

VIETNAM NATIONAL UNIVERSITY – HCM CITY
UNIVERSITY OF SCIENCE

ĐIỆN TỬ CƠ BẢN



CHƯƠNG VI: KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN – OP AMP

Presenter: Nguyen Thi Thien Trang

CHƯƠNG VI: KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN – OP AMP

- Cấu tạo vi mạch khuếch đại thuật toán
- Đặc tính
- Công thức cơ bản – Khuếch đại đảo, khuếch đại không đảo
- Các mạch làm toán: mạch tổng, trừ, tích phân, vi phân, lấy logarit, anti-logarit
- Mạch so sánh
- Mạch dao động sóng sin

IC KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN – OP AMP

I. Sơ lược về vi mạch Khuếch đại thuật toán – Vi mạch - IC (Integrated Circuit) gồm nhiều linh kiện tổ hợp, đóng gói chung trong 1 vỏ, có một hay nhiều chức năng.

Ưu điểm:

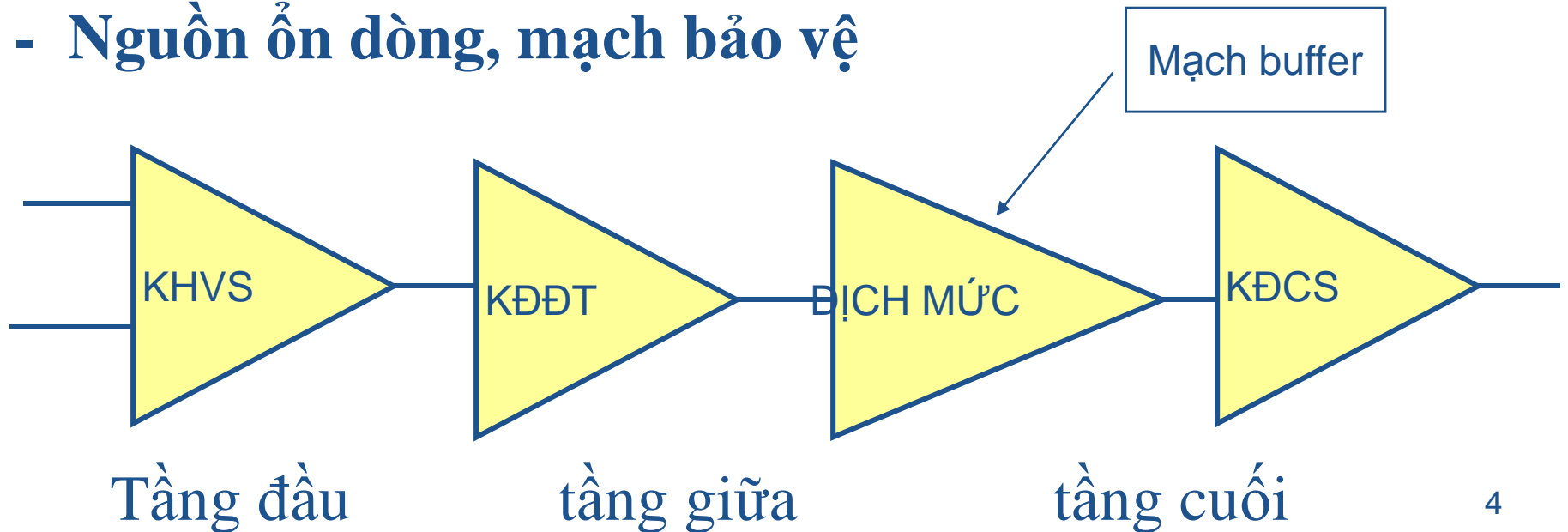
- **Độ tin cậy cao, hoạt động tốt**
- **Độ khuếch lớn , mật độ tích hợp cao**
- **Công suất thấp**
- **Dễ lắp ráp mạch**
- **Giá thành hạ**



CẤU TẠO VÀ ĐẶC TÍNH

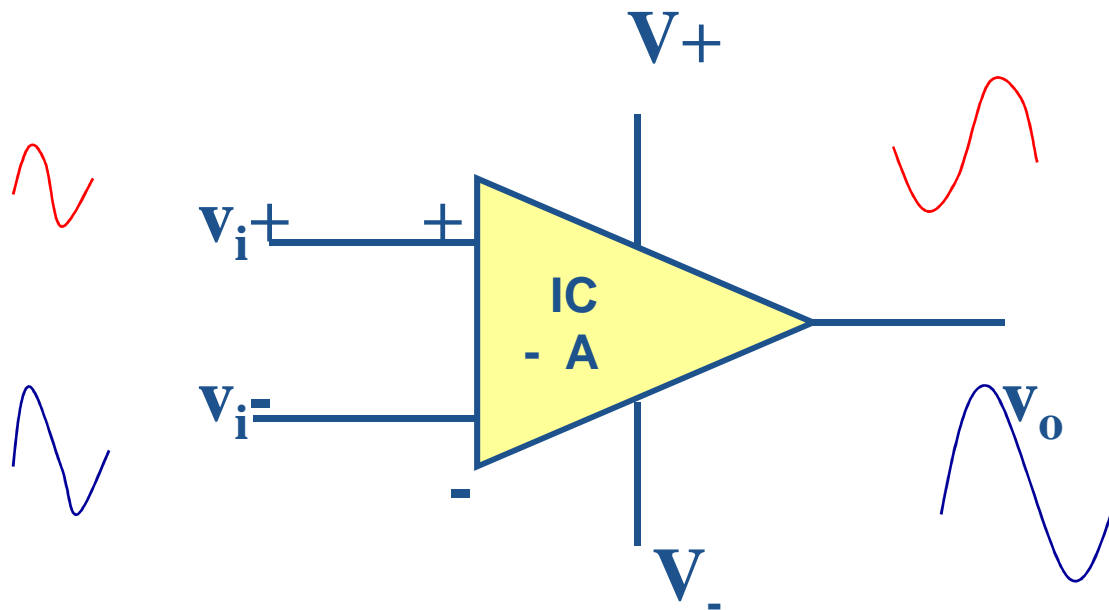
Cấu tạo: Gồm nhiều tầng ghép chuỗi :

- Khuếch đại vi sai
- Khuếch đại đơn
- Mạch dịch mức điện thế DC
- Tầng công suất
- Nguồn ổn dòng, mạch bảo vệ



SƠ ĐỒ KHỐI MẠCH KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN OP AMP

OP AMP thường được biểu diễn:



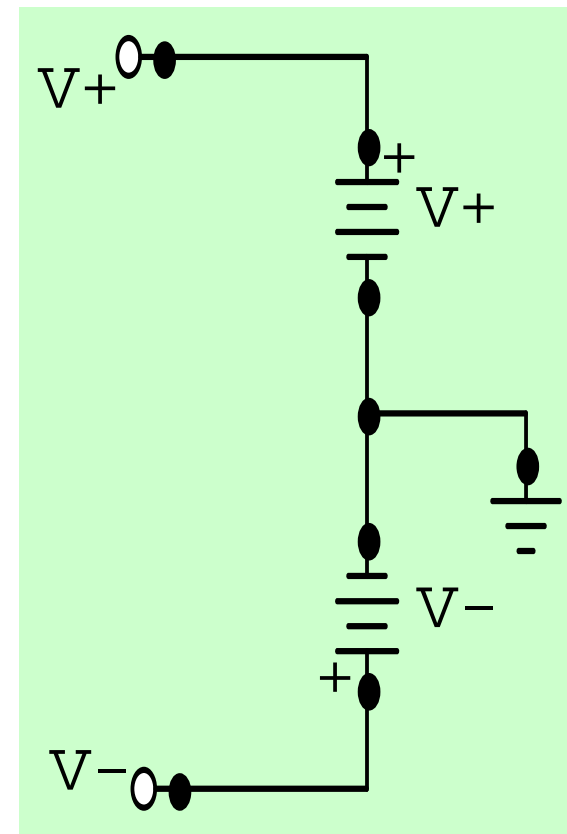
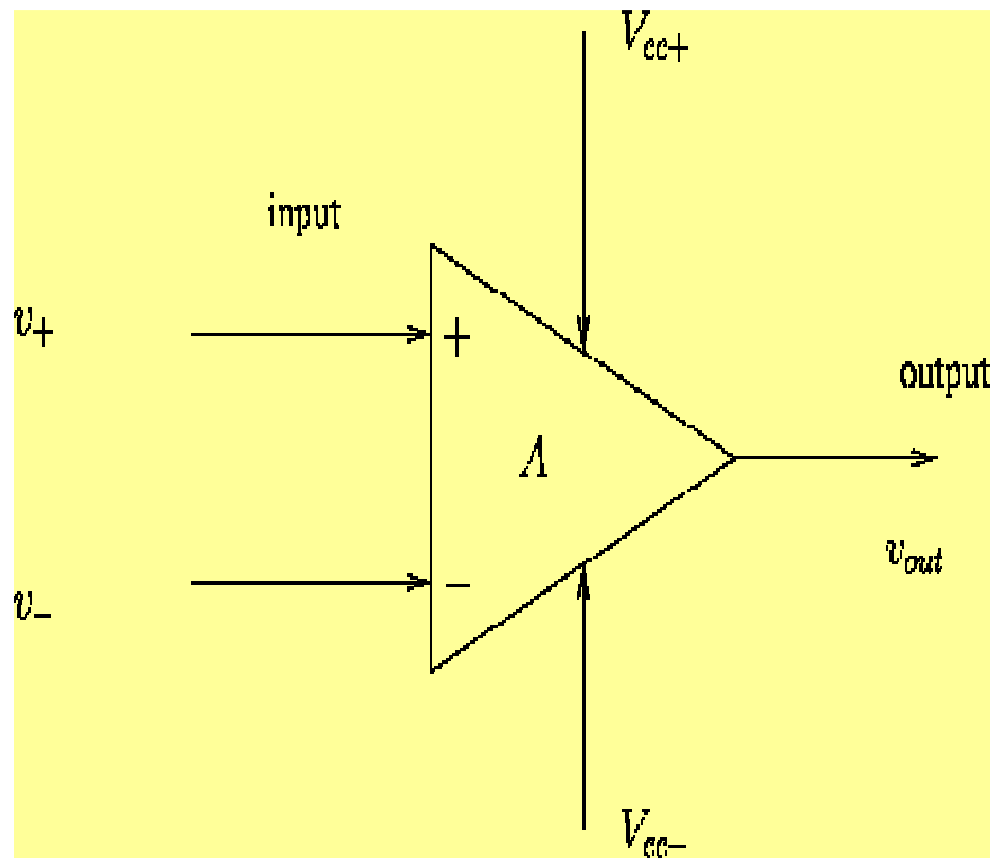
Mạch có 2 ngõ vào ngược pha nhau

- Ngõ vào + cho tín hiệu ra v_o đồng pha với tín hiệu vào v_i
- Ngõ vào – cho tín hiệu ra v_o ngược pha với tín hiệu vào v_i

- Mạch được cấp điện bằng 2 nguồn đối xứng

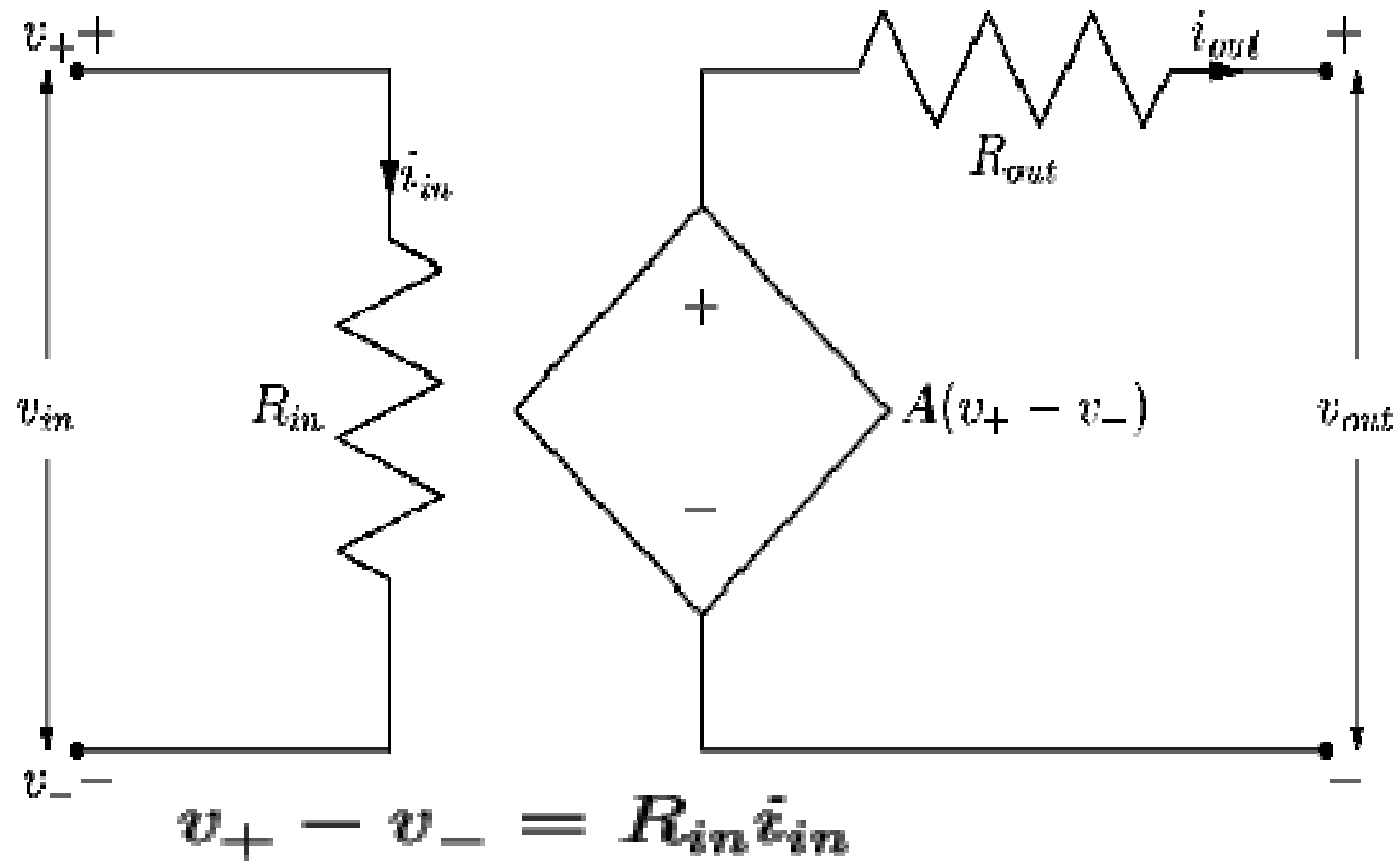
$$V_+ = -V_-$$

$$\text{hay } V_{CC} = -V_{EE}$$





- Mạch tương đương





- Op.amp. lý tưởng có đặc điểm:

$$A_v \approx \infty$$

$$R_i \approx \infty$$

$$R_o \approx 0$$

$$A \approx \text{large}$$

$$R_{in} \approx \text{large}$$

$$R_{out} \approx \text{small}$$

- IC OP AMP thực tế: công nghệ BJT, CMOS, BIMOS:
LM 741, LF 358, TL062, TL082, TLO84.

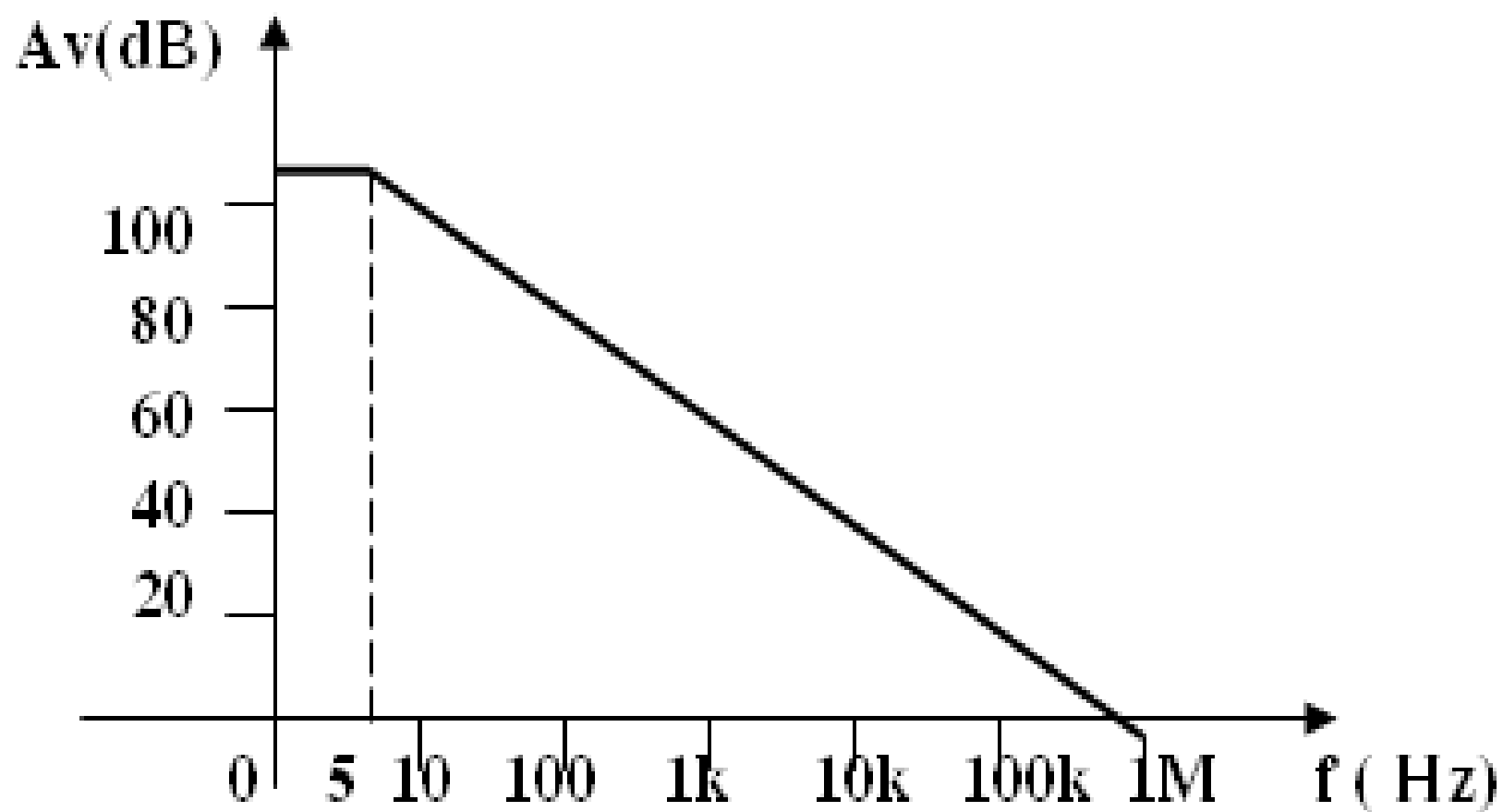
LM 741 có:

$$R_i = 1 \text{ hay } 2 \text{ Mohm}$$

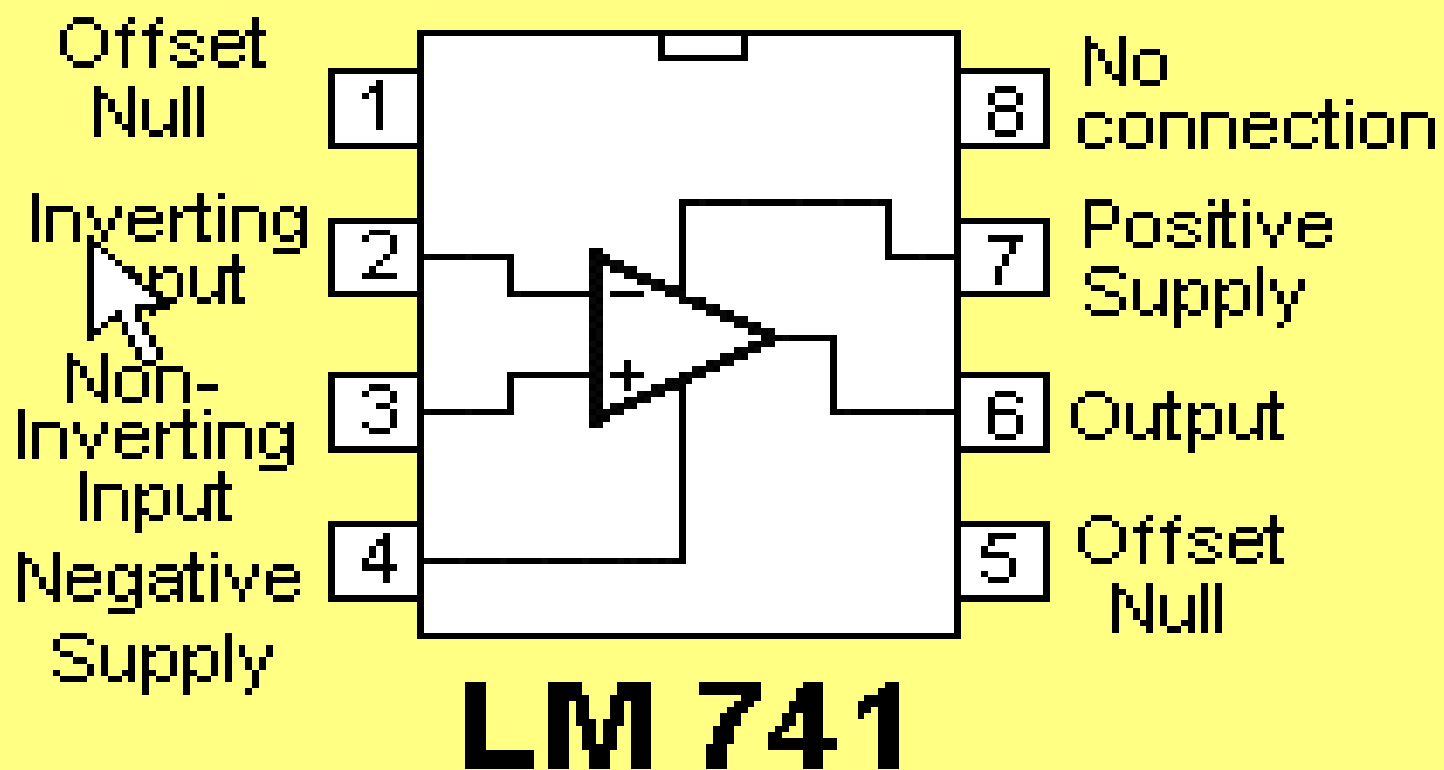
$$A_v = 200.000 \text{ hay } 106\text{dB}$$

$$R_o = 75 \text{ Ohm}$$

Đáp ứng tần số

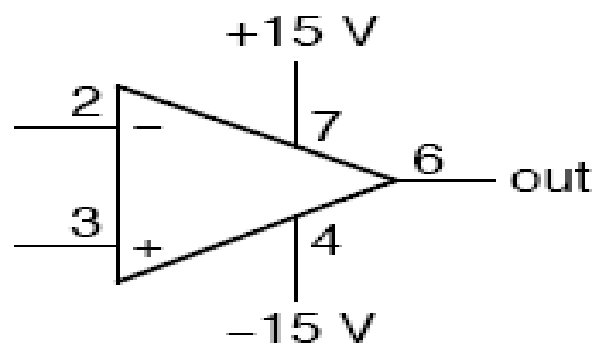
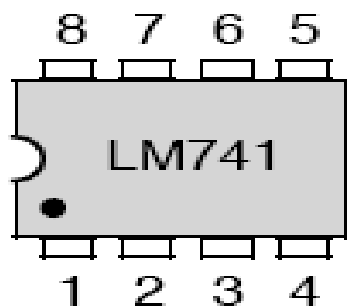
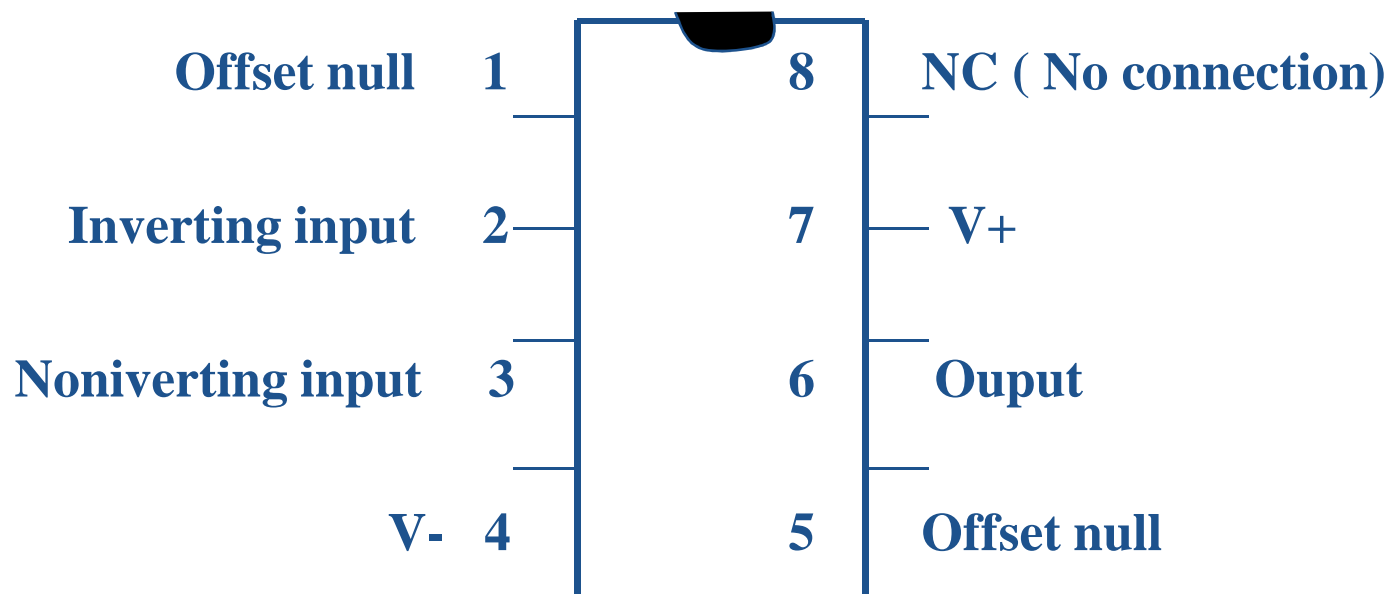


