



# Khuyếch đại thuật toán

Cơ sở lý thuyết mạch điện

## Nội dung

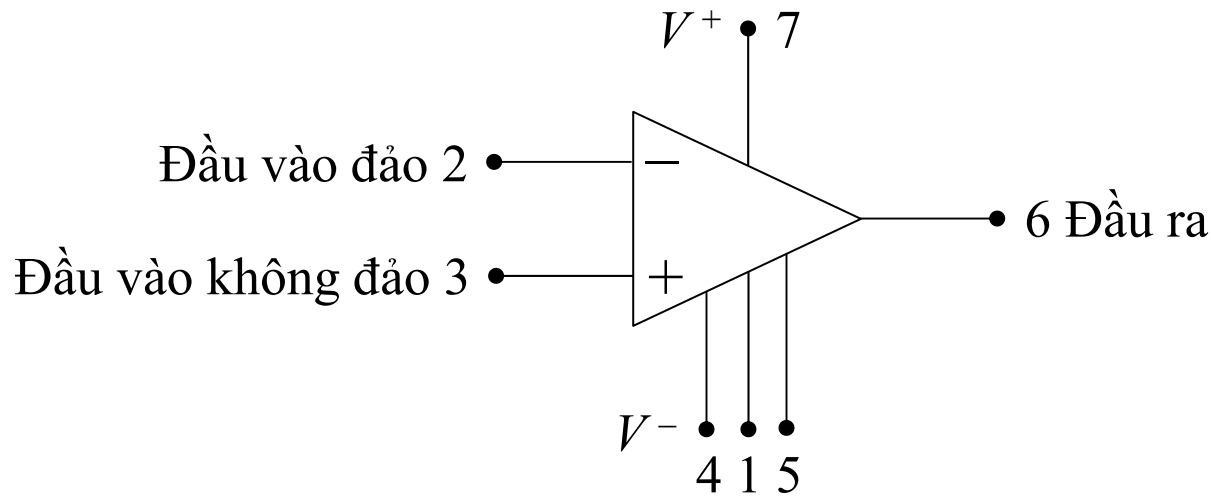
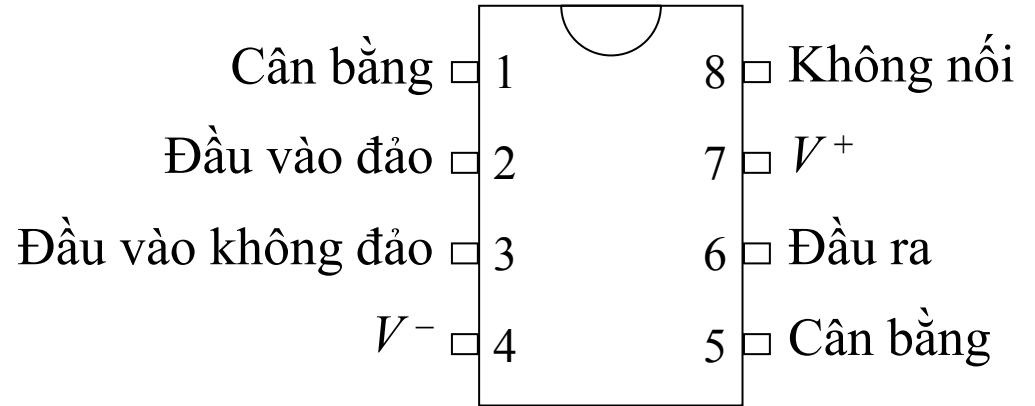
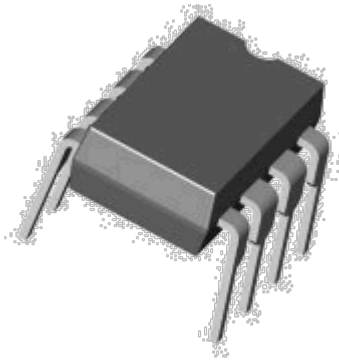
- Khuyếch đại thuật toán
- Khuyếch đại thuật toán lý tưởng
- Khuyếch đại thuật toán đảo
- Khuyếch đại thuật toán không đảo
- Khuyếch đại thuật toán cộng
- Khuyếch đại thuật toán trừ
- Mạch nối tầng

## Khuyếch đại thuật toán (1)

- 1947, operational amplifier, opamp
- Linh động, rẻ, dễ dùng
- Thực hiện các phép tính cộng, trừ, nhân, chia, vi phân, & tích phân
- Xây dựng từ điện trở, transistor, tụ điện, điốt



