
ET3230 Điện tử tương tự I

Bài giảng: Khuếch đại thuật toán

Nội dung

- 11.1 Giới thiệu chung
- 11.2 Ứng dụng
 - Khuếch đại đảo
 - Khuếch đại không đảo
 - Mạch cộng đảo
 - Mạch trừ
 - Bộ đệm điện áp
 - Mạch tích phân
 - Mạch vi phân
 - Nguồn áp
 - Nguồn dòng
 - Bộ lọc

11.1 Giới thiệu chung

- 11.1.1 Các khái niệm cơ bản
- 11.1.2 Hệ số nén đồng pha
- 11.1.3 Đặc tuyến truyền đạt
- 11.1.4 Dòng vào tĩnh, điện áp lệch không

11.1.1 Các khái niệm cơ bản

- Ký hiệu

- Đầu vào đảo
- Đầu vào không đảo

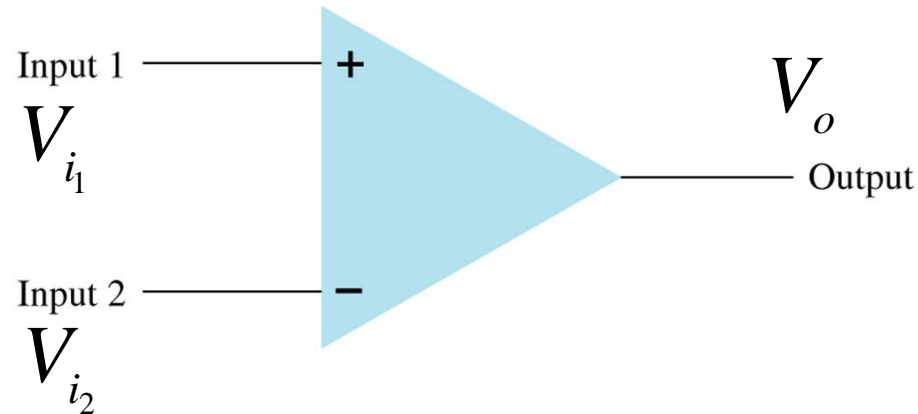
- Bộ KĐTT lý tưởng

- Trở kháng vào $Z_i = \infty$
- Trở kháng ra $Z_o = 0$
- Hệ số KĐ $A_d = \infty$

- Điện áp đầu ra $V_o = A_d V_d + A_c V_c$

$$V_d = V_{i_1} - V_{i_2}$$

$$V_c = V_{i_1} + V_{i_2}$$



A_d Hệ số KĐ vi sai

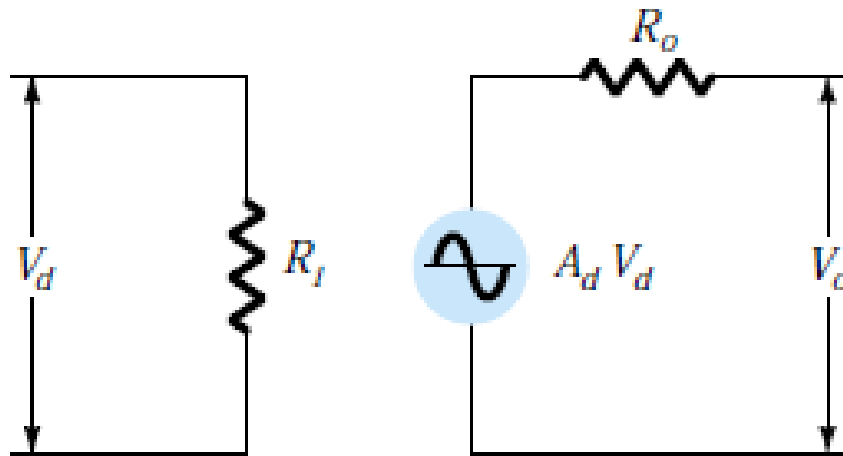
A_c Hệ số KĐ đồng pha

11.1.2 Hệ số nén đồng pha

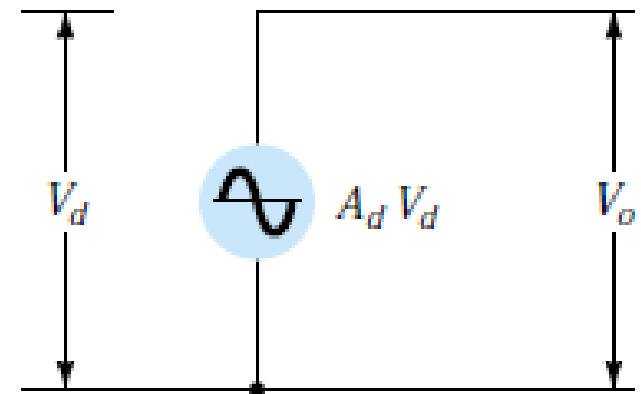
- CMRR: Common Mode Rejection Ratio
 - Đánh giá khả năng làm việc của KĐTT thực so với KĐTT lý tưởng