Hình 3



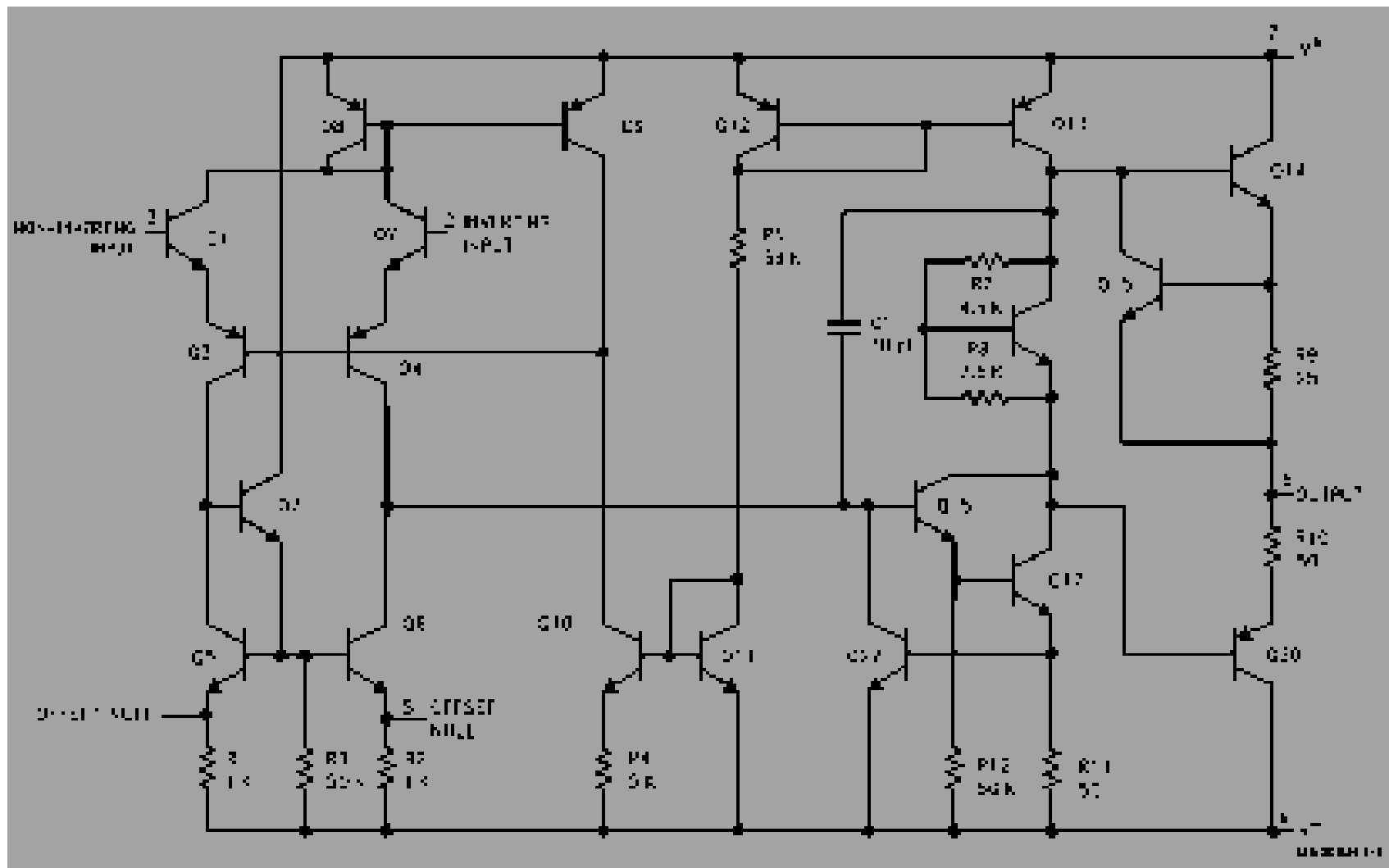


- LM 741 loại vỏ 8 chân:



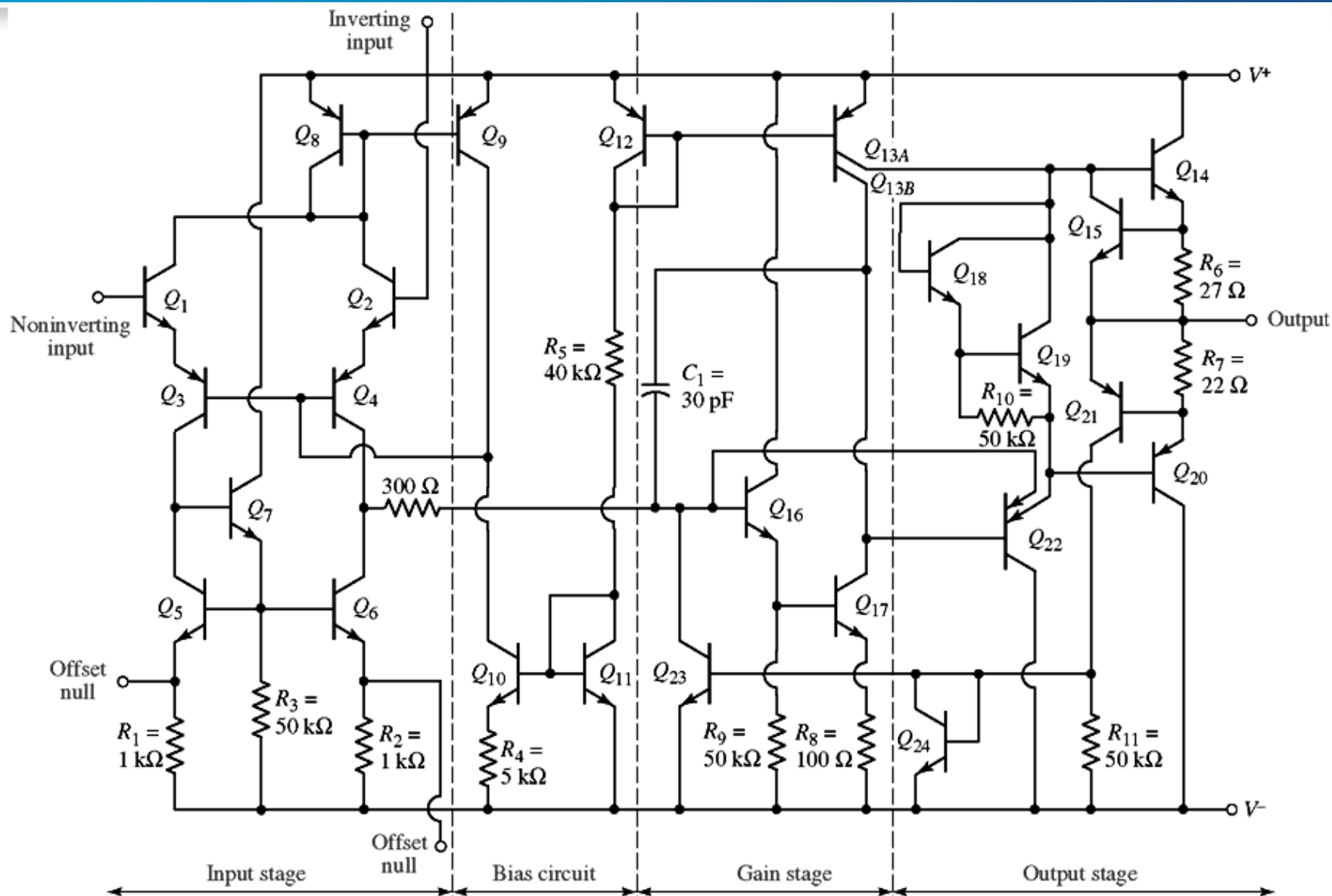


SƠ ĐỒ MẠCH CHI TIẾT CỦA OP AMP LM 741



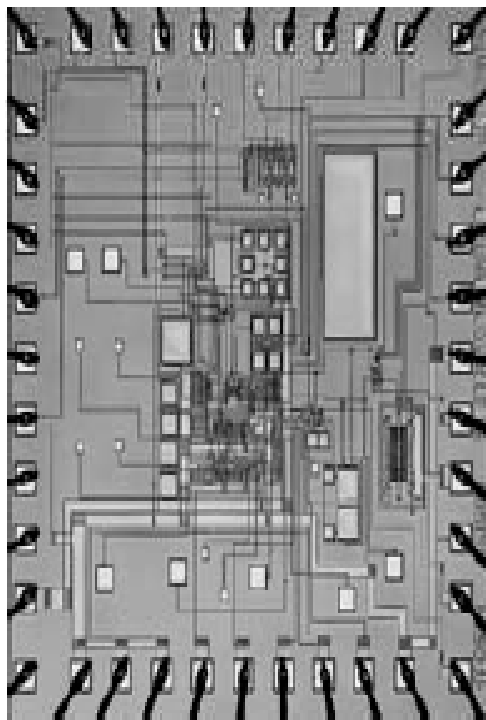


SƠ ĐỒ MẠCH CHI TIẾT CỦA OP AMP LM 741





Modern OpAmp IC -- 1995



Modern Opamp Package





TÍNH CHẤT OP AMP

Op.amp có 2 cách khuếch đại vòng hở

(1) Phương cách vi sai (differential mode)

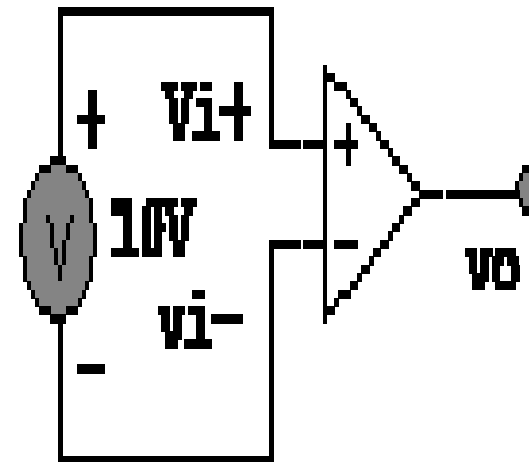
Tín hiệu vào tác động 2 ngõ vào gọi là điện thế vi sai

$$V_{id} = V_i^+ - V_i^-$$

Độ lợi thế cách vi sai:

$$A_{vd} = \frac{V_o}{V_i^+ - V_i^-}$$

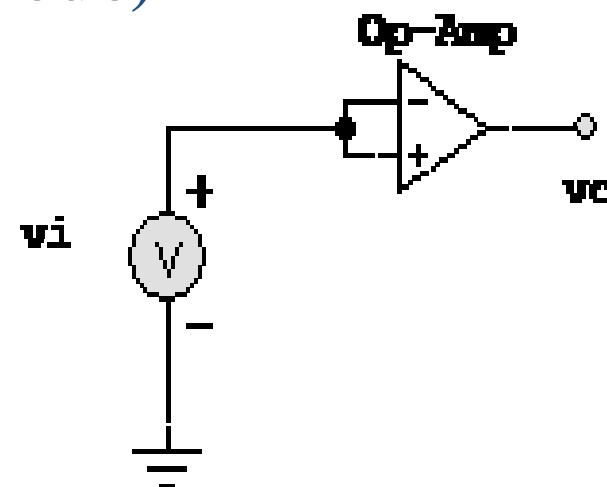
có trị số rất lớn, thường sử dụng.



(2) Phương cách chung(Common mode)

$$V_{id} = \frac{V_i^+ + V_i^-}{2}$$

$$A_{VC} = \frac{V_o}{V_{ic}} = \frac{V_o}{\left(\frac{V_i^+ + V_i^-}{2} \right)}$$



có trị rất nhỏ.

Hệ số truất thải cách chung:

$$CMRR = \rho = 20 \log \frac{A_{vd}}{A_{VC}} (dB)$$

có trị càng lớn , Op.amp càng tốt (741 là 90dB)



KẾT LUẬN

- Trong 1 Op.amp thực tế bao giờ cũng thực hiện cả 2 cách trên cùng 1 lúc, ta có:

$$V_o = A_{vd} V_{id} + A_{vc} V_{ic} = A_d V_d + A_c V_c$$

hay viết lại :

$$V_o = A_d V_d \left(1 + \frac{1}{CMRR} \frac{V_c}{V_d} \right)$$

Tín hiệu ra có cả thành phần cách vi sai và cách chung, nhưng vì **CMRR rất lớn**, nên điện thế ra gần như được cho bởi **tín hiệu cách vi sai**, còn thành phần cách chung gần như bị loại bỏ. Đây là ưu điểm của OP AMP (mạch KĐVS) trong việc phát hiện tín hiệu rất nhỏ (trong đo lường, y khoa, sinh học ...)



ĐẶC TÍNH CỦA OP AMP

a. Đặc tính kỹ thuật

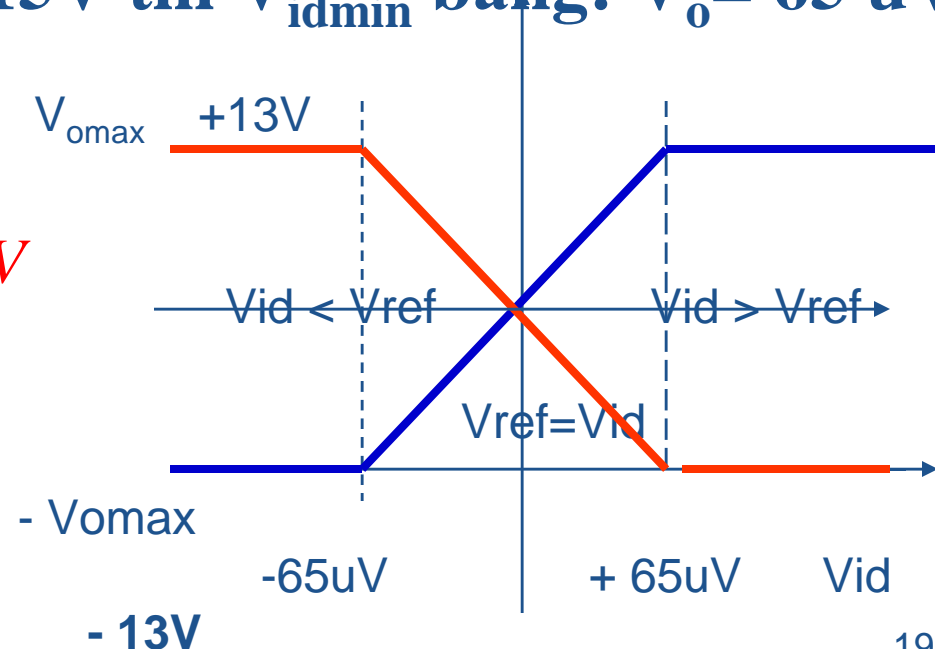
Table 14.1 Nonideal parameter values for three op-amp circuits

	741E			CA3140			LH0042C		
	Typ.	Max.	Unit	Typ.	Max.	Unit	Typ.	Max.	Unit.
Input offset voltage	0.8	3	mV	5	15	mV	6	20	mV
Average input offset voltage drift		15	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$				10		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input offset current	3.0	30	nA	0.5	30	pA	2		pA
Average input offset current drift		0.5	$\text{nA}/^\circ\text{C}$						
Input bias current	30	80	nA	10	50	pA	2	10	pA
Slew rate	0.7		$\text{V}/\mu\text{s}$	9		$\text{V}/\mu\text{s}$	3		$\text{V}/\mu\text{s}$
CMRR	95		dB	90		dB	80		dB

b. Đặc tuyến truyền của Op.amp.

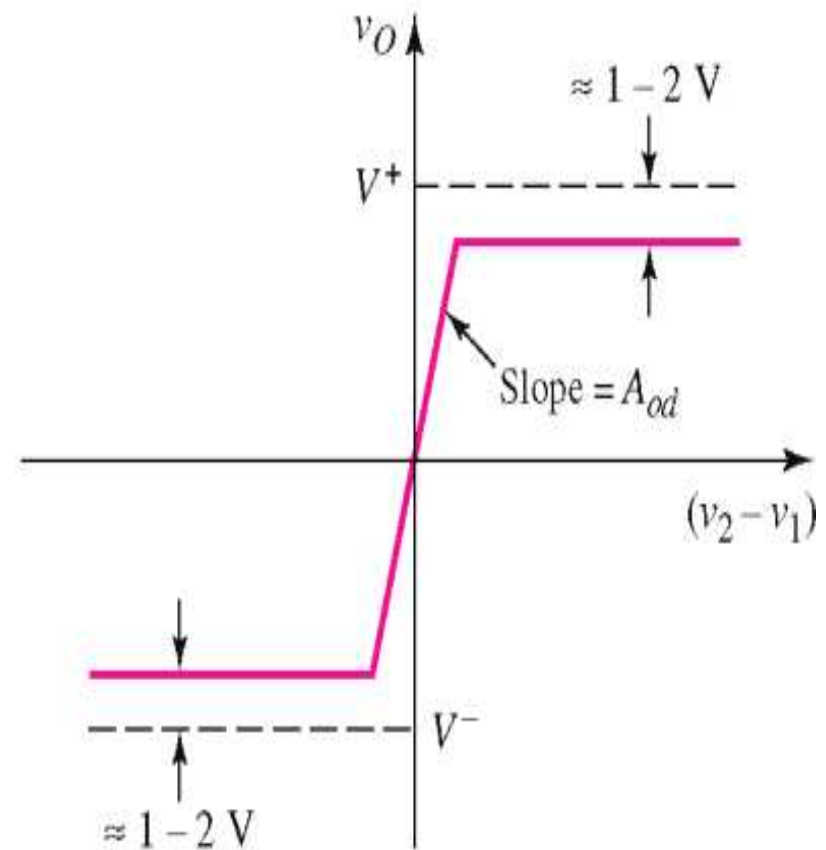
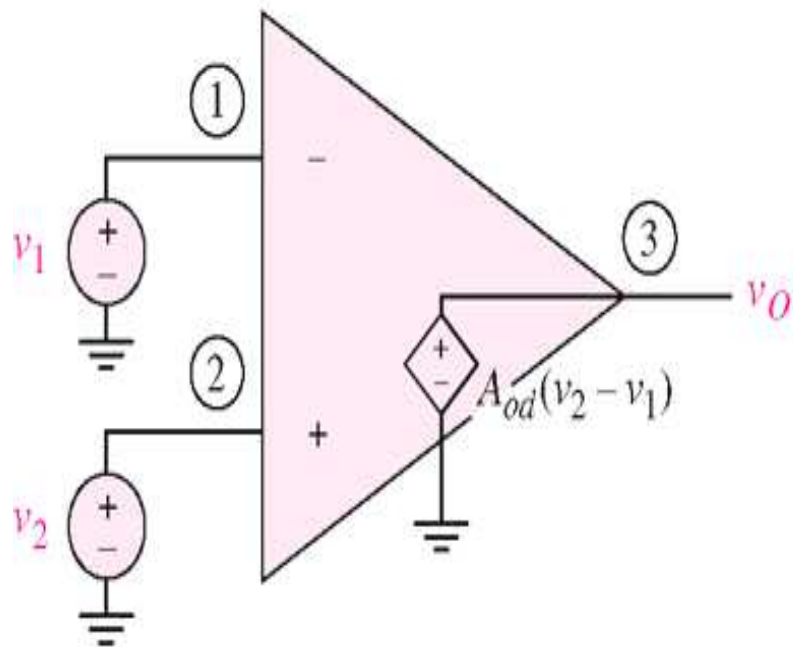
- Do A_{vd} rất lớn, nên tín hiệu ra V_o rất lớn khi khuếch đại vòng hở $\rightarrow V_o$ nhanh chóng đạt trị bão hoà khi V_i có biên độ rất nhỏ vào khoảng vài μV .
- Với IC 741, có $A_{vd} = 200.000$ và điện thế ra cực đại $V_{omax} = 13V$ (cấp điện 15V thì V_{idmin} bằng: $V_o = 65 \mu V$)

$$V_{idmin} = \frac{V_{omax}}{A_{vd}} = \frac{13}{200.000} = 65 \mu V$$



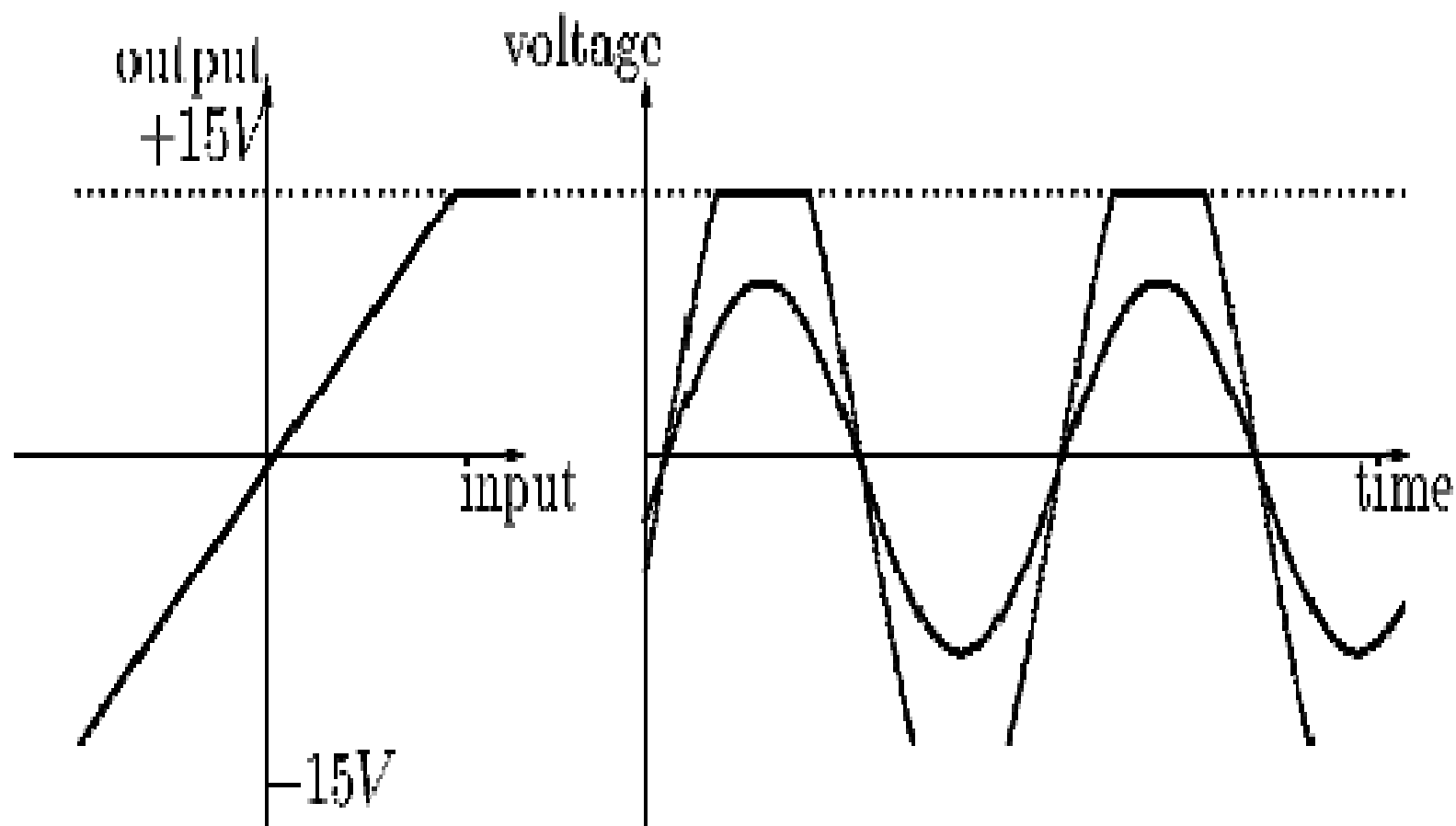


OP AMP LÝ TƯỞNG





Tín hiệu ra bị xén (cắt)



saturation characteristic

waveform clipping

ĐIỆN THẾ VÀ DÒNG ĐIỆN OFFSET

- **Điện thế offset ngõ vào V_{io} :** là điện thế offset ngõ vào khi cả 2 ngõ vào đều 0V lại cho ngõ ra 1 điện thế khác không gọi là điện thế offset ngõ ra

$$V_{oo} = V_{io}([R_1 + R_F]/R_1)$$

- **Dòng offset ngõ vào I_{io} :** Khi dòng phân cực 2 ngõ vào bằng nhau (nhưng khác dấu) lại cho điện thế ra khác không gọi là điện thế offset ngõ ra

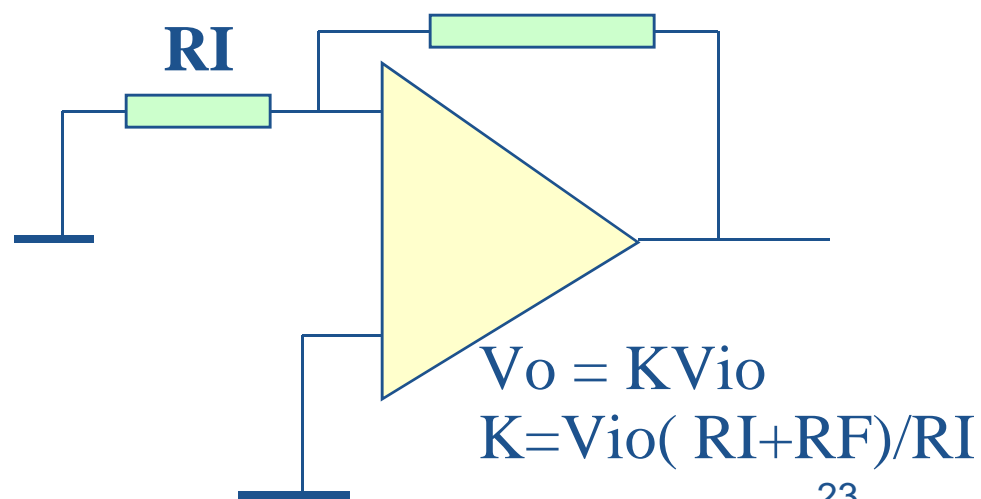
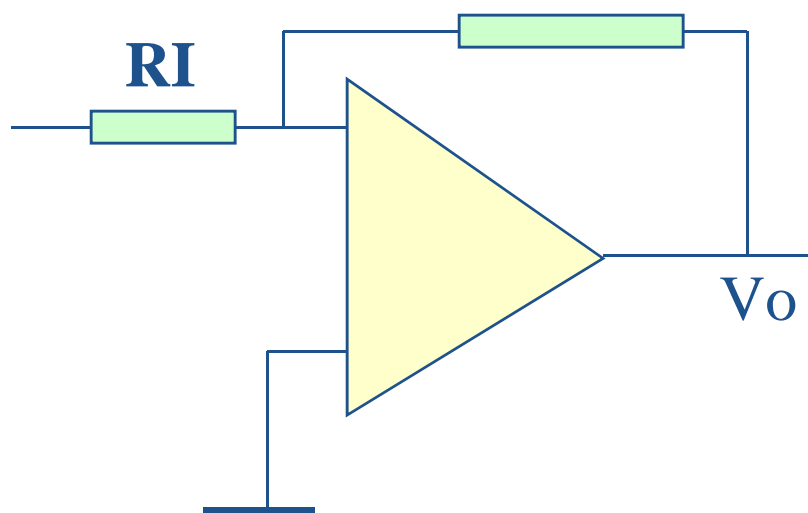
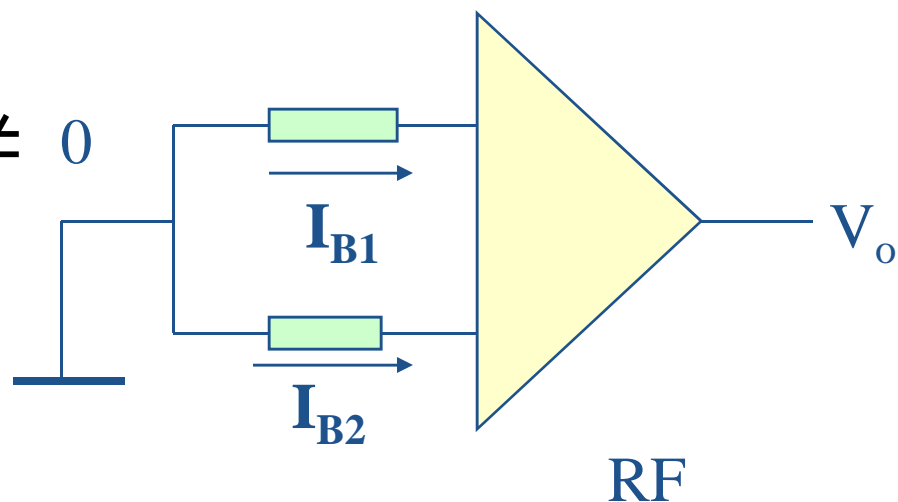
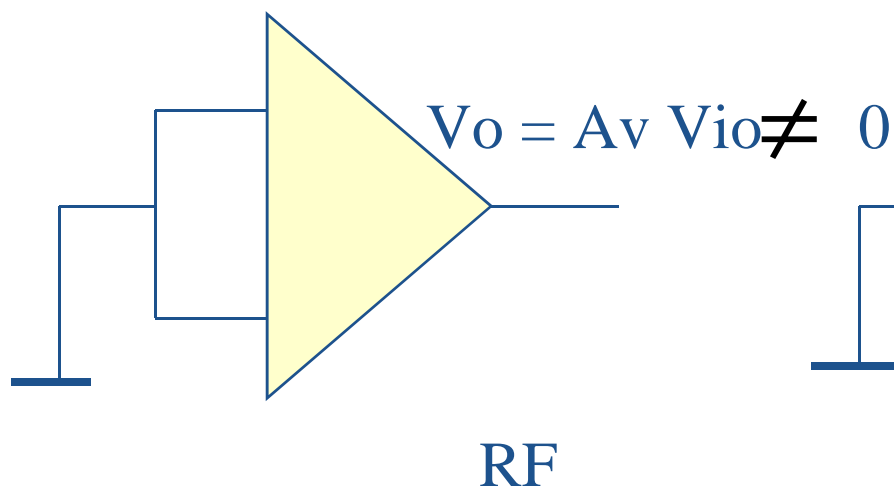
$$V_{oo} = I_{io}R_F$$

