



TRƯỜNG ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA HÀ NỘI



NGUYỄN CÔNG PHƯƠNG

LÝ THUYẾT MẠCH I

KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN

Lý thuyết mạch I

I. Thông số mạch

II. Phần tử mạch

III. Mạch một chiều

IV. Mạch xoay chiều

V. Mạng hai cửa

VI. Mạch ba pha

VII. Khuếch đại thuật toán

1. Nguồn phụ thuộc

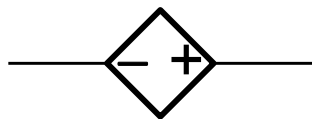
2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc

3. Khuếch đại thuật toán

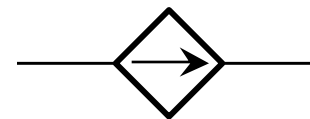
4. Các mạch cơ bản

5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

Nguồn phụ thuộc



Nguồn áp phụ thuộc



Nguồn dòng phụ thuộc

- Nguồn áp phụ thuộc áp:
- Nguồn áp phụ thuộc dòng:
- Nguồn dòng phụ thuộc áp:
- Nguồn dòng phụ thuộc dòng:

$$e = f_{eu}(u_x) = \mu u_x$$

$$e = f_{ei}(i_x) = r_m i_x$$

$$j = f_{ju}(u_x) = g_m u_x$$

$$j = f_{ji}(i_x) = \beta i_x$$

Lý thuyết mạch I

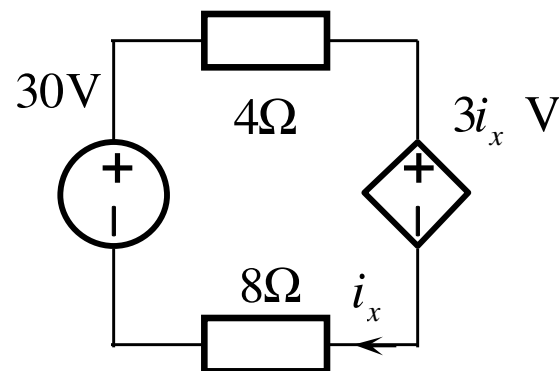
- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
 - 1. Nguồn phụ thuộc
 - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc**
 - a) Dòng nhánh
 - b) Thế nút
 - c) Dòng vòng
 - d) Xếp chồng
 - e) Mạng một cửa
 - 3. Khuếch đại thuật toán
 - 4. Các mạch cơ bản
 - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc

$$4i_x + 8i_x = 30 - 3i_x$$

$$\rightarrow 15i_x = 30$$

$$\rightarrow i_x = 2 \text{ A}$$



Dòng nhánh (1)

VD1

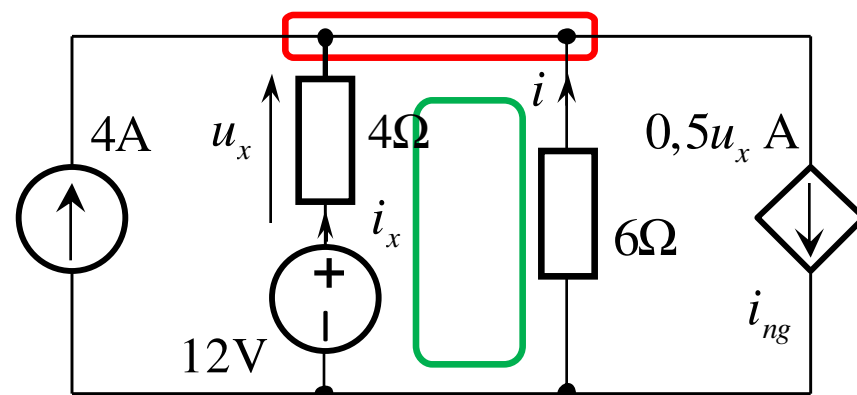
$$\left\{ \begin{array}{l} i_x + i - i_{ng} + 4 = 0 \\ 4i_x - 6i = 12 \end{array} \right\}$$

$$i_{ng} = 0,5u_x = 0,5 \cdot 4i_x = 2i_x$$

$$\rightarrow \begin{cases} i_x + i - 2i_x + 4 = 0 \\ 4i_x - 6i = 12 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} -i_x + i = -4 \\ 4i_x - 6i = 12 \end{cases}$$

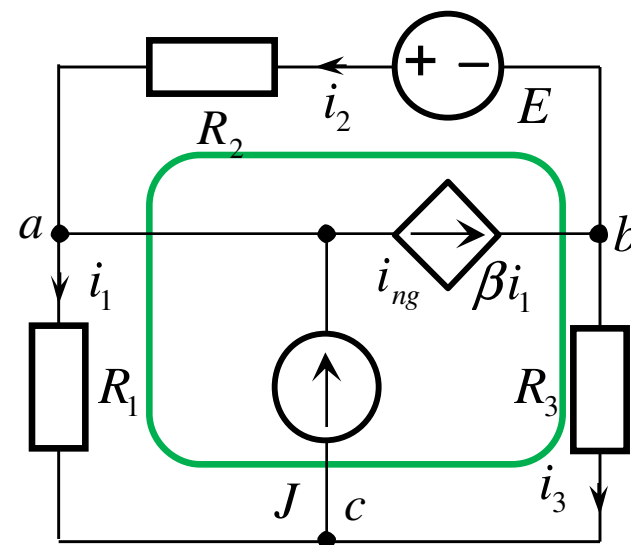
$$\rightarrow \begin{cases} i_x = 6 \text{ A} \\ i = 2 \text{ A} \end{cases}$$



Dòng nhánh (2)

VD2

$$\left\{ \begin{array}{l} b: i_{ng} - i_2 - i_3 = 0 \\ c: i_1 + i_3 - J = 0 \\ A: R_1 i_1 - R_3 i_3 + R_2 i_2 - E = 0 \end{array} \right. \quad i_{ng} = \beta i_1$$

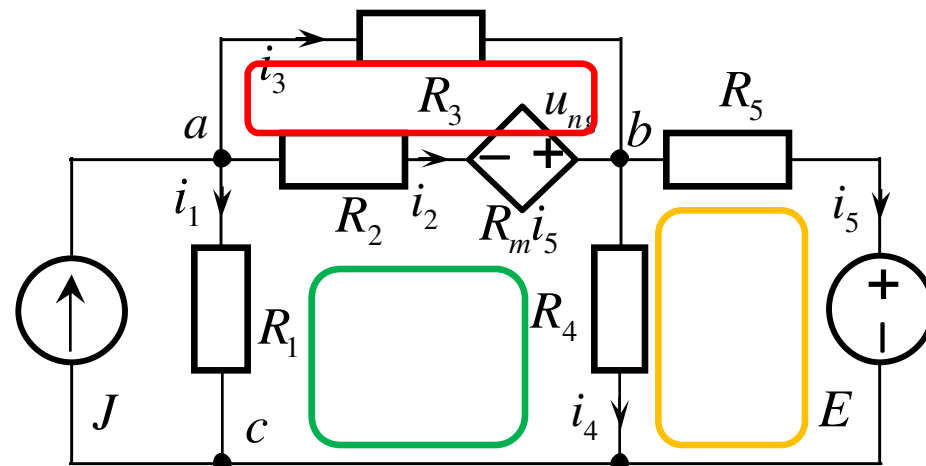


$$\rightarrow \begin{cases} \beta i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ i_1 + i_3 - J = 0 \\ R_1 i_1 - R_3 i_3 + R_2 i_2 - E = 0 \end{cases}$$

Dòng nhánh (3)

VD3

$$\left\{ \begin{array}{l} a: i_1 + i_2 + i_3 = J \\ b: i_2 + i_3 - i_4 - i_5 = 0 \\ R_2 i_2 - R_3 i_3 = u_{ng} \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 - R_4 i_4 = -u_{ng} \\ R_4 i_4 - R_5 i_5 = E \\ u_{ng} = R_m i_5 \end{array} \right.$$



$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} i_1 + i_2 + i_3 = J \\ i_2 + i_3 - i_4 - i_5 = 0 \\ R_2 i_2 - R_3 i_3 - R_m i_5 = 0 \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 - R_4 i_4 + R_m i_5 = 0 \\ R_4 i_4 - R_5 i_5 = E \end{array} \right.$$

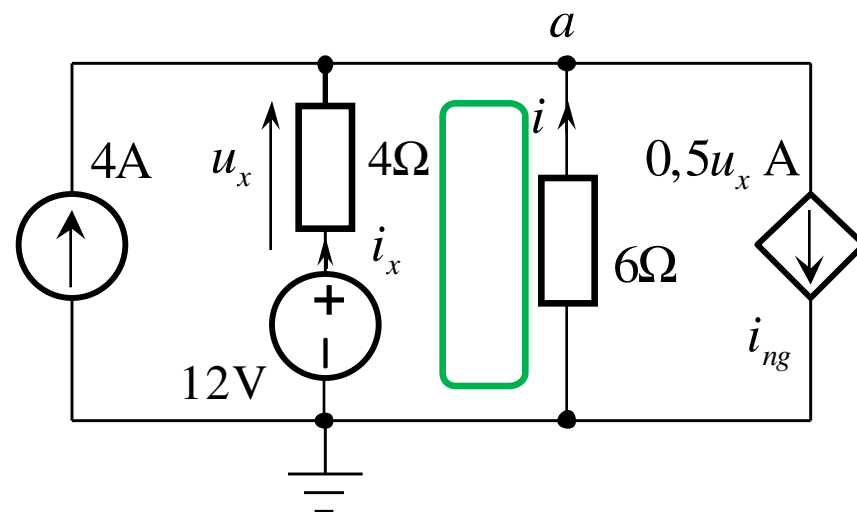
Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
 - 1. Nguồn phụ thuộc
 - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc**
 - a) Dòng nhánh
 - b) Thế nút**
 - c) Dòng vòng
 - d) Xếp chồng
 - e) Mạng một cửa
 - 3. Khuếch đại thuật toán
 - 4. Các mạch cơ bản
 - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

Thế nút (1)

VD1

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right) \varphi_a &= 4 + \frac{12}{4} - i_{ng} \\ i_{ng} &= 0,5u_x = 0,5(12 - \varphi_a) \end{aligned} \right\}$$



$$\rightarrow \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right) \varphi_a = 4 + \frac{12}{4} - 0,5(12 - \varphi_a)$$

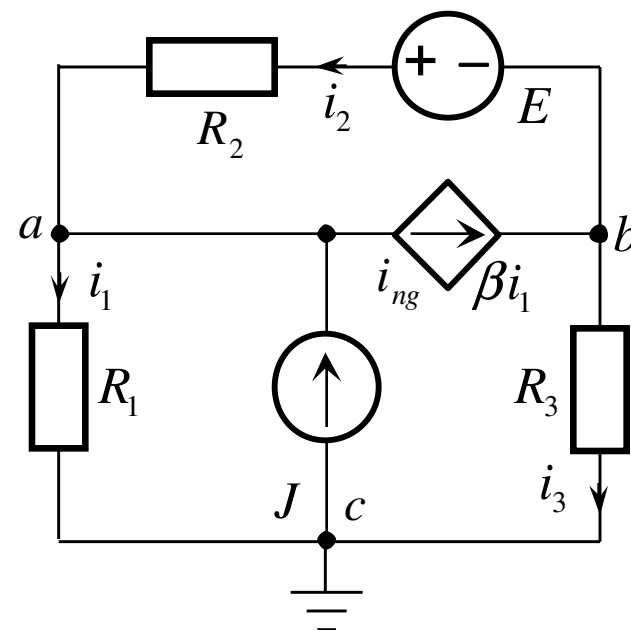
$$\rightarrow \varphi_a = -12 \text{ V} \rightarrow \begin{cases} i_x = \frac{12 - \varphi_a}{4} = \frac{12 - (-12)}{4} = 6 \text{ A} \\ i = -\frac{\varphi_a}{6} = -\frac{-12}{6} = 2 \text{ A} \end{cases}$$

Thế nút (2)

VD2

$$\left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \varphi_a - \frac{1}{R_2} \varphi_b = J - i_{ng} + \frac{E}{R_2} \\ -\frac{1}{R_2} \varphi_a + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_b = i_{ng} - \frac{E}{R_2} \end{array} \right.$$

$$i_{ng} = \beta i_1 = \beta \frac{\varphi_a}{R_1}$$

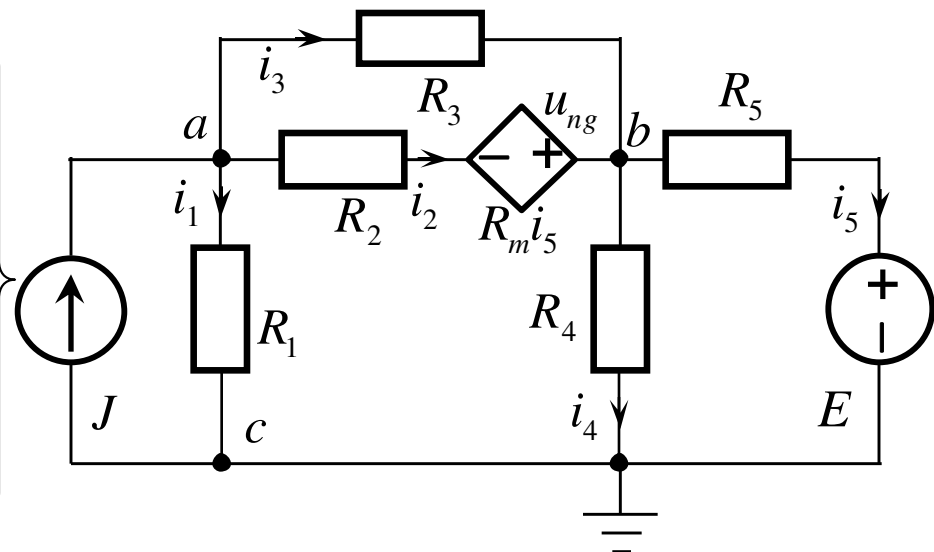


$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \beta \frac{1}{R_1} \right) \varphi_a - \frac{1}{R_2} \varphi_b = J + \frac{E}{R_2} \\ -\left(\frac{1}{R_2} + \beta \frac{1}{R_1} \right) \varphi_a + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_b = -\frac{E}{R_2} \end{array} \right.$$

Thế nút (3)

VD3

$$\left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_a - \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_b = J - \frac{u_{ng}}{R_2} \\ - \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_a + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) \varphi_b = \frac{E}{R_5} + \frac{u_{ng}}{R_2} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} u_{ng} = R_m i_5 = R_m \frac{\varphi_b - E}{R_5} \end{array} \right.$$



$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_a - \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} - \frac{R_m}{R_2 R_5} \right) \varphi_b = J + \frac{R_m E}{R_2 R_5} \\ - \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_a + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} - \frac{R_m}{R_2 R_5} \right) \varphi_b = \frac{E}{R_5} - \frac{R_m E}{R_2 R_5} \end{array} \right.$$

Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
 - 1. Nguồn phụ thuộc
 - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc**
 - a) Dòng nhánh
 - b) Thế nút
 - c) Dòng vòng**
 - d) Xếp chồng
 - e) Mạng một cửa
 - 3. Khuếch đại thuật toán
 - 4. Các mạch cơ bản
 - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

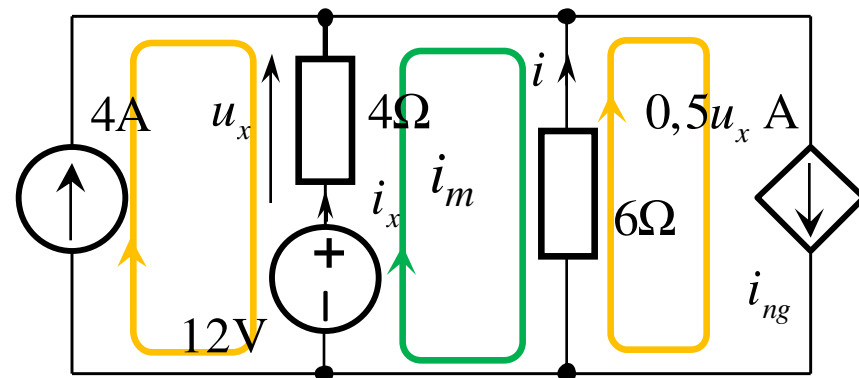
Dòng vòng (1)

VD1

$$\left. \begin{aligned} 4(i_m - 4) + 6(i_m - i_{ng}) &= 12 \\ i_{ng} &= 0,5u_x = 0,5 \cdot 4i_x = 2i_x \\ &= 2(i_m - 4) \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow 4(i_m - 4) + 6[i_m - 2(i_m - 4)] = 12$$

$$\rightarrow i_m = 10 \rightarrow \begin{cases} i_x = i_m - 4 = 10 - 4 = \boxed{6 \text{ A}} \\ i = -i_m + i_{ng} = -10 + 2(10 - 4) = \boxed{2 \text{ A}} \end{cases}$$