$$\text{CMRR} = \frac{A_d}{A_c}$$

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

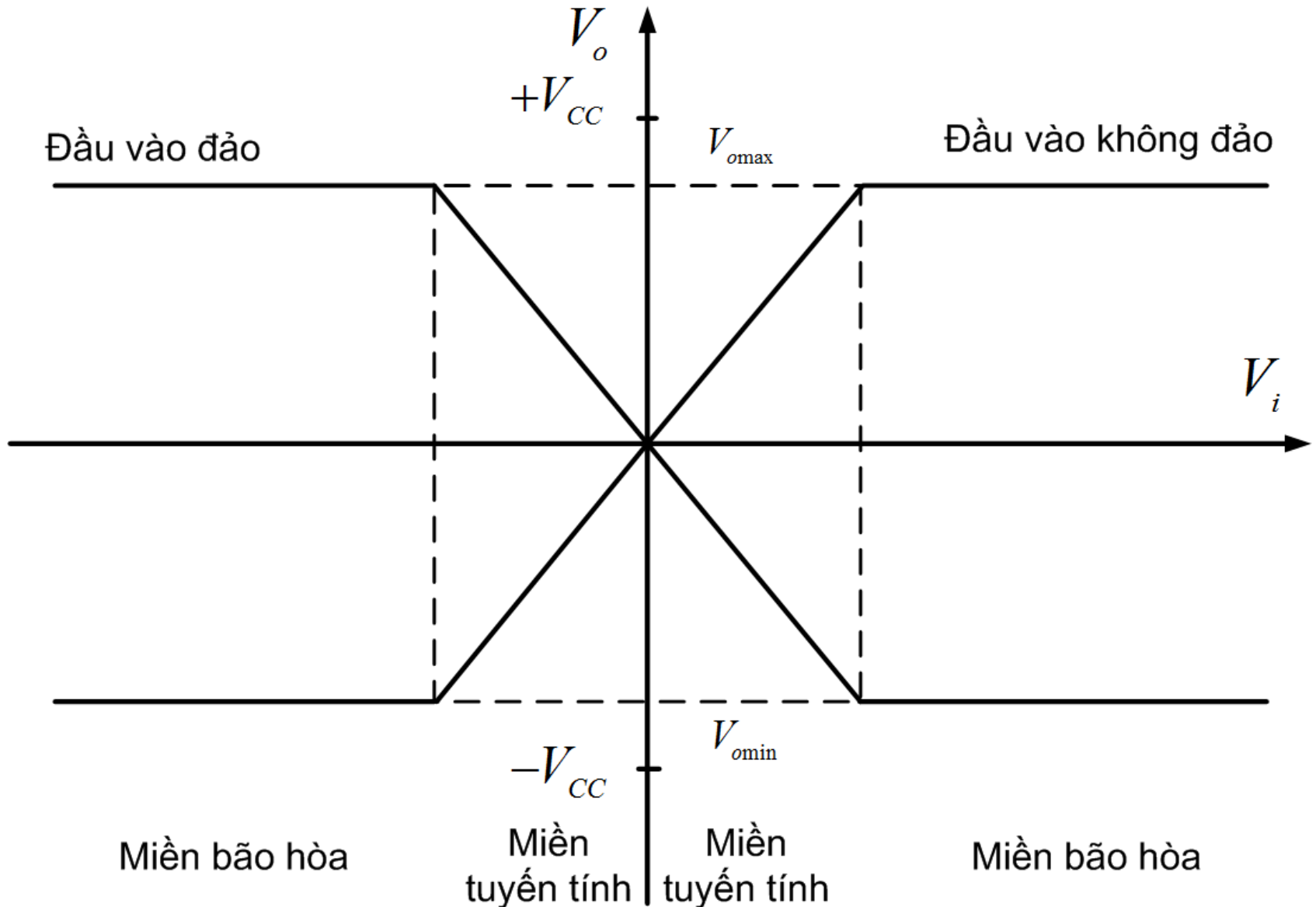


thực tế



lý tưởng

11.1.3 Đặc tuyến truyền đạt



1.11.4 Dòng điện tĩnh, điện áp lệch không

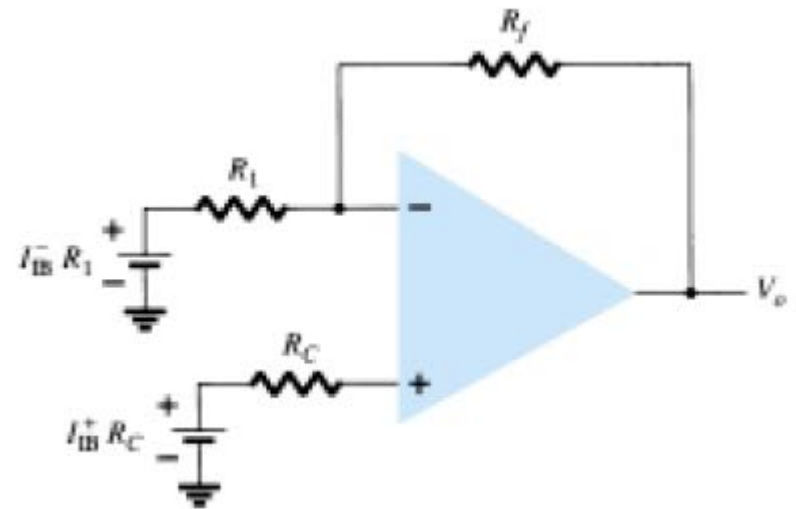
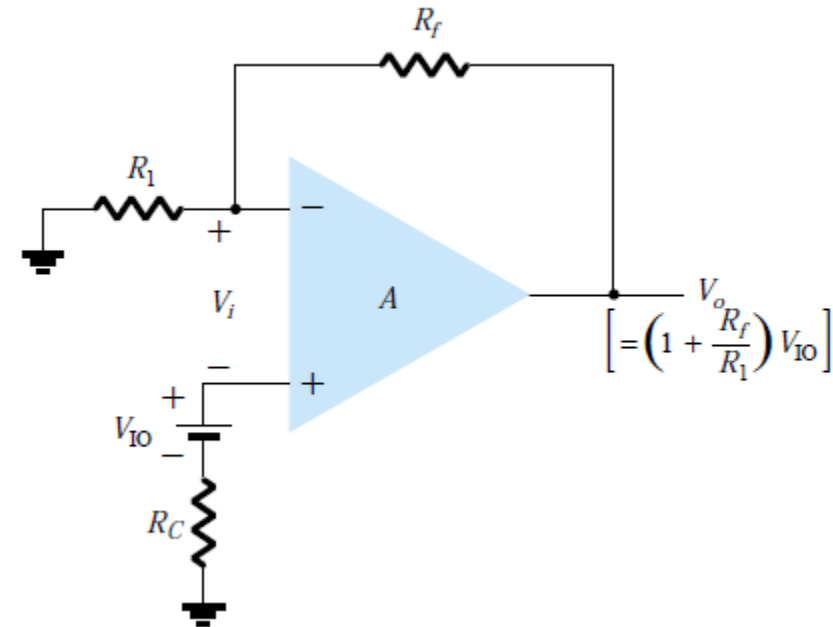
$$I_{IB} = \frac{I_{IB}^+ + I_{IB}^-}{2} \quad \text{dòng vào tĩnh}$$

$$I_{IO} = I_{IB}^+ - I_{IB}^- \quad \text{dòng vào lệch không}$$

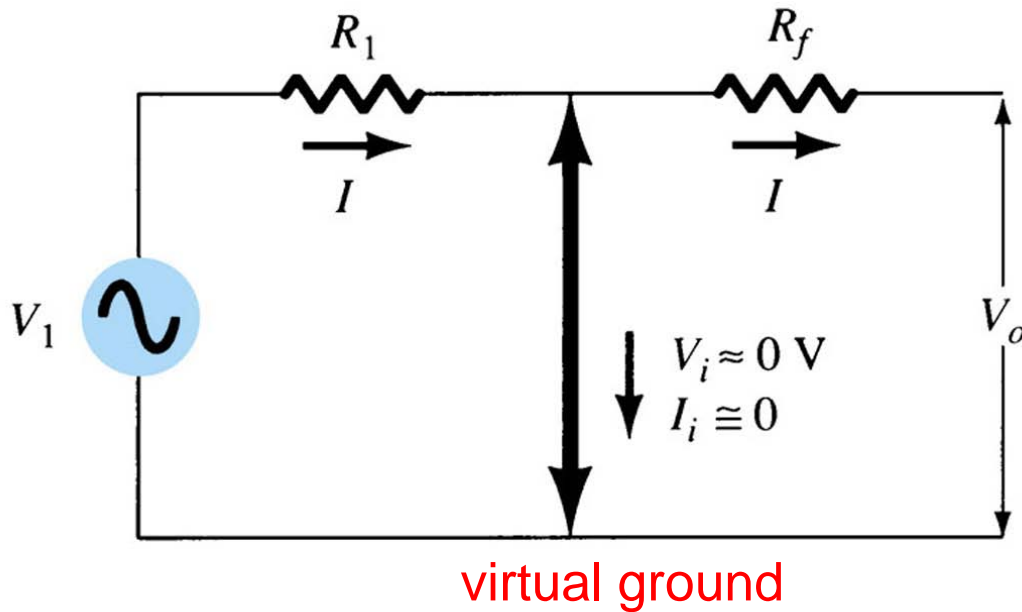
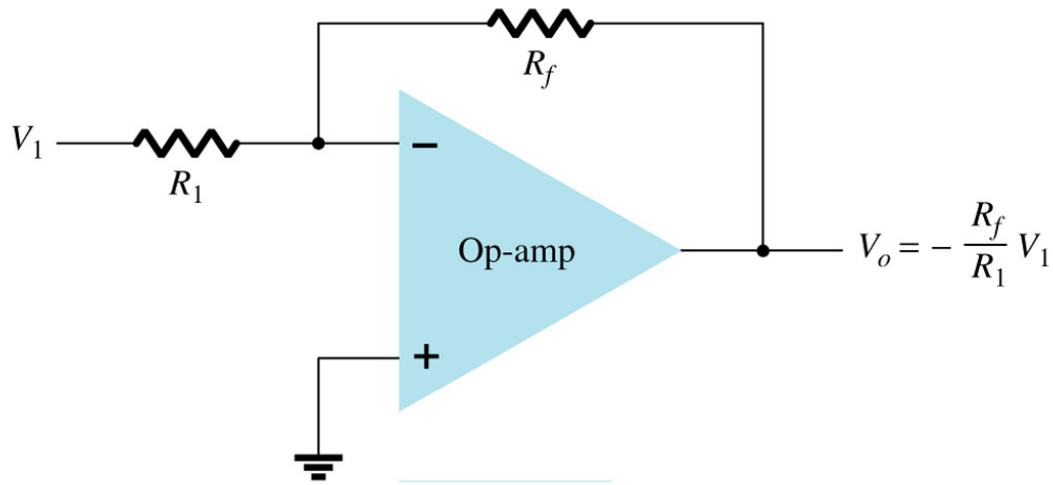
V_{IO} điện áp vào lệch không

$$V_o(\text{offset}) = V_{IO} \frac{R_1 + R_f}{R_1}$$

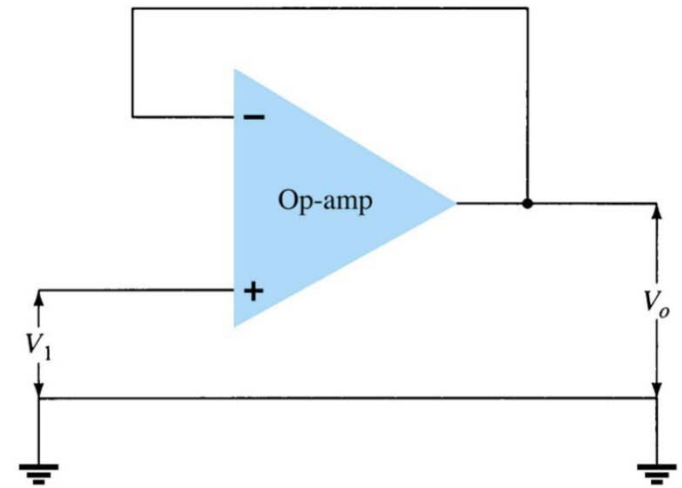
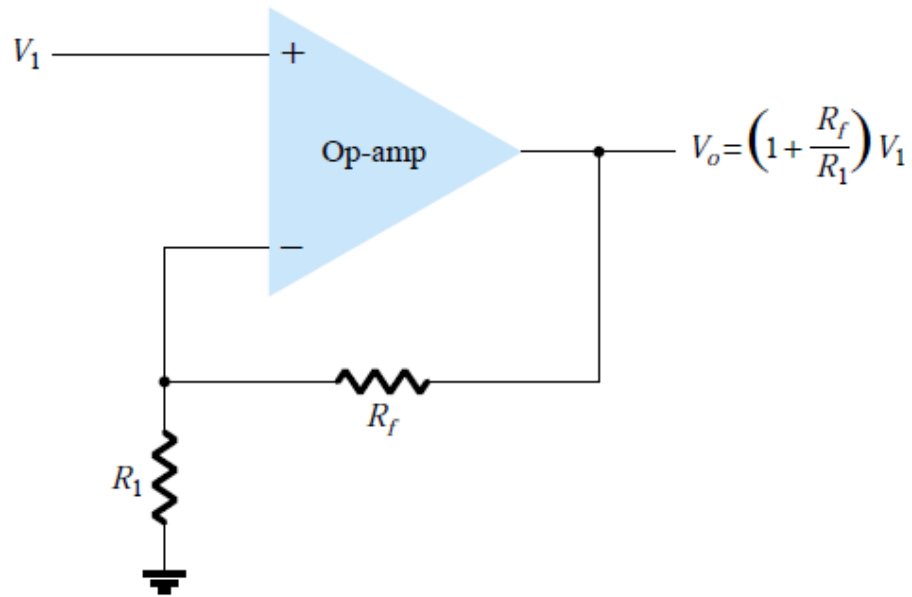
$$V_o(\text{offset due to } I_{IO}) = I_{IO} R_f$$