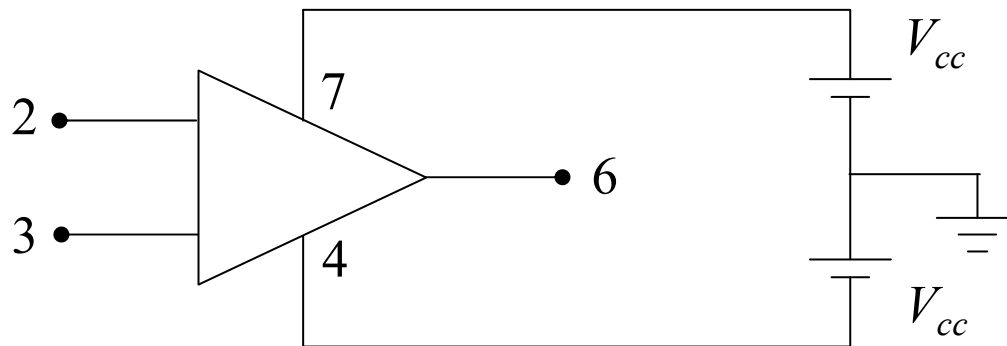
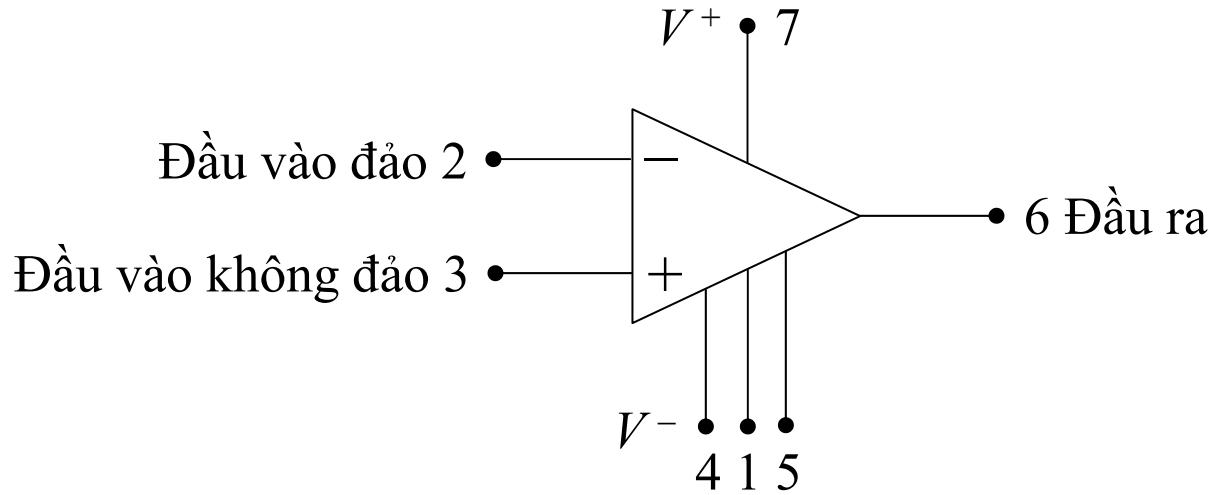
# Khuyếch đại thuật toán (2)



Khuyếch đại thuật toán



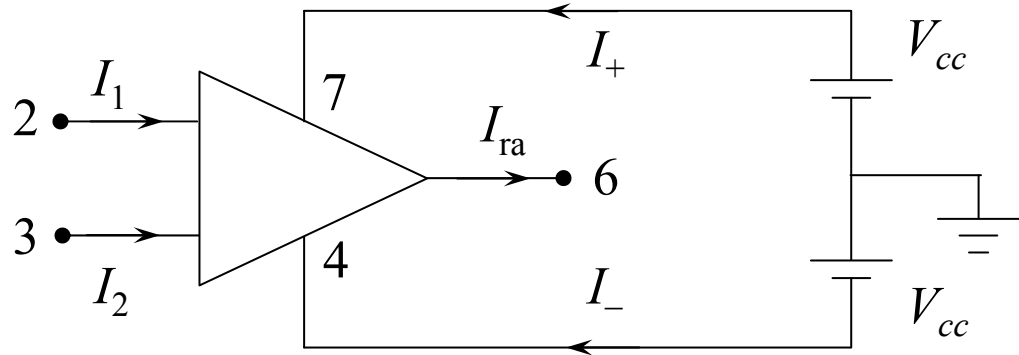
# Khuyếch đại thuật toán (3)