Dòng vòng (2)

VD2

$$R_1 i_A + R_2 i_D + R_3 i_B + E = 0$$

$$i_B - i_A = J$$

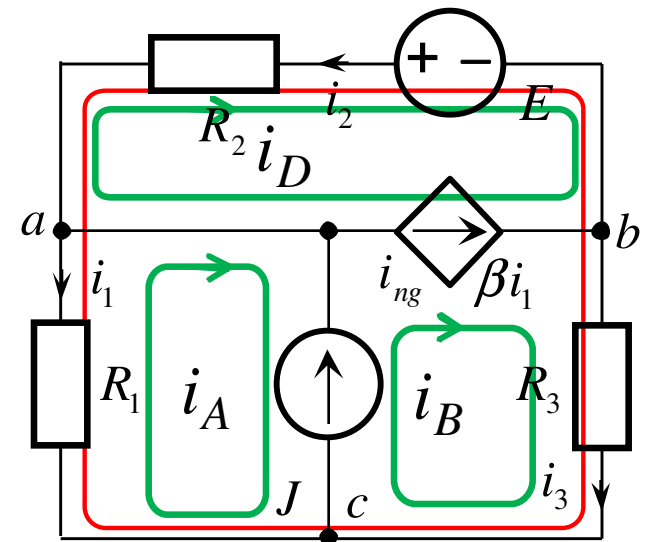
$$i_B - i_D = i_{ng}$$

$$i_{ng} = \beta i_1$$

$$\rightarrow (R_1 + R_2 + R_3) i_A = -E - (R_2 + R_3) J + R_2 \beta i_1$$

$$i_A = -i_1$$

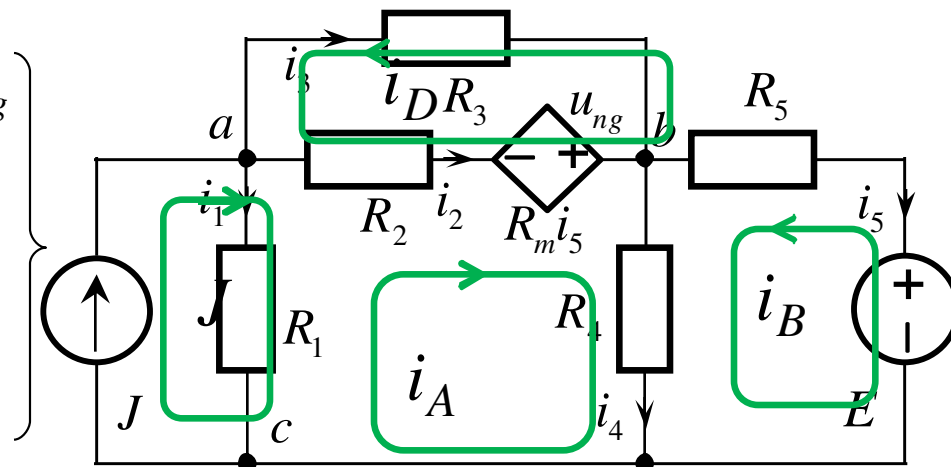
$$\rightarrow (R_1 + R_2 + R_3 + \beta R_2) i_1 = E + (R_2 + R_3) J$$



Dòng vòng (3)

VD3

$$\begin{cases} A: R_1(i_A - J) + R_2(i_A + i_D) + R_4(i_A + i_B) = u_{ng} \\ B: R_4(i_B + i_A) + R_5 i_B = E \\ D: R_2(i_D + i_A) + R_3 i_D = u_{ng} \\ u_{ng} = R_m i_5 = R_m (-i_B) \end{cases}$$



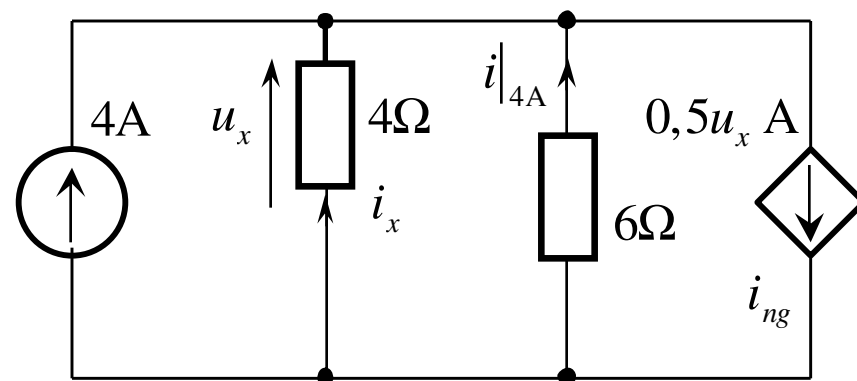
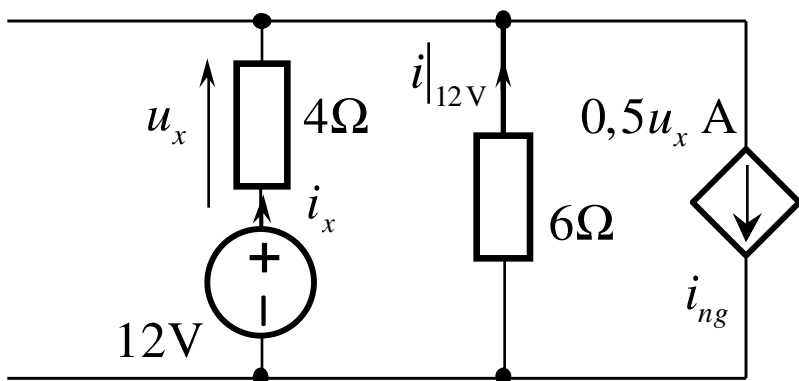
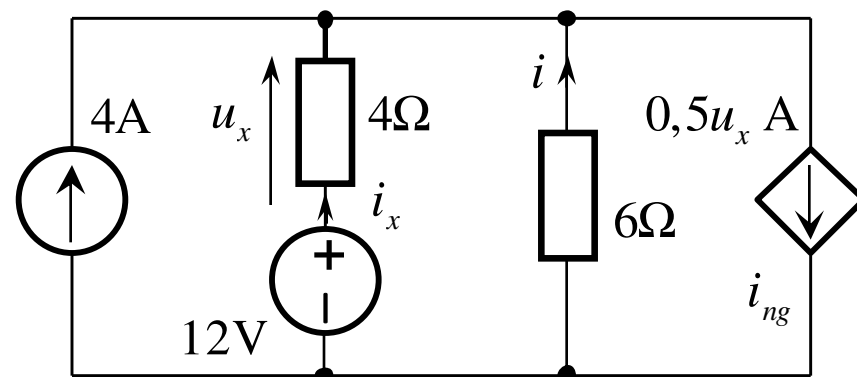
$$\rightarrow \begin{cases} (R_1 + R_2 + R_4)i_A + (R_4 + R_m)i_B + R_2 i_D = R_1 J \\ R_4 i_A + (R_4 + R_5)i_B = E \\ R_2 i_A + R_m i_B + (R_2 + R_3)i_D = 0 \end{cases}$$

Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
 - 1. Nguồn phụ thuộc
 - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc**
 - a) Dòng nhánh
 - b) Thế nút
 - c) Dòng vòng
 - d) Xếp chồng**
 - e) Mạng một cửa
 - 3. Khuếch đại thuật toán
 - 4. Các mạch cơ bản
 - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

Xếp chồng (1)

VD1



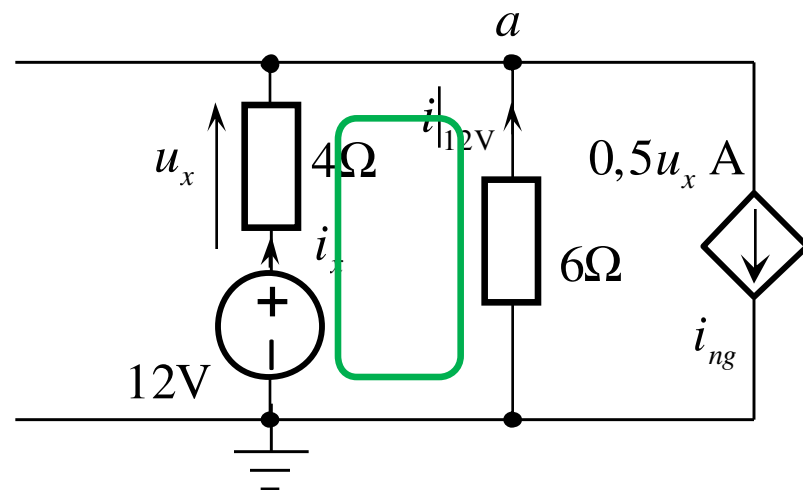
Xếp chồng (2)

VD1

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right) \varphi_a &= \frac{12}{4} - i_{ng} \\ i_{ng} &= 0,5u_x = 0,5(12 - \varphi_a) \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right) \varphi_a = \frac{12}{4} - 0,5(12 - \varphi_a)$$

$$\rightarrow \varphi_a = 36 \text{ V} \quad \rightarrow i|_{12\text{V}} = -\frac{\varphi_a}{6} = -\frac{36}{6} = -6 \text{ A}$$



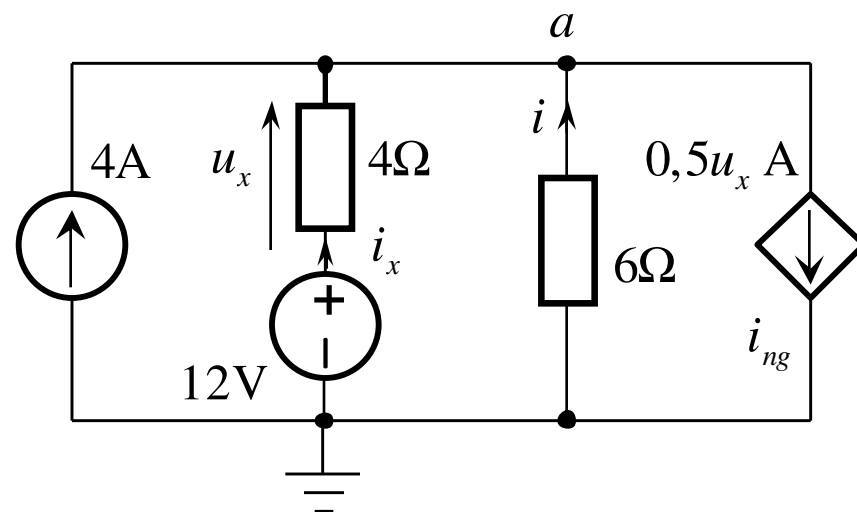
Xếp chồng (3)

VD1

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right) \varphi_a &= 4 - i_{ng} \\ i_{ng} &= 0,5u_x = 0,5(-\varphi_a) \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6} \right) \varphi_a = 4 - 0,5(-\varphi_a)$$

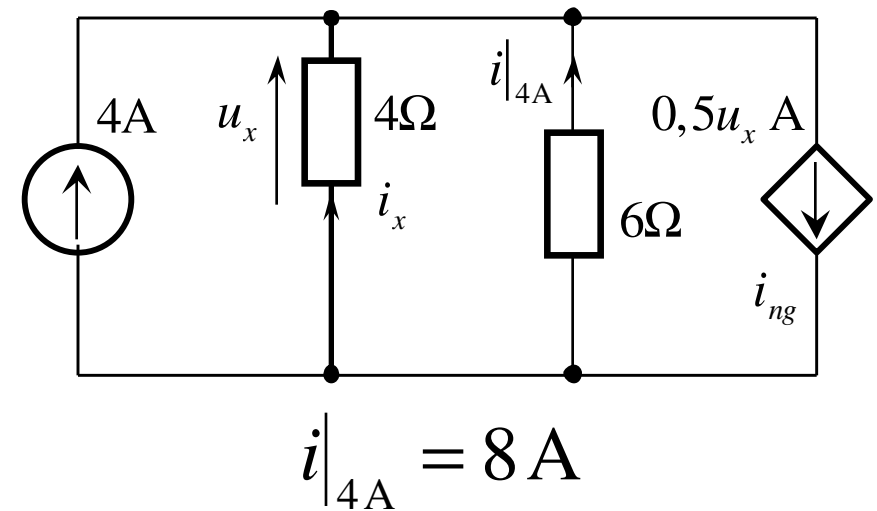
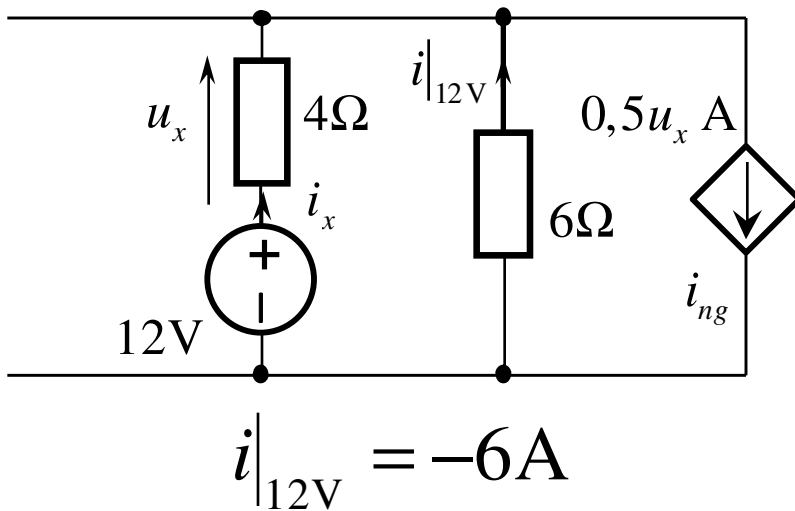
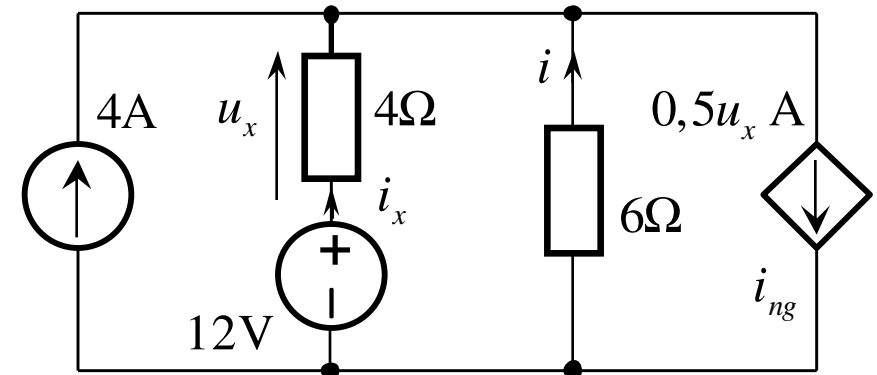
$$\rightarrow \varphi_a = -48 \text{ V} \rightarrow i|_{4A} = -\frac{\varphi_a}{6} = -\frac{-48}{6} = 8 \text{ A}$$



Xếp chồng (4)

VD1

$$i = -6 + 8 = \boxed{2A}$$

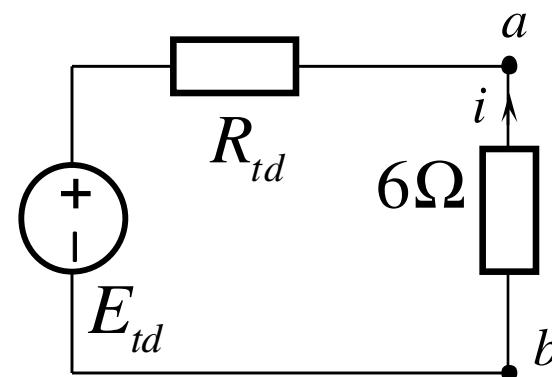
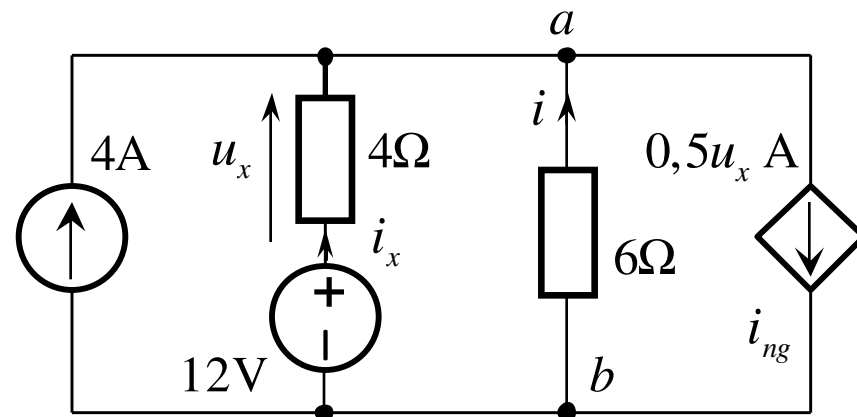
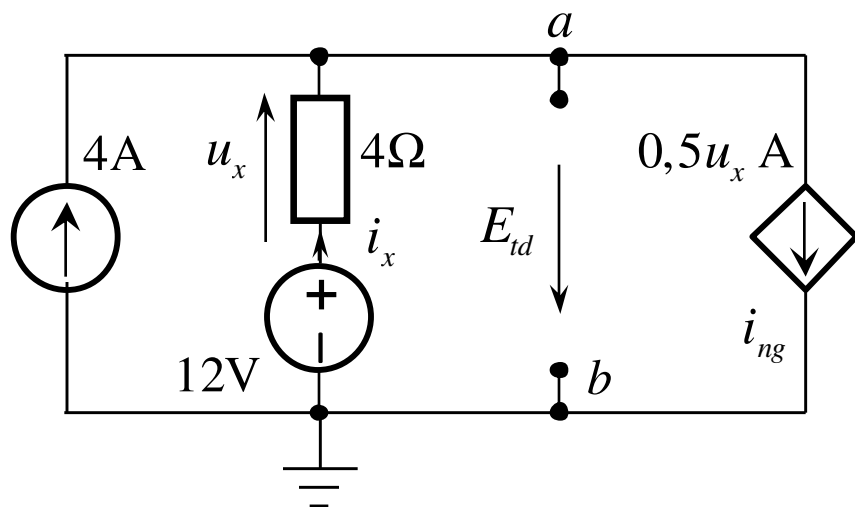


Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
 - 1. Nguồn phụ thuộc
 - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc**
 - a) Dòng nhánh
 - b) Thế nút
 - c) Dòng vòng
 - d) Xếp chồng
 - e) Mạng một cửa**
 - 3. Khuếch đại thuật toán
 - 4. Các mạch cơ bản
 - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

Mạng một cửa (1)

VD1



$$E_{td} = u_{hở mạch}$$

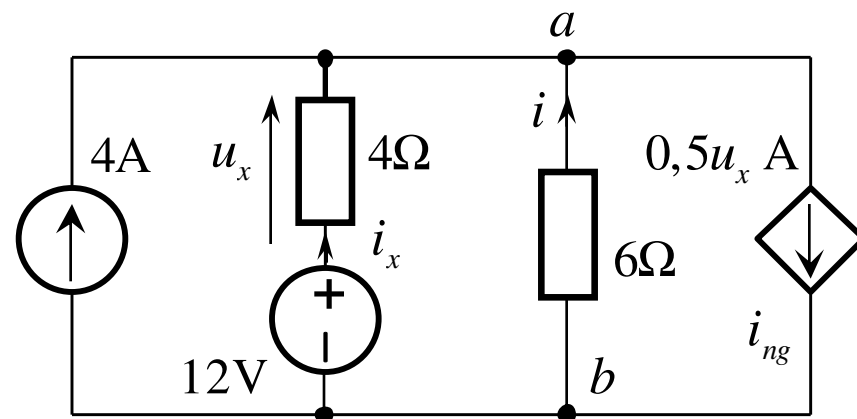
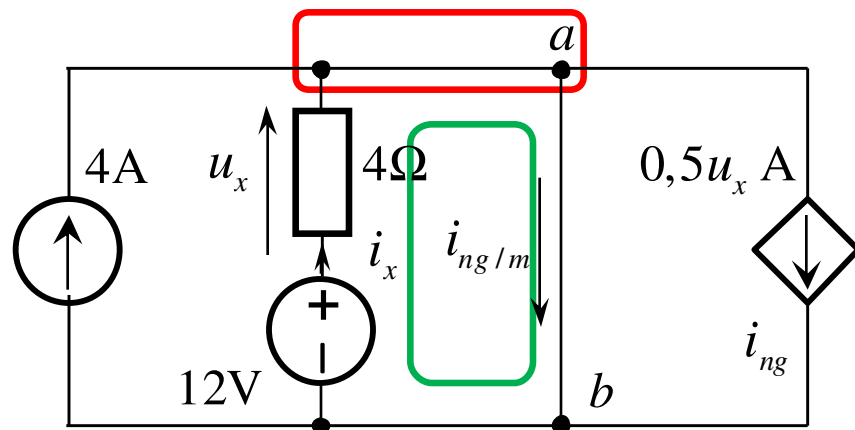
$$R_{td} = \frac{u_{hở mạch}}{i_{ngắn mạch}}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{4} \varphi_a &= 4 + \frac{12}{4} - i_{ng} \\ i_{ng} &= 0,5u_x = 0,5(12 - \varphi_a) \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \frac{1}{4} \varphi_a = 4 + \frac{12}{4} - 0,5(12 - \varphi_a) \rightarrow \varphi_a = -4 \text{ V} \rightarrow u_{hở mạch} = \varphi_a = -4 \text{ V}$$

Mạng một cửa (2)

VD1

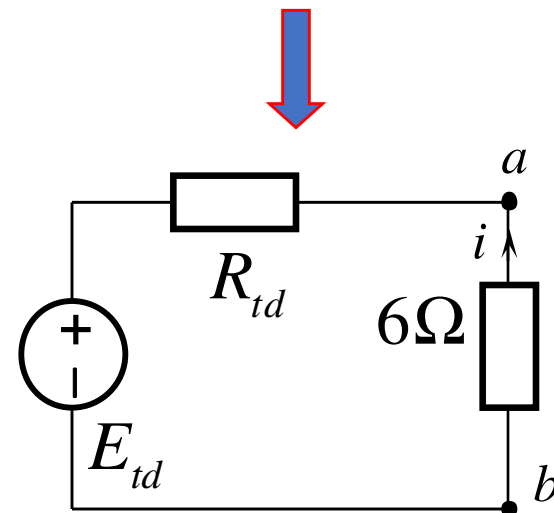


$$R_{td} = \frac{u_{hở mạch}}{i_{ngắn mạch}}$$

$$4 + i_x - i_{ng/m} - i_{ng} = 0 \rightarrow i_{ng/m} = i_x - i_{ng} + 4$$

$$i_{ng} = 0,5u_x \rightarrow i_{ng} = 6A$$

$$\varphi_a = \varphi_b \rightarrow \begin{cases} u_x = 12V \\ i_x = 12/4 = 3A \end{cases}$$



$$\rightarrow i_{ng/m} = 3 - 6 + 4 = 1A$$

Mạng một cửa (3)

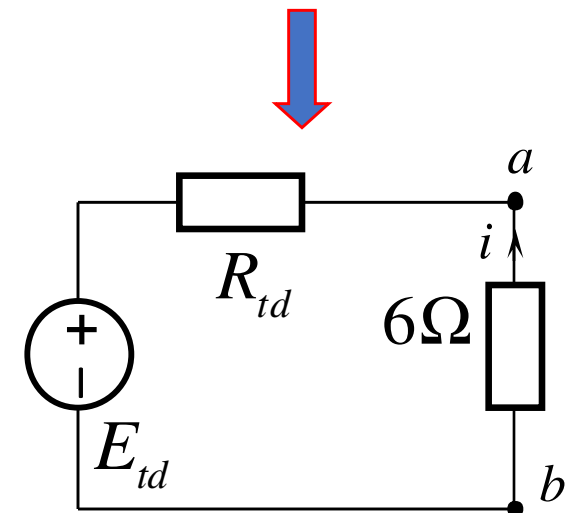
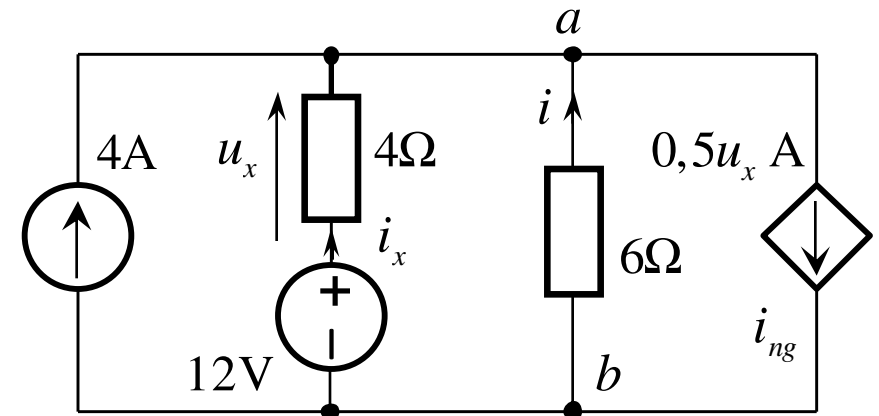
VD1

$$E_{td} = u_{hở mạch} = -4 \text{ V}$$

$$i_{ngắn mạch} = 1 \text{ A}$$

$$R_{td} = \frac{u_{hở mạch}}{i_{ngắn mạch}} = \frac{-4}{1} = -4 \Omega$$

$$i = \frac{-E_{td}}{R_{td} + 6} = \frac{-(-4)}{-4 + 6} = \boxed{2 \text{ A}}$$



Mạng một cửa (4)

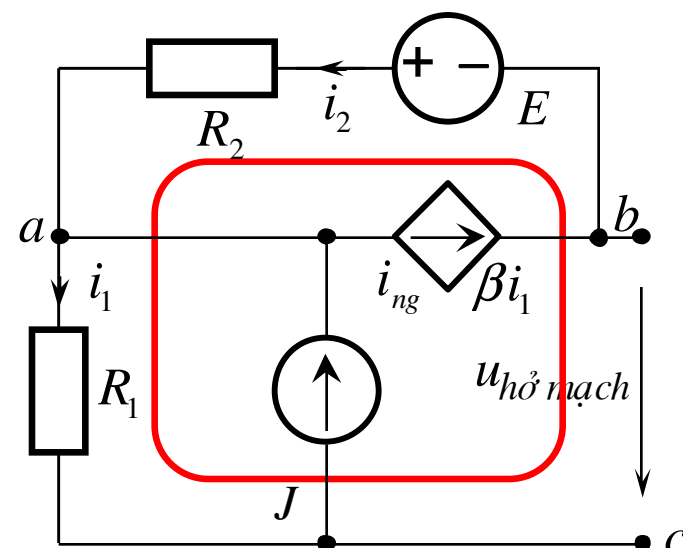
VD2

$E = 16 \text{ V}; J = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; \beta = 2;$
tìm R_{td} ?

$$R_{td} = \frac{u_{hở\ mạch}}{i_{ngắn\ mạch}}$$

$$\left. \begin{aligned} (\varphi_c - \varphi_b) - E + R_2 i_2 + R_1 i_1 &= 0 \\ u_{hở} &= \varphi_b - \varphi_c \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} \rightarrow u_{hở} &= R_1 i_1 + R_2 i_2 - E \\ i_1 &= J \\ i_2 = i_{ng} &= \beta i_1 = \beta J \end{aligned} \right\} \rightarrow \begin{aligned} u_{hở} &= R_1 J + R_2 \beta J - E \\ &= 4.2 + 6.2.2 - 16 = 16 \text{ V} \end{aligned}$$



Mạng một cửa (5)

VD2

$E = 16 \text{ V}; J = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; \beta = 2;$
tìm R_{td} ?

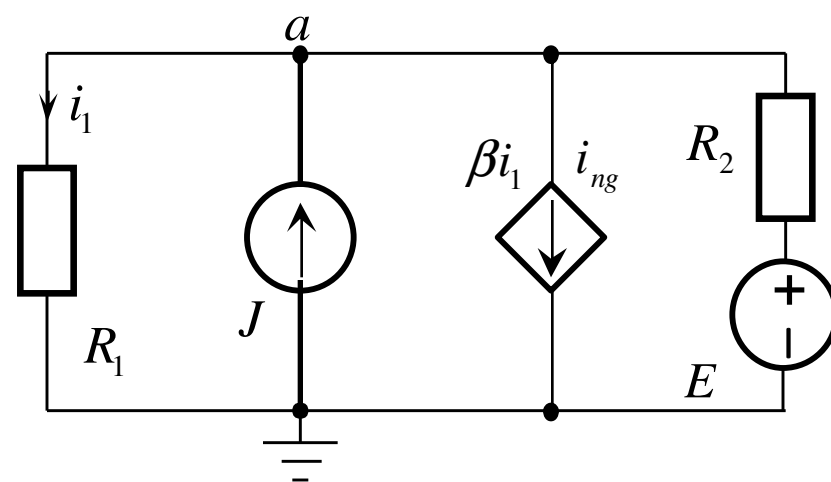
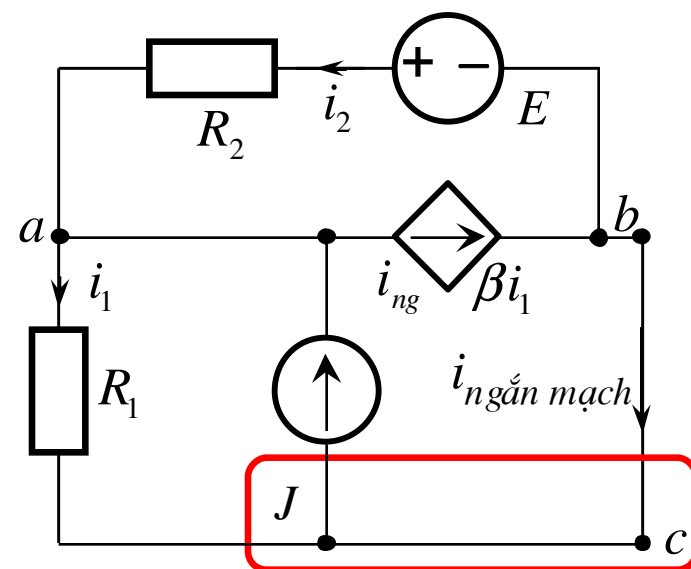
$$R_{td} = \frac{u_{hở\ mạch}}{i_{ngắn\ mạch}}$$

$$i_1 - J + i_{ng/m} = 0 \rightarrow i_{ng/m} = J - i_1$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \varphi_a = J - i_{ng} + \frac{E}{R_2} \\ i_{ng} = \beta i_1 = \beta \frac{\varphi_a}{R_1} \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \varphi_a = 5,09 \text{ V} \rightarrow i_1 = \frac{\varphi_a}{R_1} = \frac{5,09}{4} = 1,27 \text{ A}$$

$$\rightarrow i_{ng/m} = 2 - 1,27 = 0,73 \text{ A}$$



Mạng một cửa (6)

VD2

$E = 16 \text{ V}; J = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; \beta = 2;$
tìm R_{td} ?