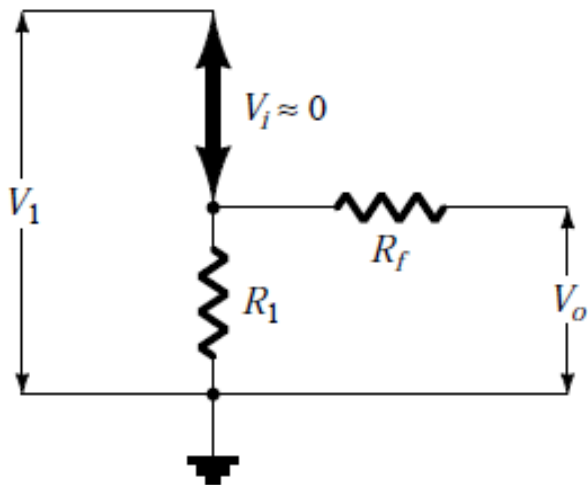
Ví dụ các mạch cơ bản dùng KĐTT



Ví dụ các mạch cơ bản dùng KĐTT



(a)



uA741

TABLE 14.1 Absolute Maximum Ratings

Supply voltage	± 22 V
Internal power dissipation	500 mW
Differential input voltage	± 30 V
Input voltage	± 15 V

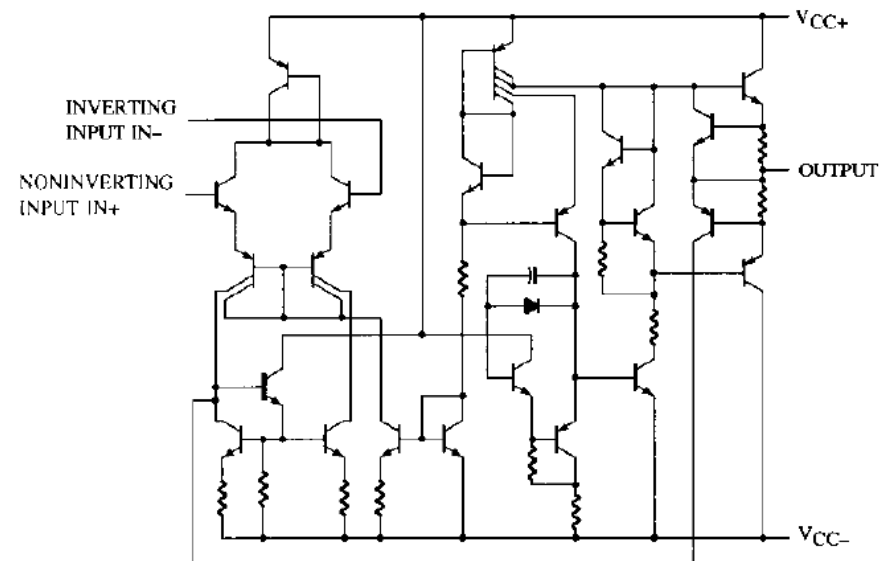
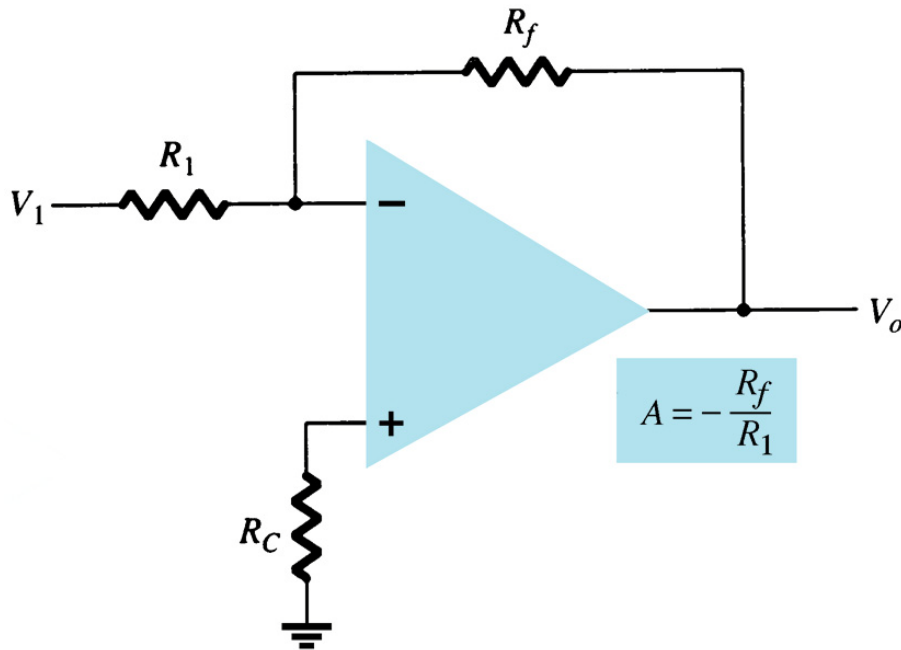


TABLE 14.2 μ A741 Electrical Characteristics: $V_{CC} = \pm 15$ V,

Characteristic	MIN	TYP	MAX	Unit
V_{IO} Input offset voltage		1	6	mV
I_{IO} Input offset current		20	200	nA
I_{IB} Input bias current		80	500	nA
V_{ICR} Common-mode input voltage range	± 12	± 13		V
V_{OM} Maximum peak output voltage swing	± 12	± 14		V
A_{VD} Large-signal differential voltage amplification	20	200		V/mV
r_i Input resistance	0.3	2		M Ω
r_o Output resistance		75		Ω
C_i Input capacitance		1.4		pF
CMRR Common-mode rejection ratio	70	90		dB
I_{CC} Supply current		1.7	2.8	mA
P_D Total power dissipation		50	85	mW

