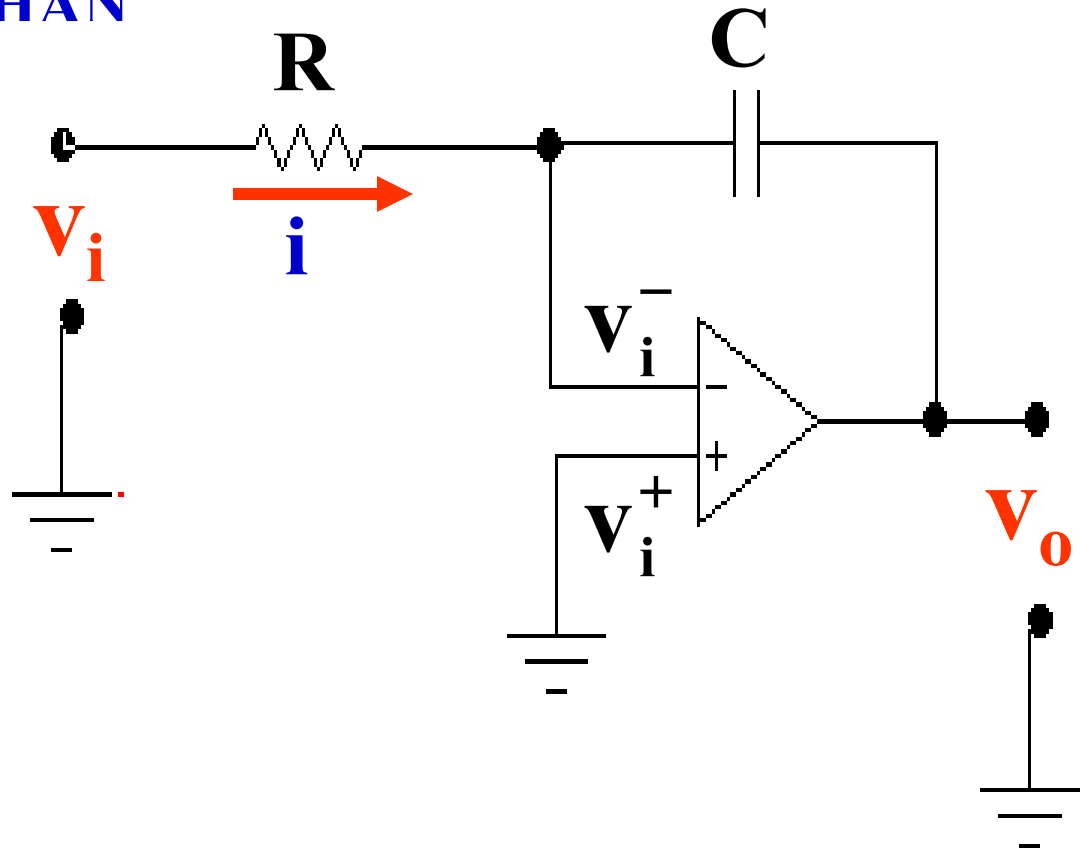
$$\Rightarrow i = -C \frac{dV_o}{dt}$$

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

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

Mặt khác: $i = \frac{V_i}{R}$

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



4.2) MẠCH VI PHÂN

Dòng đi qua tụ:

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

Mặt khác:

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

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

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