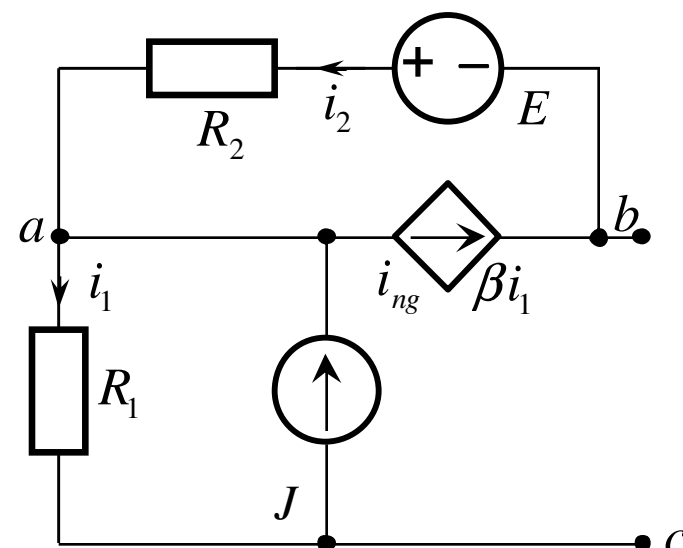
$$R_{td} = \frac{u_{hở mạch}}{i_{ngắn mạch}}$$

$$u_{hở mạch} = 16 \text{ V}$$

$$i_{ngắn mạch} = 0,73 \text{ A}$$

Cách 1

$$\rightarrow R_{td} = \frac{16}{0,73} = \boxed{22\Omega}$$



Mạng một cửa (7)

VD2

$E = 16 \text{ V}; J = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; \beta = 2;$
tìm R_{td} ?

$$b: i_{vào} + \beta i_1 - i_2 = 0 \rightarrow i_{vào} = i_2 - \beta i_1$$

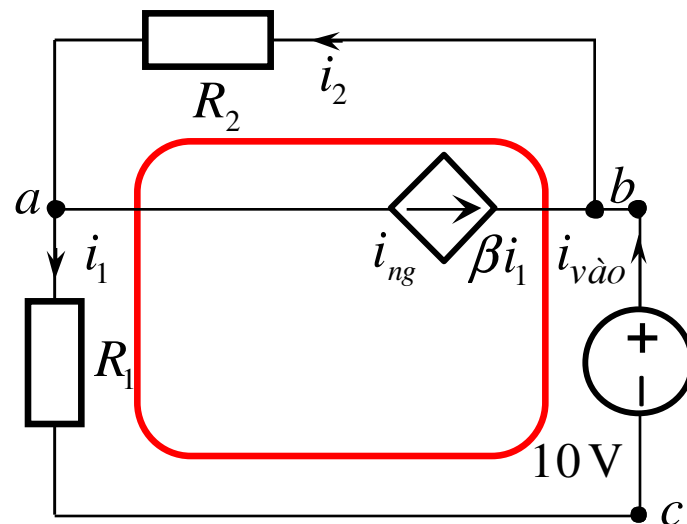
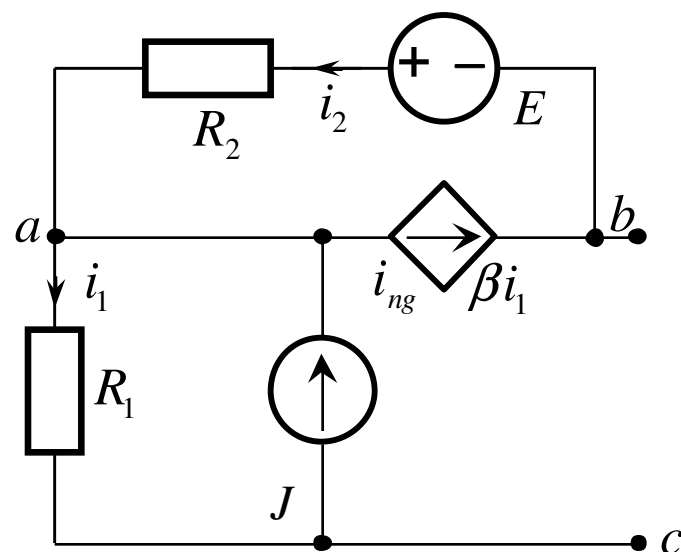
Cách 2

$$\left\{ \begin{array}{l} R_2 i_2 + R_1 i_1 = 10 \\ a: i_2 - i_1 - \beta i_1 = 0 \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} i_1 = 0,45 \text{ A} \\ i_2 = 1,36 \text{ A} \end{array} \right.$$

$$\rightarrow i_{vào} = 1,36 - 2 \cdot 0,45 = 0,45 \text{ A}$$

$$\rightarrow R_{td} = \frac{u_{vào}}{i_{vào}} = \frac{10}{0,45} = \boxed{22\Omega}$$



Mạng một cửa (8)

VD2

$E = 16 \text{ V}; J = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; \beta = 2;$
tìm R_{td} ?

Cách 3

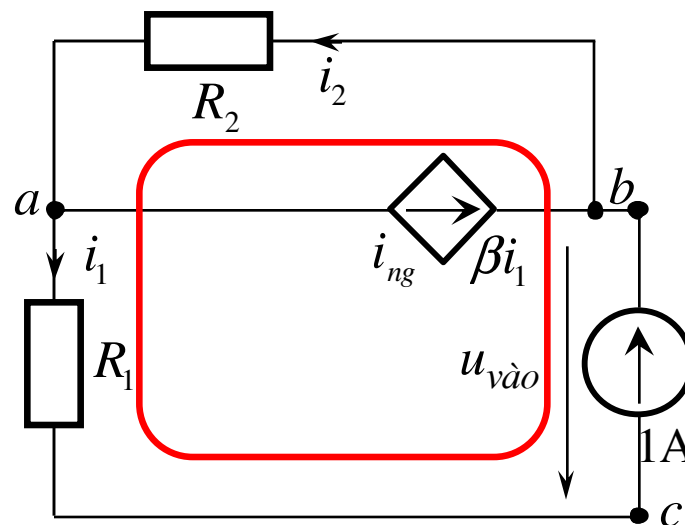
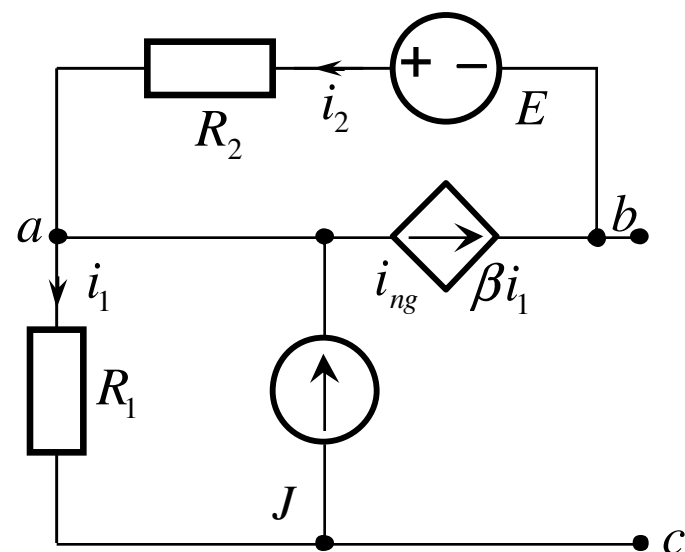
$$u_{vào} - R_1 i_1 - R_2 i_2 = 0 \rightarrow u_{vào} = R_1 i_1 + R_2 i_2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} c : i_1 = 1 \\ b : \beta i_1 + 1 - i_2 = 0 \end{array} \right.$$

$$\rightarrow i_2 = 3 \text{ A}$$

$$\rightarrow u_{vào} = 4.1 + 6.3 = 22 \text{ V}$$

$$\rightarrow R_{td} = \frac{u_{vào}}{i_{vào}} = \frac{22}{1} = \boxed{22\Omega}$$



Lý thuyết mạch I

I. Thông số mạch

II. Phần tử mạch

III. Mạch một chiều

IV. Mạch xoay chiều

V. Mạng hai cửa

VI. Mạch ba pha

VII. Khuếch đại thuật toán

1. Nguồn phụ thuộc

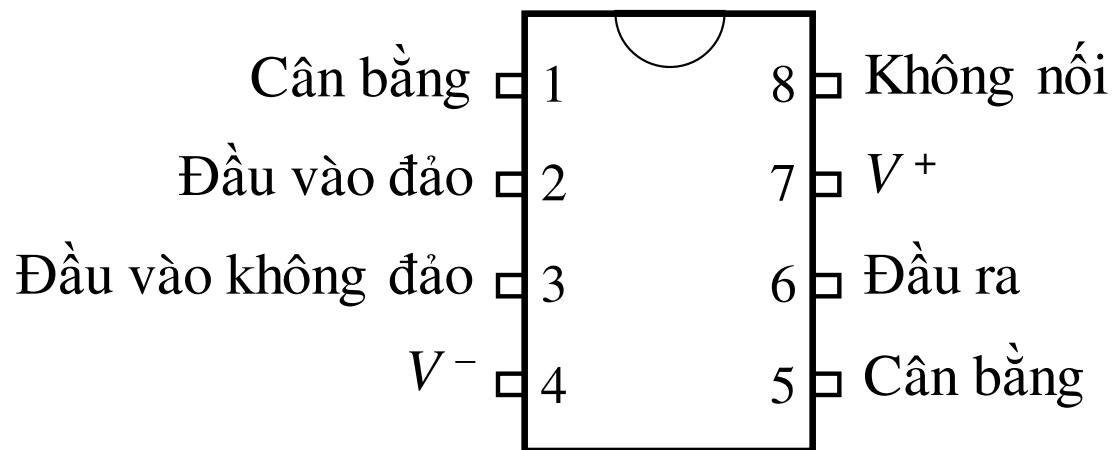
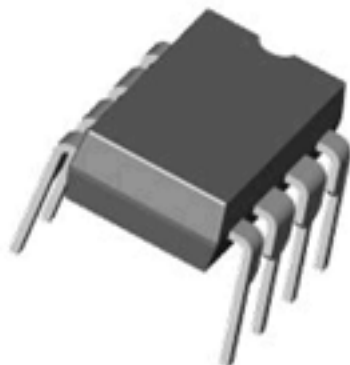
2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc

3. Khuếch đại thuật toán

4. Các mạch cơ bản

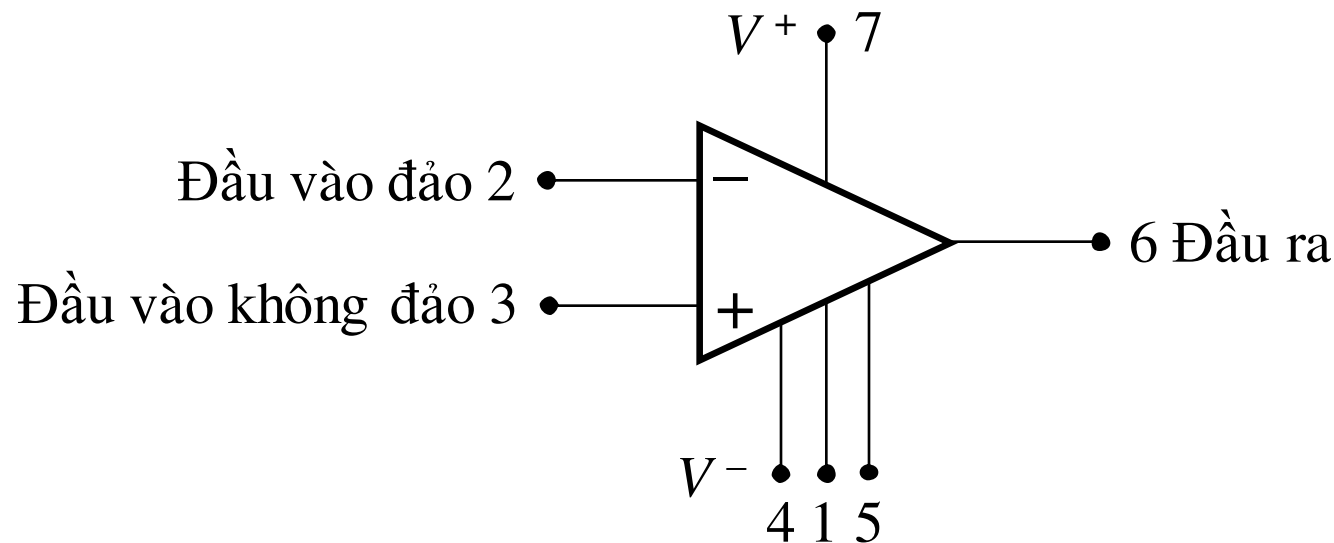
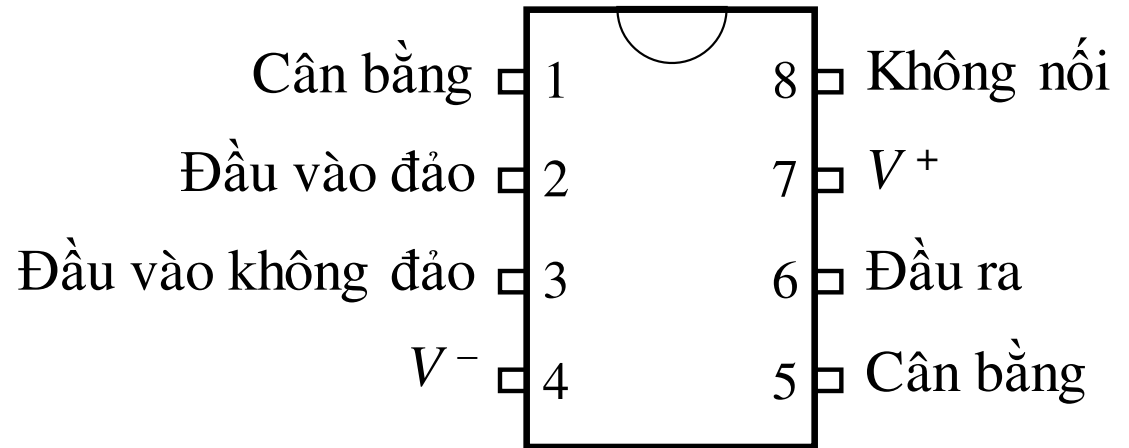
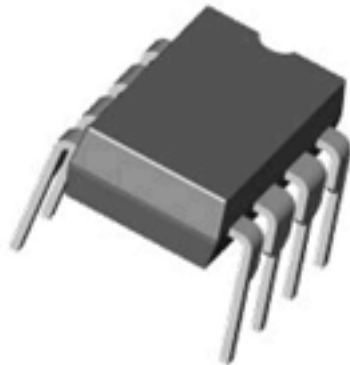
5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

Khuếch đại thuật toán (1)

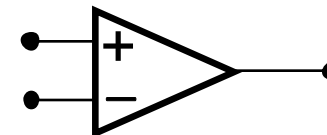
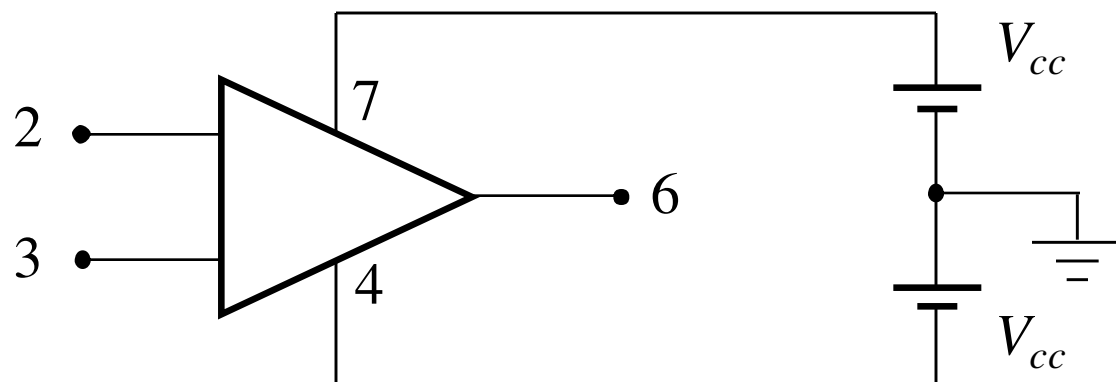
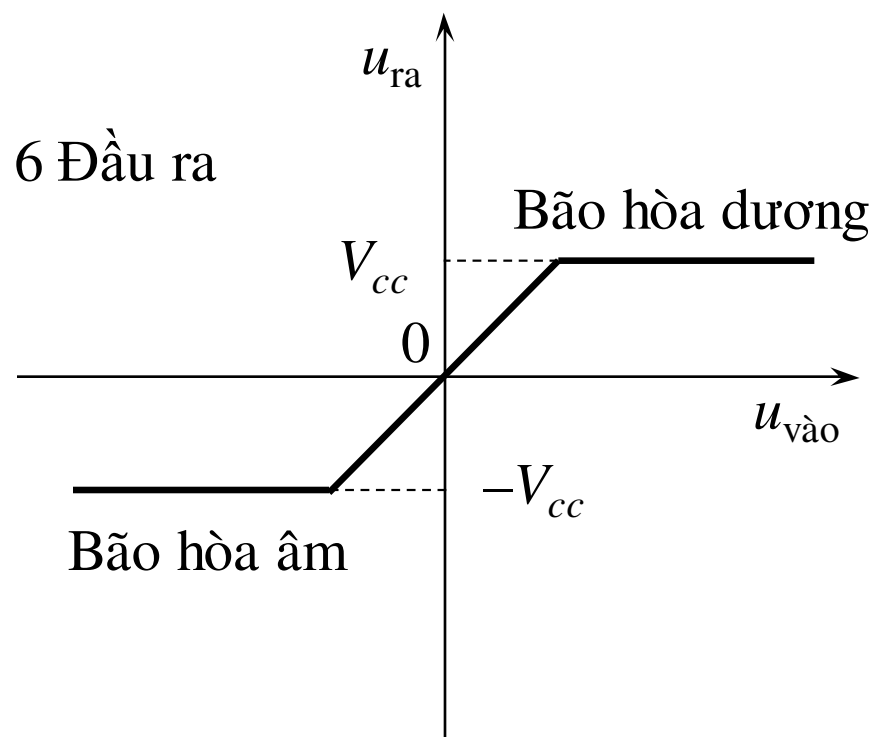
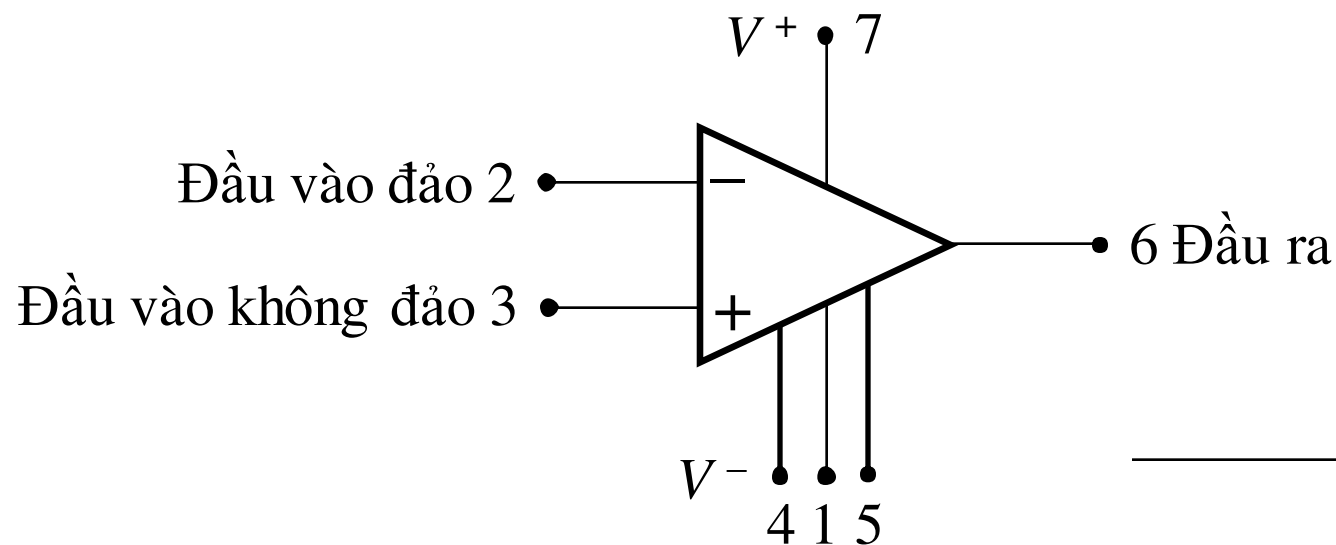


- 1947, operational amplifier, opamp,
- Linh động, rẻ, dễ dùng,
- Thực hiện các phép tính cộng, trừ, nhân, chia, vi phân, & tích phân,
- Xây dựng từ điện trở, transistor, tụ điện, điốt.