11.2 Ứng dụng

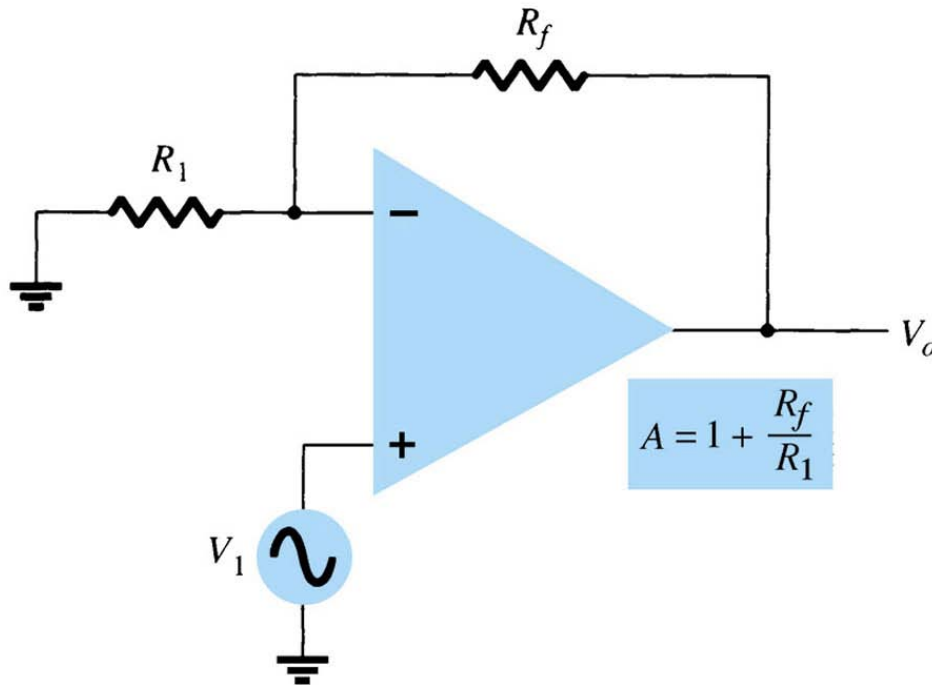
- Khuếch đại đảo



$$A = -\frac{R_f}{R_1}$$

11.2 Ứng dụng

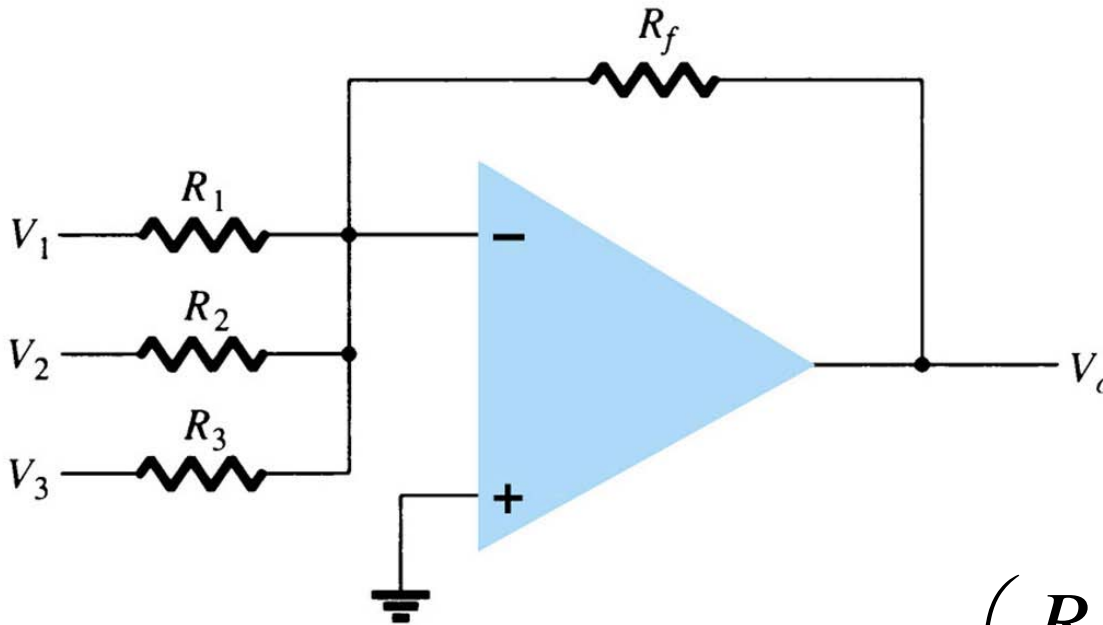
- Khuếch đại không đảo



$$A = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

11.2 Ứng dụng

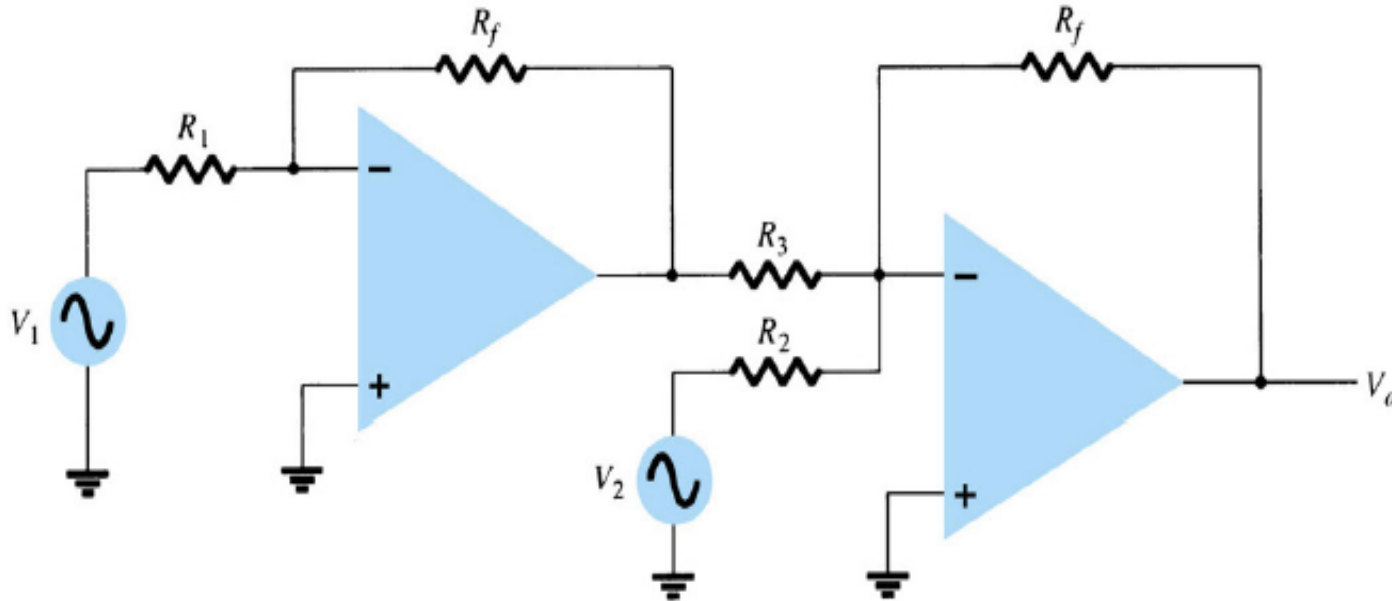
- Mạch cộng đảo



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

11.2 Ứng dụng

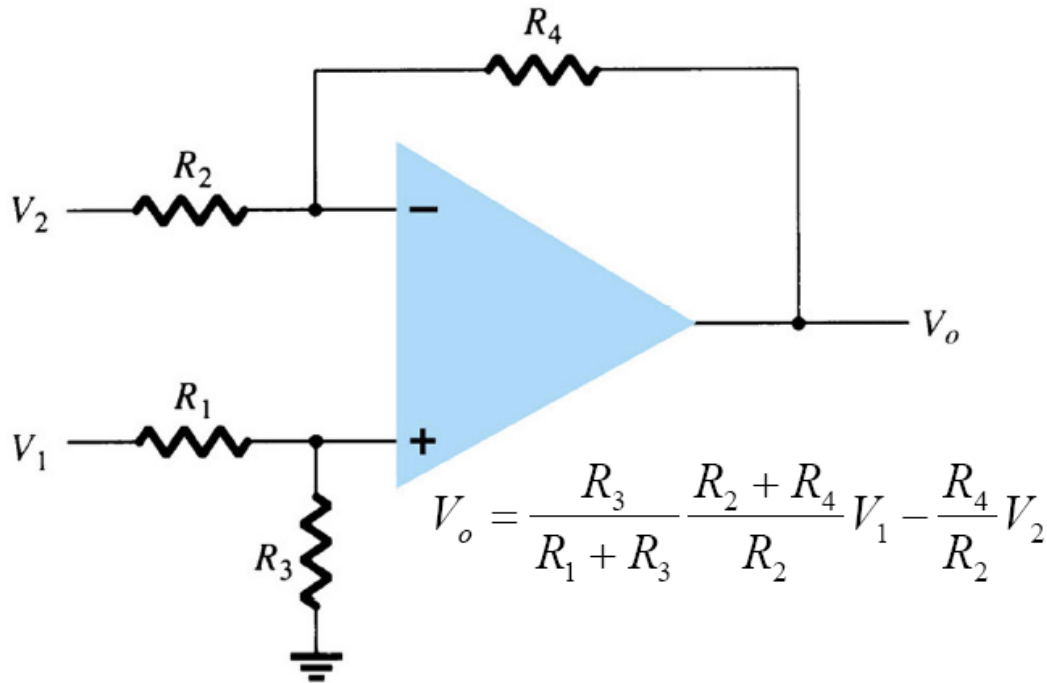
- Mạch trừ



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

11.2 Ứng dụng

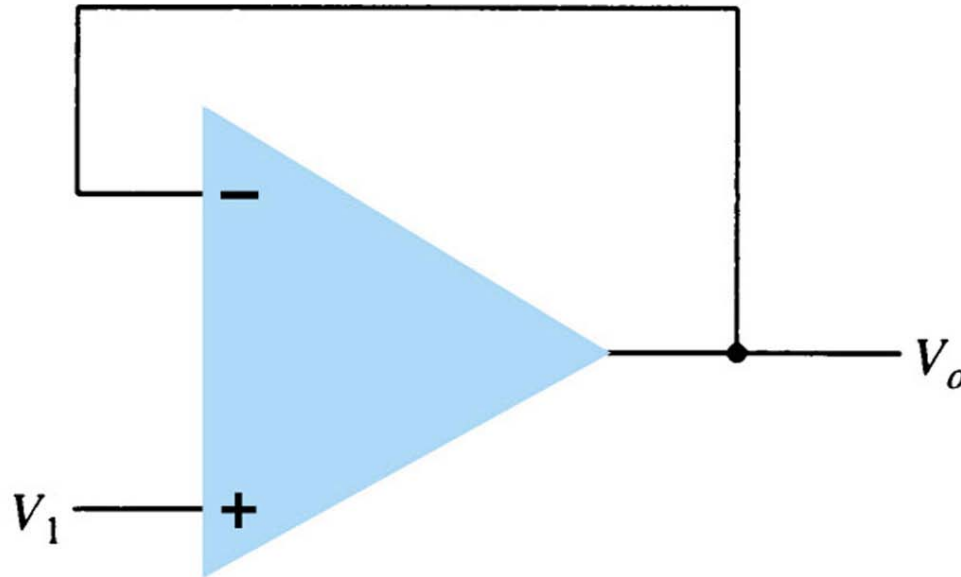