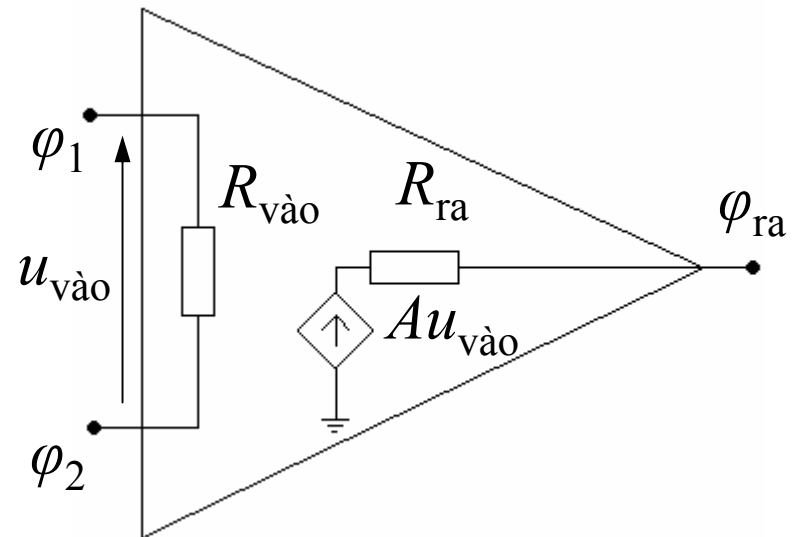
# Khuyếch đại thuật toán (4)

$$I_{ra} = I_1 + I_2 + I_+ + I_-$$

$$u_{ra} = Au_{vào} = A(\varphi_2 - \varphi_1)$$

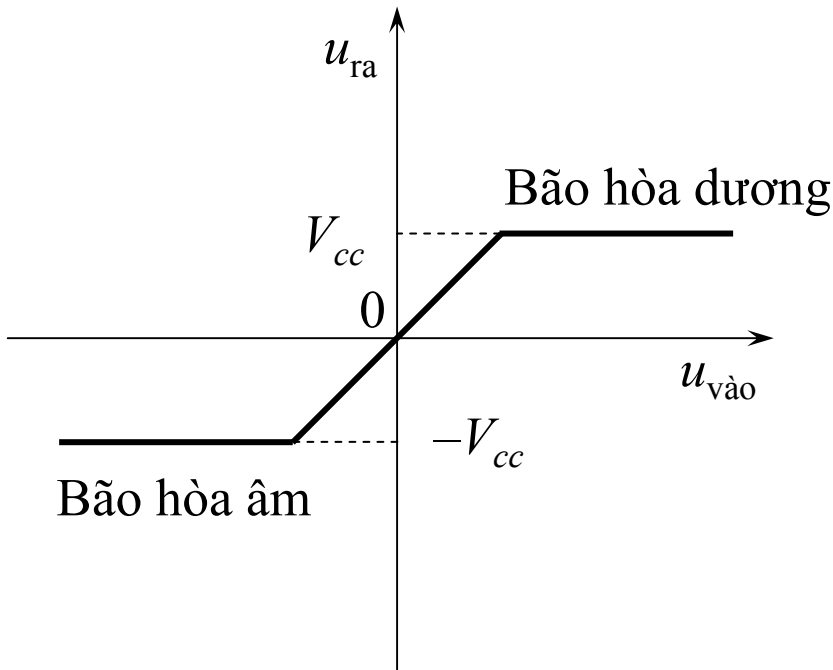
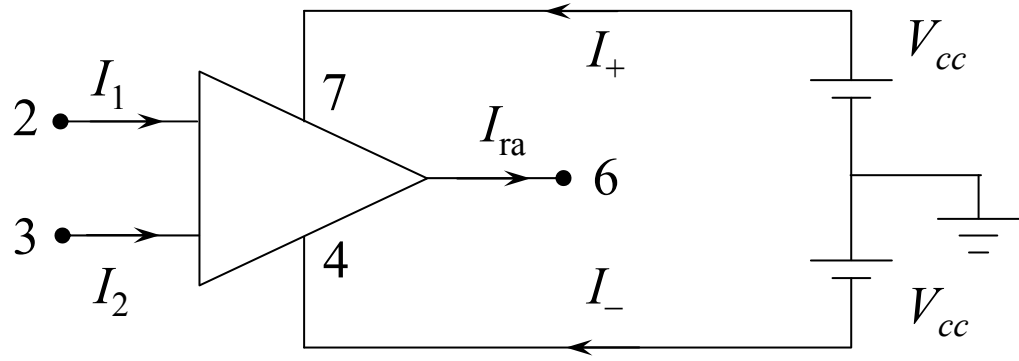


	Giá trị thực	Giá trị lý tưởng
$A$	$10^5 - 10^8$	$\infty$
$R_{vào}$	$10^6 - 10^{13} \Omega$	$\infty \Omega$
$R_{ra}$	$10 - 100 \Omega$	$0 \Omega$
$V_{cc}$	$5 - 24 V$	