Khuếch đại thuật toán (2)



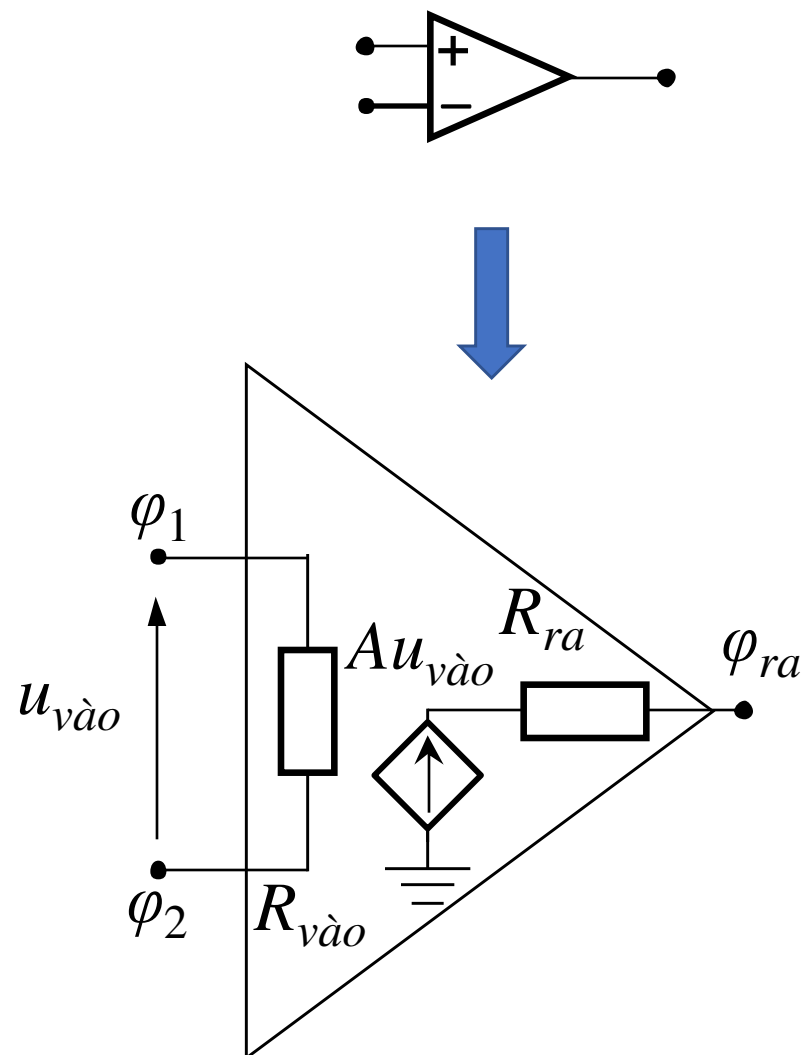
Khuếch đại thuật toán (3)



Khuếch đại thuật toán (4)

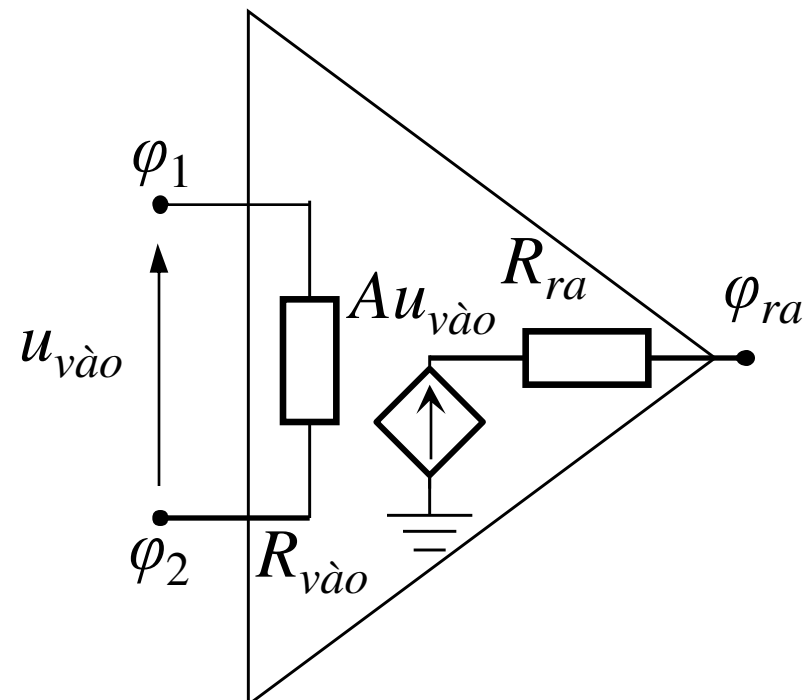
$$u_{ra} = Au_{vào} = A(\varphi_2 - \varphi_1)$$

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

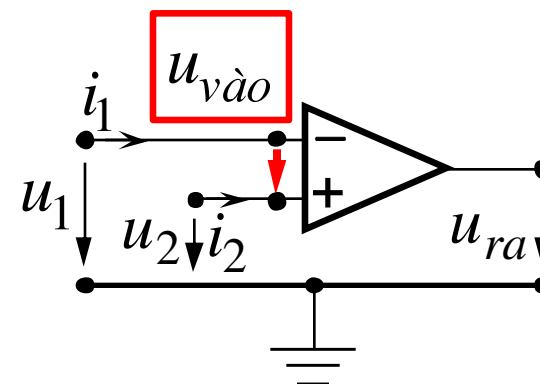


Khuếch đại thuật toán lý tưởng

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



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



Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
 - 1. Nguồn phụ thuộc
 - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
 - 3. Khuếch đại thuật toán
 - 4. Các mạch cơ bản**
 - a) Đảo
 - b) Không đảo
 - c) Cộng
 - d) Trừ
 - e) Nối tầng
 - f) Khác
 - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

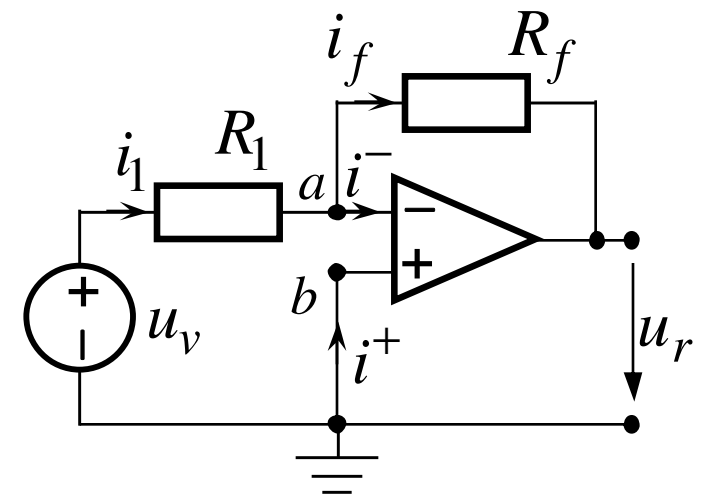
Mạch khuếch đại đảo (1)

$$\left. \begin{aligned} a: i_1 - i_f - i^- &= 0 \\ i^- &= 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow i_1 = i_f$$

$$\left. \begin{aligned} i_1 = \frac{u_v - \varphi_a}{R_1}, \quad i_f = \frac{\varphi_a - u_r}{R_f} \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{u_v - \varphi_a}{R_1} = \frac{\varphi_a - u_r}{R_f}$$

$$\left. \begin{aligned} \varphi_a = \varphi_b = 0 \end{aligned} \right\}$$

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

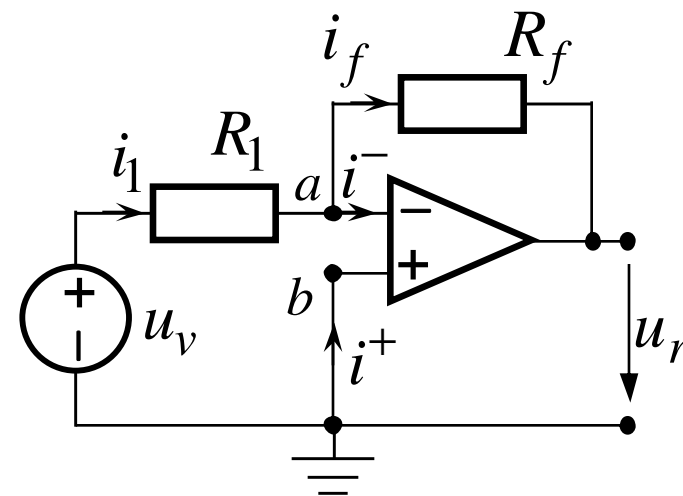


1. $i^+ = 0, i^- = 0$
2. $\varphi_a = \varphi_b$

Mạch khuếch đại đảo (2)

VD

$u_v = 10 \text{ mV}$; $R_1 = 4 \text{ k}\Omega$; tìm R_f để $u_r = 0,2 \text{ V}$?



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

$$\rightarrow R_f = R_1 \frac{u_r}{u_v} = 4 \frac{0,2}{10 \cdot 10^{-3}} = \boxed{80 \text{ k}\Omega}$$

Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
 - 1. Nguồn phụ thuộc
 - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
 - 3. Khuếch đại thuật toán
 - 4. Các mạch cơ bản**
 - a) Đảo
 - b) Không đảo
 - c) Cộng
 - d) Trừ
 - e) Nói tăng
 - f) Khác
 - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

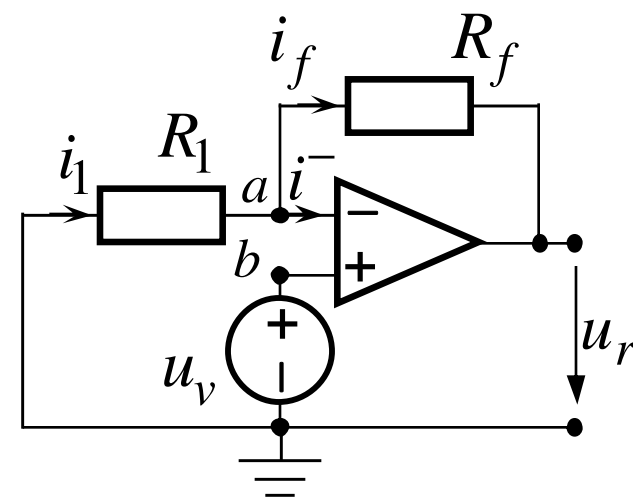
Mạch khuếch đại không đảo (1)

$$\left. \begin{aligned} a : i_1 - i_f - i^- &= 0 \\ i^- &= 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow i_1 = i_f$$

$$i_1 = \frac{-\varphi_a}{R_1}, \quad i_f = \frac{\varphi_a - u_r}{R_f}$$

$$\left. \begin{aligned} \rightarrow \frac{-\varphi_a}{R_1} &= \frac{\varphi_a - u_r}{R_f} \\ \varphi_a &= \varphi_b = u_v \end{aligned} \right\}$$

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

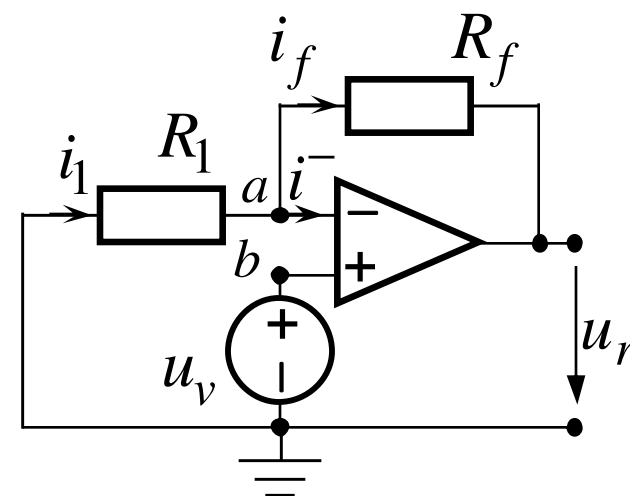


1. $i^+ = 0, i^- = 0$
2. $\varphi_a = \varphi_b$

Mạch khuếch đại không đảo (2)

VD

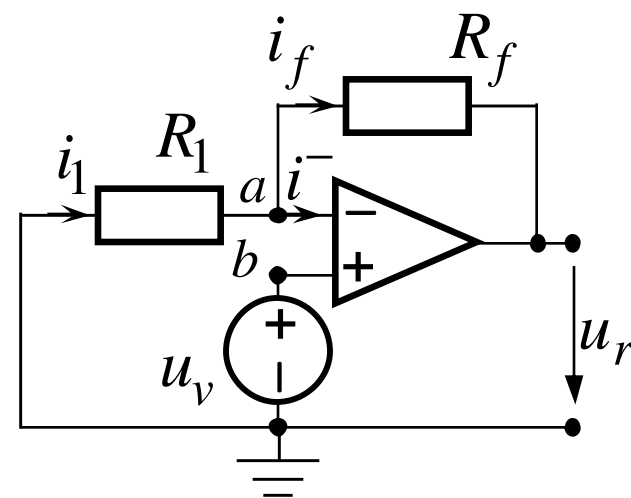
$$u_v = 10 \text{ mV}; R_1 = R_f = 4 \text{ k}\Omega; u_r = ?$$



$$u_r = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) u_v = \left(1 + \frac{4}{4}\right) 10 = \boxed{20 \text{ mV}}$$

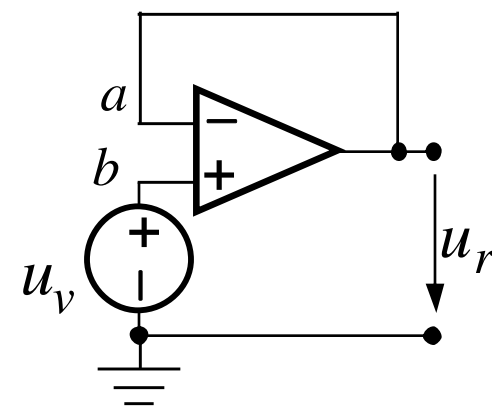
Mạch khuếch đại không đảo (3)

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



$$\left. \begin{aligned} u_r &= \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right) u_v \\ R_1 &\rightarrow \infty, R_f = 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow \boxed{u_r = u_v}$$

$$\left. \begin{aligned} u_r &= \varphi_a \\ \varphi_a &= \varphi_b \\ \varphi_b &= u_v \end{aligned} \right\} \rightarrow \boxed{u_r = u_v}$$



Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
 - 1. Nguồn phụ thuộc
 - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
 - 3. Khuếch đại thuật toán
 - 4. Các mạch cơ bản**
 - a) Đảo
 - b) Không đảo
 - c) Cộng**
 - d) Trừ
 - e) Nói tăng
 - f) Khác
 - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