- **Điện thế offset tổng cộng:**

$$V_{ooT} = V_{oo}(\text{do } V_{io}) + V_{oo}(\text{do } I_{io})$$

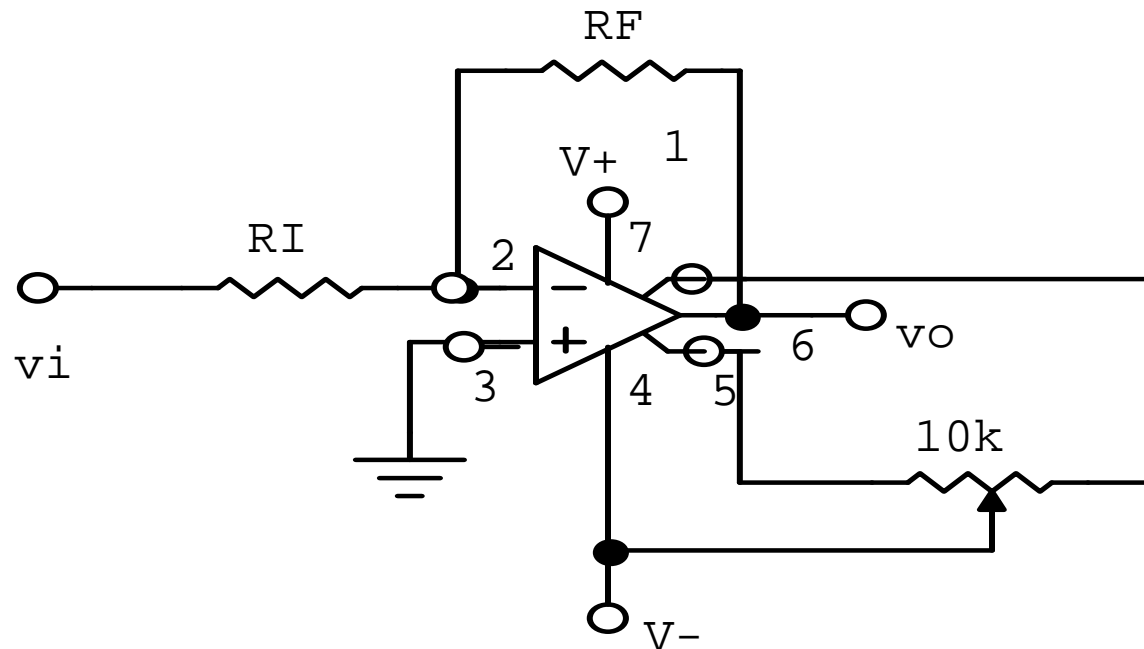


Đo điện thế offset



MẠCH TRỪ OFFSET (OFFSET NULL)

- Op.amp có mạch trừ offset bên trong (LM741)

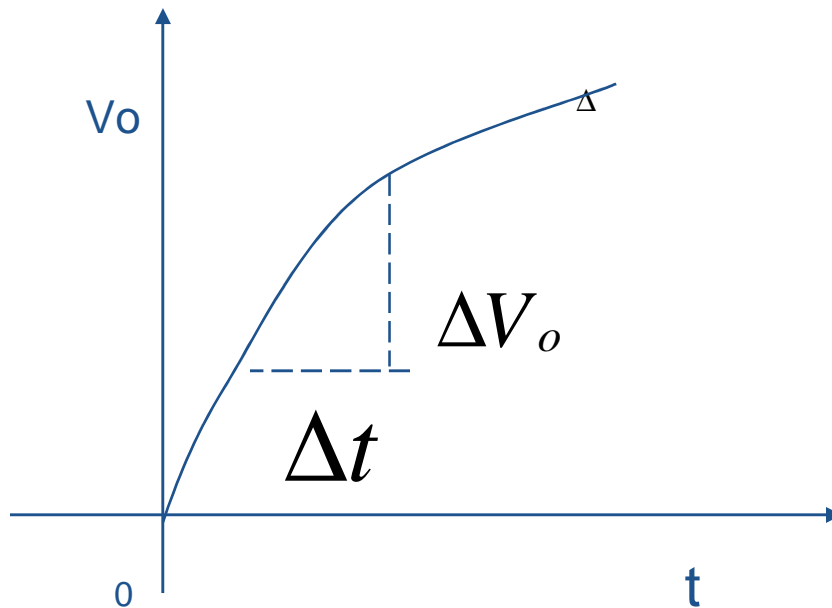


- Điều chỉnh biến trở để có $V_{oo} = 0V$ khi $V_i = 0V$

TỐC ĐỘ TĂNG THỂ - SR (SLEW RATE)

- SR là trị số cực đại của điện thế ngõ ra mạch khuếch đại có thay đổi theo thời gian :

$$SR = \frac{\Delta V_o}{\Delta t} \quad V / \mu s$$





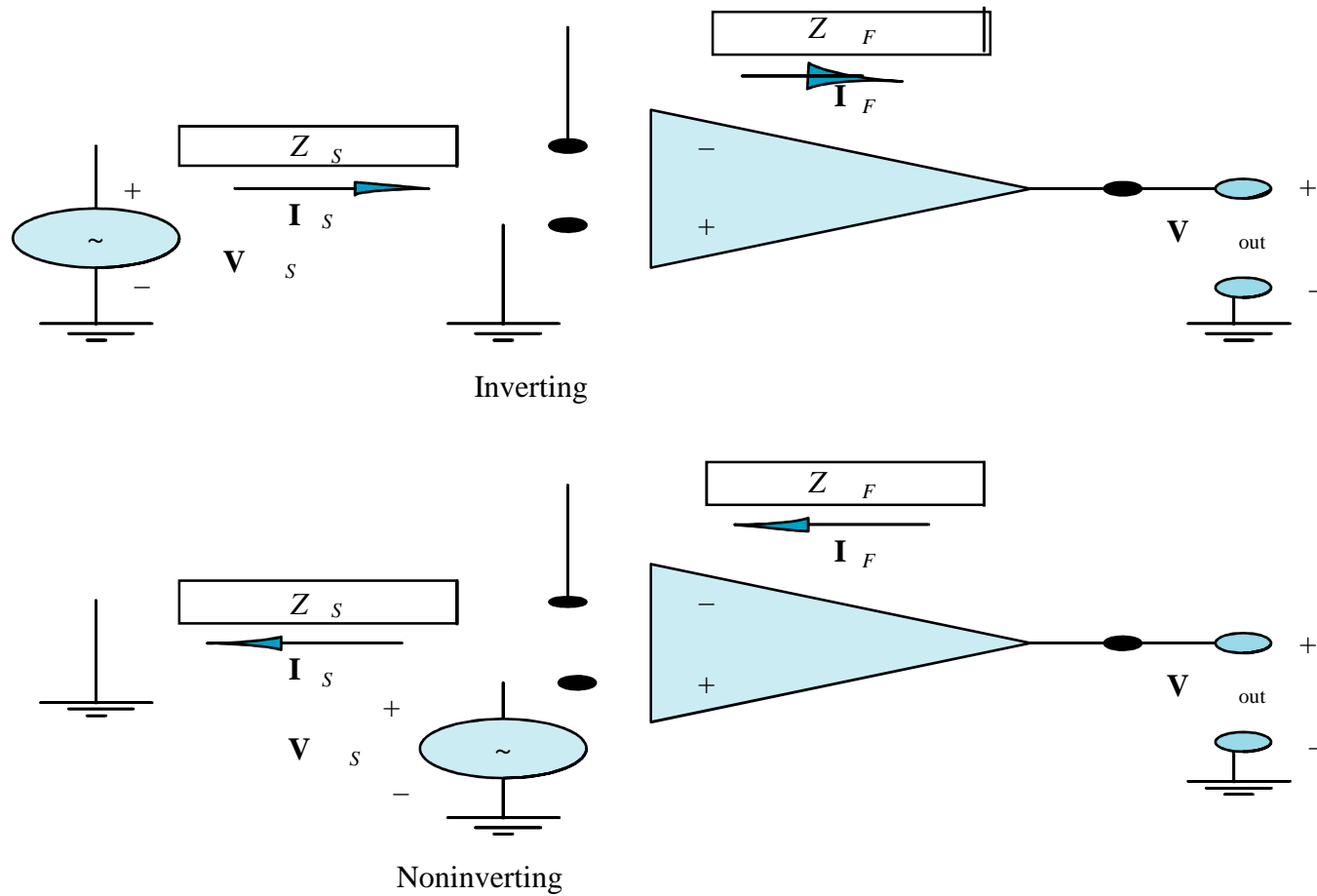
MỘT SỐ THÔNG SỐ KHÁC

- Điện thế ngõ ra bão hoà : $+V_{obh}=V_{omax}=+13V$,
 $-V_{obh}=V_{omin} = - (13V)$
- Dòng ra cực đại: $I_{omax} = 25mA$.
- Điện thế cung cấp: $V^+=+15V$, $V^- = -15V$
- Dòng cung cấp $I_s = 2,8mA$
- Công suất tiêu tán $P_D = 500mW$
- Nhiệt độ làm việc: 0 đến $75^{\circ}C$; $-25^{\circ}C$ đến $85^{\circ}C$;
 $-55^{\circ}C$ đến $125^{\circ}C$
- Hệ số nén điện điện thế nguồn cung cấp
$$PSRR = \frac{\Delta V_{IS}}{\Delta V_{CC}} \mu V/V = 30 - 150$$

MẠCH KHUẾCH ĐẠI CƠ BẢN CỦA OP AMP

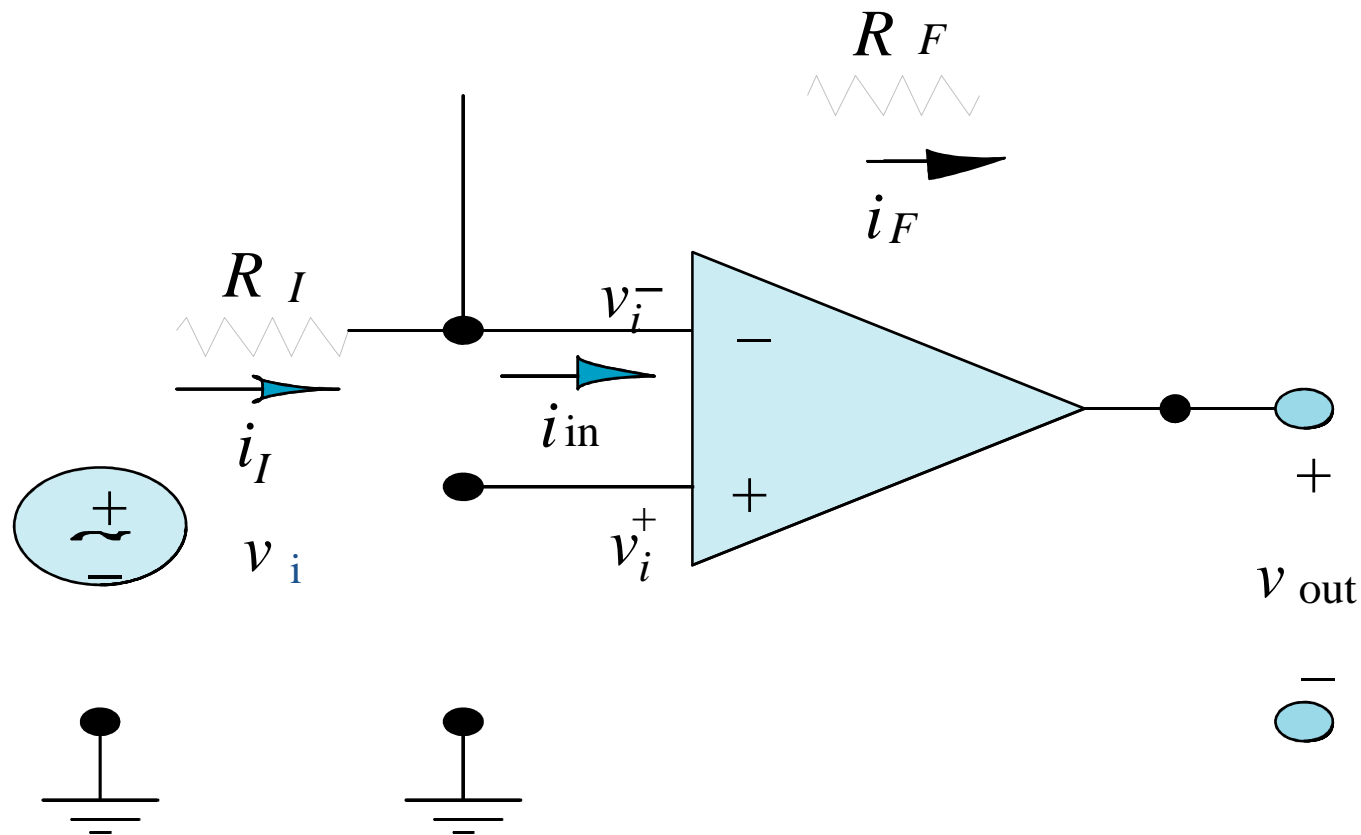
- Để tránh tín hiệu ra bão hòa khi tín hiệu vào quá nhỏ, không dùng cách khuếch đại vòng hở khi không cần thiết.
- Để tín hiệu vào lớn và tín hiệu ra không bị bão hòa (không bị xén) → **khuếch đại hồi tiếp** (cho 1 phần tín hiệu ra vào lại ngõ vào)
- Có 2 cách mắc cơ bản:
 - Khuếch đại đảo dấu (đảo pha)
 - Khuếch đại không đảo dấu (không đảo)

MẠCH KHUẾCH ĐẠI CƠ BẢN CỦA OP AMP



MẠCH KHUẾCH ĐẠI CƠ BẢN CỦA OP AMP

1. Khuếch đại đảo (đổi dấu)



MẠCH KHUẾCH ĐẠI CƠ BẢN CỦA OP AMP

- Do tổng trở vào rất lớn, nên xem dòng $i_{in} = 0$, ta có :
($i_1 = i_I$, $i_2 = i_F$, $R_1 = R_I$, $R_2 = R_F$)

$$i_i = i_f + i_n = 0 \rightarrow i_i = i_f$$

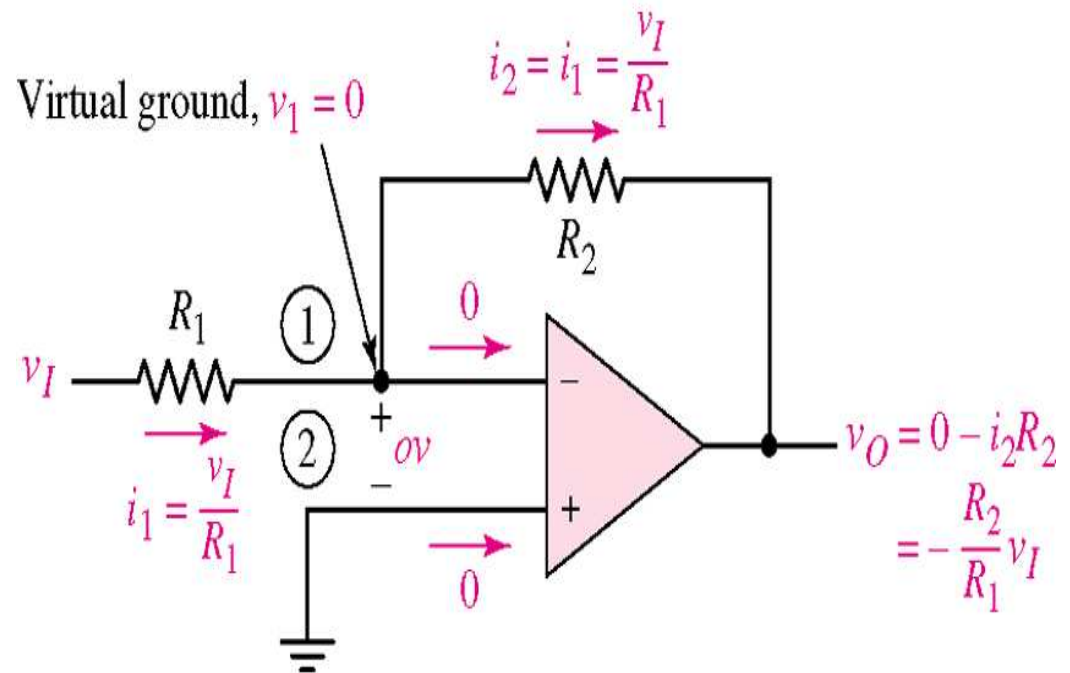
Mặt khác : $V^+ = 0 \text{ V} \rightarrow V^- = 0 \text{ V}$ (mass ảo)

Hay:

$$\frac{V_i - V^-}{R_I} = \frac{V^- - V_o}{R_F} \Rightarrow$$

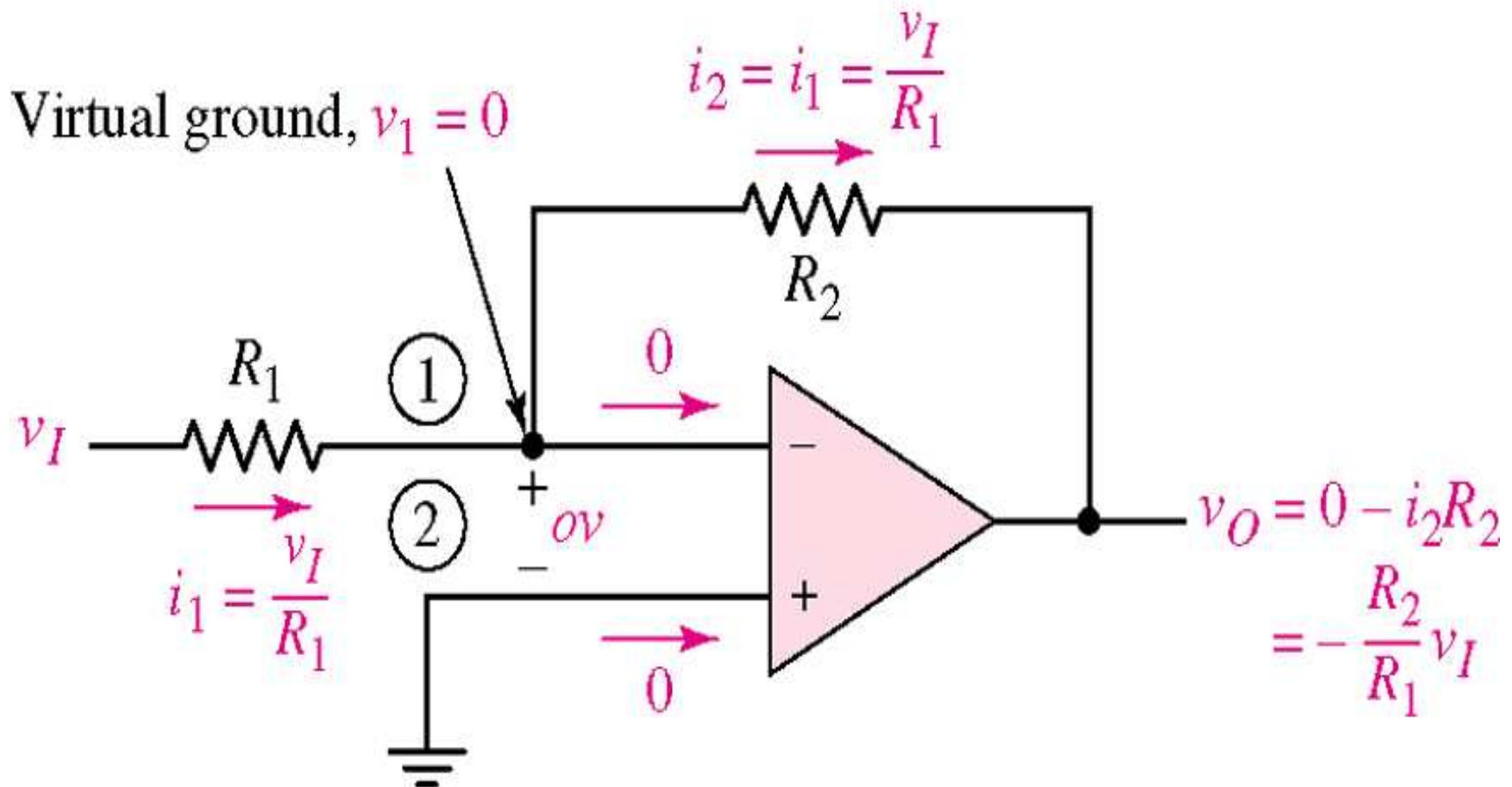
$$\frac{V_i}{R_I} = -\frac{V_o}{R_F} \Rightarrow$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_F}{R_I} \quad (I)$$



MẠCH KHUẾCH ĐẠI CƠ BẢN CỦA OP AMP

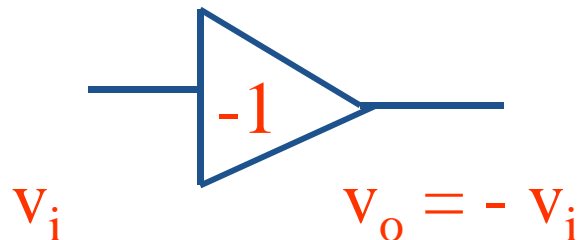
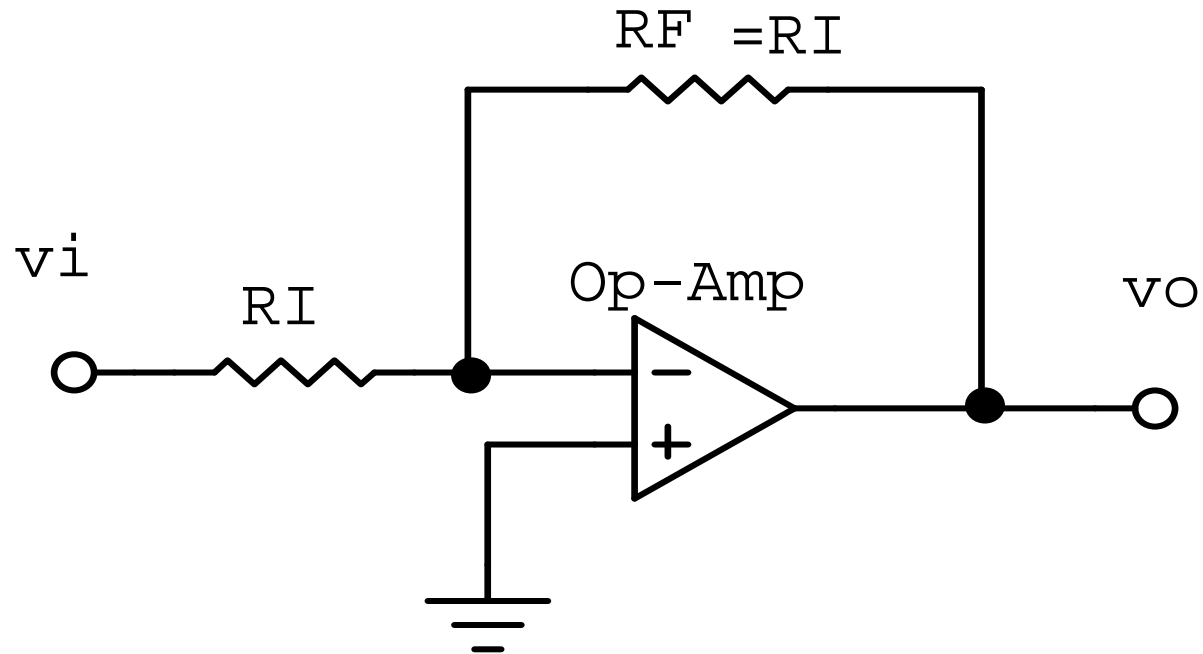
Giải gần đúng mạch khuếch đại đảo