# Khuyếch đại thuật toán (5)



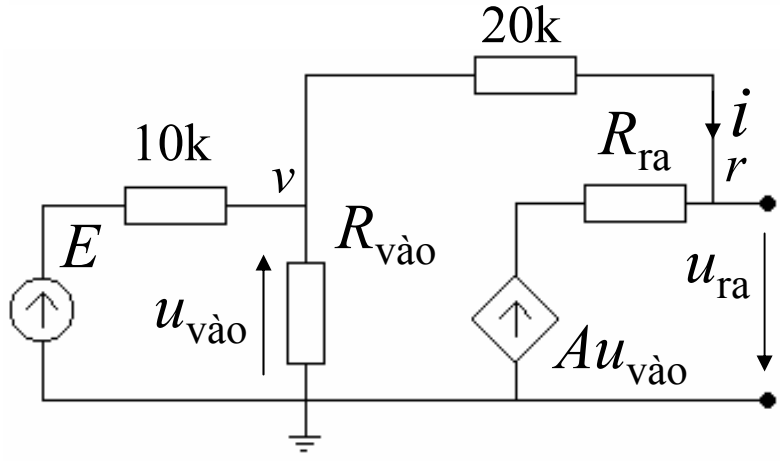
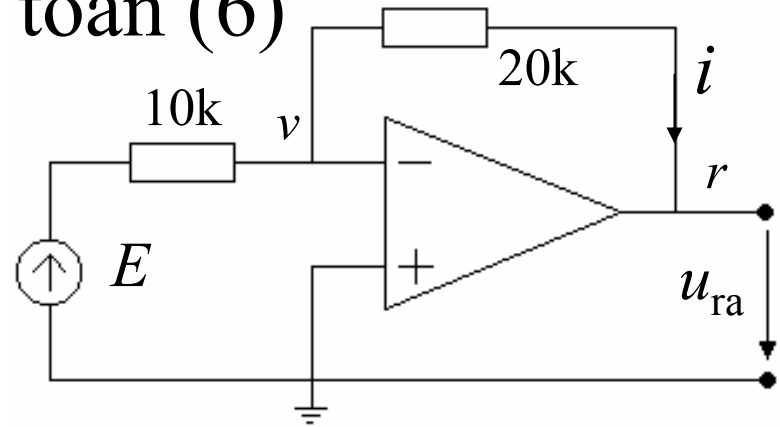


**VD**

# Khuyếch đại thuật toán (6)

Kđtt 741 có  $A = 2 \cdot 10^5$ ,  $R_{\text{vào}} = 2\text{M}\Omega$ ,  $R_{\text{ra}} = 50\Omega$ .  
Cho  $E = 2\text{V}$ , tính hệ số khuyếch đại  $u_{\text{ra}}/E$  &  $i$ .

$$\begin{cases} \left( \frac{1}{10 \cdot 10^3} + \frac{1}{20 \cdot 10^3} + \frac{1}{2 \cdot 10^6} \right) \varphi_v - \frac{1}{20 \cdot 10^3} \varphi_r = \frac{E}{10 \cdot 10^3} \\ -\frac{1}{20 \cdot 10^3} \varphi_v + \left( \frac{1}{50} + \frac{1}{20 \cdot 10^3} \right) \varphi_r = \frac{Au_{\text{vào}}}{50} \\ u_{\text{vào}} = -\varphi_v \\ \rightarrow \varphi_r = -1,9999699E \\ \rightarrow \frac{u_{\text{ra}}}{E} = -1,9999699 \\ i = \frac{\varphi_v - \varphi_r}{20 \cdot 10^3} = 0,1999 \text{ mA} \end{cases}$$





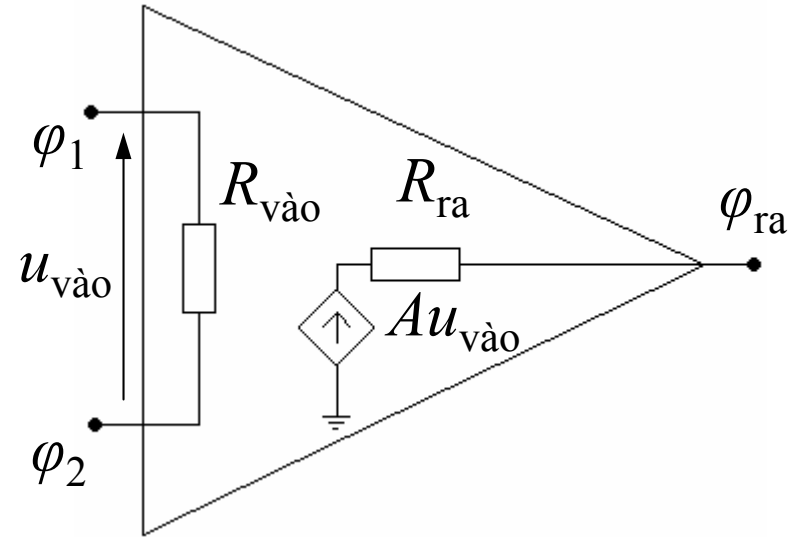
## Nội dung

- Khuyếch đại thuật toán
- **Khuyếch đại thuật toán lý tưởng**
- Khuyếch đại thuật toán đảo
- Khuyếch đại thuật toán không đảo
- Khuyếch đại thuật toán cộng
- Khuyếch đại thuật toán trừ
- Mạch nối tầng