Mạch cộng (1)

$$i_1 + i_2 + i_3 - i^- - i_f = 0$$

$$i_1 = \frac{u_1 - \varphi_a}{R_1}$$

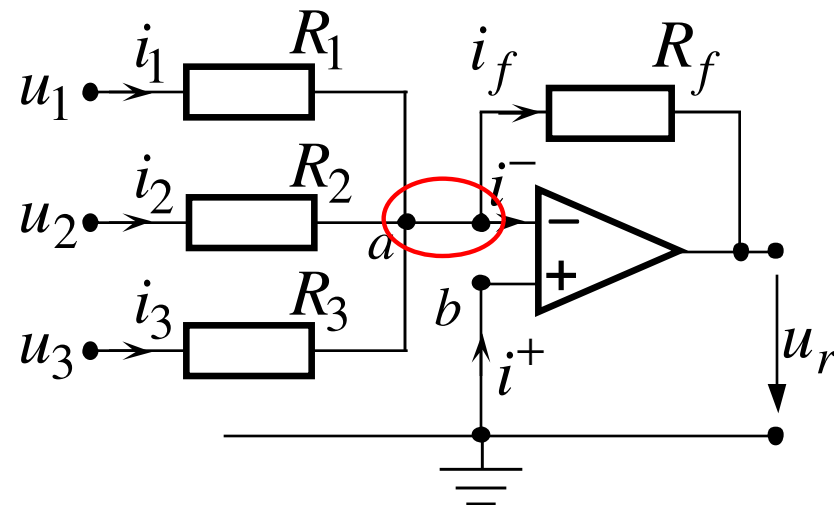
$$i_2 = \frac{u_2 - \varphi_a}{R_2}$$

$$i_3 = \frac{u_3 - \varphi_a}{R_3}$$

$$i_f = \frac{\varphi_a - u_r}{R_f}$$

$$\varphi_a = \varphi_b = 0$$

$$i^- = 0$$

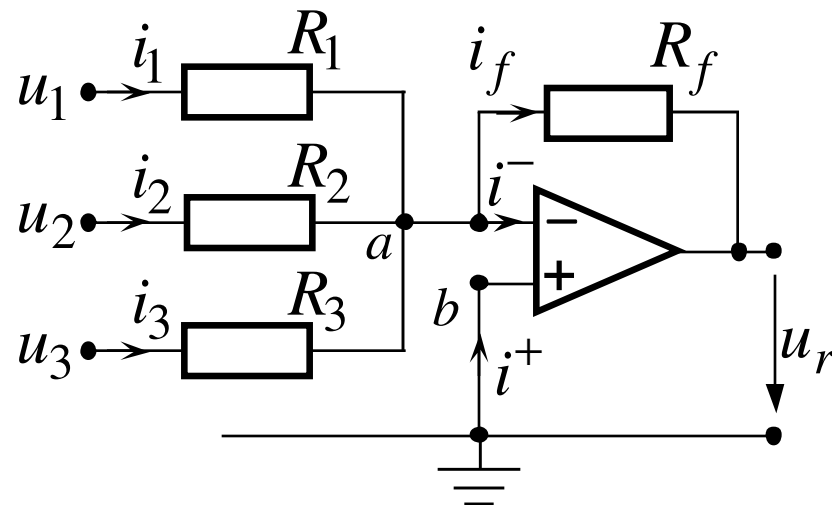


$$\rightarrow u_r = - \left(\frac{R_f}{R_1} u_1 + \frac{R_f}{R_2} u_2 + \frac{R_f}{R_3} u_3 \right)$$

Mạch cộng (2)

VD

$R_1 = 24 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 12 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 8 \text{ k}\Omega$;
 $R_f = 24 \text{ k}\Omega$; $u_r = ?$



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

$$= - \left(\frac{24}{24} u_1 + \frac{24}{12} u_2 + \frac{24}{8} u_3 \right)$$

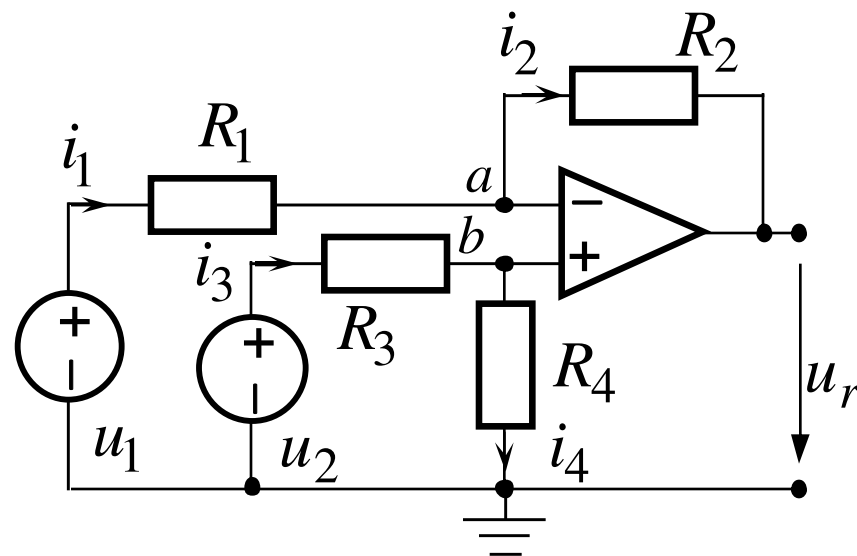
$$= - (u_1 + 2u_2 + 3u_3)$$

Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
 - 1. Nguồn phụ thuộc
 - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
 - 3. Khuếch đại thuật toán
 - 4. Các mạch cơ bản**
 - a) Đảo
 - b) Không đảo
 - c) Cộng
 - d) Trừ**
 - e) Nói tăng
 - f) Khác
 - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

Mạch trừ (1)

$$\left. \begin{aligned}
 a : i_1 = i_2 &\rightarrow \frac{u_1 - \varphi_a}{R_1} = \frac{\varphi_a - u_r}{R_2} \\
 b : i_3 = i_4 &\rightarrow \frac{u_2 - \varphi_b}{R_3} = \frac{\varphi_b - 0}{R_4} \\
 \varphi_a &= \varphi_b
 \end{aligned} \right\}$$



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

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

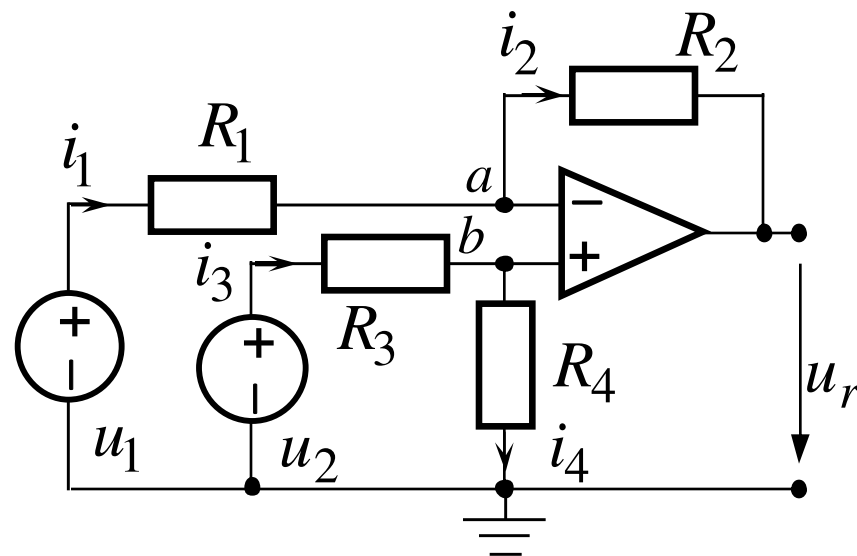
$$\text{Nếu } R_2 = R_1 \text{ \& } R_3 = R_4 \rightarrow u_r = u_2 - u_1$$

Mạch trừ (2)

VD

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 47 \text{ k}\Omega;$$

$$u_1 = 30 \text{ mV}; u_2 = 10 \text{ mV}; u_r = ?$$



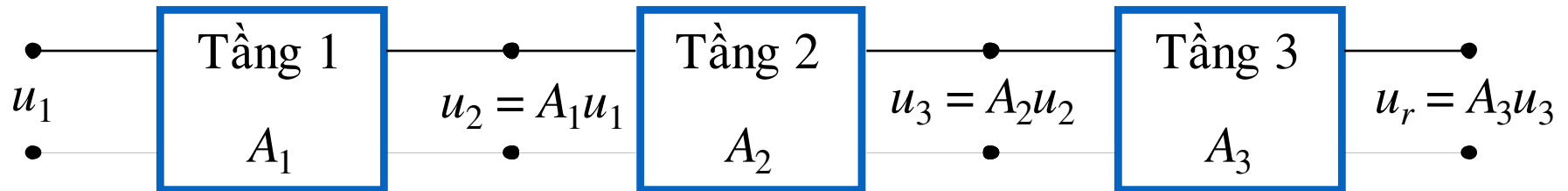
$$u_r = \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \frac{R_4}{R_3 + R_4} u_2 - \frac{R_2}{R_1} u_1$$

$$= \left(\frac{47}{47} + 1 \right) \frac{47}{47 + 47} 30 - \frac{47}{47} 10 = \boxed{20 \text{ mV}}$$

Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
 - 1. Nguồn phụ thuộc
 - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
 - 3. Khuếch đại thuật toán
 - 4. Các mạch cơ bản**
 - a) Đảo
 - b) Không đảo
 - c) Cộng
 - d) Trừ
 - e) Nối tầng**
 - f) Khác
 - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

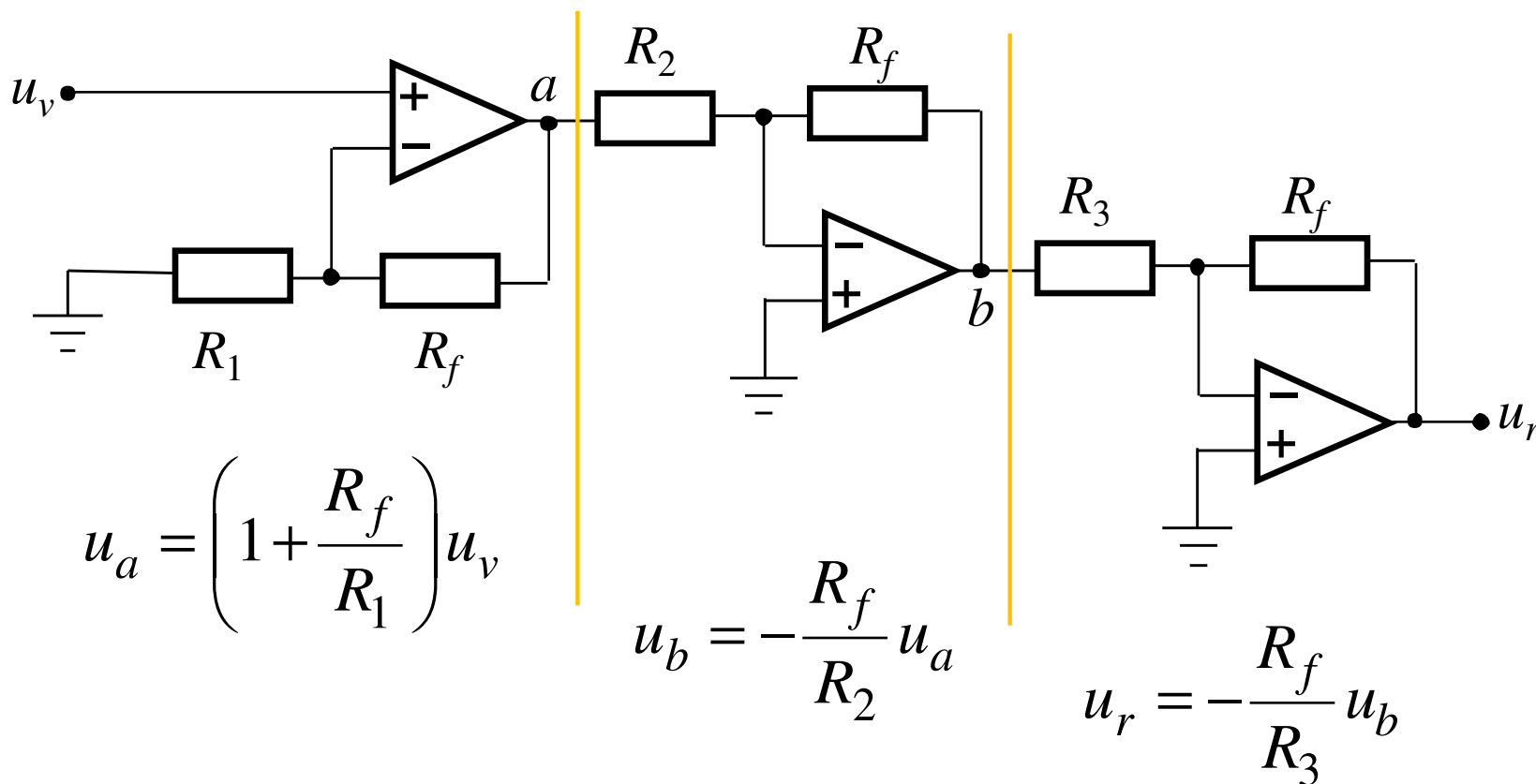
Nối tầng (1)



$$u_r = A_1 A_2 A_3 u_1$$

Nối tầng (2)

VD

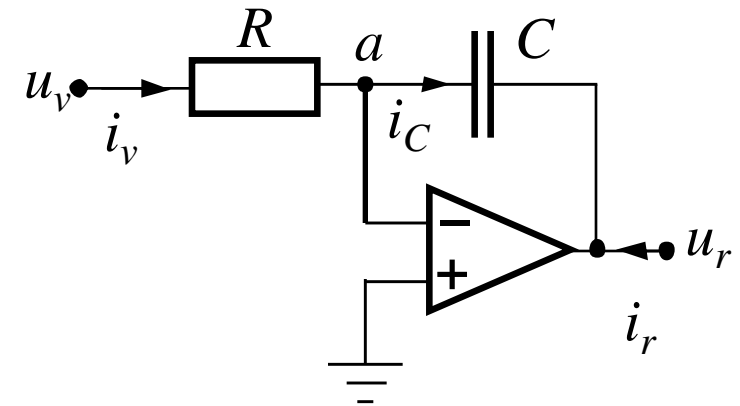


$$u_r = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) \left(-\frac{R_f}{R_2}\right) \left(-\frac{R_f}{R_3}\right) u_v = \boxed{R_f^2 \frac{R_1 + R_f}{R_1 R_2 R_3} u_v}$$

Lý thuyết mạch I

- I. Thông số mạch
- II. Phần tử mạch
- III. Mạch một chiều
- IV. Mạch xoay chiều
- V. Mạng hai cửa
- VI. Mạch ba pha
- VII. Khuếch đại thuật toán**
 - 1. Nguồn phụ thuộc
 - 2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc
 - 3. Khuếch đại thuật toán
 - 4. Các mạch cơ bản**
 - a) Đảo
 - b) Không đảo
 - c) Cộng
 - d) Trừ
 - e) Nói tăng
 - f) Khác**
 - 5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