MẠCH KHUẾCH ĐẠI CƠ BẢN CỦA OP AMP

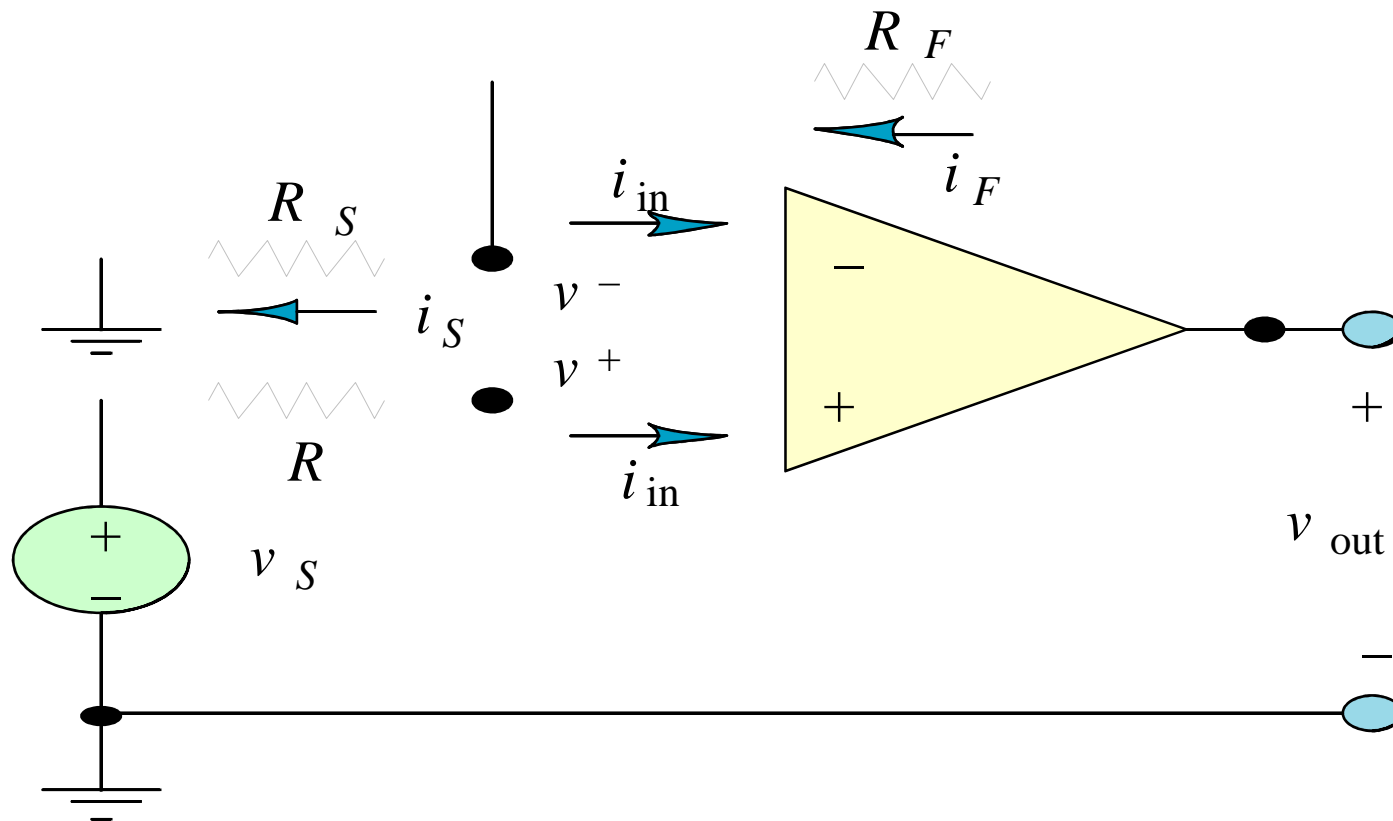
- Mạch đảo dấu

Khi cho $R_F = R_I \rightarrow A_v = -1 \rightarrow v_o = -v_i$



MẠCH KHUẾCH ĐẠI CƠ BẢN CỦA OP AMP

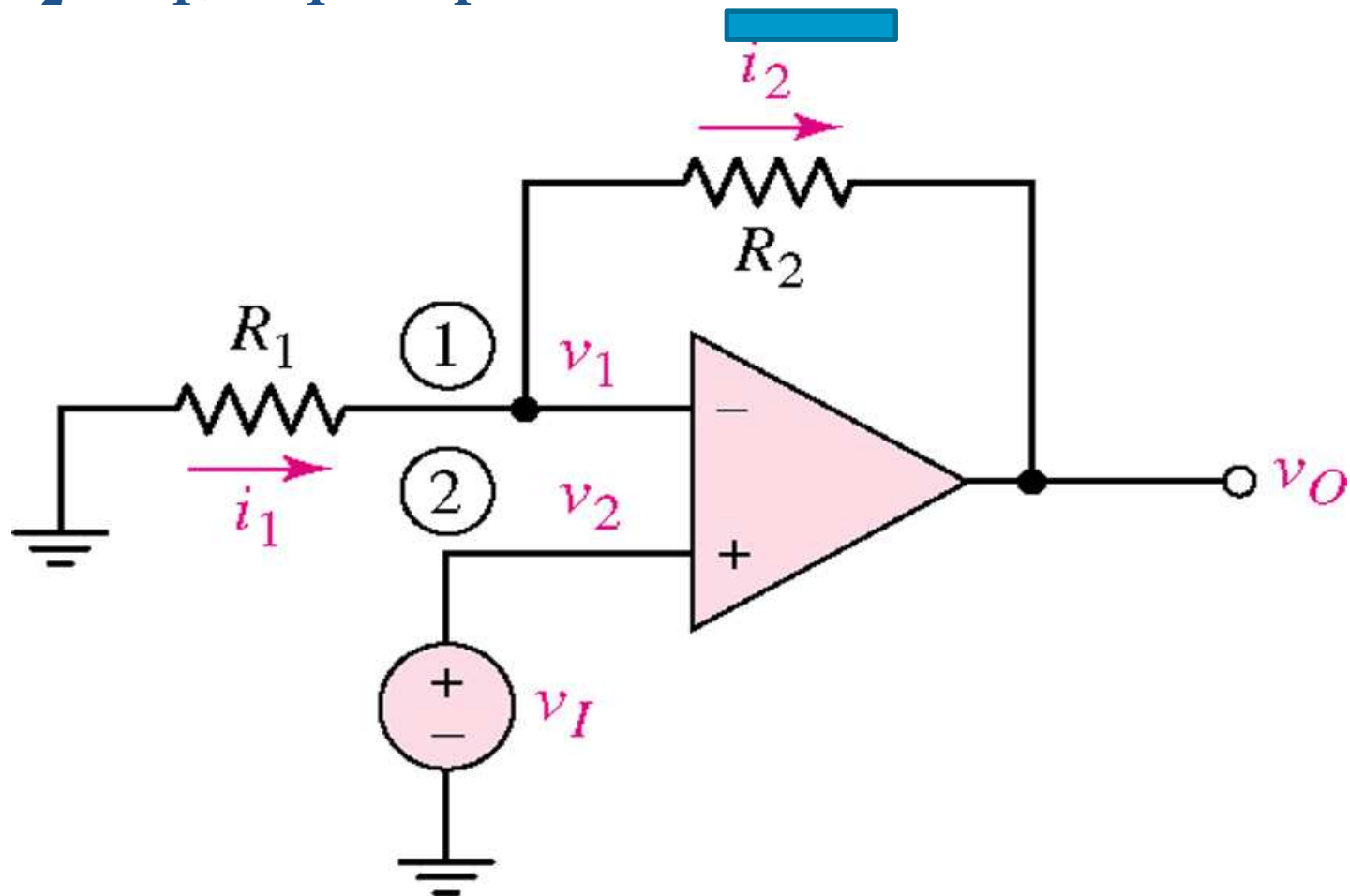
2. Mạch khuếch đại không đổi dấu



MẠCH KHUẾCH ĐẠI CƠ BẢN CỦA OP AMP

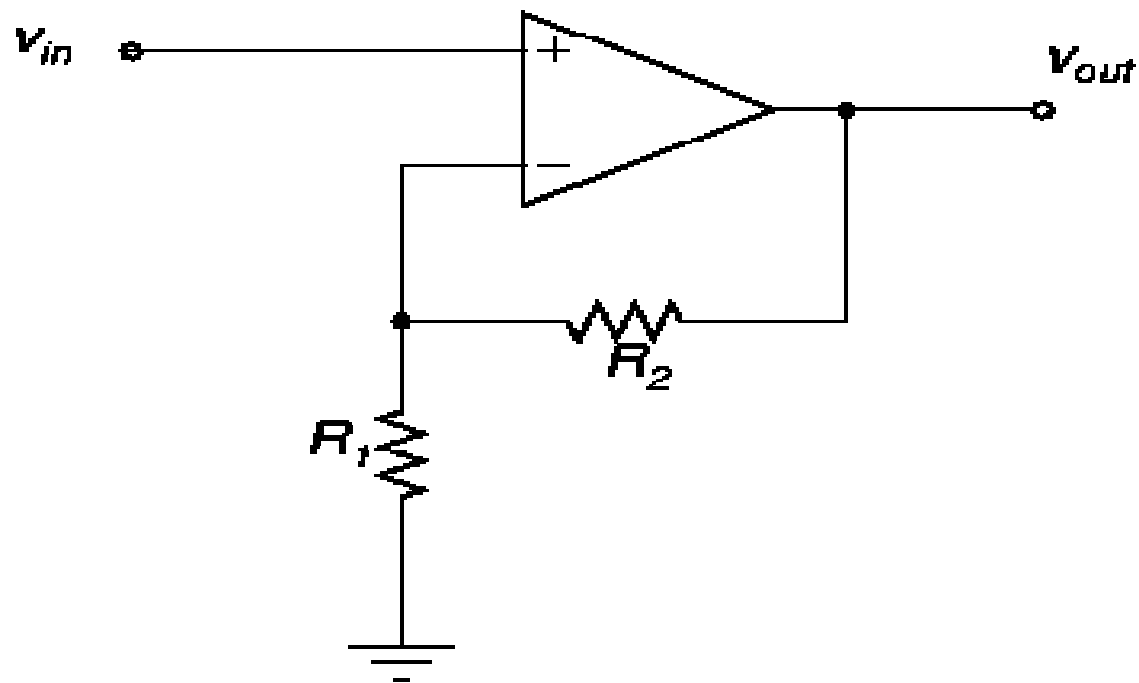
Mạch khuếch đại không đảo

Với $R_2 = R_F$, $R_1 = R_I$





- Dạng khác của mạch khuếch đại không đảo



MẠCH KHUẾCH ĐẠI CƠ BẢN CỦA OP AMP

- Chứng minh:

Do R_{in} rất lớn, nên $i_{in} = 0$

$$(i_1 = i_i = , i_2 = i_F)$$

$$i_I = i_F + i_{in} = i_F$$

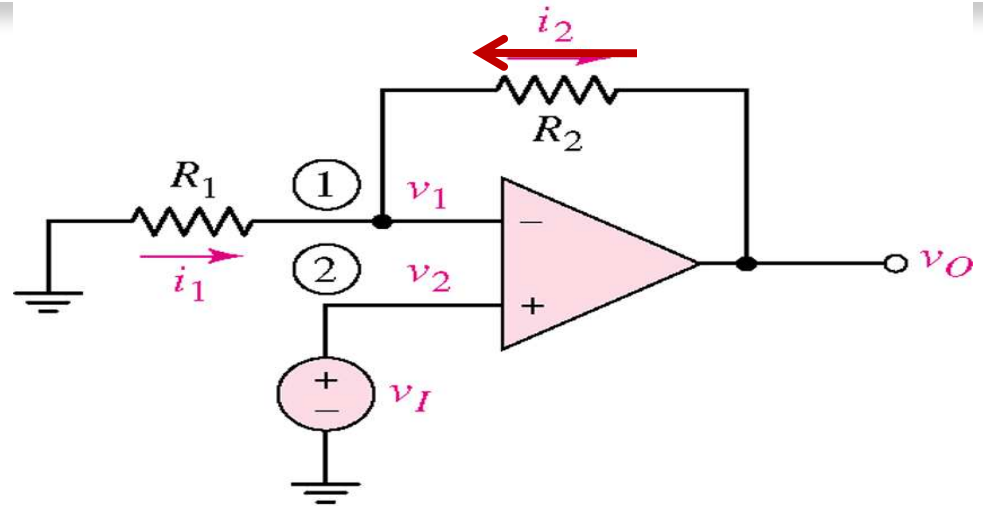
Và : ($R_1 = R_I, R_2 = R_F$)

$$V^- = V^+ = V_i$$

Hay:
$$\frac{0 - V^-}{R_I} = \frac{V^- - V_o}{R_F} \Rightarrow -\frac{V_i}{R_I} = \frac{V_i - V_o}{R_F} \Rightarrow$$

$$\frac{V_o}{R_F} = V_i \left(\frac{1}{R_I} + \frac{1}{R_F} \right) \Rightarrow \frac{V_o}{R_F} = V_i \left(\frac{R_I + R_F}{R_I R_F} \right) \Rightarrow$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_F}{R_I} \quad (II)$$

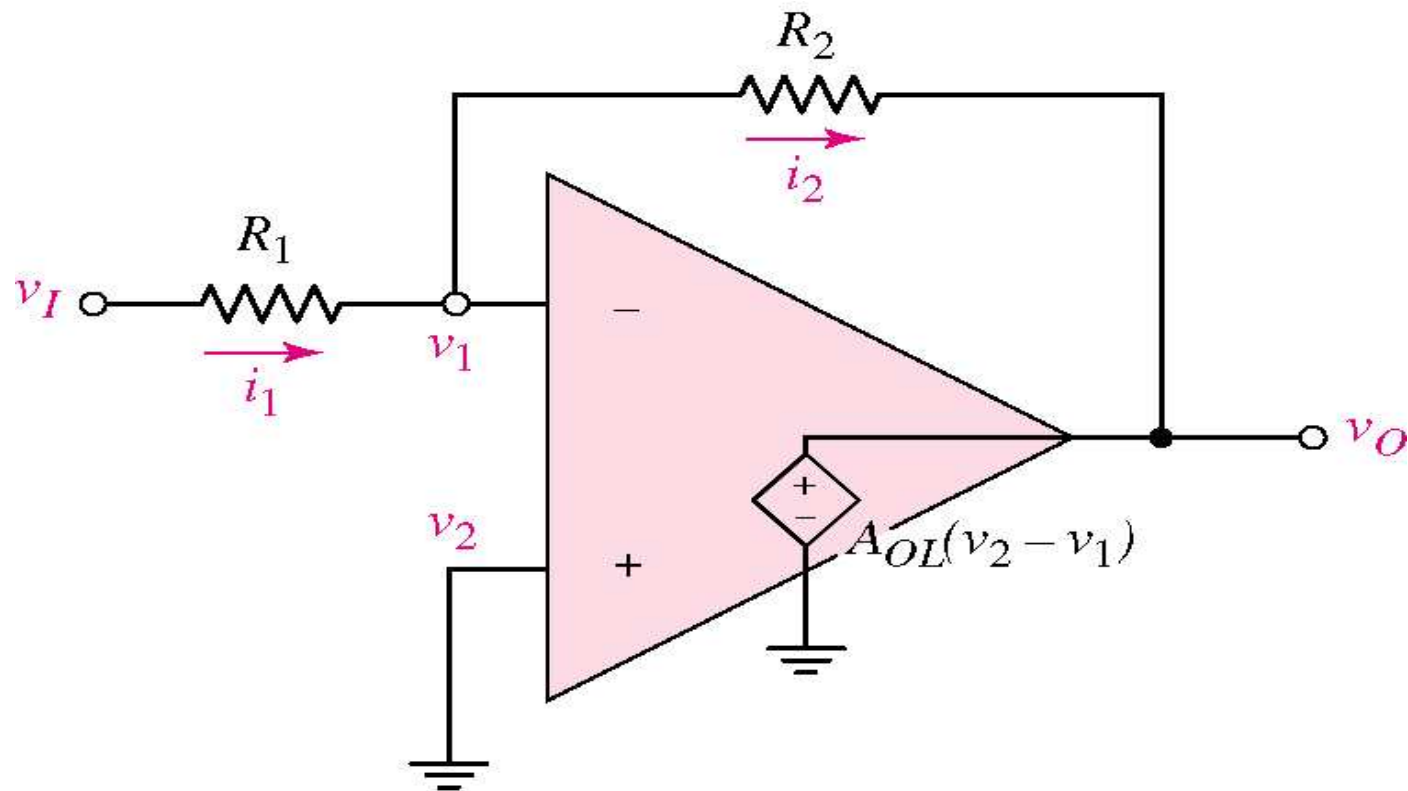




Giải đầy đủ:

a. Mạch khuếch đại đảo

Xét cả R_i và nguồn $A_v (v^+ - v^-) = -A_v v^-$



- Mạch tương đương:**

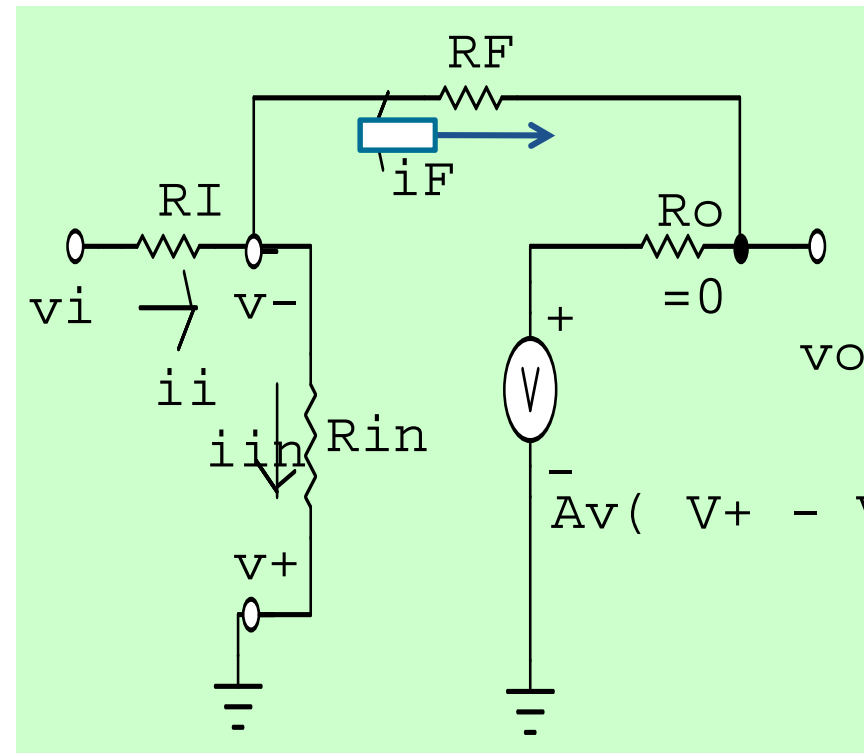
$$i_i + i_F = i_{in}$$

$$\frac{V_i - V^-}{R_I} + \frac{V_o - V^-}{R_F} = \frac{V^-}{R_{in}} \Rightarrow$$

$$\frac{V_o}{R_F} = -\frac{V_i}{R_I} + V^- \left(\frac{1}{R_{in}} + \frac{1}{R_F} + \frac{1}{R_I} \right)$$

Mà : $V^+ = 0V$; R_{in} rất lớn

và : $V_o = -A_v v^-$



$$\frac{V_o}{R_F} = -\frac{V_i}{R_I} - \frac{V_o}{A_v} \left(\frac{1}{R_F} + \frac{1}{R_I} \right)$$

- Hay:

$$V_o \left[\frac{1}{R_F} - \frac{1}{A_v} \left(\frac{1}{R_F} + \frac{1}{R_I} \right) \right] = - \frac{V_i}{R_I}$$

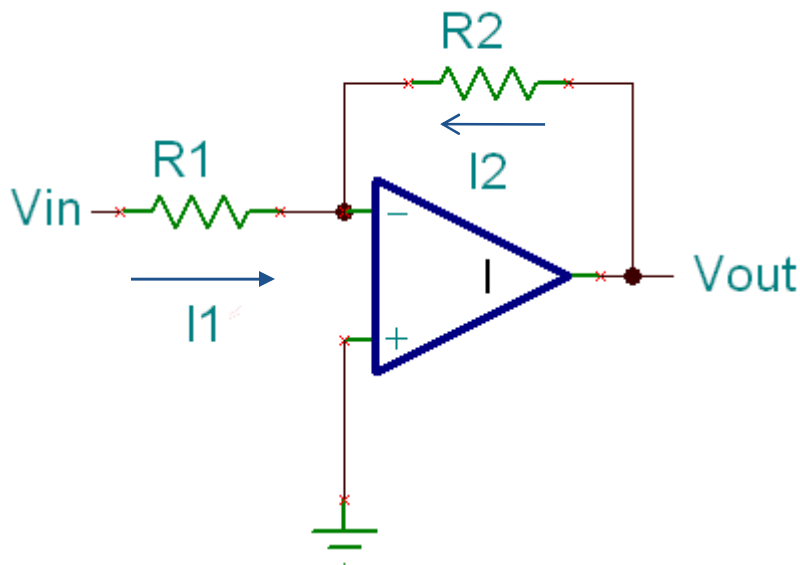
$$V_o \left[\frac{1}{R_F} - \frac{1}{A_v} \left(\frac{R_I + R_F}{R_F R_I} \right) \right] = - \frac{V_i}{R_I}$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = - \frac{1}{R_I} \left(\frac{1}{\frac{1}{R_F} - \frac{1}{A_v} \left(\frac{R_I + R_F}{R_I R_F} \right)} \right)$$

- Khi

$$A_v \rightarrow \infty \Rightarrow A_v = - \frac{R_F}{R_I}$$

OPAMP: INVERTING AMPLIFIER



1. $V_- = V_+$

2. As $V_+ = 0$, $V_- = 0$

3. As no current can enter V_- and from Kirchhoff's 1st law,
 $I_1 = I_2$.

4. $I_1 = (V_{IN} - V_-)/R_1 = V_{IN}/R_1$

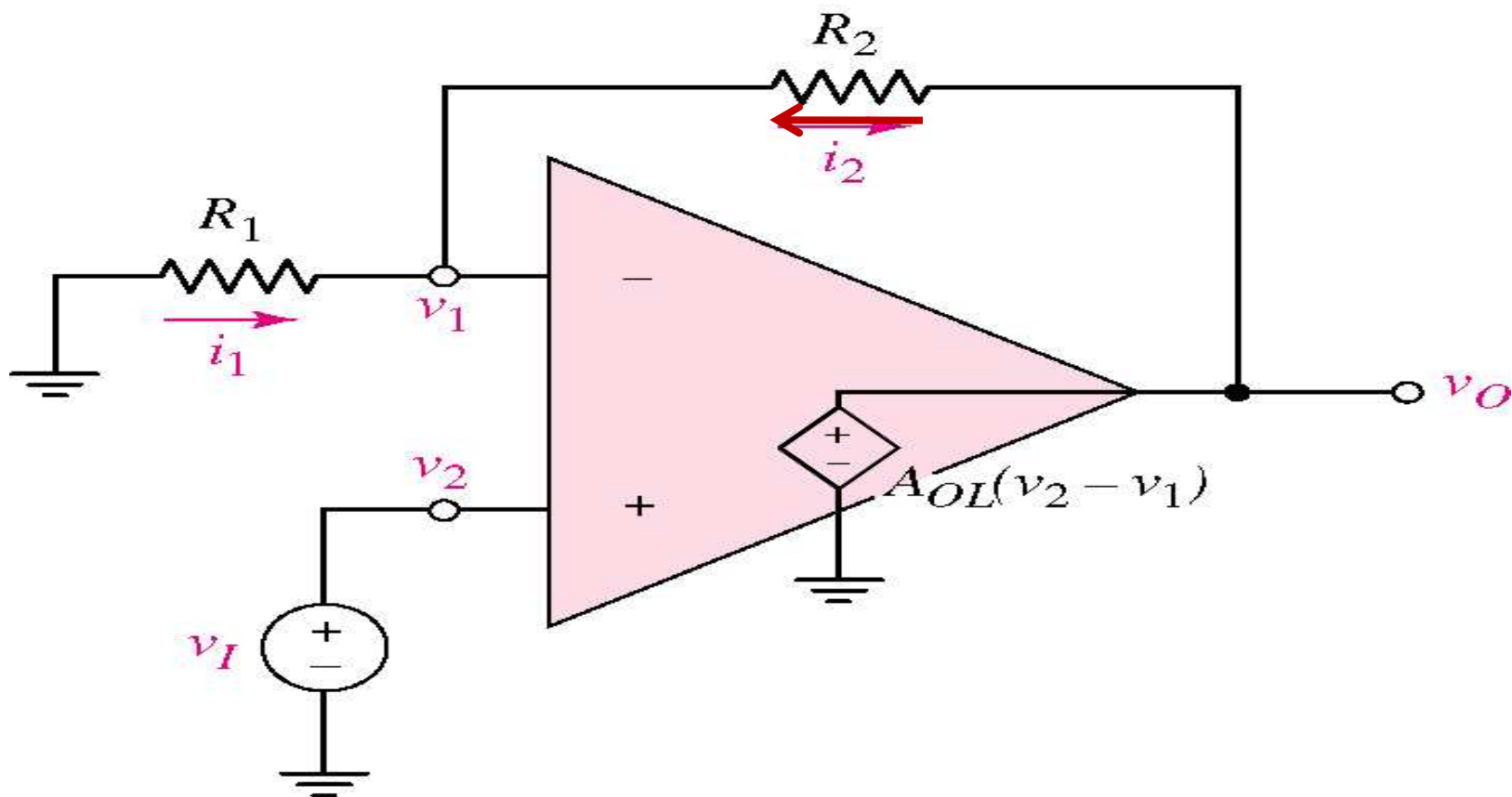
5. $I_2 = (0 - V_{OUT})/R_2 = -V_{OUT}/R_2 \Rightarrow V_{OUT} = -I_2 R_2$

6. From 3 and 5, $V_{OUT} = -I_2 R_2 = -I_1 R_2 = -V_{IN} R_2 / R_1$

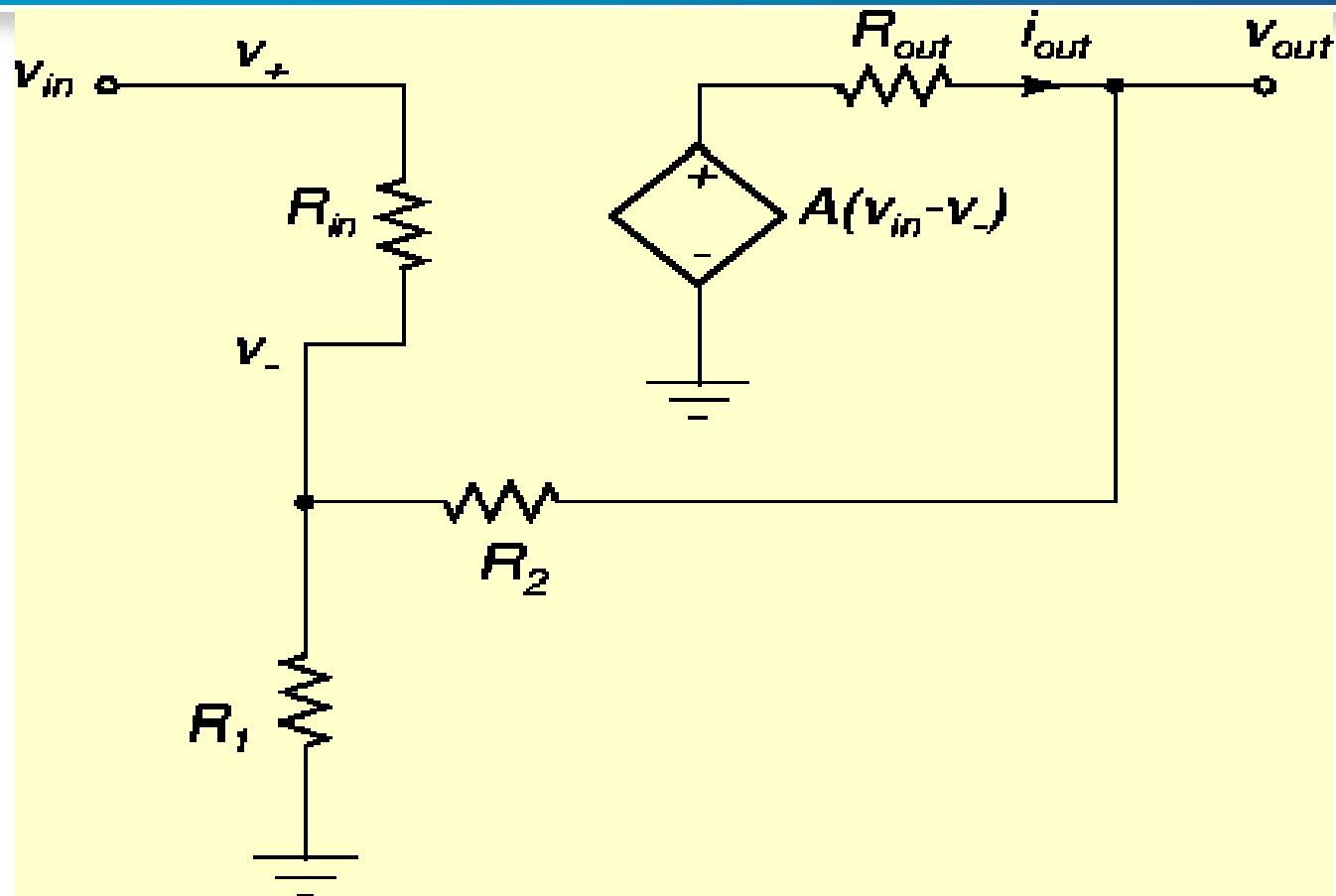
7. Therefore $V_{OUT} = (-R_2/R_1)V_{IN}$



b. Mạch khuếch đại không đảo



• Mạch tương đương:



- Công thức

$$\frac{\bar{v}_{in} - v_-}{R_{in}} + \frac{0 - v_-}{R_1} + \frac{v_{out} - v_-}{R_2} = 0$$

$$v_- = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_{out} + \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right) \frac{\bar{v}_{in} - v_-}{R_{in}}.$$

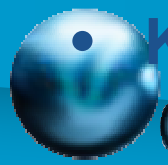
$$v_{out} = A(\bar{v}_{in} - v_-) - \dot{i}_{out} R_{out}.$$

- Do R_o rất nhỏ $= 0$ và R_{in} rất lớn so với R_1 và R_2 :

$$v_- \approx \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_{out}$$

$$v_{out} \approx A(\bar{v}_{in} - v_-)$$

$$v_{out} \approx A\bar{v}_{in} - A \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_{out}$$