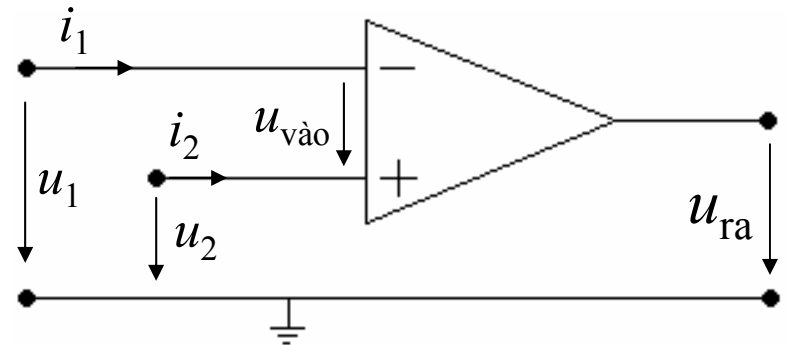


# Khuyếch đại thuật toán lý tưởng (1)

1.  $A \approx \infty$
2.  $R_{\text{vào}} \approx \infty$
3.  $R_{\text{ra}} \approx 0$



1.  $i_1 = 0, i_2 = 0$
2.  $u_{\text{vào}} = u_1 - u_2 \approx 0$





**VD**

# Khuyếch đại thuật toán lý tưởng (2)

Tính hệ số khuyếch đại  $u_r/u_v$  &  $i_r$ .

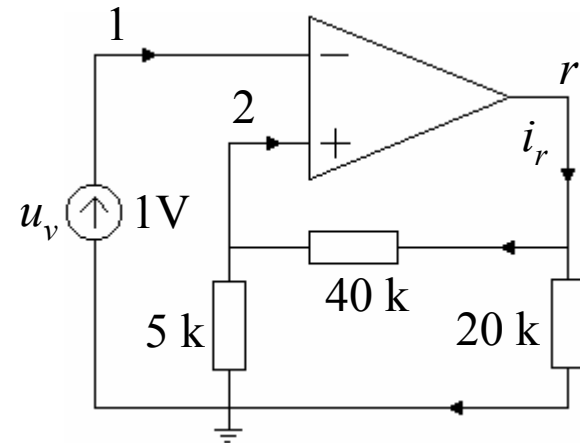
$$\left. \begin{aligned} u_1 &= u_2 \\ u_1 &= u_v = 1\text{V} \end{aligned} \right\} \rightarrow u_2 = u_v$$

$$i_1 = i_2 = 0 \rightarrow i_{5\text{k}} = i_{40\text{k}}$$

$$\left. \begin{aligned} i_{5\text{k}} &= \frac{u_2}{5 \cdot 10^3} = \frac{u_v}{5 \cdot 10^3} \\ i_{40\text{k}} &= \frac{u_r}{5 \cdot 10^3 + 40 \cdot 10^3} \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{u_r}{5 \cdot 10^3 + 40 \cdot 10^3} = \frac{u_v}{5 \cdot 10^3}$$

$$\rightarrow \frac{u_r}{u_v} = \frac{45}{5} = 9$$

$$i_r = i_{40\text{k}} + i_{20\text{k}} = \frac{u_r}{5 \cdot 10^3 + 40 \cdot 10^3} + \frac{u_r}{20 \cdot 10^3} = 0,65 \text{ mA}$$



## Nội dung

- Khuyếch đại thuật toán
- Khuyếch đại thuật toán lý tưởng
- **Khuyếch đại thuật toán đảo**
- Khuyếch đại thuật toán không đảo
- Khuyếch đại thuật toán cộng
- Khuyếch đại thuật toán trừ
- Mạch nối tầng