Mạch tích phân

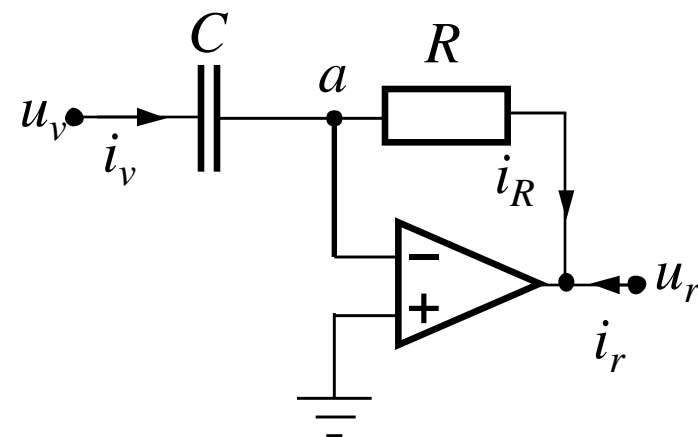


$$\left. \begin{aligned} \varphi_a = 0 &\rightarrow u_v = Ri_v \\ i_C = C \frac{du_C}{dt} = C \frac{d(-u_r)}{dt} \\ i_v &= i_C \end{aligned} \right\} \rightarrow -C \frac{du_r}{dt} = \frac{u_v}{R}$$

$$\rightarrow du_r = -\frac{u_v}{RC} dt$$

$$\rightarrow \boxed{u_r = \frac{-1}{RC} \int u_v dt}$$

Mạch vi phân



$$\left. \begin{aligned} \varphi_a = 0 &\rightarrow i_v = C \frac{du_v}{dt} \\ i_R = \frac{u_R}{R} = \frac{-u_r}{R} \\ i_v &= i_R \end{aligned} \right\} \rightarrow C \frac{du_v}{dt} = -\frac{u_r}{R}$$

$$\rightarrow \boxed{u_r = -RC \frac{du_v}{dt}}$$

Lý thuyết mạch I

I. Thông số mạch

II. Phần tử mạch

III. Mạch một chiều

IV. Mạch xoay chiều

V. Mạng hai cửa

VI. Mạch ba pha

VII. Khuếch đại thuật toán

1. Nguồn phụ thuộc

2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc

3. Khuếch đại thuật toán

4. Các mạch cơ bản

5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

a) Dòng nhánh

b) Thế nút

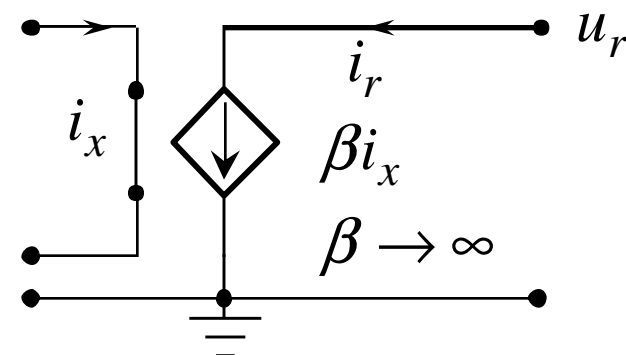
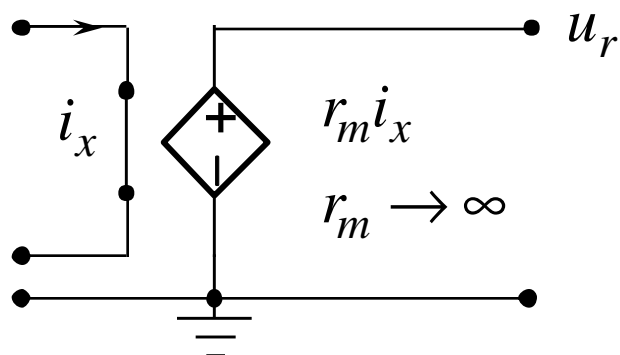
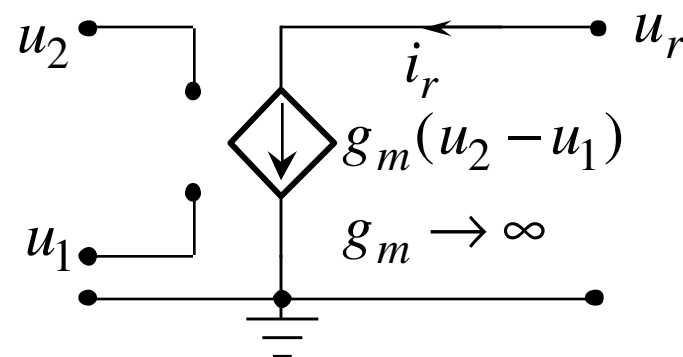
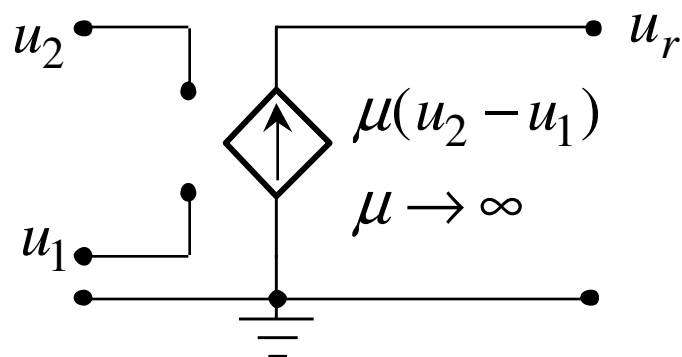
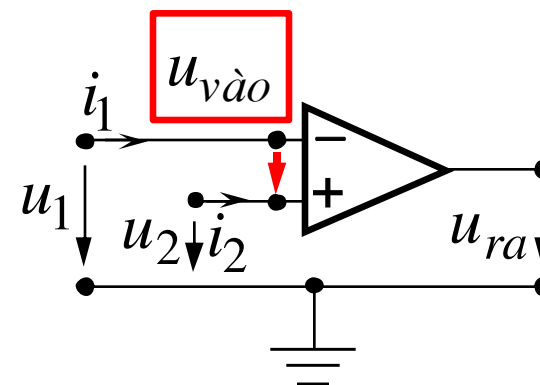
c) Dòng vòng

d) Mạch xoay chiều

e) Mạng hai cửa

Phân tích mạch điện có khuếch đại thuật toán

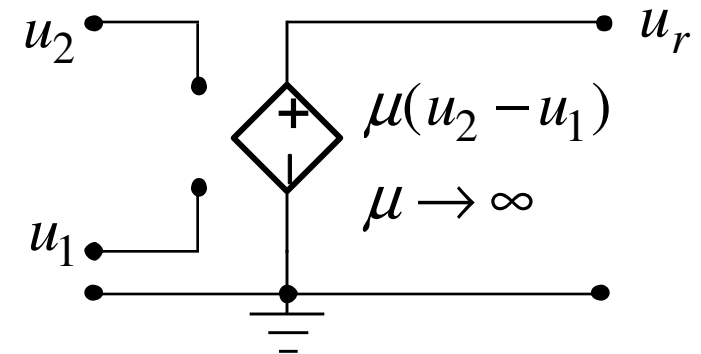
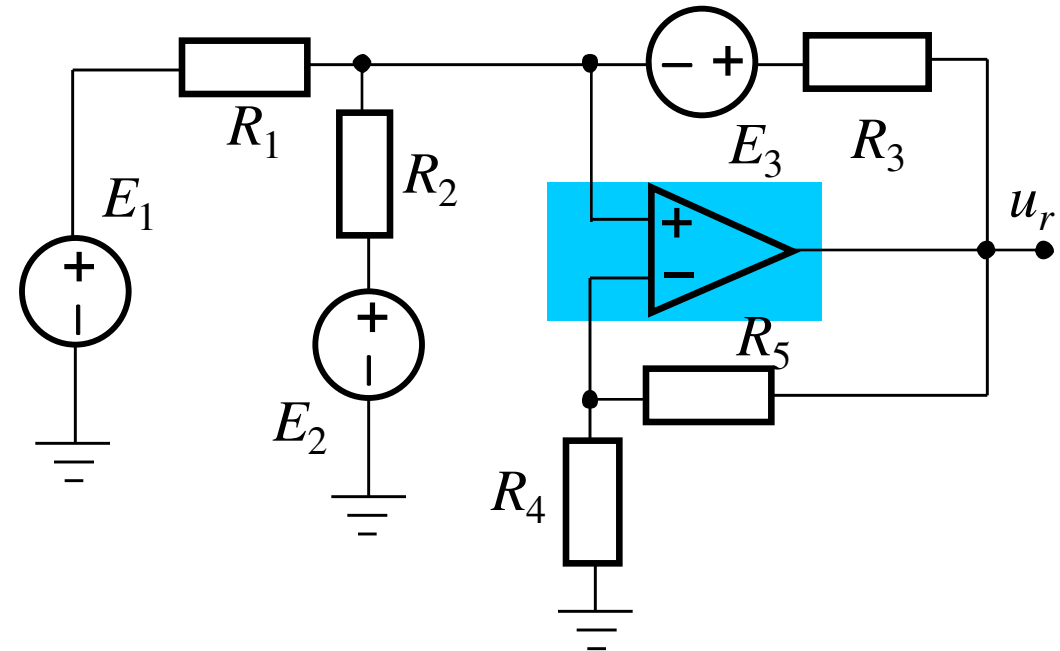
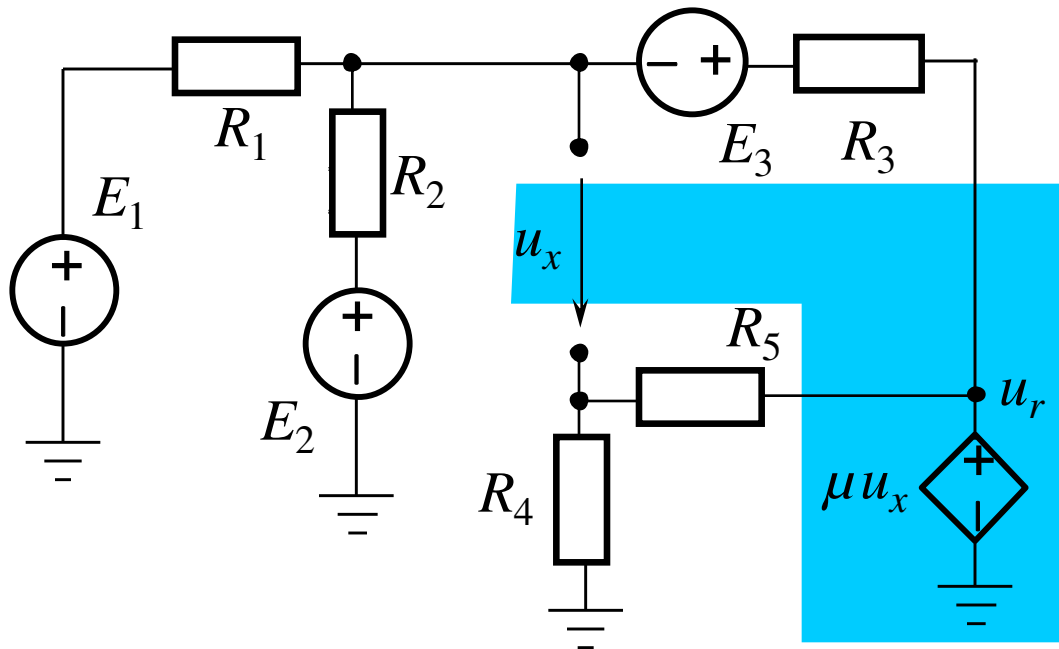
1. $i_1 = 0, i_2 = 0$
2. $u_{vào} = u_1 - u_2 \approx 0$



Dòng nhánh (1)

VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$ tính các dòng điện?

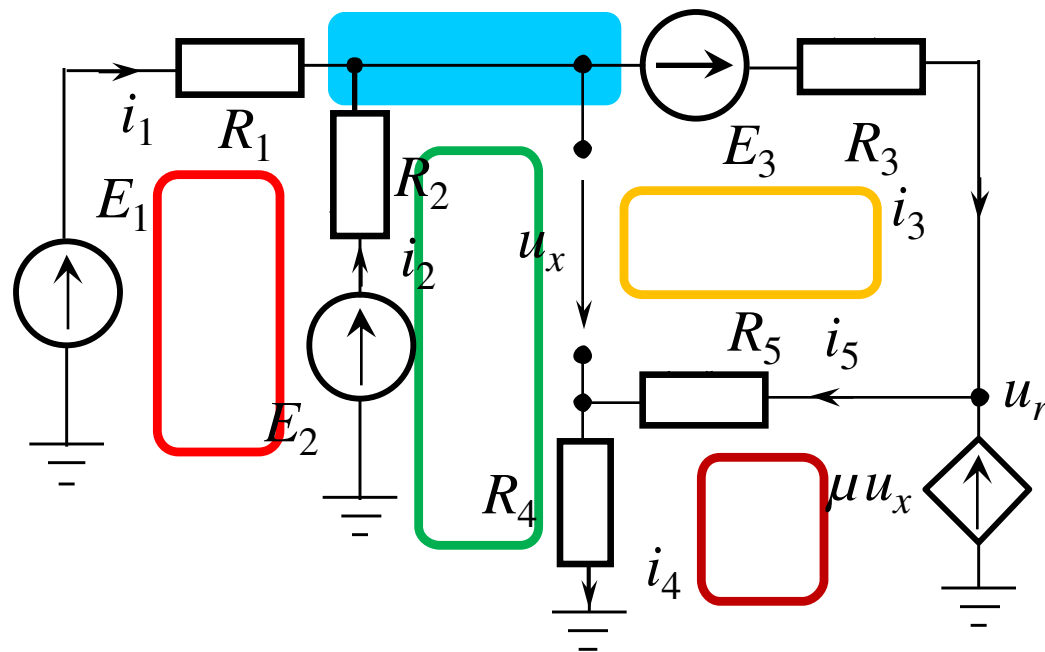


Dòng nhánh (2)

VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$ tính các dòng điện?

Cách 1



$$\rightarrow i_1 = \frac{\mu + 12}{2\mu + 6} \left\{ \begin{array}{l} \mu \rightarrow \infty \end{array} \right\} \rightarrow i_1 = 0,5 \text{ mA}$$

$$i_1 + i_2 - i_3 = 0$$

$$R_1 i_1 - R_2 i_2 = E_1 - E_2$$

$$R_2 i_2 + u_x + R_4 i_4 = E_2$$

$$R_3 i_3 + R_5 i_4 - u_x = E_3$$

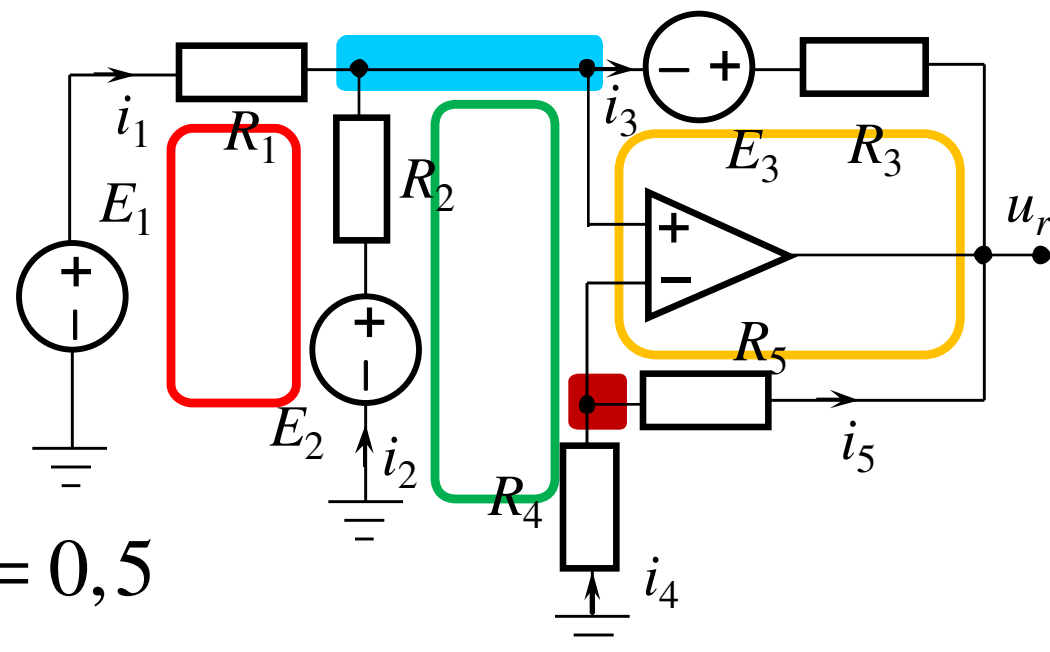
$$(R_4 + R_5) i_4 = \mu u_x$$

Dòng nhánh (3)

VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$ tính các dòng điện?