- Kết quả:

$$U_{out} \approx \frac{A}{1 + A \frac{R_1}{R_1 + R_2}} \bar{U}_{me}$$

$$\begin{aligned} A_v = \frac{V_o}{V_i} &= \frac{A_v}{1 + \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) A_v} = \frac{A_v}{\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) A_v \left[1 + \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) \frac{1}{A_v} \right]} = \\ &= \frac{1}{\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \left[1 + \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) \frac{1}{A_v} \right]} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \left[\frac{1}{1 + \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{1}{A_v}} \right] \end{aligned}$$

- Khi A_v rất lớn ta có trường hợp lý tưởng:

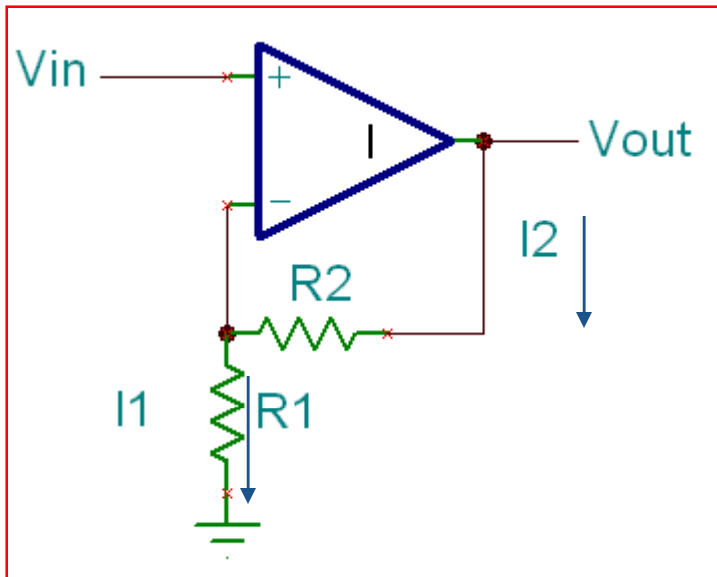
$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

\Leftrightarrow

$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_I}$$

với: $R_I = R_1$ và $R_F = R_2$

OPAMP: NON - INVERTING AMPLIFIER



1. $V_- = V_+$

2. As $V_+ = V_{IN}$, $V_- = V_{IN}$

3. As no current can enter V_- and from Kirchhoff's Ist law, $I_1 = I_2$.

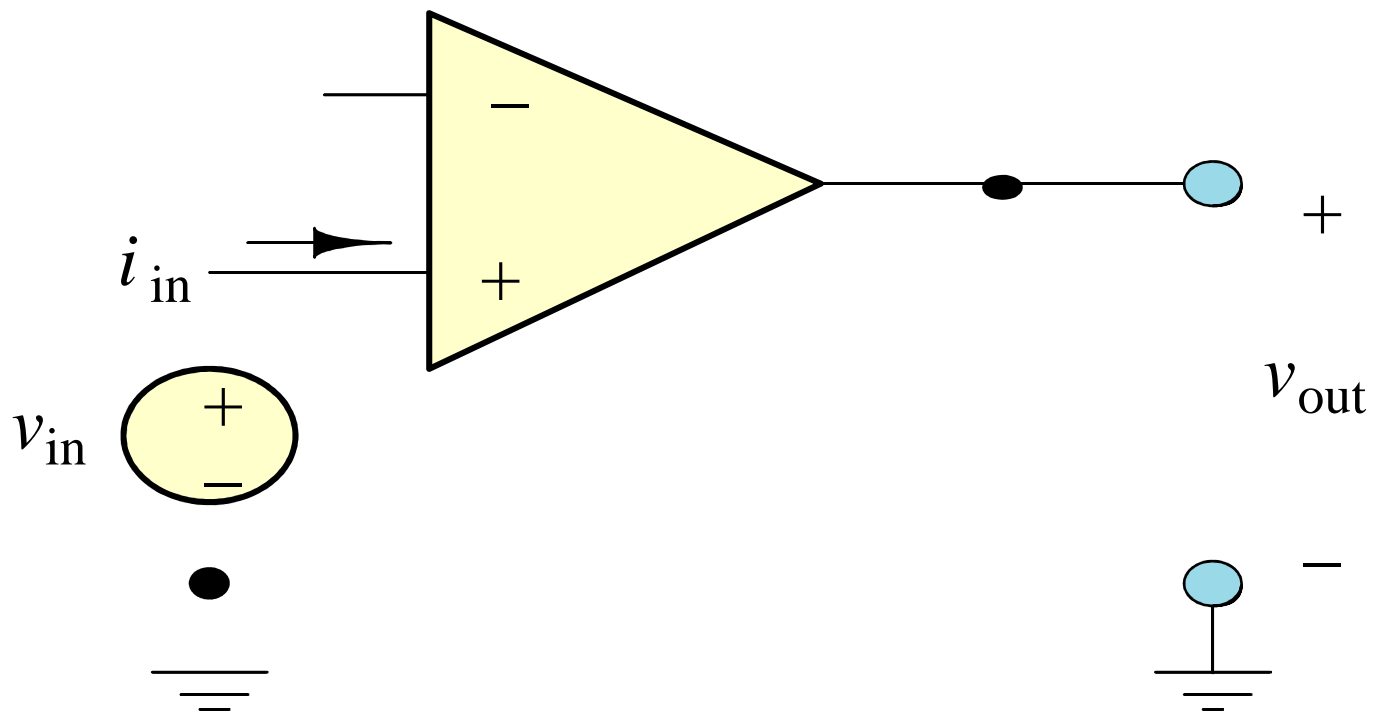
4. $I_1 = V_{IN}/R_1$

5. $I_2 = (V_{OUT} - V_{IN})/R_2 \Rightarrow V_{OUT} = V_{IN} + I_2 R_2$

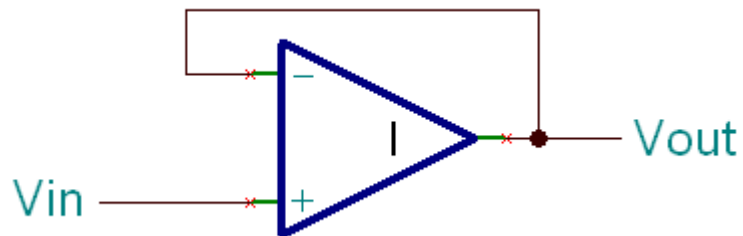
6. $V_{OUT} = I_1 R_1 + I_2 R_2 = (R_1 + R_2) I_1 = (R_1 + R_2) V_{IN} / R_1$

7. Therefore $V_{OUT} = (1 + R_2/R_1) V_{IN}$

Khuếch đại theo- Mạch đệm (Buffer)



OPAMP: VOLTAGE FOLLOWER



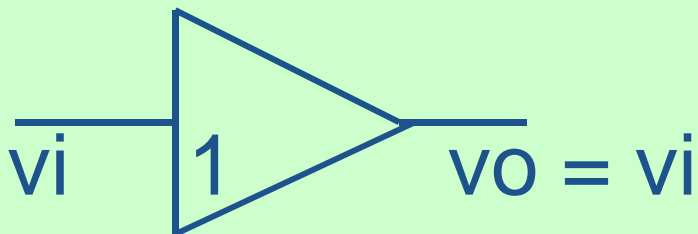
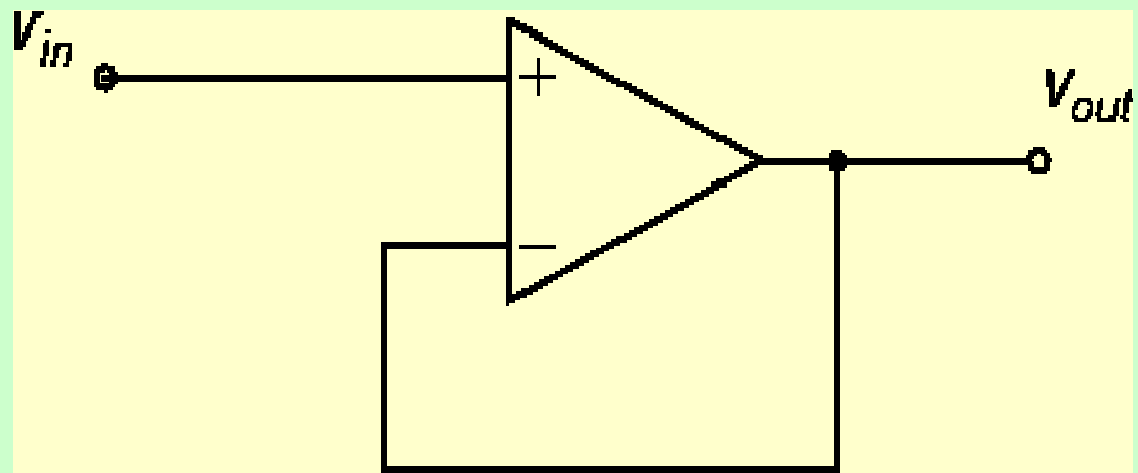
$$V_+ = V_{IN}$$

By virtual ground, $V_- = V_+$

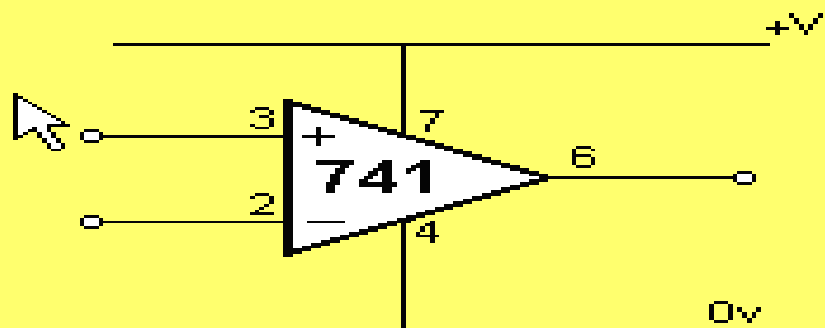
$$\text{Thus } V_{out} = V_- = V_+ = V_{IN} !!!!$$

So what's the point ? The point is, due to the infinite input impedance of an op amp, no current at all can be drawn from the circuit before V_{IN} . Thus this part is effectively isolated. *Very useful for interfacing to high impedance sensors such as microelectrode, microphone...*

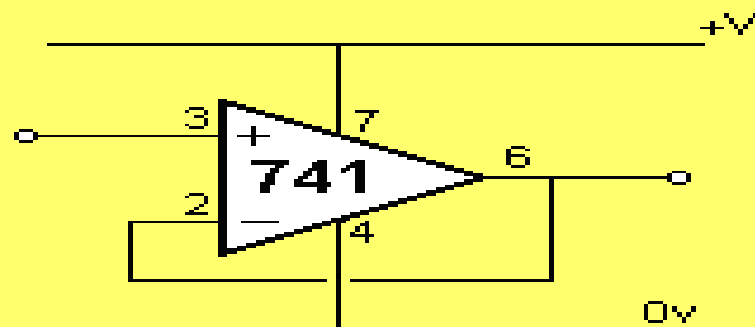
Khuếch đại theo - Mạch đệm (Buffer)



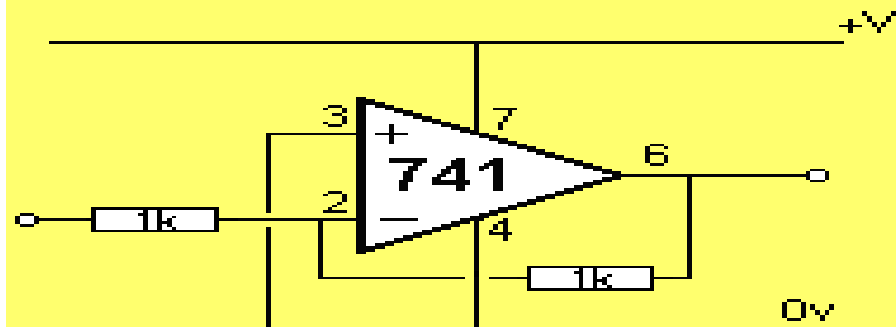
$$R_F = 0 \rightarrow A_v = 1 \rightarrow V_o = V_i$$



OP-AMP on single power rails

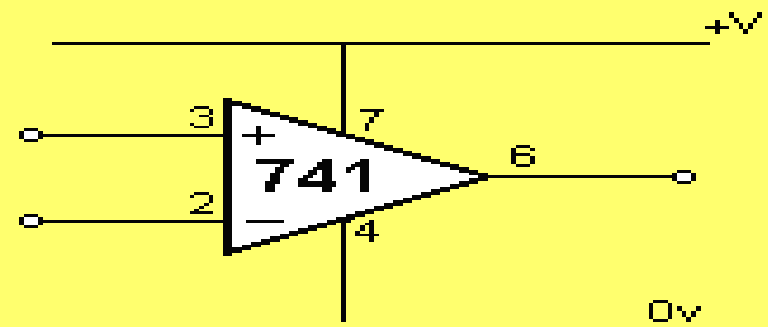


Non-inverting buffer

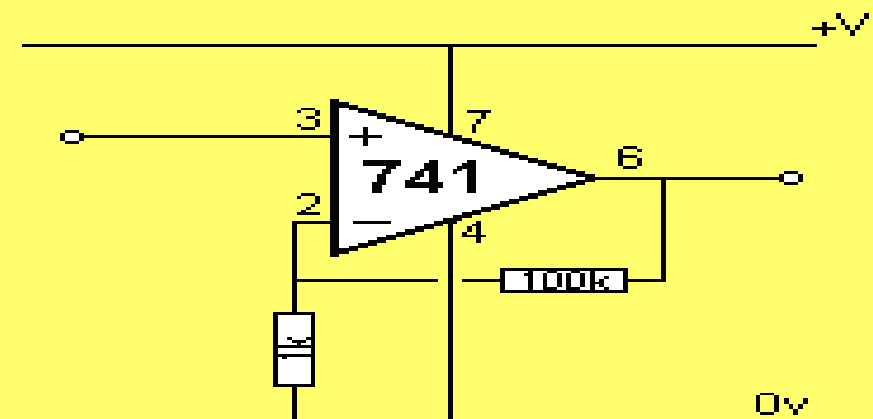


Inverting buffer

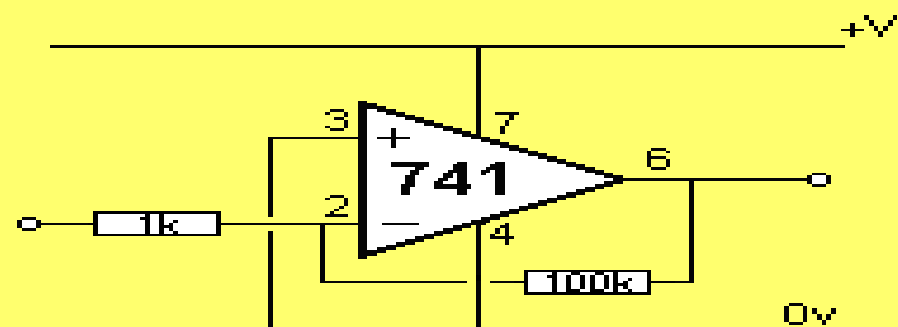
**BASIC
OP-AMP
STAGES**



OP-AMP on dual power rails

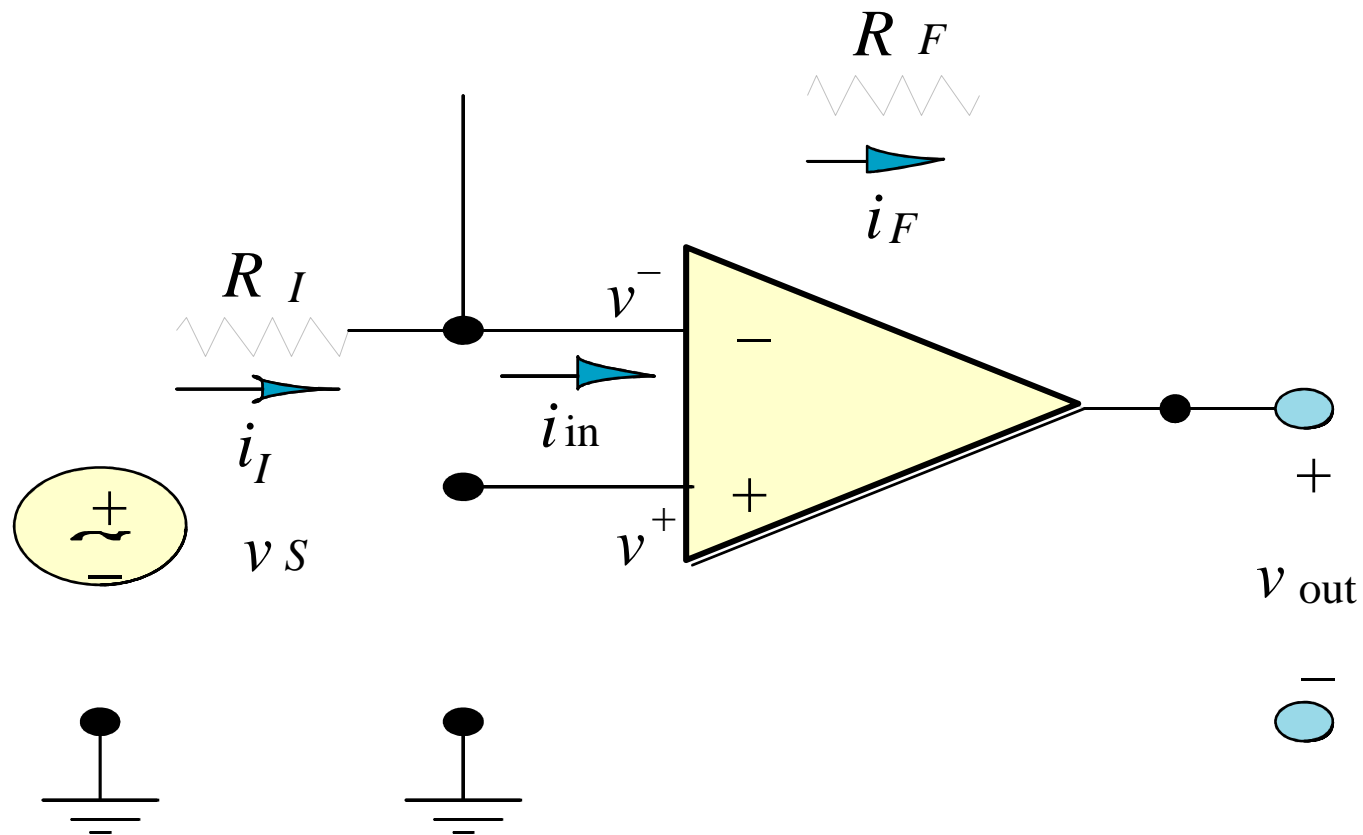


Non-inverting amplifier



Inverting amplifier

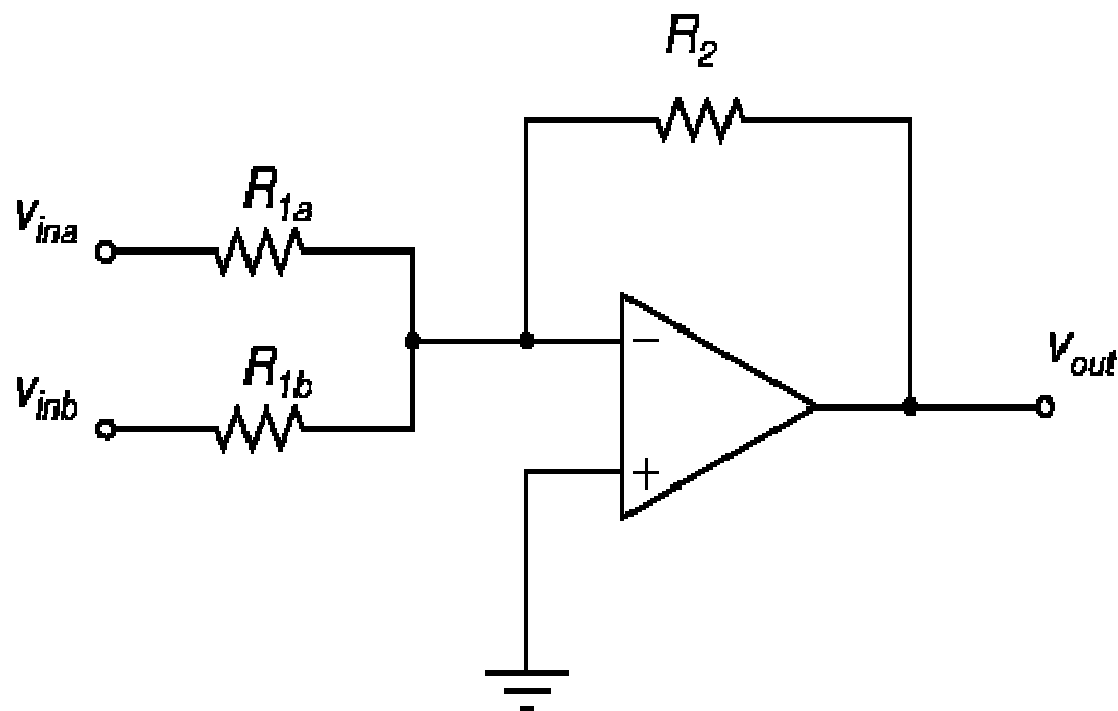
MẠCH LÀM TOÁN – MẠCH NHÂN





MẠCH CỘNG (TỔNG)

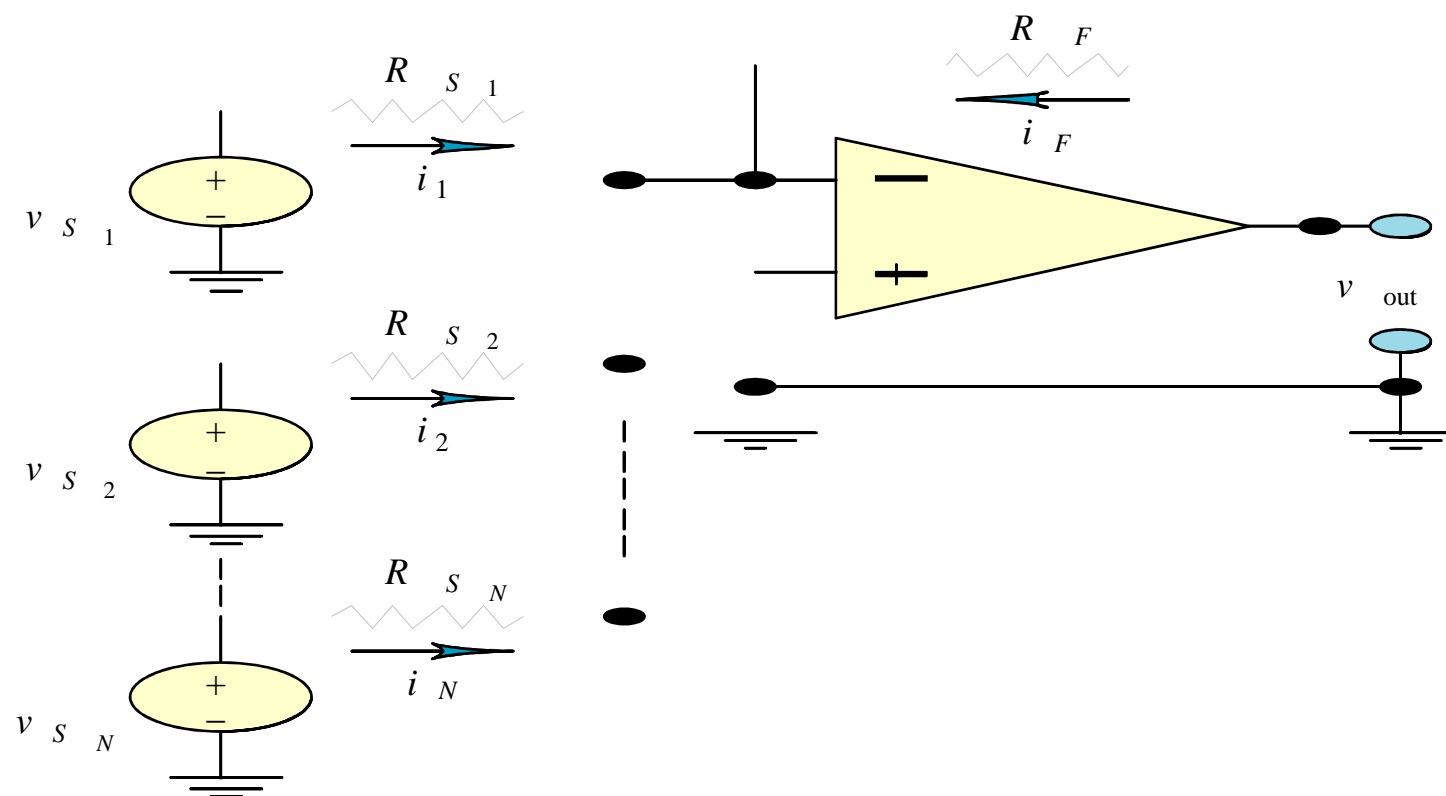
Áp dụng nguyên lý chồng chất, cho:



$$v_{out} = -\frac{R_2}{R_{1a}}v_{ina} - \frac{R_2}{R_{1b}}v_{inb}$$



MẠCH CỘNG (TỔNG)





MẠCH CỘNG (TỔNG)

- Do: $V^+ = V^- = 0V$, ta có :

$$\frac{V_1 - V^-}{R_1} + \frac{V_2 - V^-}{R_2} + \frac{V_3 - V^-}{R_3} = - \frac{V_o - V^-}{R_F}$$

$$\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} = - \frac{V_o}{R_F} \Rightarrow$$

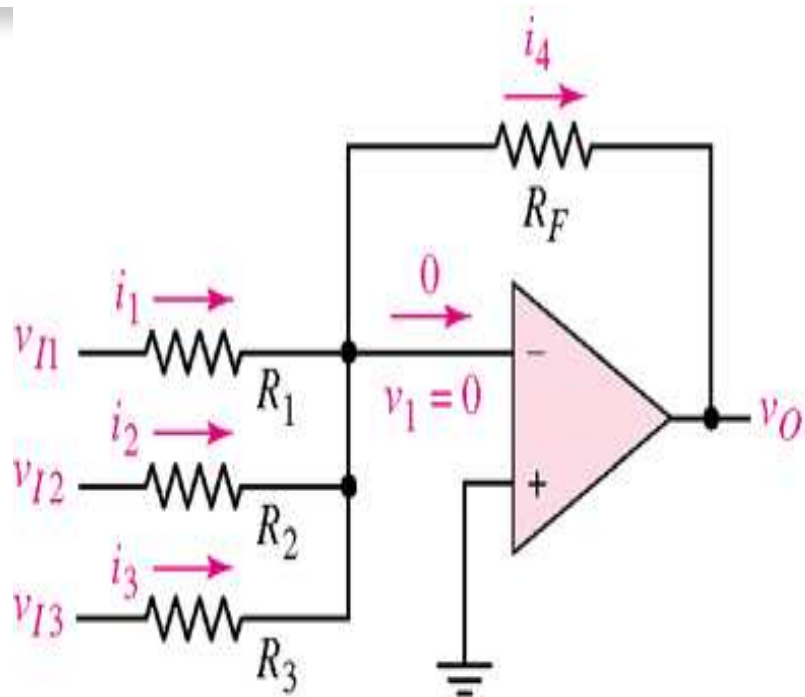
$$V_o = - R_F \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \right)$$

Nếu có : $R_1 = R_2 = R_3 = R_I$ thì:

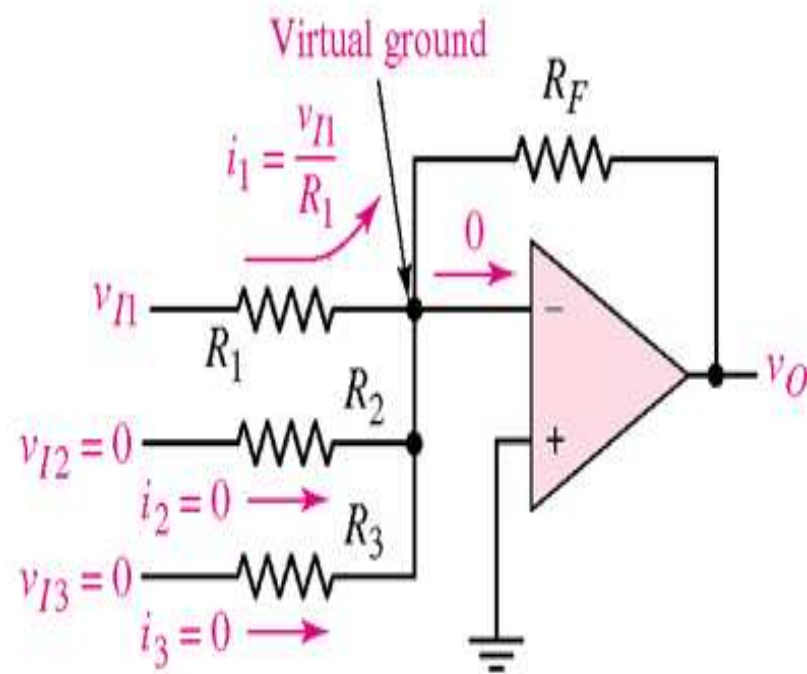
$$V_o = -R_F \left(\frac{V_1}{R_I} + \frac{V_2}{R_I} + \frac{V_3}{R_I} \right) = -\frac{R_F}{R_I} (V_1 + V_2 + V_3) = -k(V_1 + V_2 + V_3)$$



MẠCH CỘNG (TỔNG)



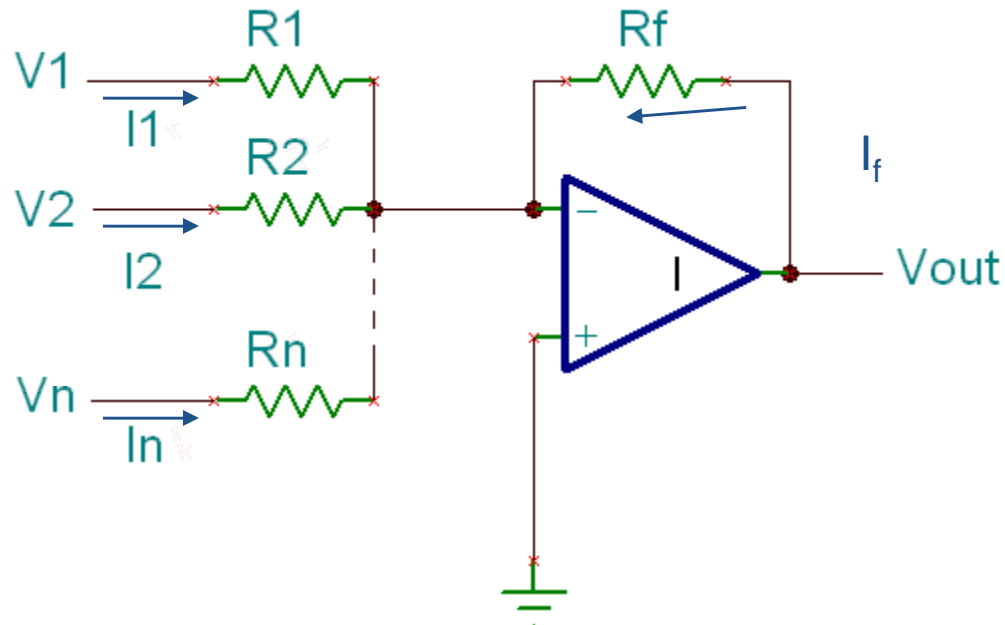
(a)



(b)



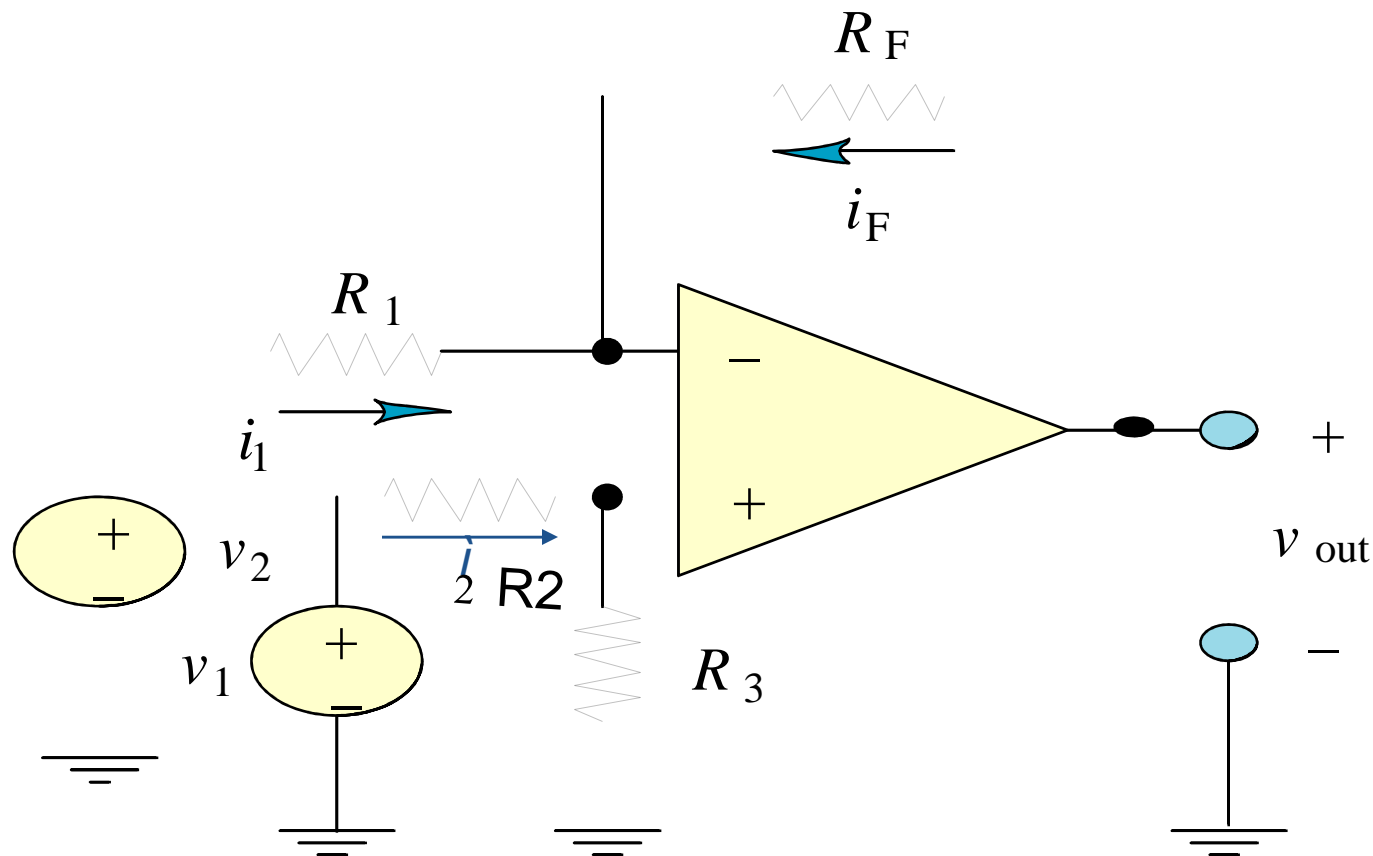
MẠCH CỘNG (TỔNG)



$$I_f = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

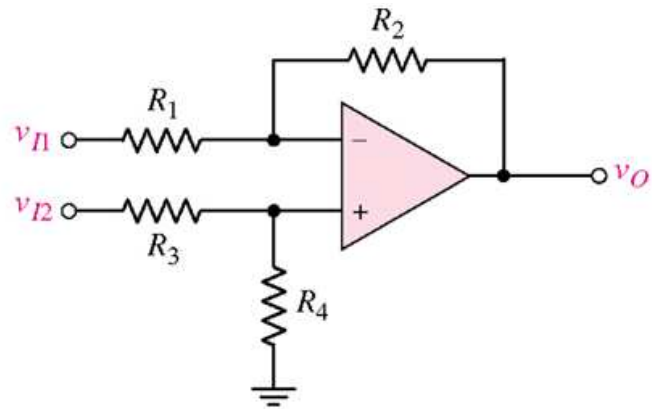
$$V_{OUT} = -R_f (V_1/R_1 + V_2/R_2 + \dots + V_n/R_n)$$

MẠCH TRỪ - MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI

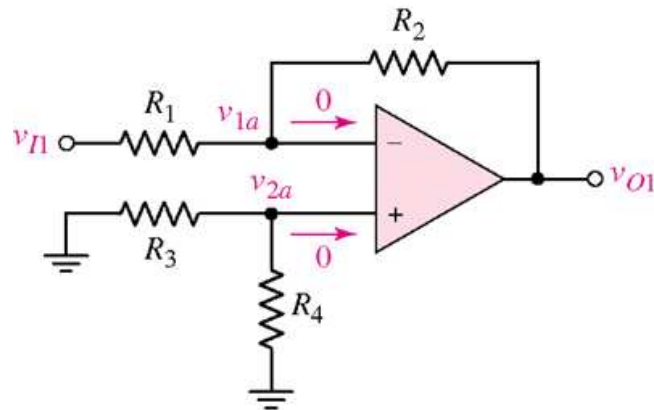


MẠCH TRỪ - MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI

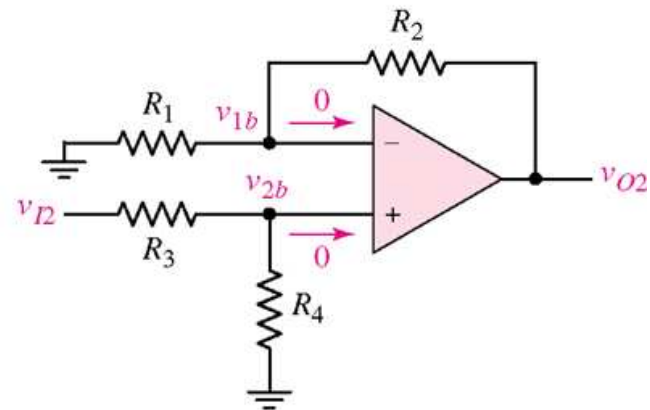
Theo nguyên lý chồng chất ta có:



(a)



(b)



(c)

MẠCH TRỪ - MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI

Áp dụng nguyên lý chồng chất:

- Cho $V_1 = 0$, tín hiệu vào là V_2 và mạch là mạch khuếch đại đảo, nên ngõ ra cho bởi :

$$V_{O2} = - \frac{R_F}{R_1} V_1 \quad (1)$$

- Khi cho $V_2 = 0V$ và tín hiệu vào là V_1 và mạch là mạch khuếch đại không đảo, nên ngõ ra cho bởi:

$$V_{O1} = \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) V^+ = \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) \left(\frac{R_3}{R_3 + R_2}\right) V_1 \quad (2)$$

- Vậy:

$$V_O = V_{O1} + V_{O2} = \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) \left(\frac{R_3}{R_3 + R_2}\right) V_1 - \frac{R_F}{R_2} V_2 = k_1 V_1 - k_2 V_2$$

MẠCH TRỪ - MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI

Ta có V_o là hiệu số V_1 và V_2 .

- Nếu chọn $R_1 = R_2$, $R_F = R_3$ hay :

$R_1 + R_F = R_2 + R_3$ thì ta được :

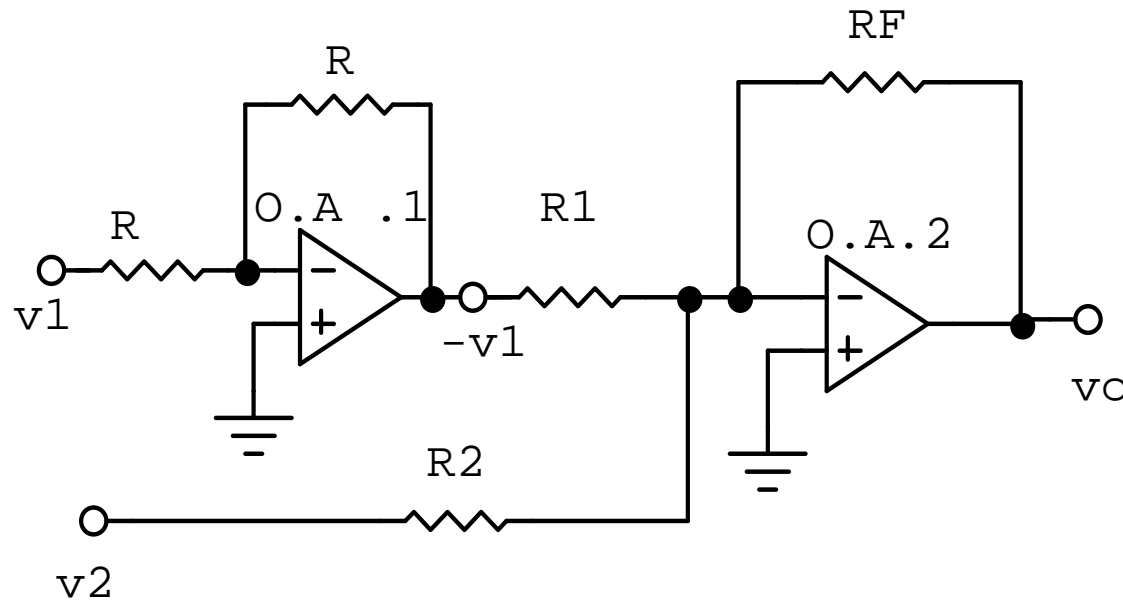
$$\begin{aligned} V_o &= \left(\frac{R_1 + R_F}{R_1} \right) \left(\frac{R_3}{R_3 + R_2} \right) V_1 - \frac{R_F}{R_2} V_2 = \frac{R_3}{R_1} V_1 - \frac{R_F}{R_2} V_2 = \\ &= \frac{R_F}{R_I} (V_1 - V_2) \end{aligned}$$

- Nếu có thêm $R_F = R_I$ ta được :

$$V_o = V_1 - V_2$$

MẠCH TRỪ - MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI

- Mạch khuếch đại trừ còn được thực hiện như sau:



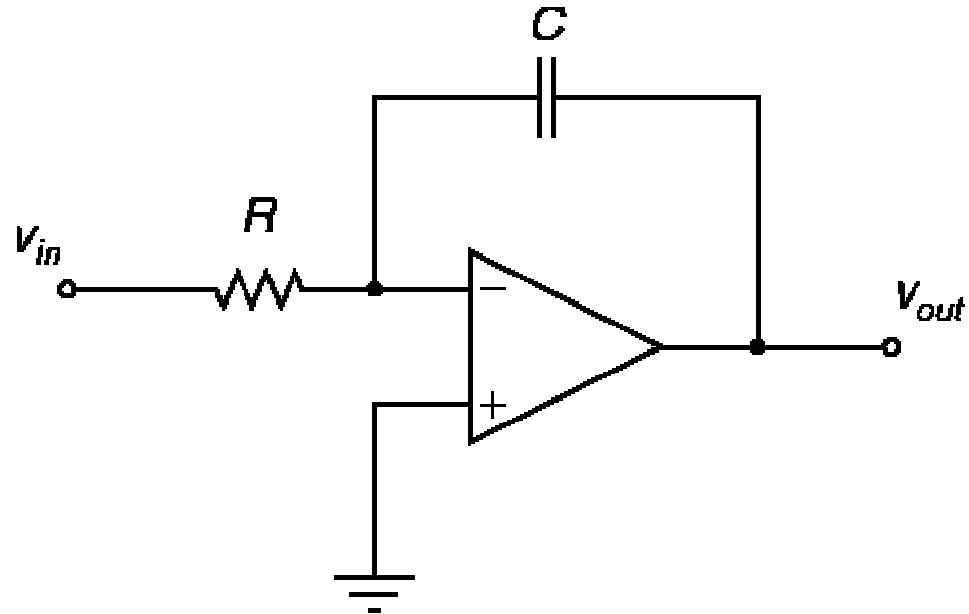
$$V_o = -(-V_{o1} + V_{o2}) = \left(\frac{R_F}{R_1} V_1 - \frac{R_F}{R_2} V_2 \right)$$

- Nếu chọn $R_1 = R_2 = R_F$ ta có:

$$V_o = V_1 - V_2$$



MẠCH TÍCH PHÂN



- Ta có :

$$dq = i_F dt$$

$$dq = C dv_c = Cdv_o \rightarrow i_F = C dv_o / dt \quad (1)$$

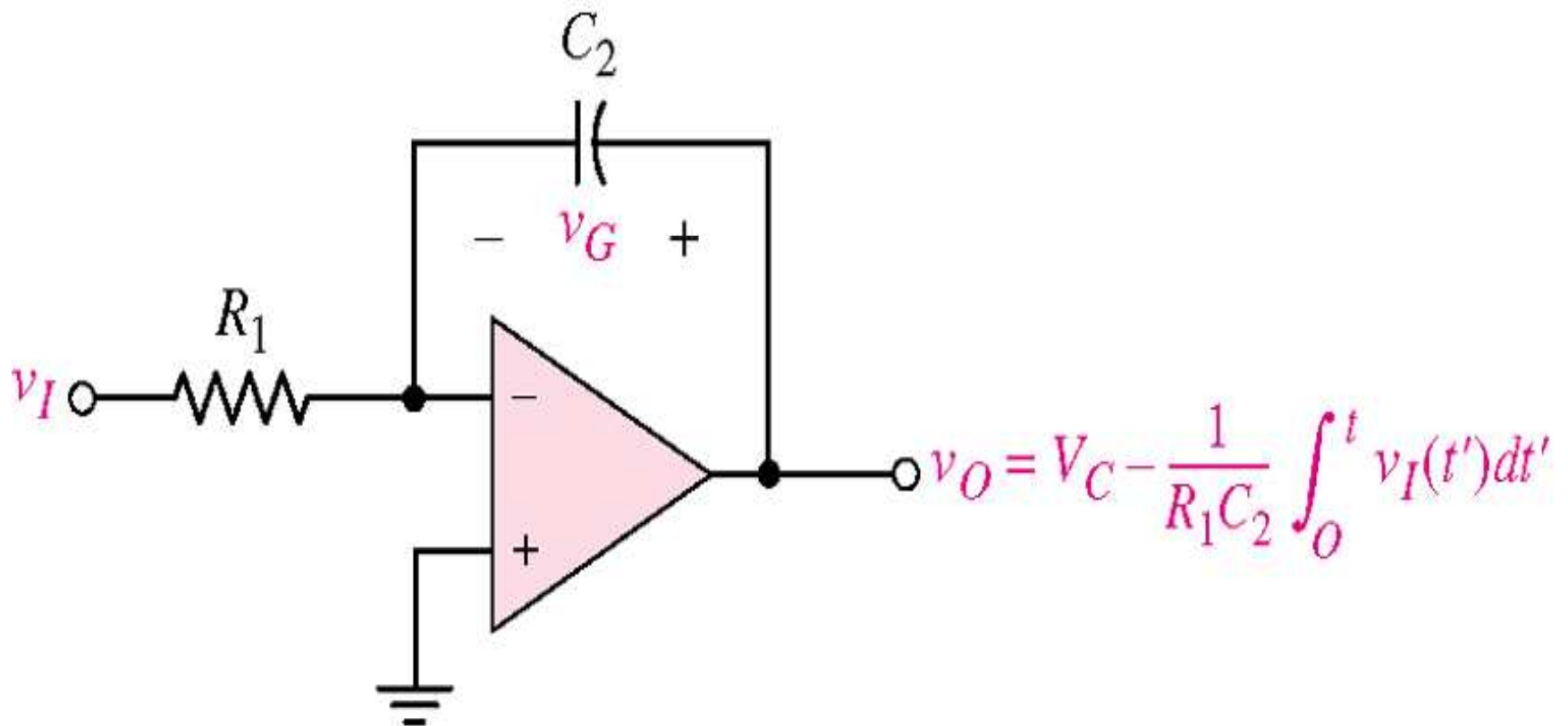
Mặt khác : $i_i = -i_F$ và $i_i = v_i / R \quad (2) \rightarrow$ Thay (2) vào (1):

$$v_i = Ri_i = -RC \frac{dv_o}{dt} \Rightarrow v_o = -\frac{1}{RC} \int v_i dt + v_o(0^+)$$



MẠCH TÍCH PHÂN

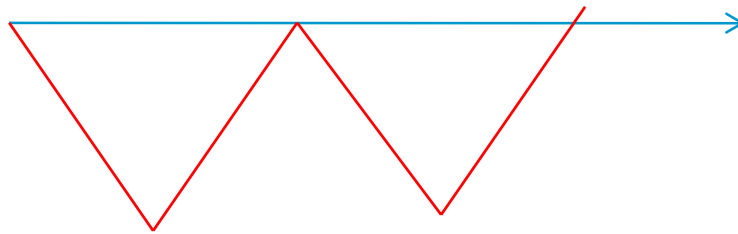
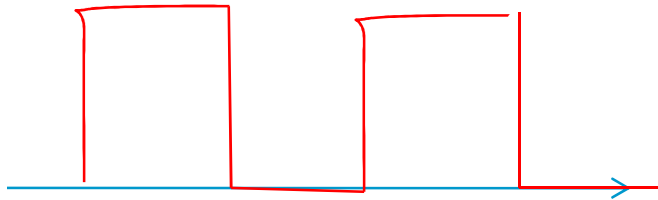
Mạch tích phân





MẠCH TÍCH PHÂN

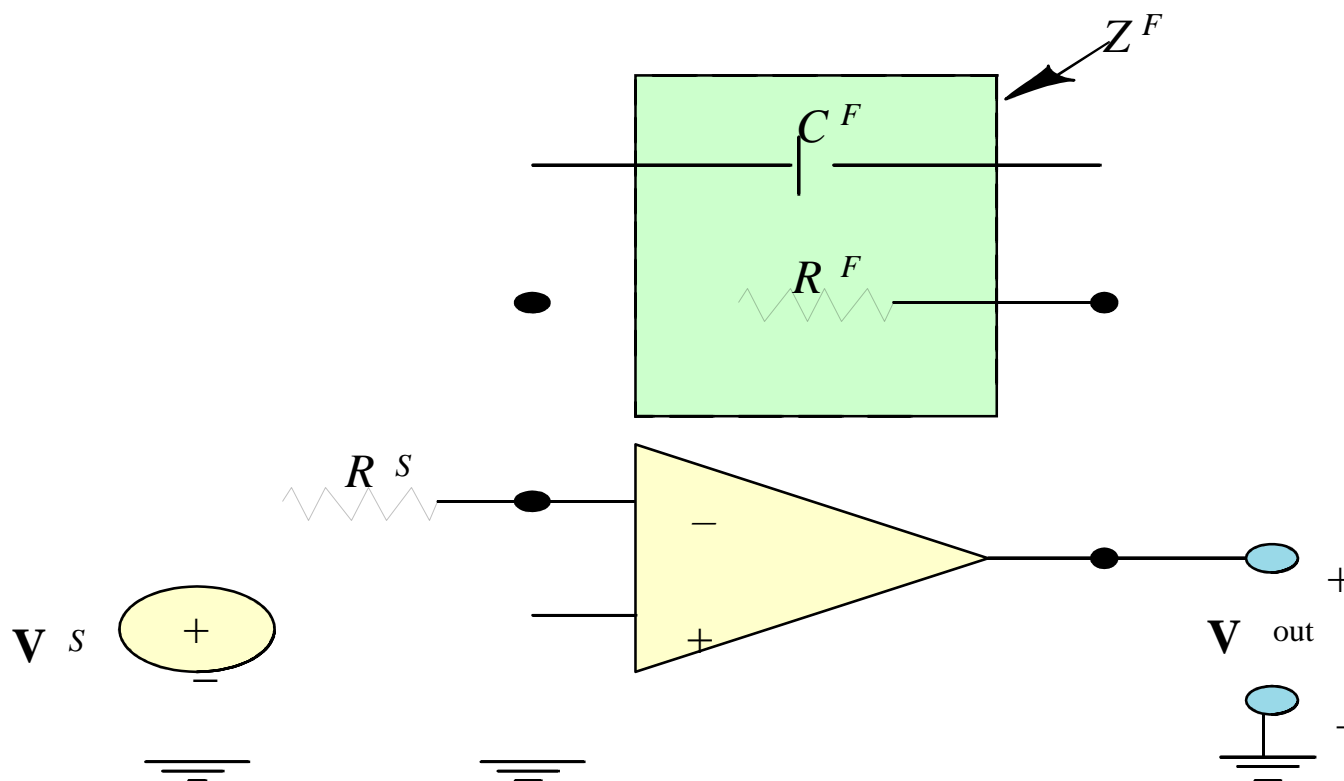
- Sóng sin \rightarrow sóng cosin và ngược lại
- Sóng vuông \rightarrow sóng tam giác