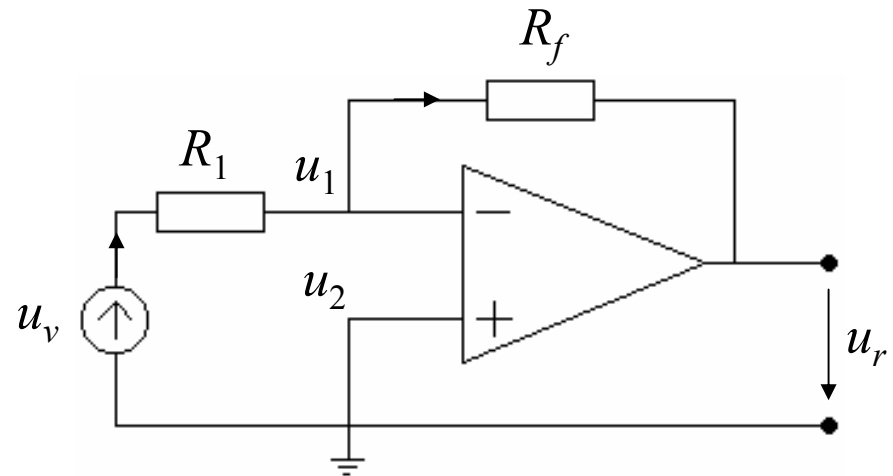
# Khuyếch đại thuật toán đảo

$$i_1 = i_f$$

$$\left. \begin{aligned} \rightarrow \frac{u_v - u_1}{R_1} &= \frac{u_1 - u_r}{R_f} \\ u_1 = u_2 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \frac{u_v}{R_1} = -\frac{u_r}{R_f}$$

$$\rightarrow u_r = -\frac{R_f}{R_1} u_v$$



## Nội dung

- Khuyếch đại thuật toán
- Khuyếch đại thuật toán lý tưởng
- Khuyếch đại thuật toán đảo
- **Khuyếch đại thuật toán không đảo**
- Khuyếch đại thuật toán cộng
- Khuyếch đại thuật toán trừ
- Mạch nối tầng