- Mạch trừ



$$V_o = \frac{R_3}{R_1 + R_3} \frac{R_2 + R_4}{R_2} V_1 - \frac{R_4}{R_2} V_2$$

11.2 Ứng dụng

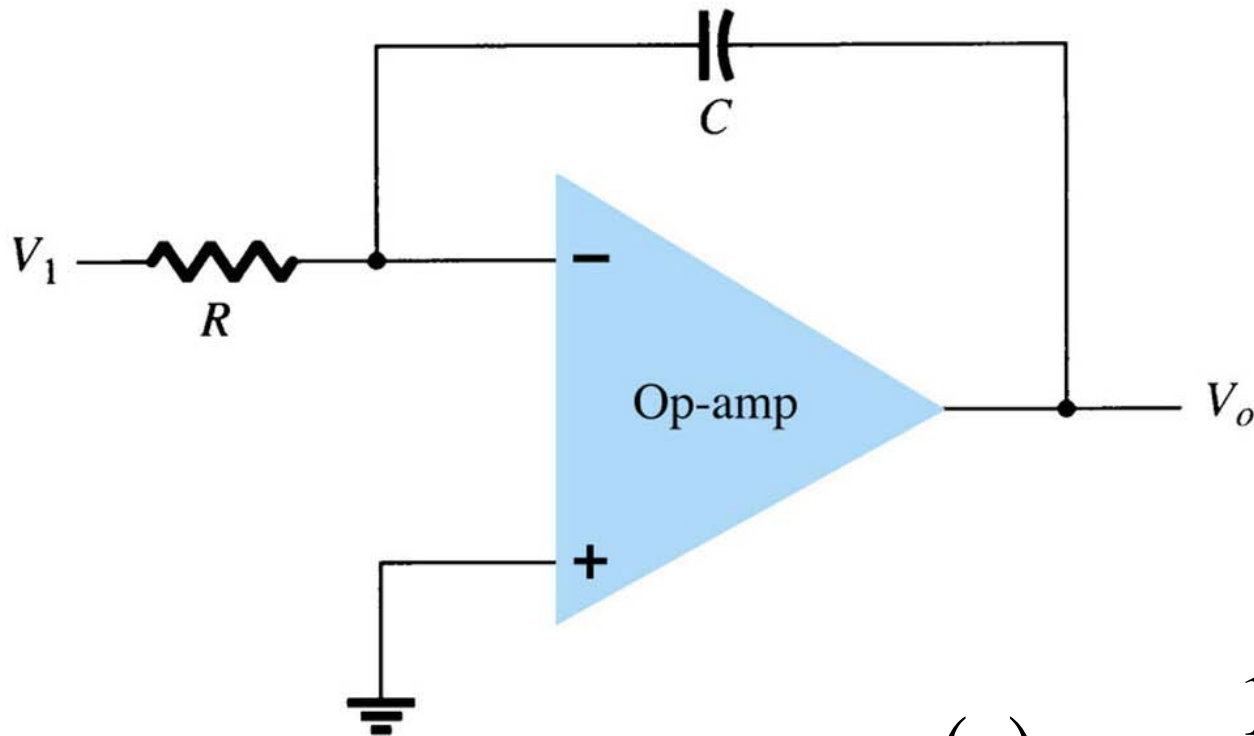
- Bộ đệm điện áp



$$V_o = V_1$$

11.2 Ứng dụng

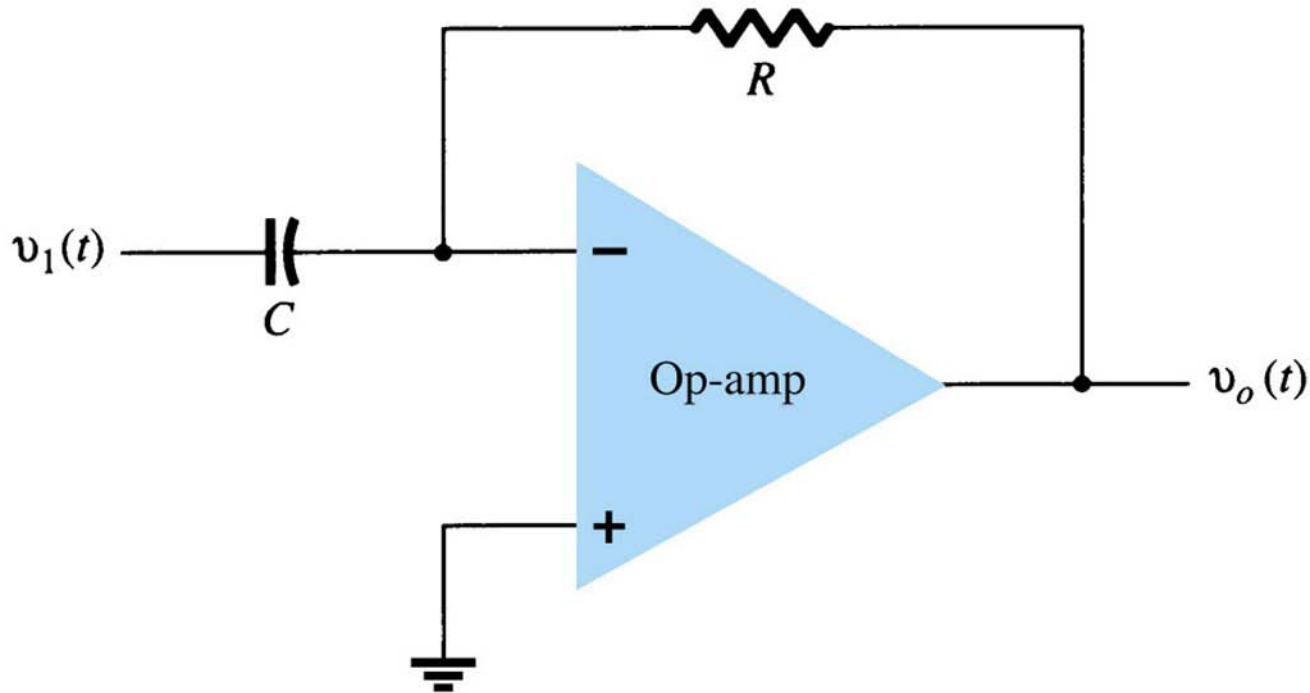
- Mạch tích phân



$$v_o(t) = -\frac{1}{RC} \int v_1(t) dt$$

11.2 Ứng dụng

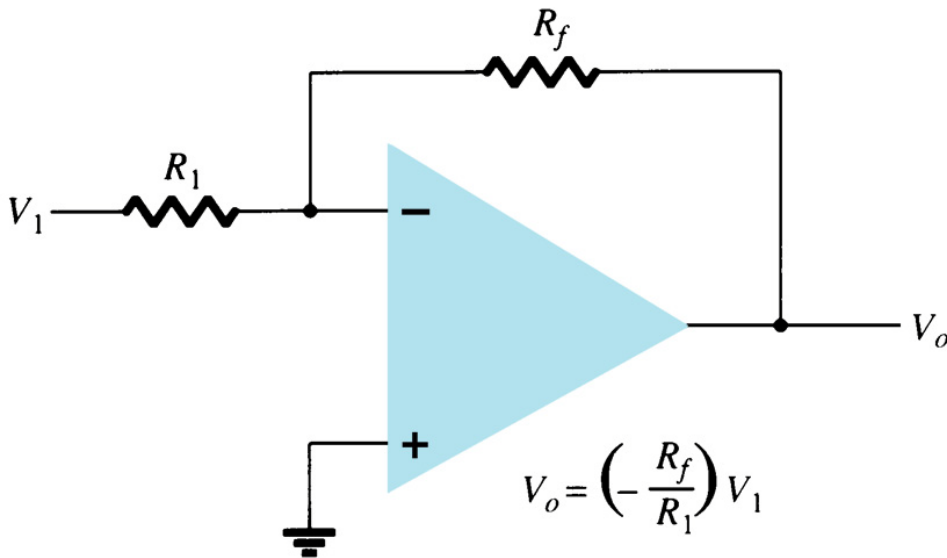
- Mạch vi phân



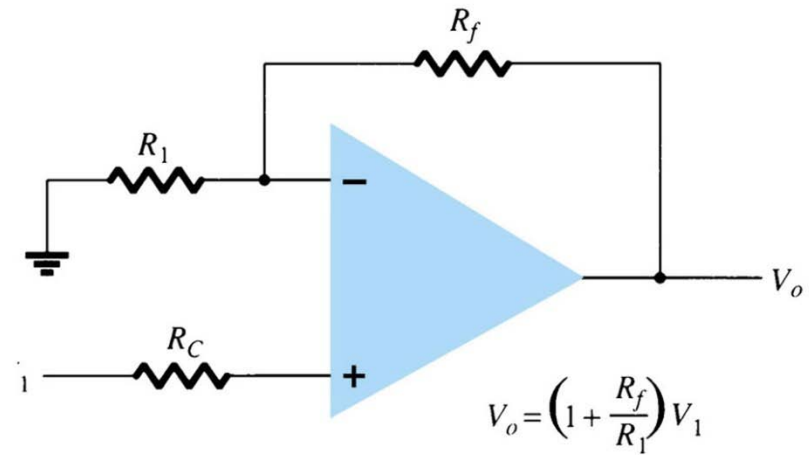
$$v_o(t) = -RC \frac{dv_1(t)}{dt}$$

11.2 Ứng dụng

- Nguồn áp được điều khiển bởi điện áp



(a)



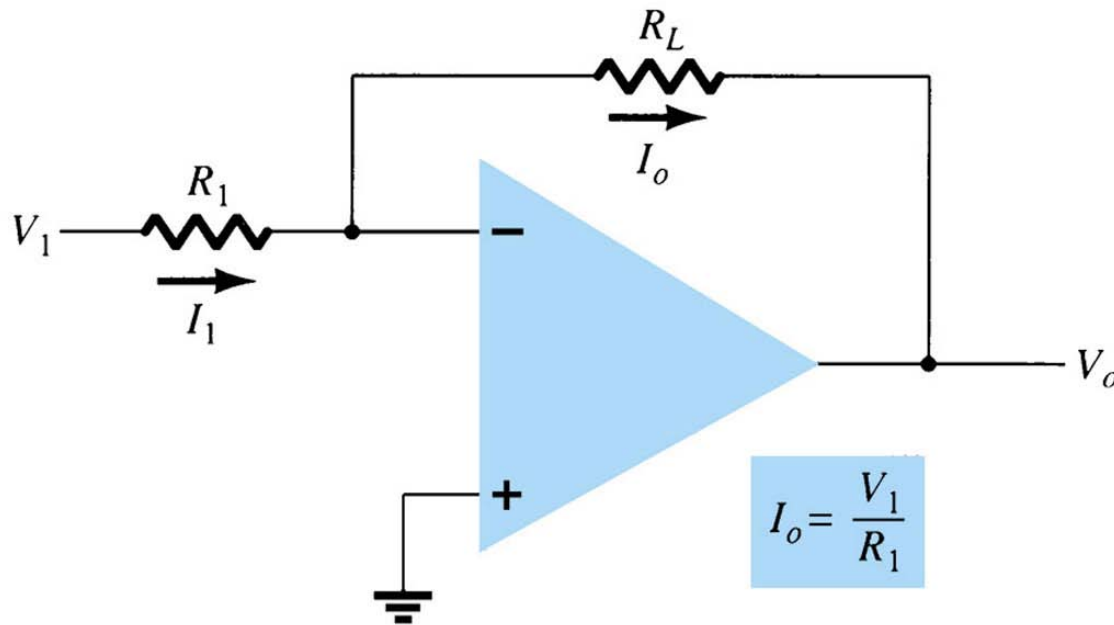
(b)