MẠCH TÍCH PHÂN

Mạch tích phân thực tế - Mạch lọc thấp qua





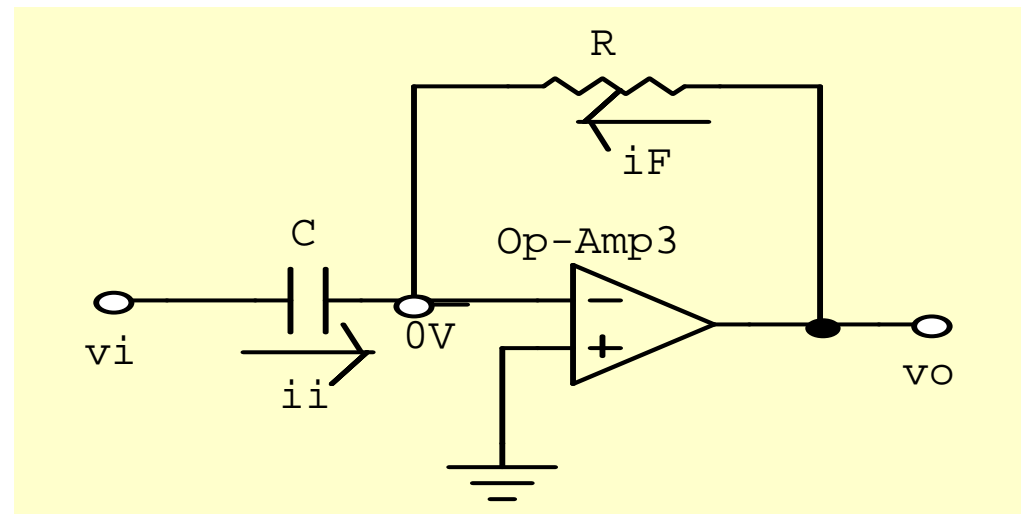
MẠCH VI PHÂN

- Theo trên ta có:

$$dq = C dv_c = CdV_i$$

$$dq = i dt \quad \rightarrow \quad i_i = CdV_i / dt$$

$$\text{và} \quad i_i = i_F = -V_o / R \quad \rightarrow$$

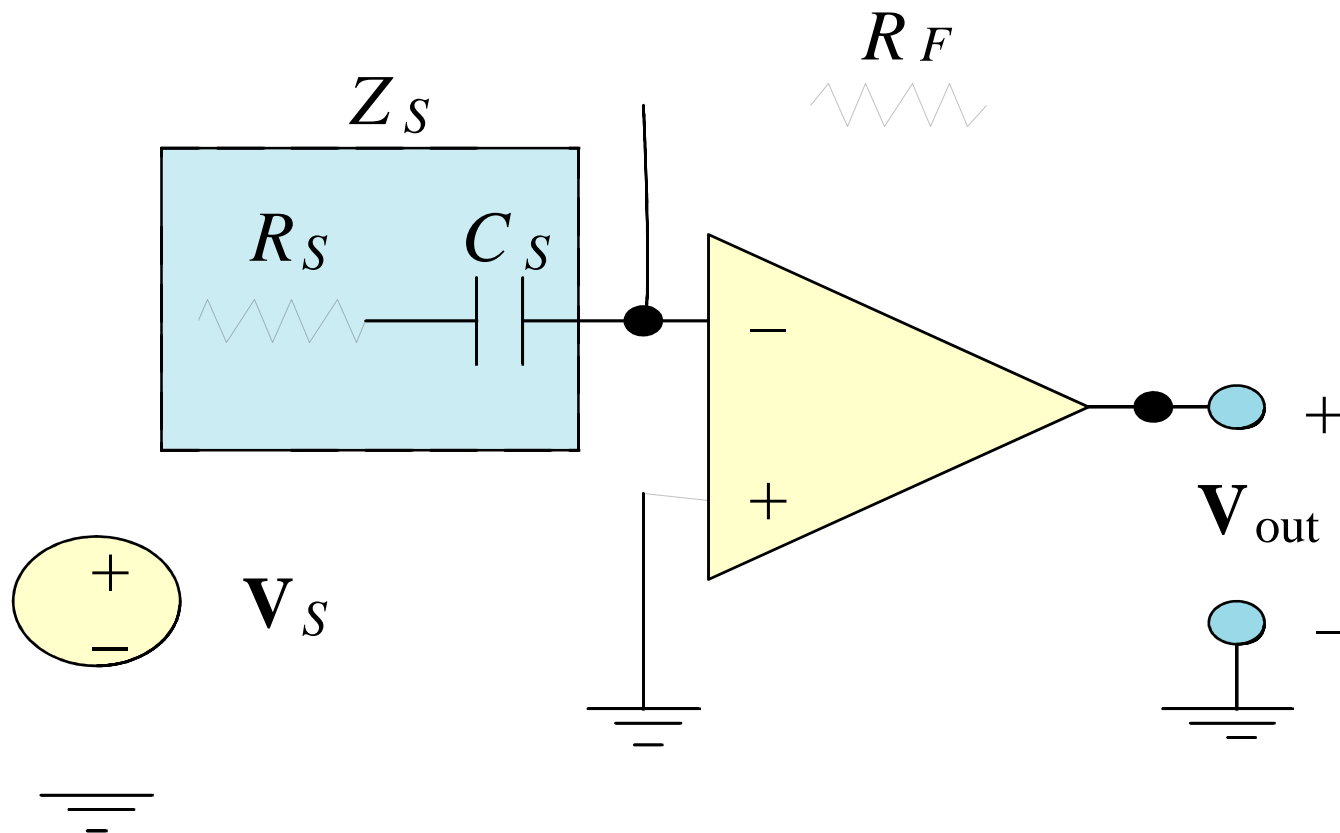


$$V_o = -RC \frac{dV_i}{dt}$$



MẠCH VI PHÂN

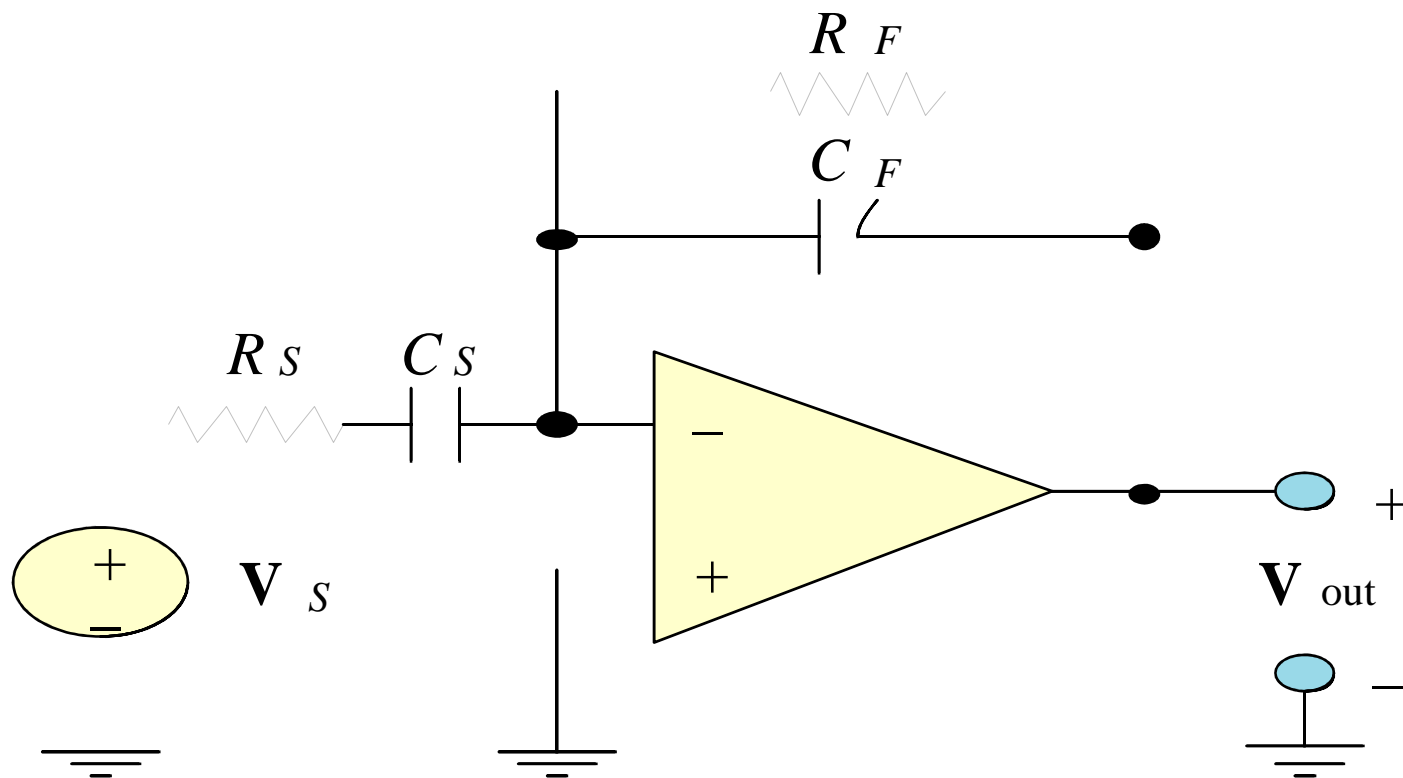
Mạch vi phân thực tế - Mạch lọc cao qua





MẠCH VI TÍCH PHÂN

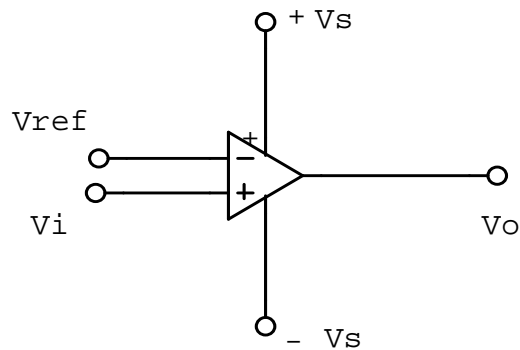
Mạch vi - tích phân thực tế - Mạch lọc dải qua



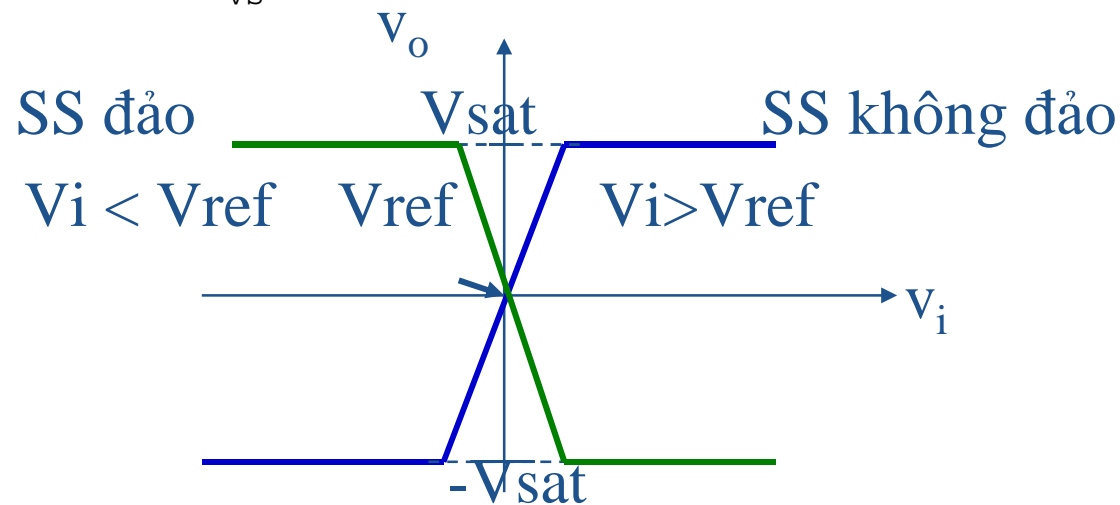
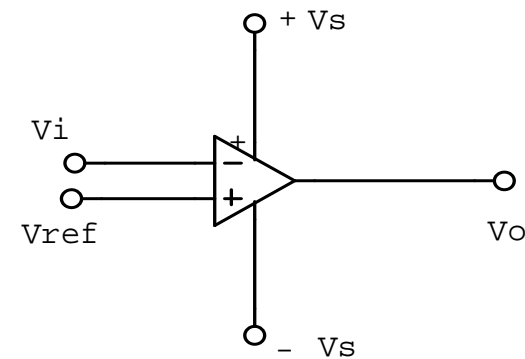


MẠCH SO SÁNH

- So sánh không đảo



So sánh đảo

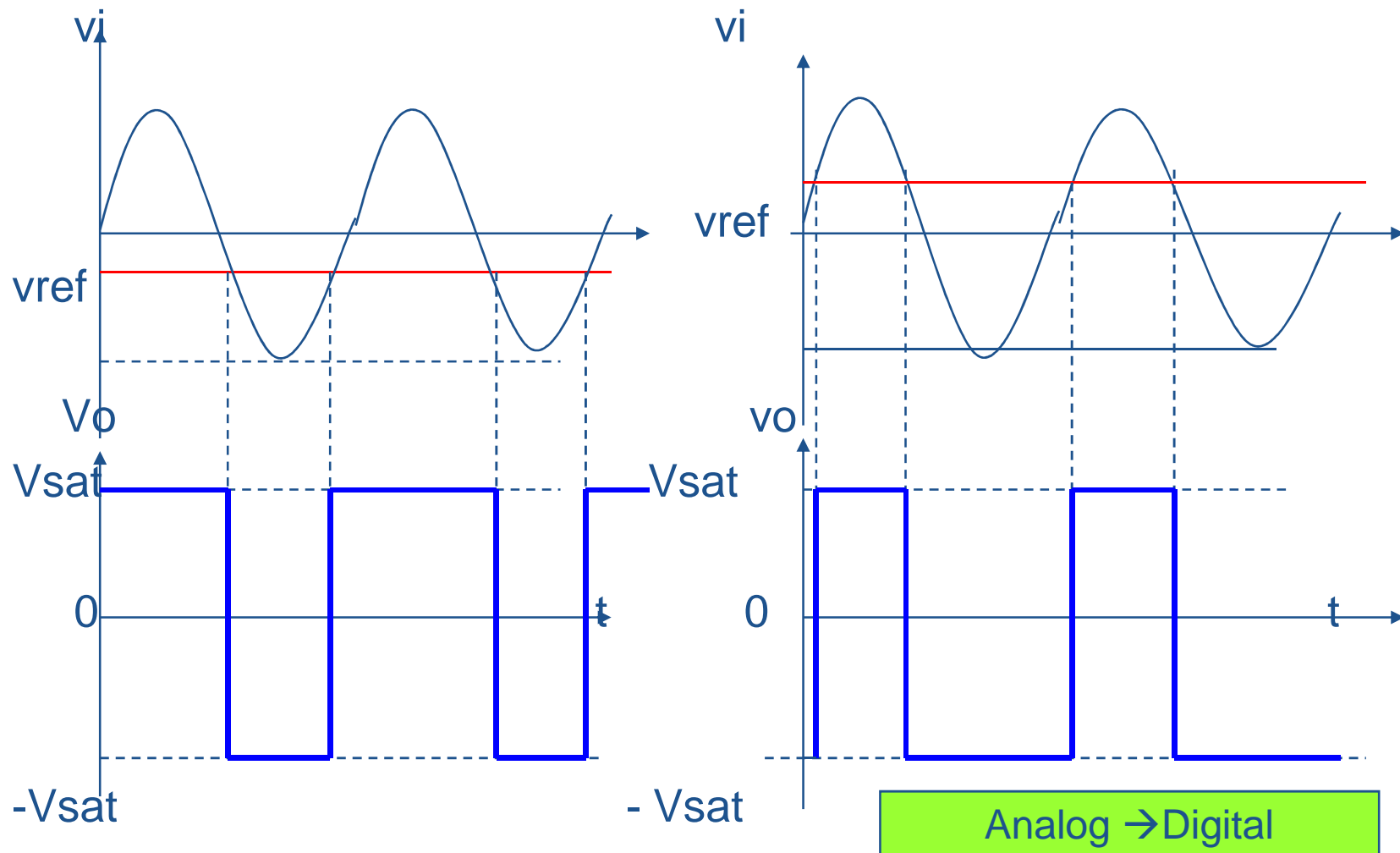


$$V_{sat} = (V_s - 1) V$$

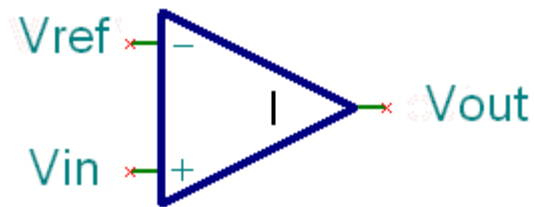


MẠCH SO SÁNH

Ví dụ: Dạng sóng ngõ ra mạch so sánh không đảo với trị số v_{ref} khác nhau



OPAMP: COMPARATOR



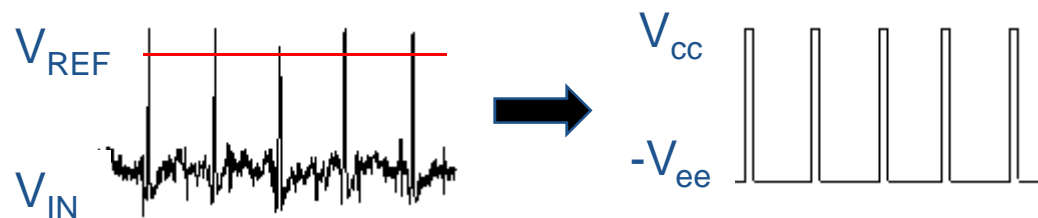
A (gain)
very high

$$V_{out} = A(V_{in} - V_{ref})$$

If $V_{in} > V_{ref}$, $V_{out} = +\infty$ but practically hits +vs power supply = V_{cc}

If $V_{in} < V_{ref}$, $V_{out} = -\infty$ but practically hits -vs power supply = $-V_{ee}$

Application: detection of QRS complex in ECG



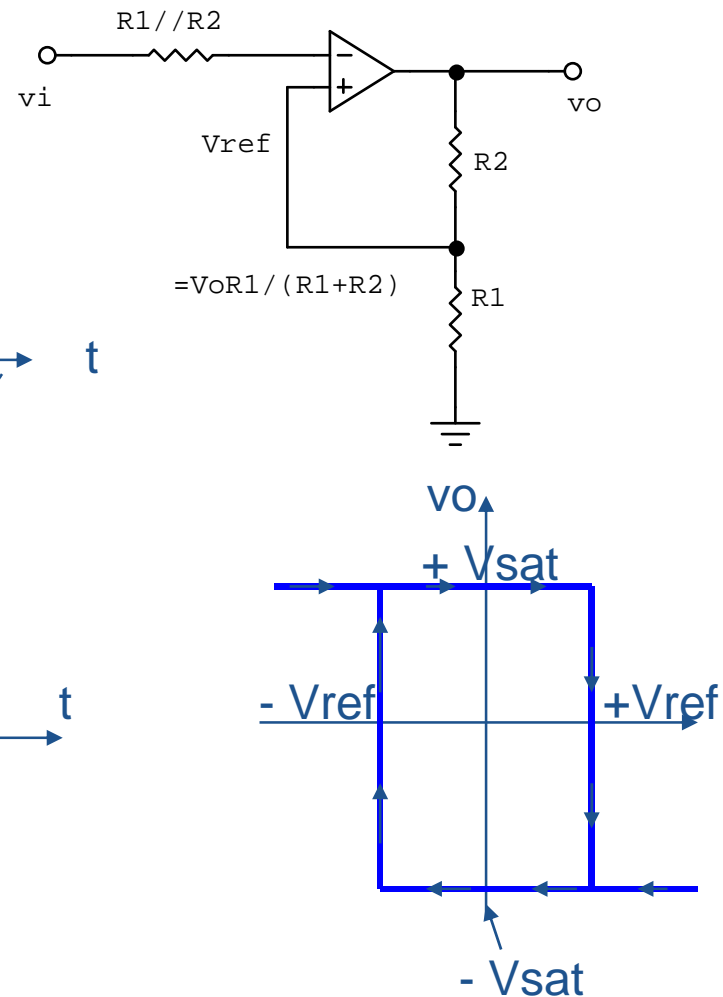
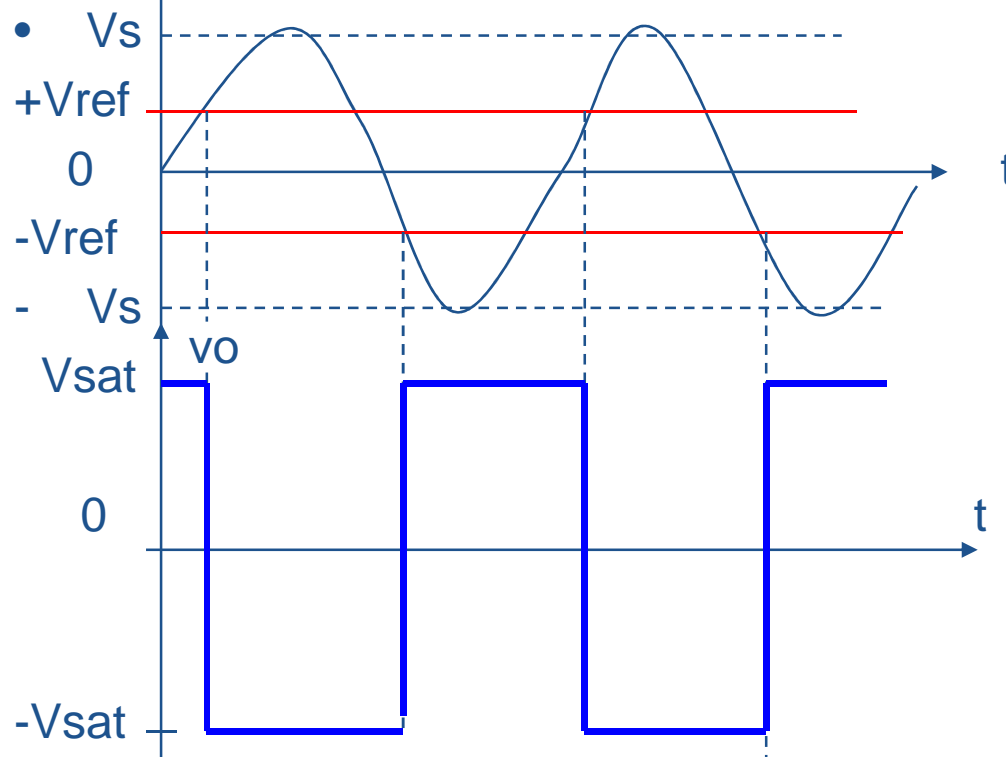


MẠCH SO SÁNH

Mạch trigger Schmitt - Mạch so sánh trễ

- Mạch có hồi tiếp dương

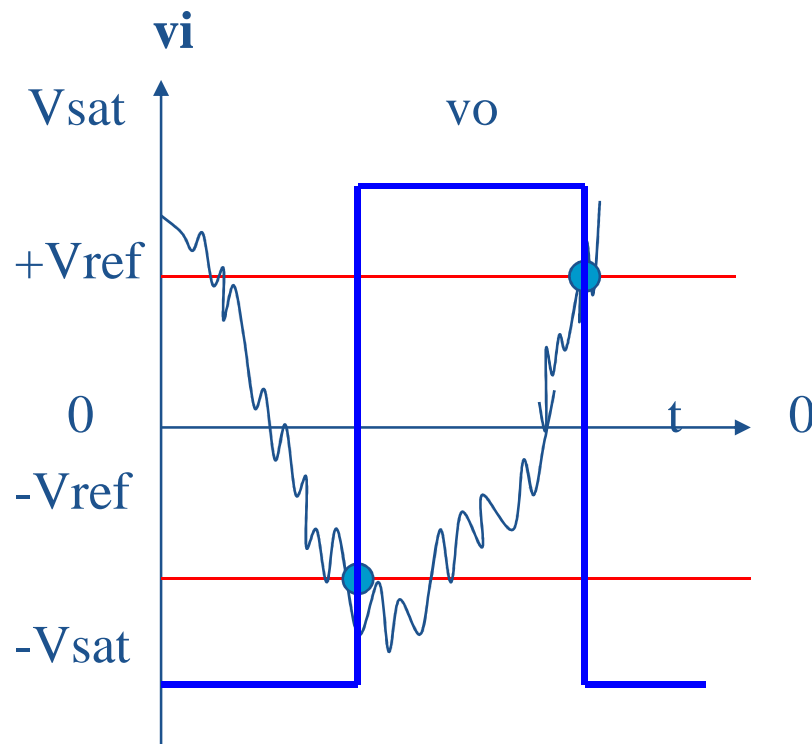
- v_i



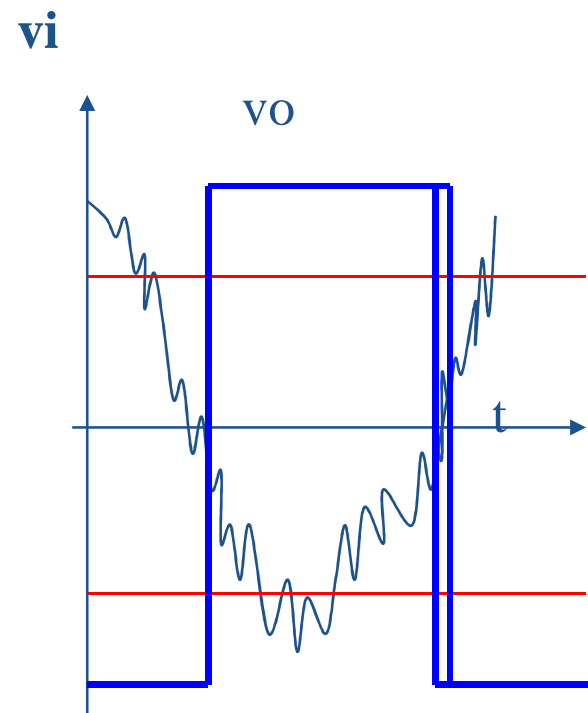


MẠCH SO SÁNH

- Thí dụ: Chuyển đổi tương tự sang số- ADC



a. có chu trình trễ



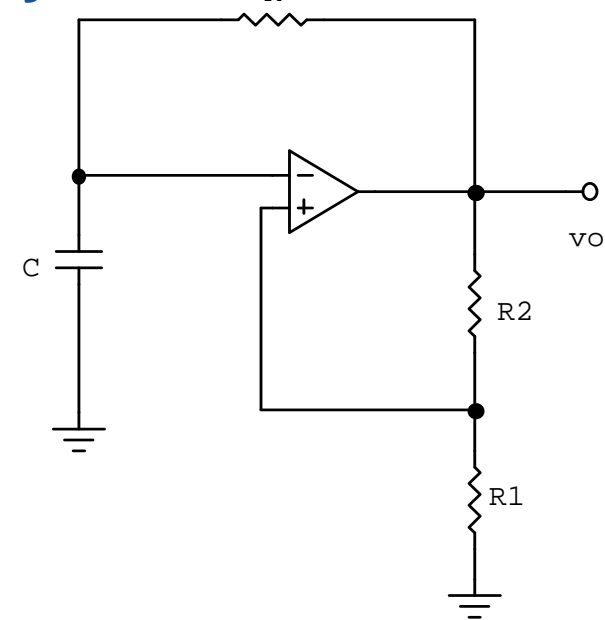
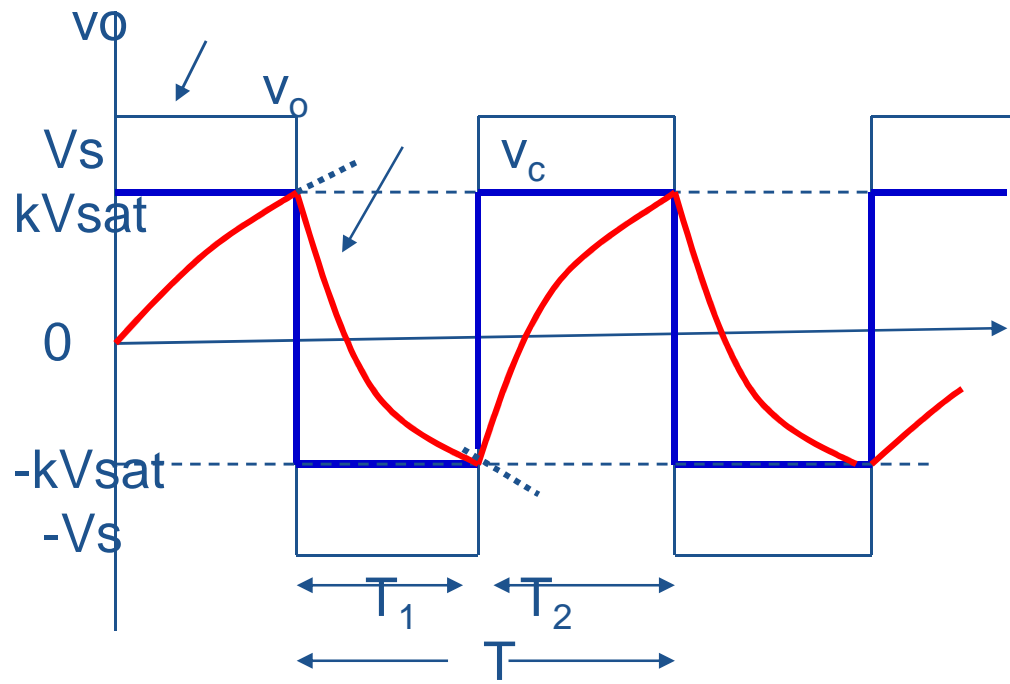
b. không có chu trình trễ



MẠCH DAO ĐỘNG RC

- Xét mạch:
- Hoạt động theo tính cách mạch so sánh: ngõ ra mạch chuyển trạng thái khi v_{i+} và v_{i-} thay đổi, cho:

- $$|V_i| = \frac{R_1}{R_1 + R_2} |V_{sat}| = k |V_{sat}|$$



$$T = T_1 + T_2 = 2RC \ln \left(1 + \frac{2R_1}{R_2} \right)$$



- Tính chu kỳ dao động:

Từ phương trình tụ nạp cho:

$$v_c(t) = V_s - (V_s - (-kV_s))e^{-t/RC}$$

$$v_c(T_1) = kV_s = V_s - V_s(1+k)e^{-T_1/RC}$$

$$V_s(k-1) = -V_s(1+k)e^{-T_1/RC}$$

$$\frac{k-1}{k+1} = e^{-T_1/RC}$$

$$T_1 = RC \ln \frac{k-1}{k+1} = RC \ln \left(\frac{-R_2}{2R_1 + R_2} \right) = -RC \ln \left(\frac{-R_2}{2R_1 + R_2} \right)$$

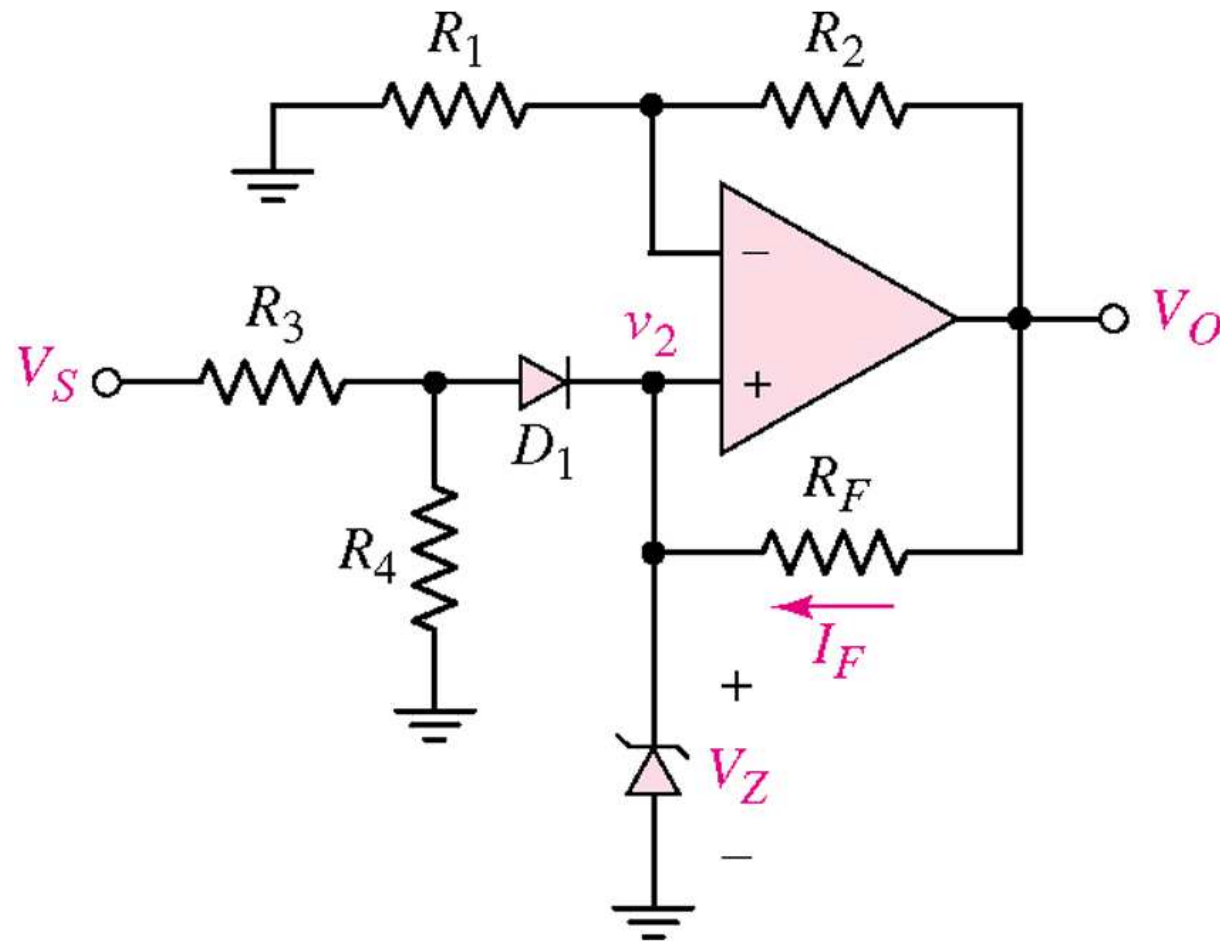
$$T_1 = RC \ln \left(1 + \frac{2R_1}{R_2} \right)$$

Vì lý do đối xứng ta có thời gian $T_2 = T_1$, được:

$$T = T_1 + T_2 = 2RC \ln \left(1 + \frac{2R_1}{R_2} \right)$$

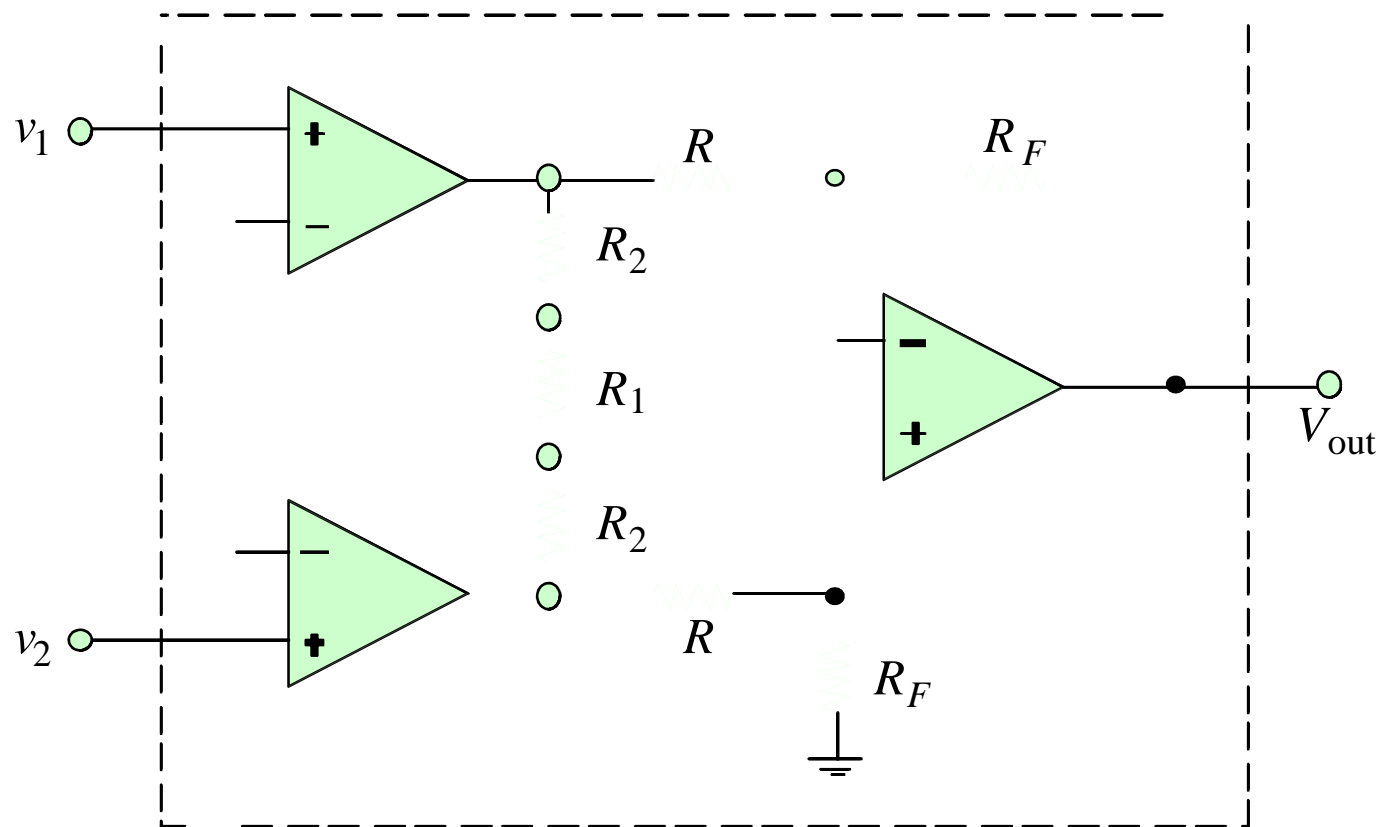


MẠCH TẠO ĐIỆN THỂ THAM CHIỀU



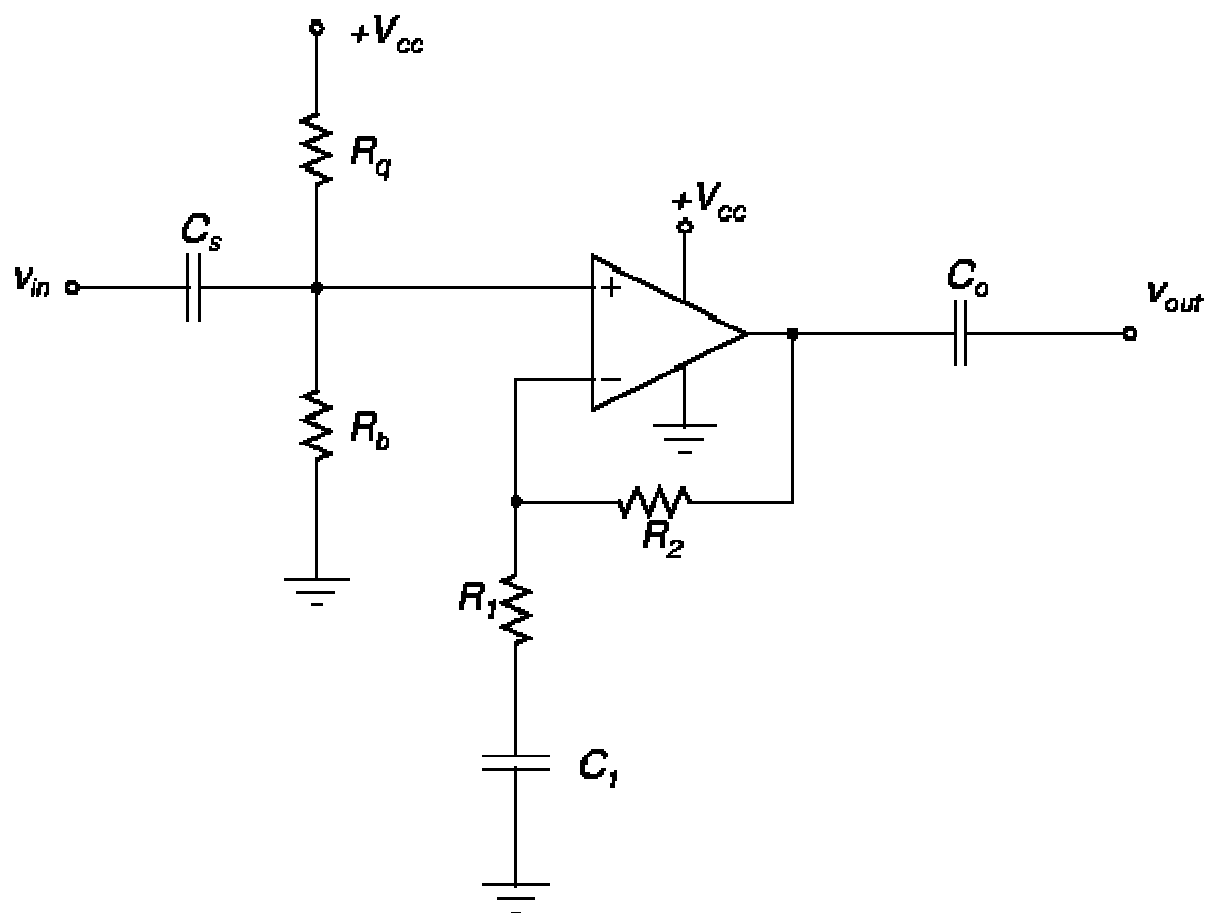


MẠCH KHUẾCH ĐẠI ĐO



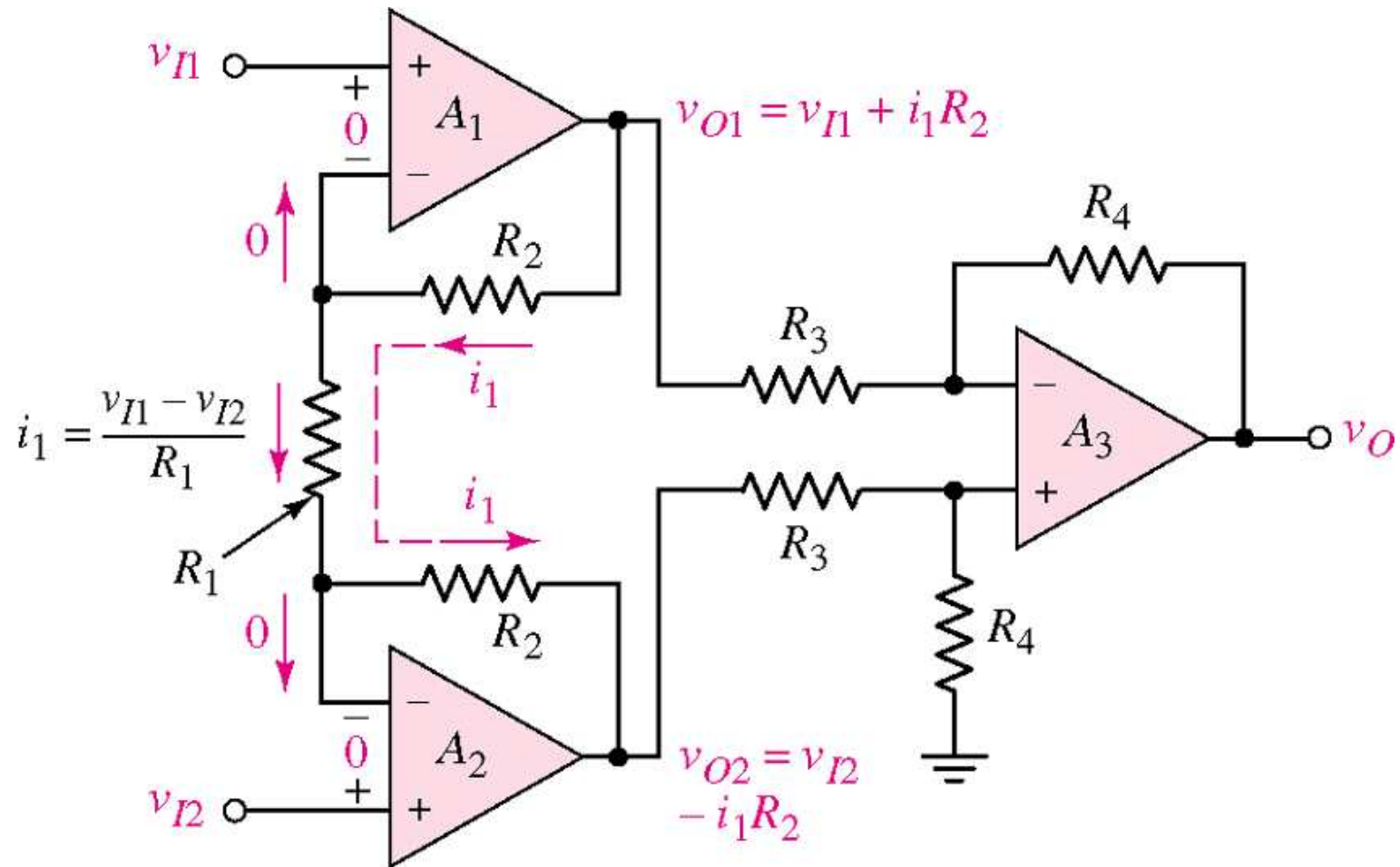


MẠCH KHUẾCH ĐẠI AC



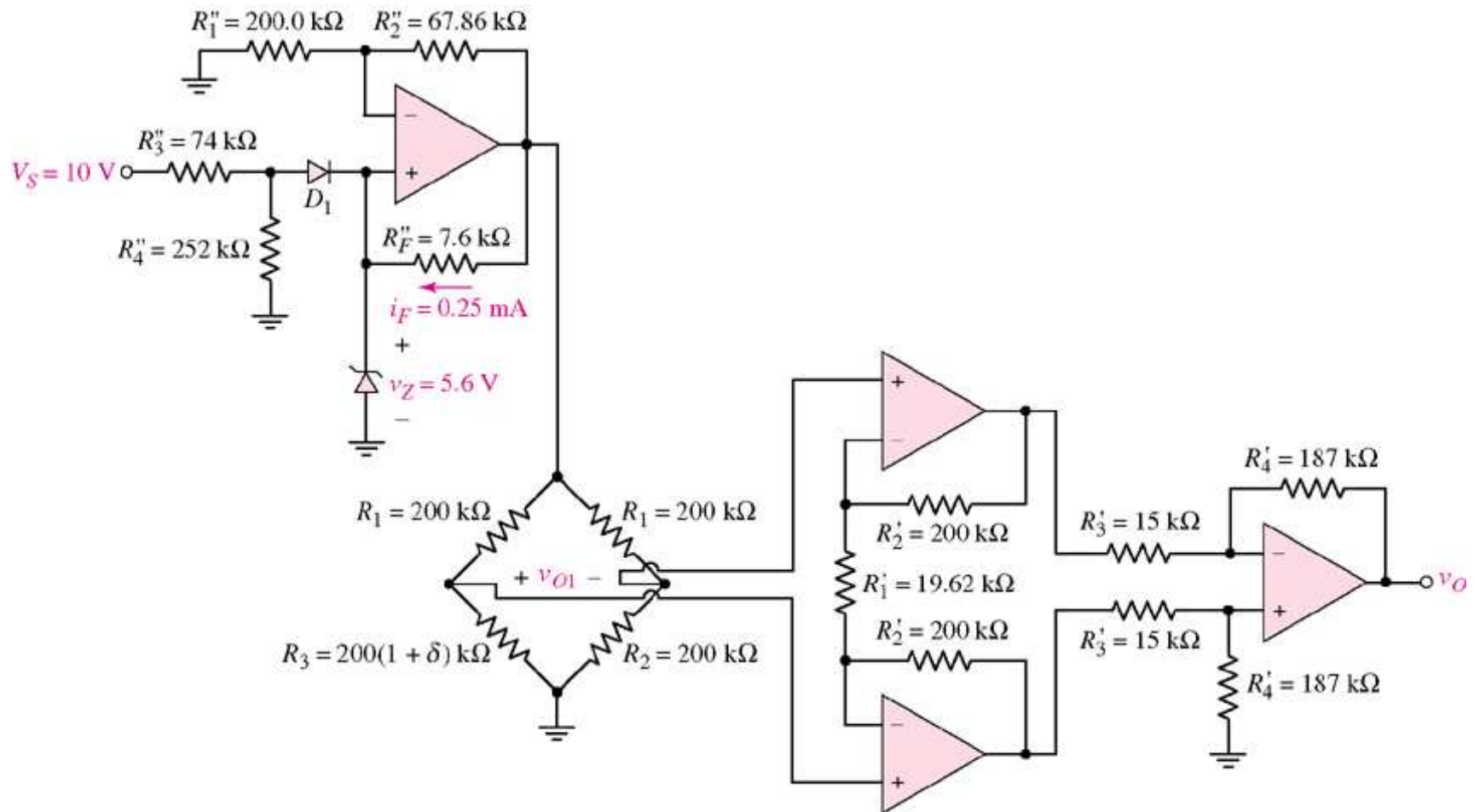


MẠCH KHUẾCH ĐẠI ĐO



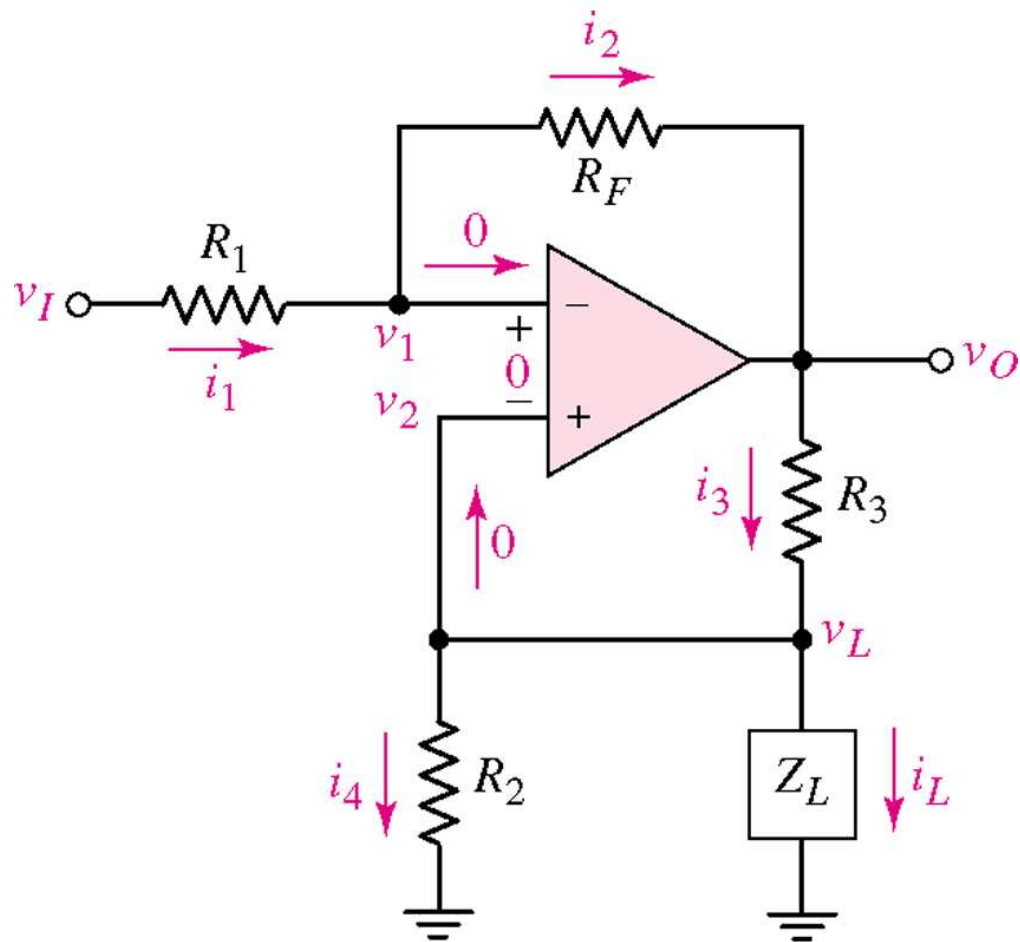


HỆ THỐNG KHUẾCH ĐẠI



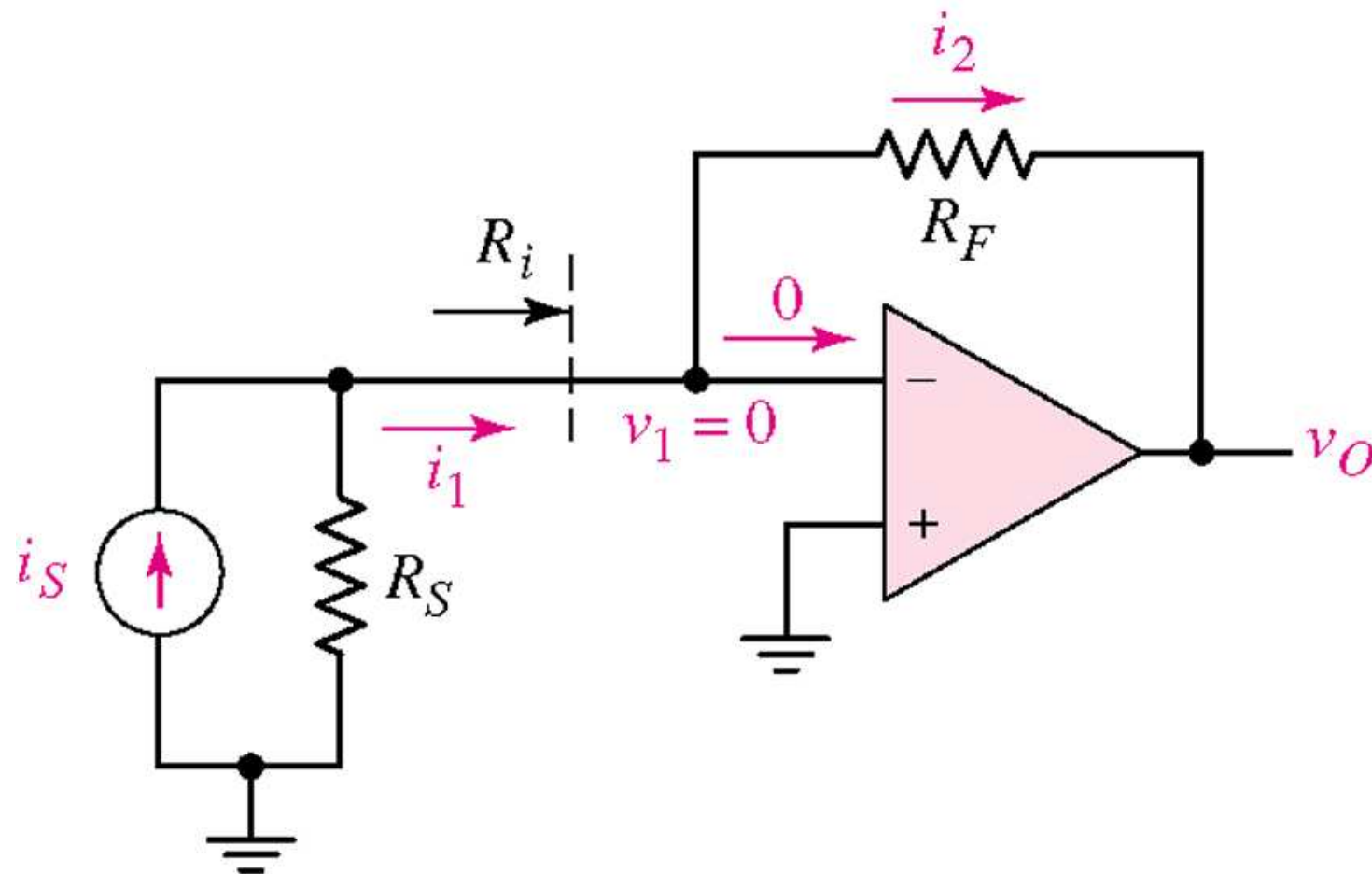


MẠCH CHUYỂN ĐỔI THỂ - DÒNG





MẠCH CHUYỂN ĐỔI DÒNG – THỂ





PHÂN LOẠI OP AMP

1. Nguồn thế kiểm thế - VCVS (Voltage controlled voltage source): đây là mạch khuếch đại không đảo dấu.
2. Khuếch đại truyền dẫn - OTA (Operational Transconductance Amplifier): Mạch chuyển đổi thế thành dòng.
3. Khuếch đại dòng vi sai – CDA (Current difference Amplifier) – còn gọi là Mạch khuếch đại dòng (Norton Amplifier) hay nguồn dòng kiểm dòng-CCCS: là mạch chuyển đổi dòng sang dòng.
4. Nguồn thế kiểm dòng-CCVS (Current controlled voltage source) - hay mạch khuếch đại truyền trở (Transresistance Amplifier): là mạch khuếch đại đảo dấu.



PHÂN LOẠI OP AMP

- IC khuếch đại thuật toán phổ dụng: μ A 741, LM358, TL062...TL082, TL084...
- IC so sánh (Comparator): LM393, LM111, μ A 710, μ A 311, TL372, CA94, HA 2111...
- IC khuếch âm tần (Audio amplifier): Tiền khuếch đại: BA 382, AN7310....
- Khuếch đại công suất (Power Amplifier): LM380, LM386, AN7116, 7130, LA 4002..., μ PC 1270, LA4440, STK 0040, 0050, 0080...
- IC ổn áp (Regulator IC): LM 78xx , 79xx, LM 340XX, LM320 XX, LM 317, LM337, μ A 723...