# Khuyếch đại thuật toán không đảo (1)

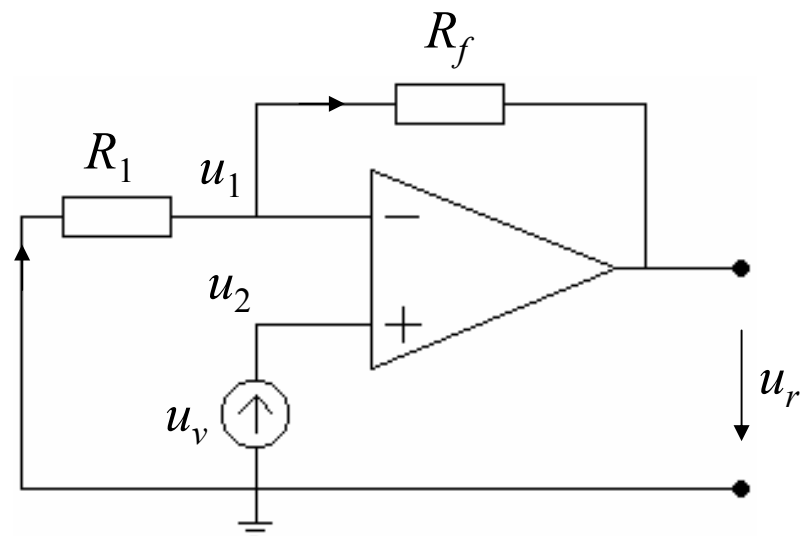
$$i_1 = i_f$$

$$\rightarrow \frac{0 - u_1}{R_1} = \frac{u_1 - u_r}{R_f}$$

$$u_1 = u_2 = u_v$$

$$\rightarrow \frac{-u_v}{R_1} = -\frac{u_v - u_r}{R_f}$$

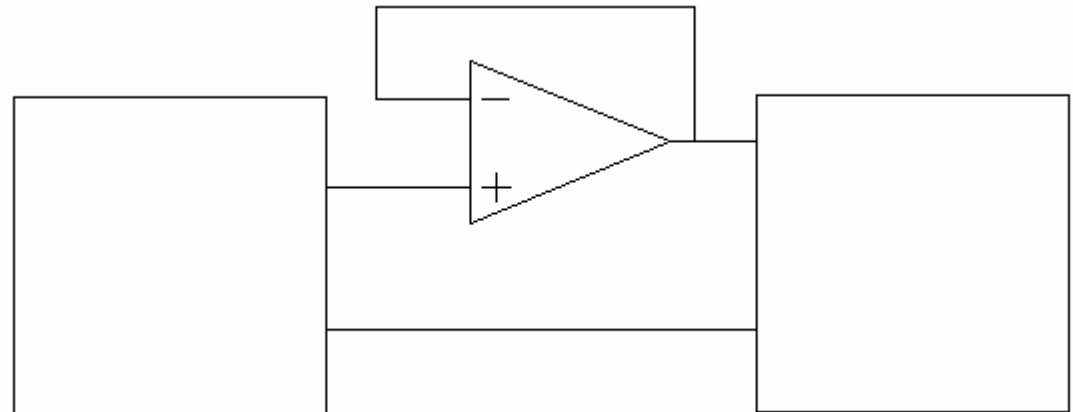
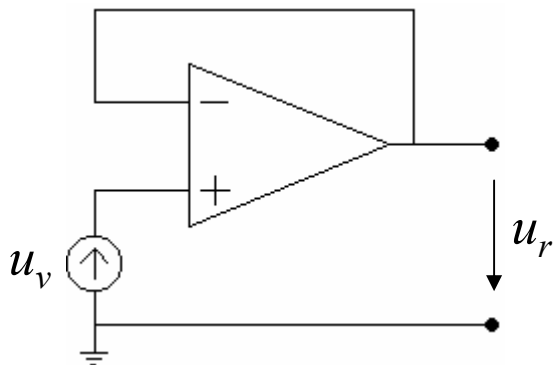
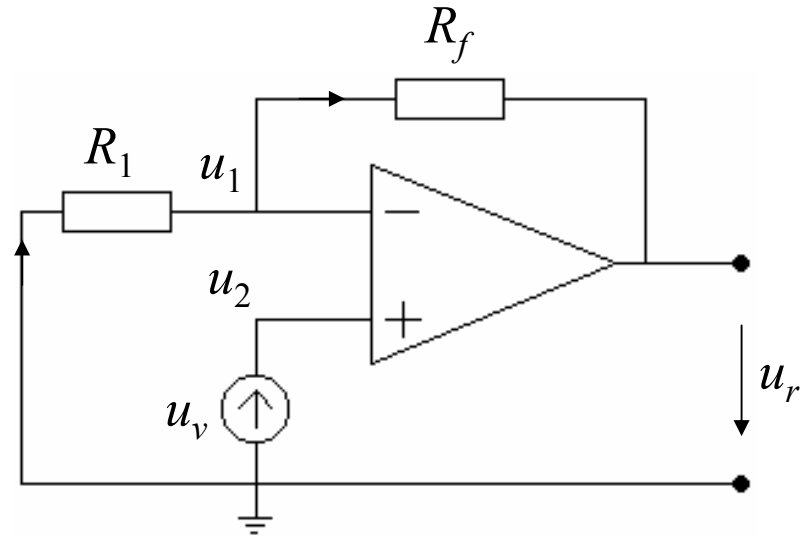
$$\rightarrow u_r = \left( 1 + \frac{R_f}{R_1} \right) u_v$$





# Khuyếch đại thuật toán không đảo (2)

$$u_r = \left( 1 + \frac{R_f}{R_1} \right) u_v$$





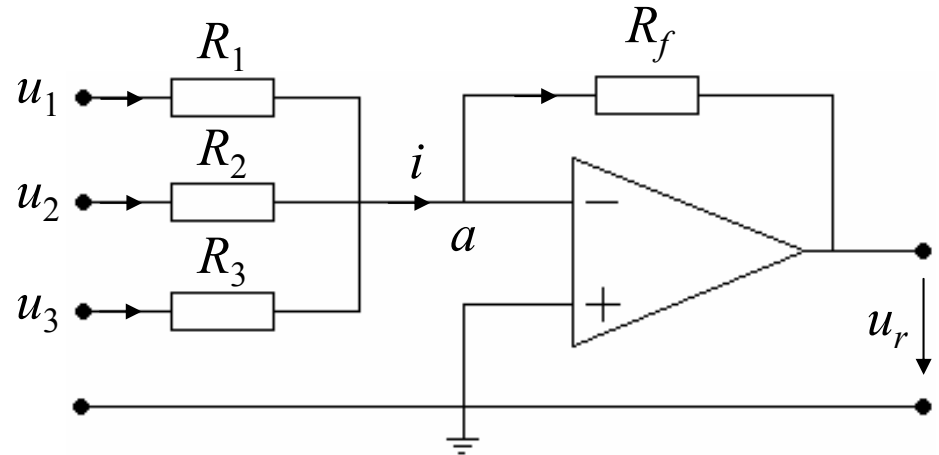
## Nội dung

- Khuyếch đại thuật toán
- Khuyếch đại thuật toán lý tưởng
- Khuyếch đại thuật toán đảo
- Khuyếch đại thuật toán không đảo
- **Khuyếch đại thuật toán cộng**
- Khuyếch đại thuật toán trừ
- Mạch nối tầng



# Khuyếch đại thuật toán cộng

$$\left. \begin{aligned}
 i &= i_1 + i_2 + i_3 \\
 i_1 &= \frac{u_1 - u_a}{R_1} \\
 i_2 &= \frac{u_2 - u_a}{R_2} \\
 i_3 &= \frac{u_3 - u_a}{R_3} \\
 i &= \frac{u_a - u_r}{R_f} \\
 v_a &= 0
 \end{aligned} \right\}$$



$$u_r = - \left( \frac{R_f}{R_1} u_1 + \frac{R_f}{R_2} u_2 + \frac{R_f}{R_3} u_3 \right)$$