$$V_o = -\frac{R_f}{R_1} V_1 = k V_1$$

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) V_1 = k V_1$$

11.2 Ứng dụng

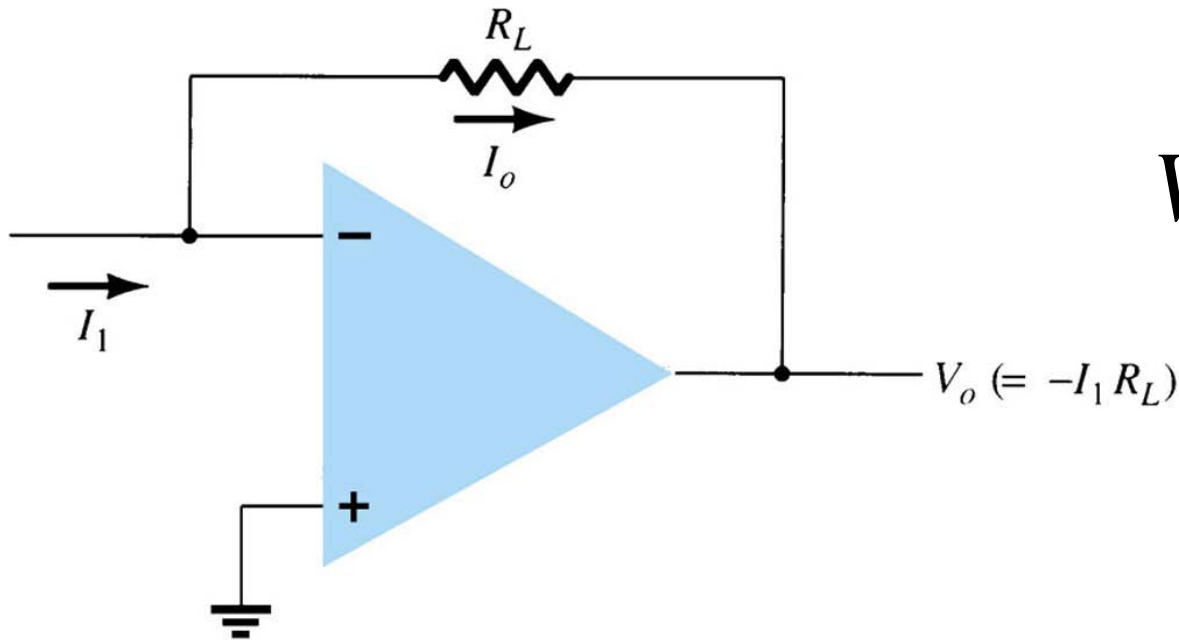
- Nguồn dòng được điều khiển bởi điện áp



$$I_o = \frac{V_1}{R_1} = kV_1$$

11.2 Ứng dụng

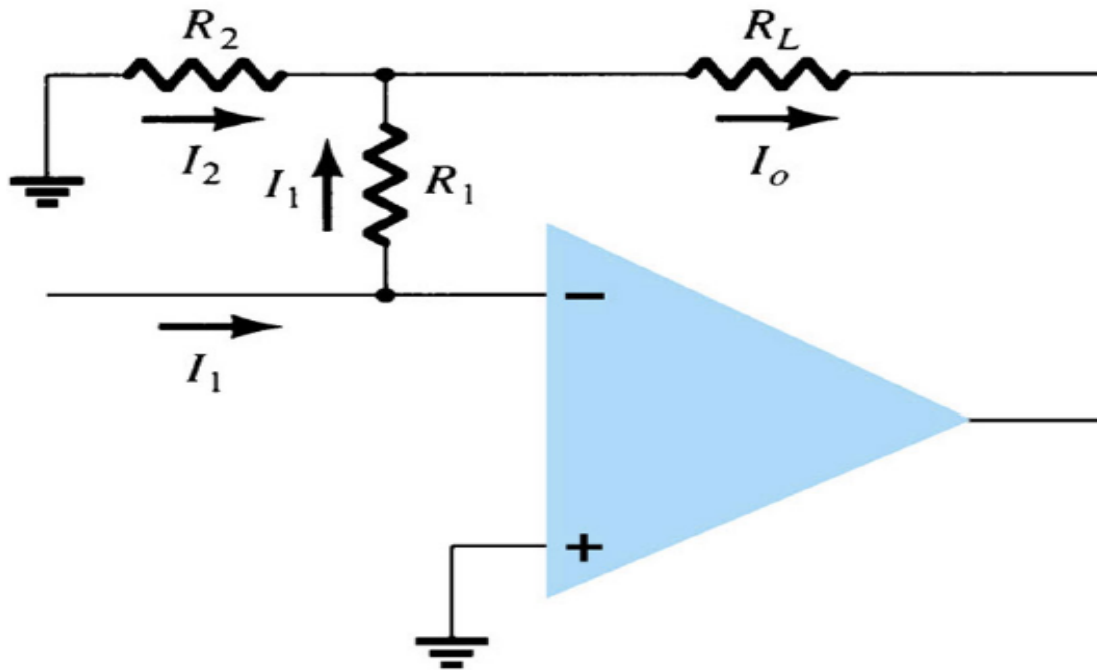
- Nguồn áp được điều khiển bởi dòng điện



$$V_o = -I_1 R_L = kI_1$$

11.2 Ứng dụng

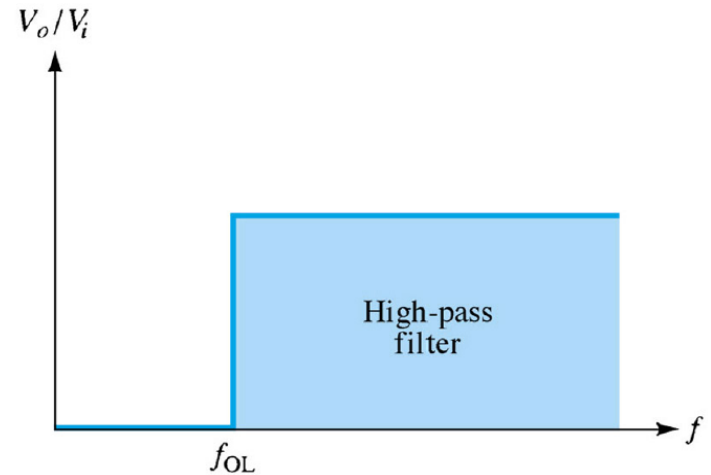
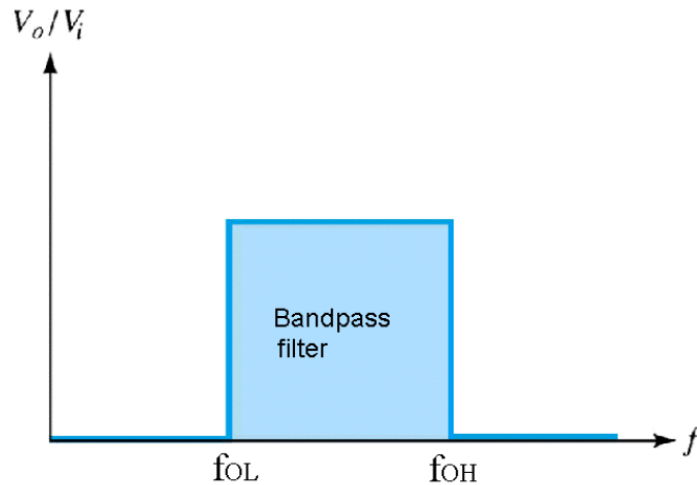
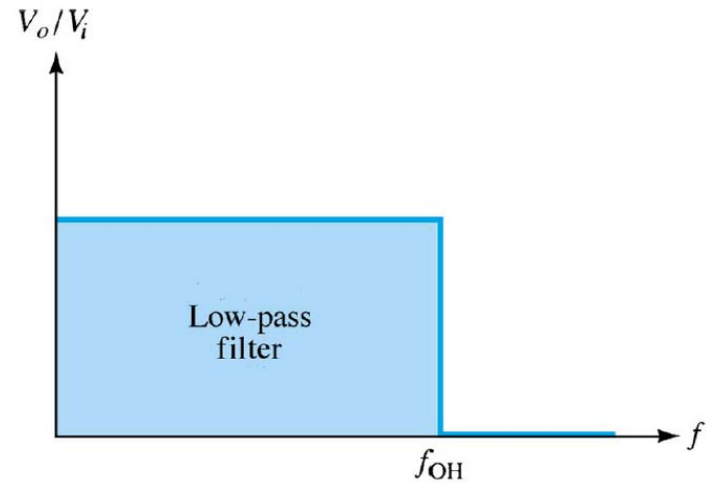
- Nguồn dòng được điều khiển bởi dòng điện



$$I_o = I_1 + I_2 = I_1 + \frac{I_1 R_2}{R_1} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) I_1 = k I_1$$

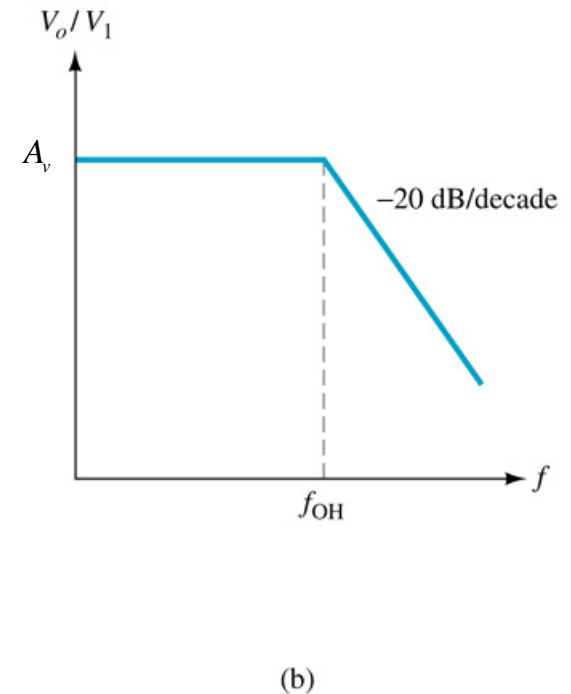
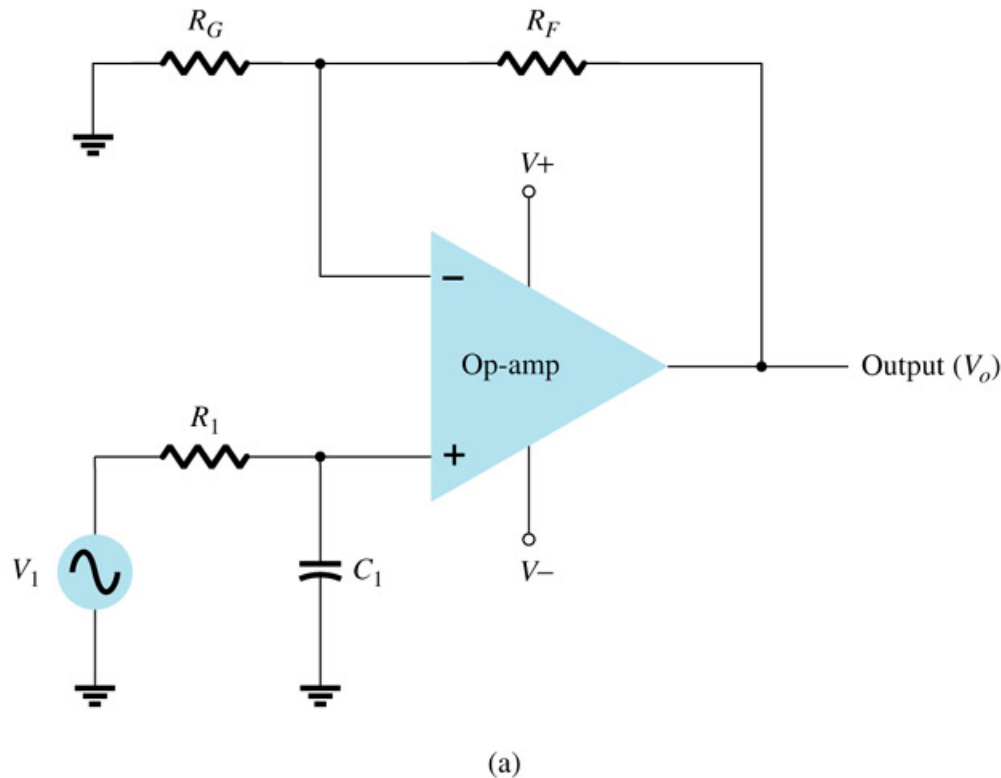
11.2 Ứng dụng

- Bộ lọc
 - Thông thấp
 - Thông cao
 - Thông dải



11.2 Ứng dụng

- Bộ lọc thông thấp bậc 1

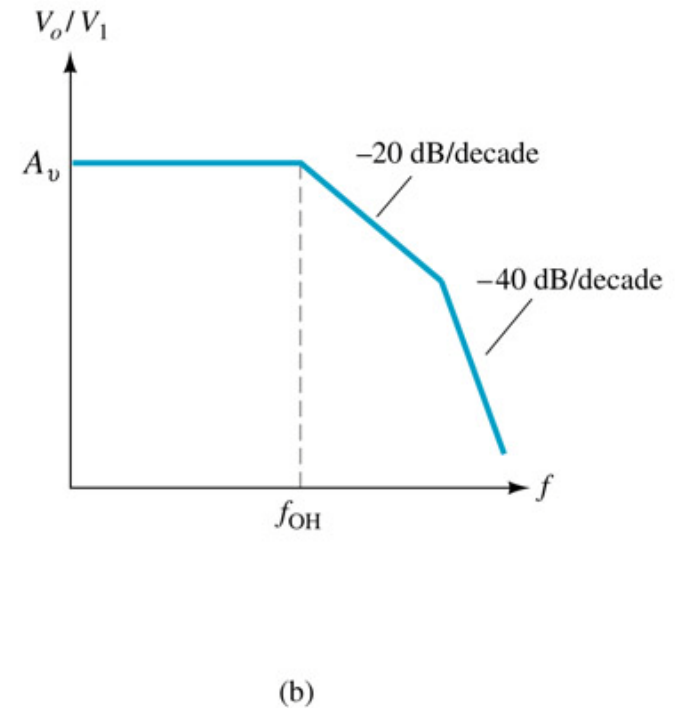
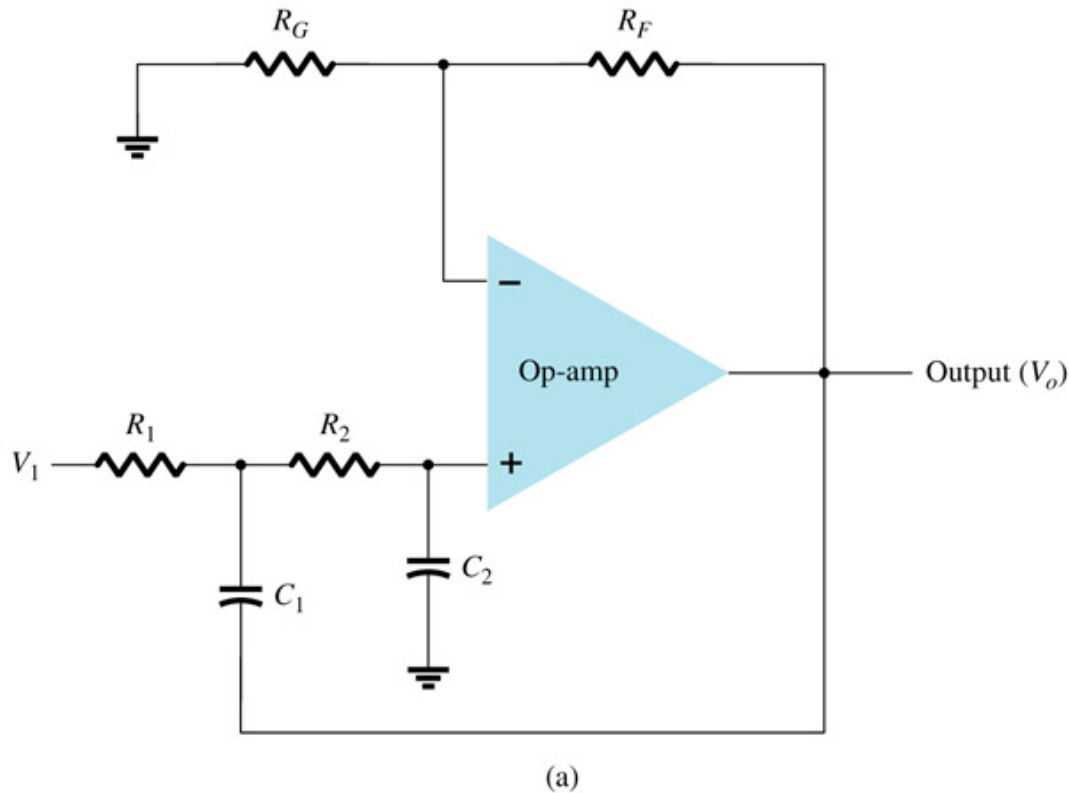