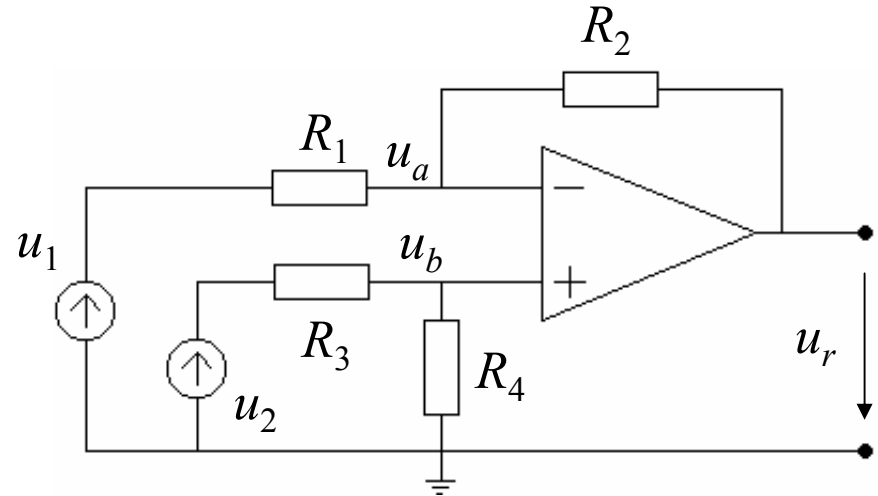
## Nội dung

- Khuyếch đại thuật toán
- Khuyếch đại thuật toán lý tưởng
- Khuyếch đại thuật toán đảo
- Khuyếch đại thuật toán không đảo
- Khuyếch đại thuật toán cộng
- **Khuyếch đại thuật toán trừ**
- Mạch nối tầng



# Khuyếch đại thuật toán trừ

$$\left. \begin{aligned} i_1 = i_2 &\rightarrow \frac{u_1 - u_a}{R_1} = \frac{u_a - u_r}{R_2} \\ i_3 = i_4 &\rightarrow \frac{u_2 - u_b}{R_3} = \frac{u_b - 0}{R_4} \\ &u_a = u_b \end{aligned} \right\}$$



$$\rightarrow u_r = \left( \frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \frac{R_4}{R_3 + R_4} u_2 - \frac{R_2}{R_1} u_1$$

$$\text{Nếu } \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \rightarrow u_r = \frac{R_2}{R_1} (u_2 - u_1)$$

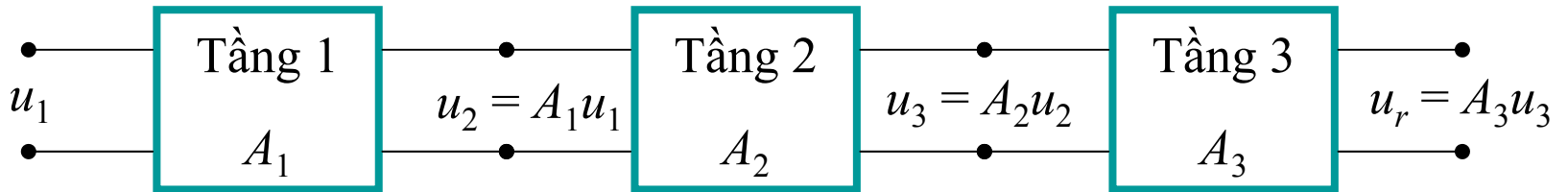
$$\text{Nếu } R_2 = R_1 \ \& \ R_3 = R_4 \rightarrow u_r = u_2 - u_1$$

## Nội dung

- Khuyếch đại thuật toán
- Khuyếch đại thuật toán lý tưởng
- Khuyếch đại thuật toán đảo
- Khuyếch đại thuật toán không đảo
- Khuyếch đại thuật toán cộng
- Khuyếch đại thuật toán trừ
- **Mạch nối tầng**



# Mạch nối tầng (1)



$$A = A_1 A_2 A_3$$



## Mạch nối tầng (2)

**VD**

Tính  $u_r$  &  $i_r$ .

$$u_a = \left(1 + \frac{12}{3}\right) 20 = 100 \text{ mV}$$

$$u_r = \left(1 + \frac{10}{4}\right) u_a = 350 \text{ mV}$$

$$i_r = \frac{u_r - u_b}{10} = \frac{u_r - u_a}{10} = \frac{(350 - 100)}{10} = 25 \mu\text{A}$$