$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

$$f_{OH} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

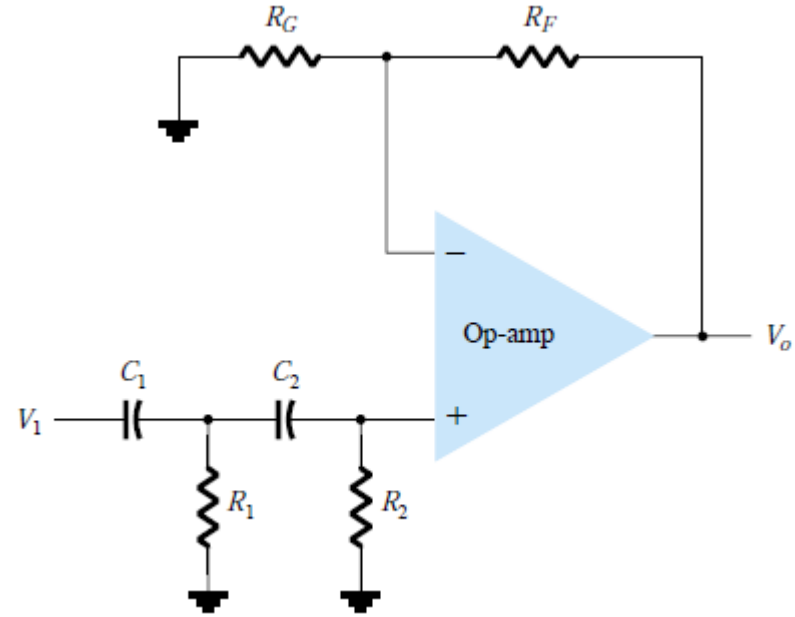
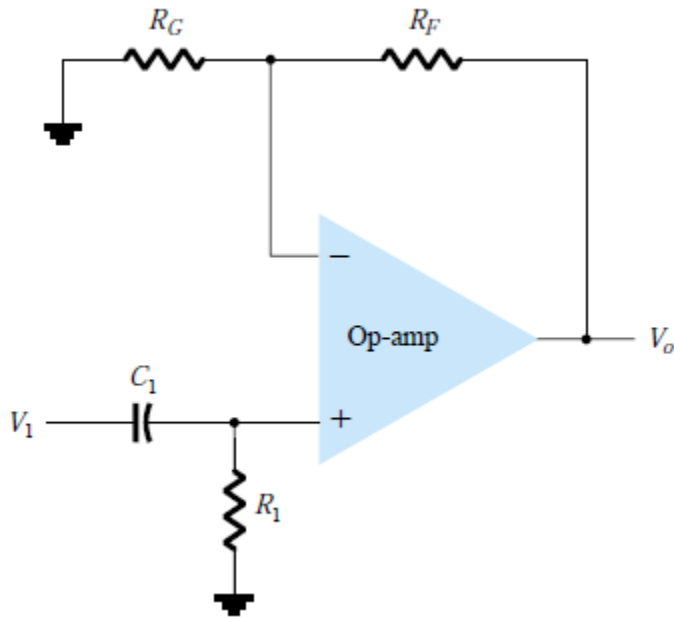
11.2 Ứng dụng

- Bộ lọc thông thấp bậc 2

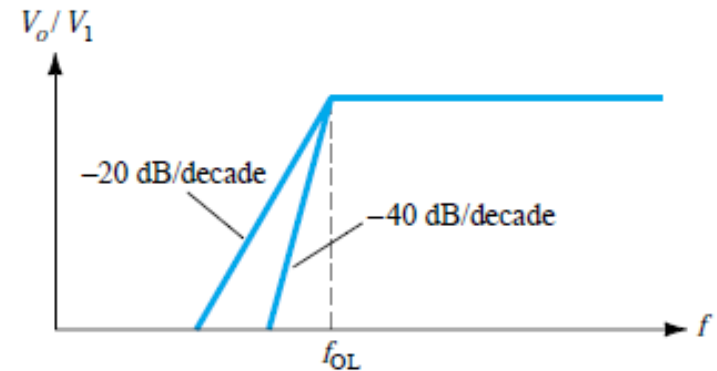


11.2 Ứng dụng

- Bộ lọc thông cao bậc 1 và bậc 2

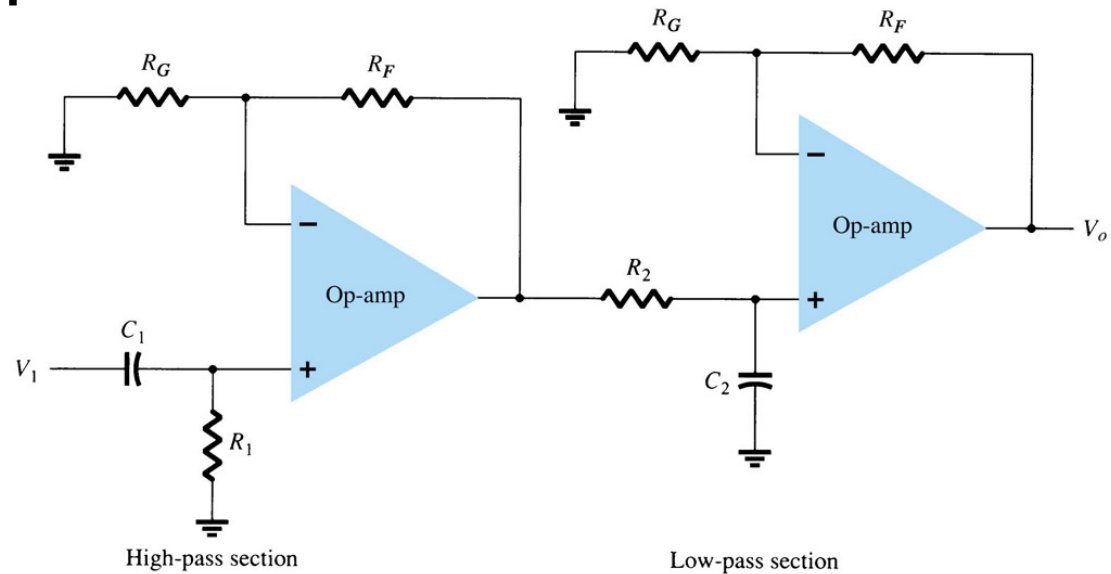


$$f_{OL} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$



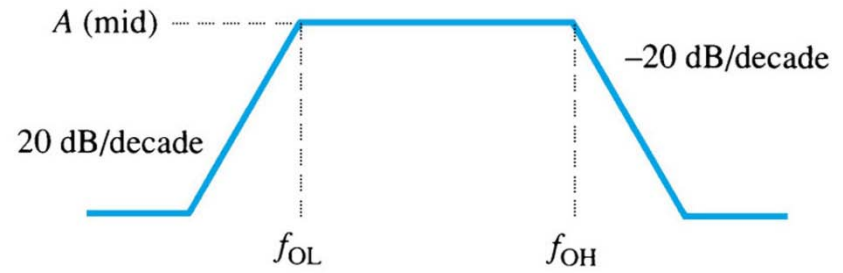
11.2 Ứng dụng

- Bộ lọc thông dải



(a)

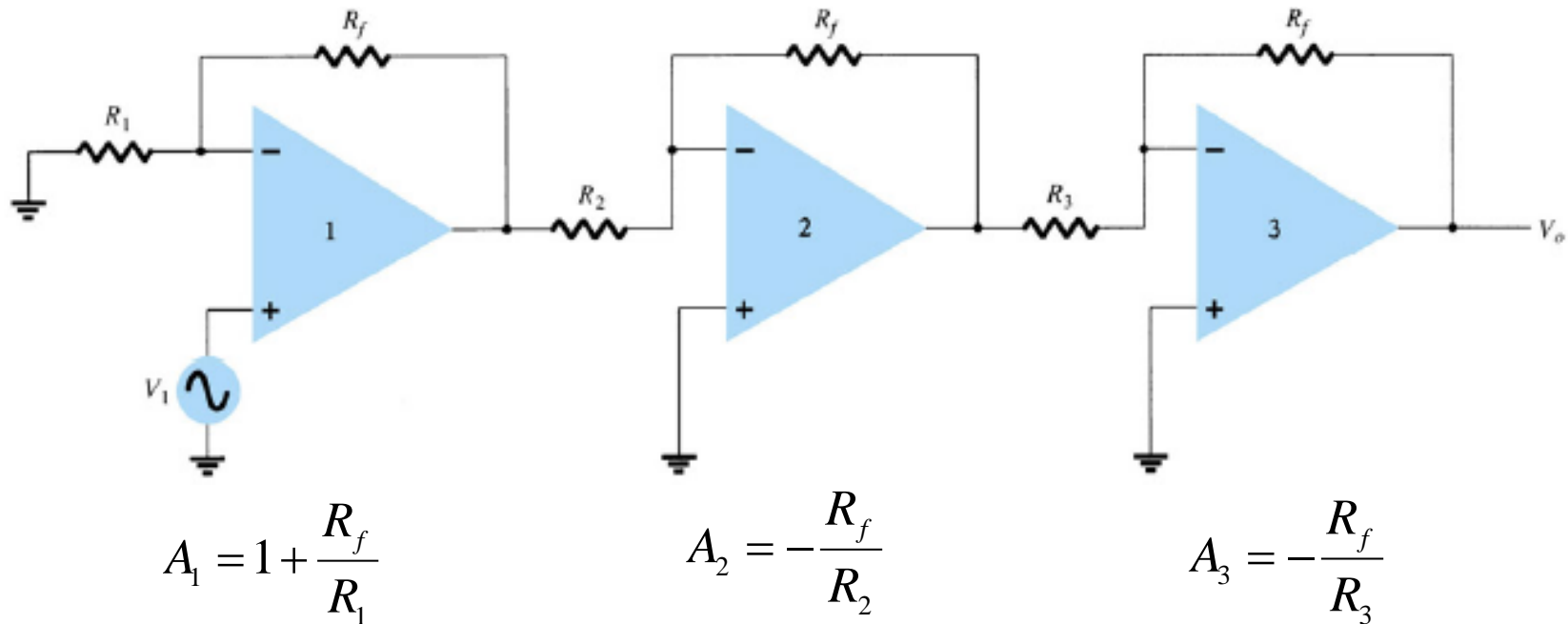
$$f_{OL} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$
$$f_{OH} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$



(b)

11.2 Ứng dụng

- Mắc nối tiếp nhiều bộ KĐTT



$$A = A_1 A_2 A_3$$

Tóm tắt

- Khuếch đại thuật toán
- Các ứng dụng của khuếch đại thuật toán

Bài tập

- Bài tập [1]:
 - Chapter 14: 1, 4, 9, 10, 12, 15, 17, 18
 - Chapter 15: 1, 6, 8, 11, 14, 16, 17