Cách 2



$$i_1 + i_2 - i_3 = 0$$

$$R_1 i_1 - R_2 i_2 = E_1 - E_2$$

$$R_2 i_2 - R_4 i_4 = E_2$$

$$R_3 i_3 - R_5 i_5 = E_3$$

$$i_4 - i_5 = 0$$

$$\rightarrow \begin{cases} i_1 = 0,5 \\ i_2 = -1 \\ i_3 = -0,5 \text{ (mA)} \\ i_4 = -1 \\ i_5 = -1 \end{cases}$$

Lý thuyết mạch I

I. Thông số mạch

II. Phần tử mạch

III. Mạch một chiều

IV. Mạch xoay chiều

V. Mạng hai cửa

VI. Mạch ba pha

VII. Khuếch đại thuật toán

1. Nguồn phụ thuộc

2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc

3. Khuếch đại thuật toán

4. Các mạch cơ bản

5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

a) Dòng nhánh

b) **Thế nút**

c) Dòng vòng

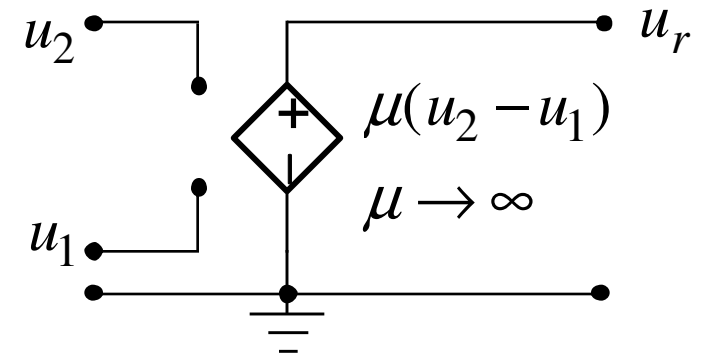
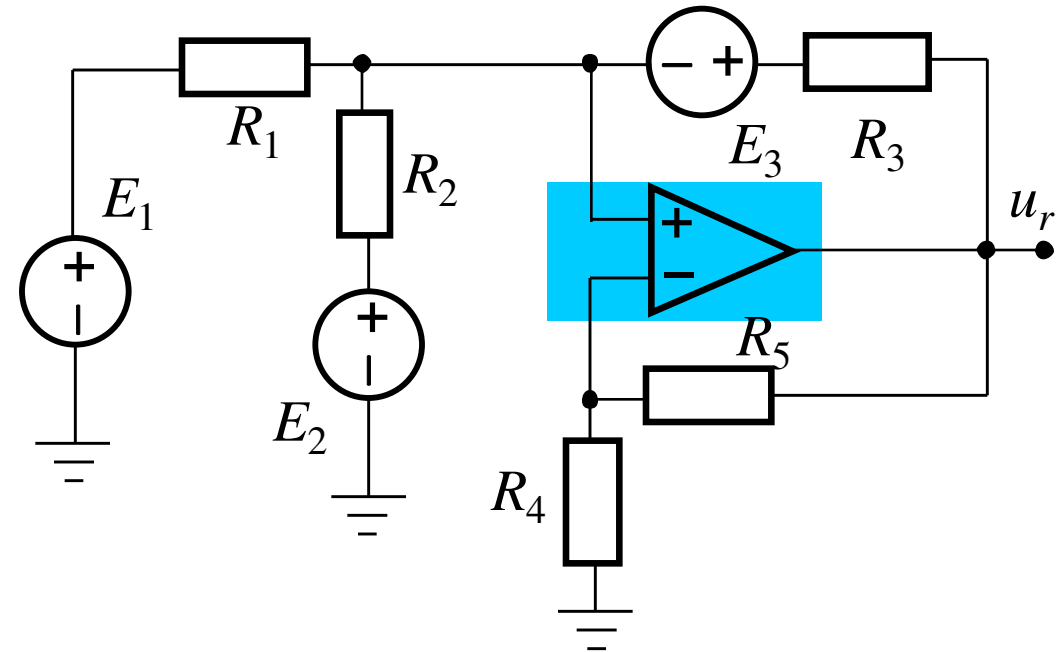
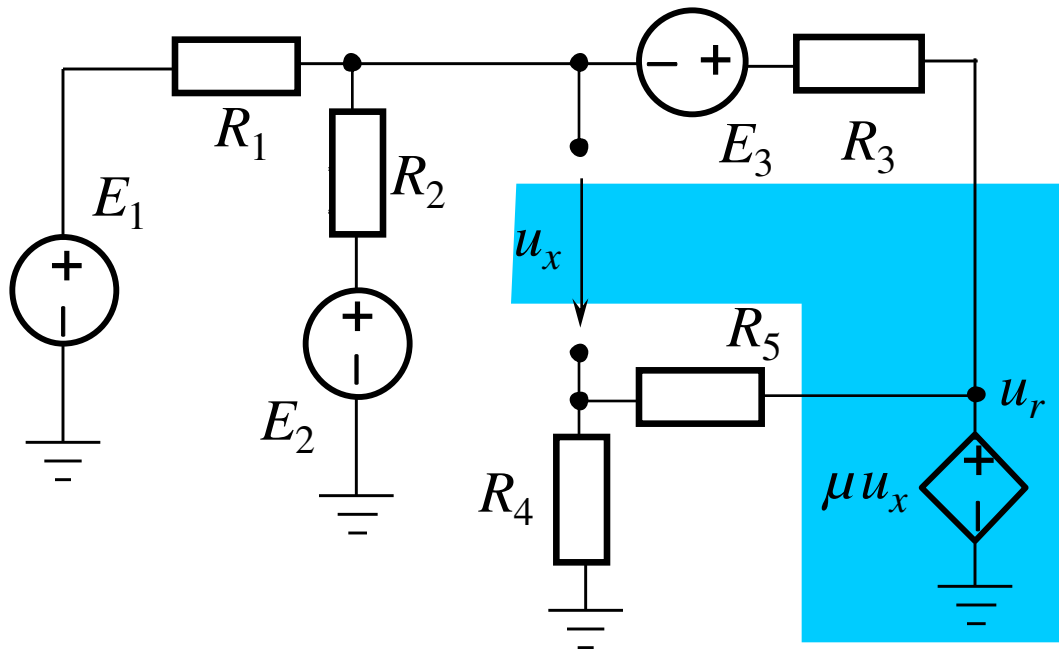
d) Mạch xoay chiều

e) Mạng hai cửa

Thế nút (1)

VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$ tính các dòng điện?



Thế nút (2)

VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$ tính các dòng điện?

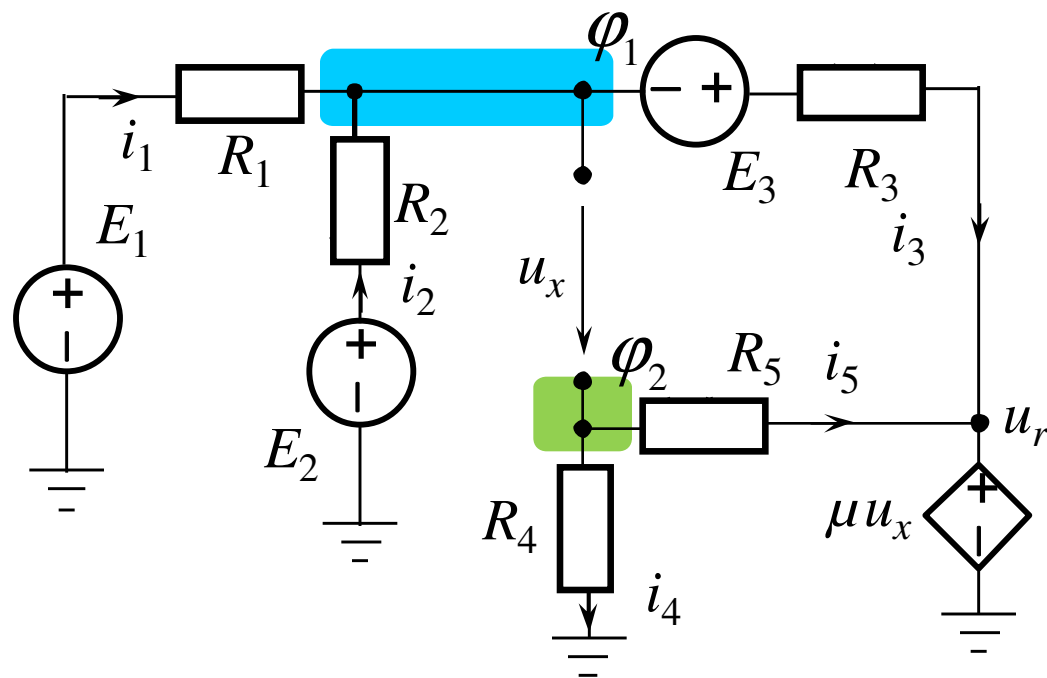
$$i_1 + i_2 - i_3 = 0$$

$$i_4 + i_5 = 0$$

$$i_1 = \frac{E_1 - \varphi_1}{R_1}; i_2 = \frac{E_2 - \varphi_1}{R_2}$$

$$i_3 = \frac{E_3 - u_r + \varphi_1}{R_3}$$

$$i_4 = \frac{\varphi_2}{R_4}; i_5 = \frac{\varphi_2 - u_r}{R_5}$$



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{E_1 - \varphi_1}{R_1} + \frac{E_2 - \varphi_1}{R_2} - \frac{E_3 - u_r + \varphi_1}{R_3} = 0 \\ \frac{\varphi_2}{R_4} + \frac{\varphi_2 - u_r}{R_5} = 0 \end{array} \right.$$

Thế nút (3)

VD

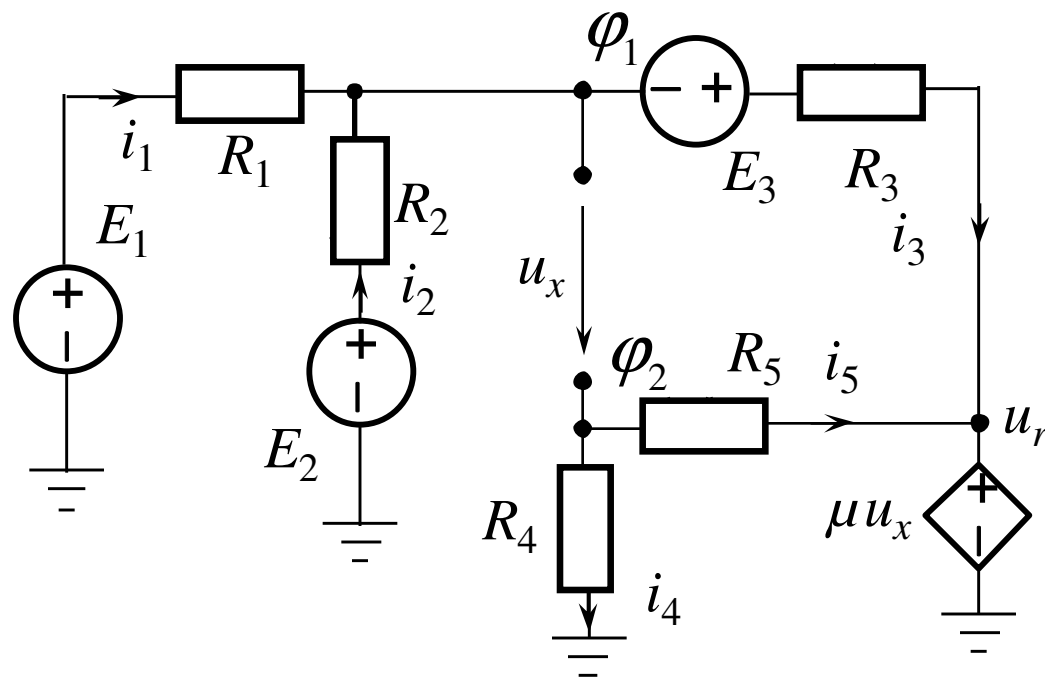
$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega; \text{ tính các dòng điện?}$

Cách 1

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{E_1 - \varphi_1}{R_1} + \frac{E_2 - \varphi_1}{R_2} - \frac{E_3 - u_r + \varphi_1}{R_3} = 0 \\ \frac{\varphi_2}{R_4} + \frac{\varphi_2 - u_r}{R_5} = 0 \end{array} \right.$$

$$u_r = \mu u_x = \mu(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\rightarrow \varphi_1 = 3 \frac{2\mu + 3}{\mu + 3} \left\{ \begin{array}{l} \mu \rightarrow \infty \end{array} \right. \rightarrow \varphi_1 = 6 \text{ V} \rightarrow i_1 = \frac{7 - 6}{2} = \boxed{0,5 \text{ mA}}$$

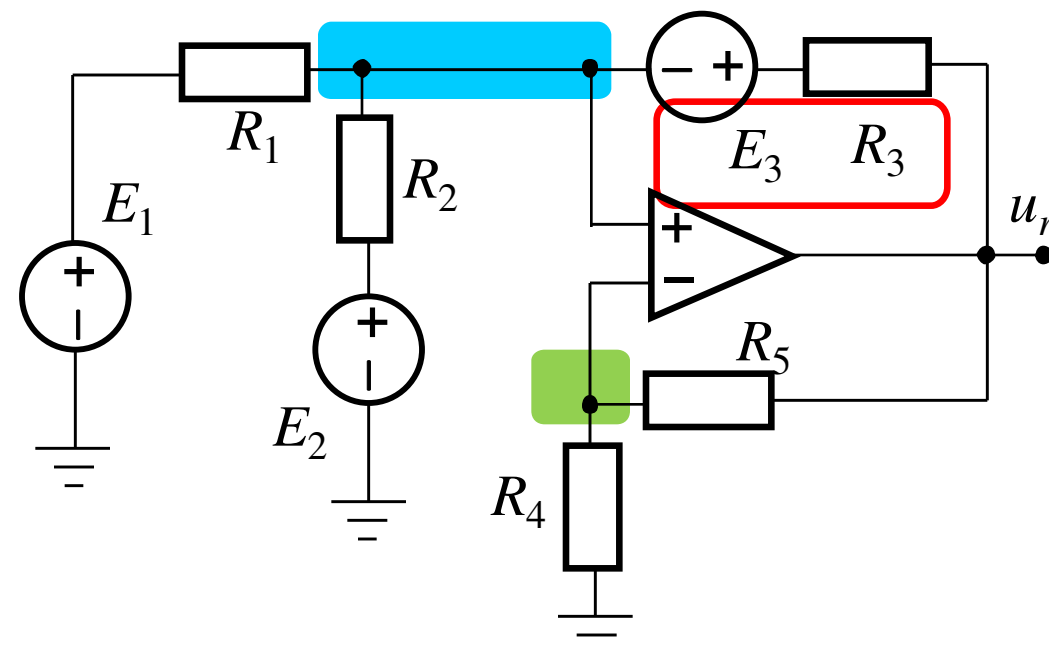


Thế nút (4)

VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$ tính các dòng điện?

Cách 2



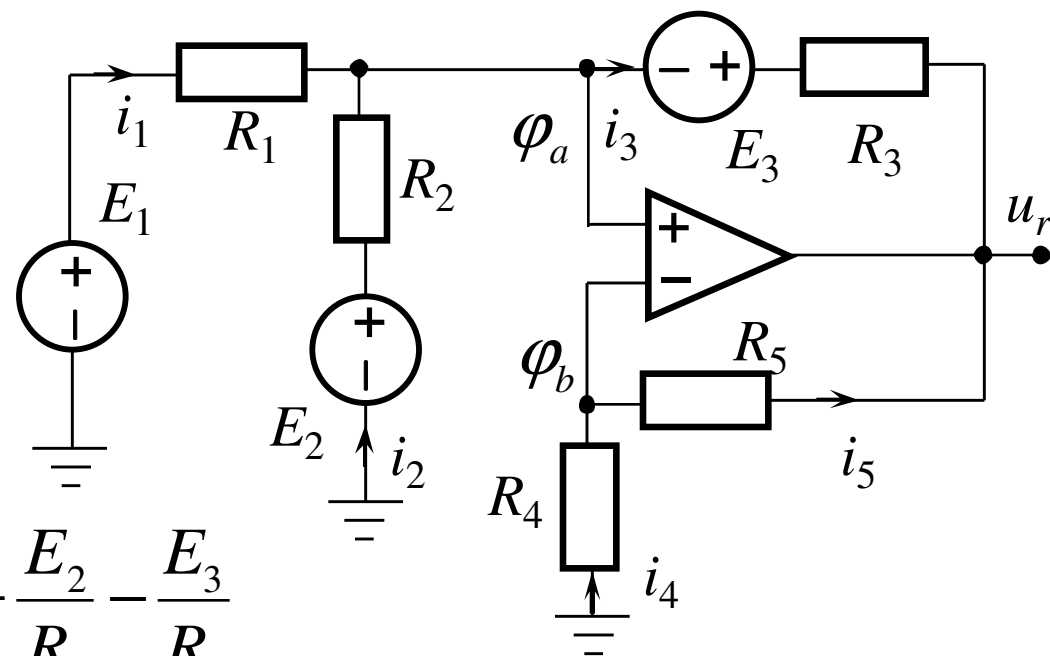
$$\rightarrow \begin{cases} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_a - \frac{1}{R_3} u_r = \frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} - \frac{E_3}{R_3} \\ \left(\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) \varphi_a - \frac{1}{R_5} u_r = 0 \end{cases}$$

Thế nút (5)

VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$ tính các dòng điện?

Cách 2



$$\begin{cases} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \varphi_a - \frac{1}{R_3} u_r = \frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} - \frac{E_3}{R_3} \\ \left(\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) \varphi_a - \frac{1}{R_5} u_r = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \varphi_a = 6 \text{ V} \\ u_r = 9 \text{ V} \end{cases} \rightarrow i_1 = \frac{E_1 - \varphi_a}{R_1} = \frac{7 - 6}{2} = \boxed{0,5 \text{ mA}}, i_4 = i_5 = \frac{-u_r}{R_4 + R_5} = \boxed{-1 \text{ mA}}$$

Lý thuyết mạch I

I. Thông số mạch

II. Phần tử mạch

III. Mạch một chiều

IV. Mạch xoay chiều

V. Mạng hai cửa

VI. Mạch ba pha

VII. Khuếch đại thuật toán

1. Nguồn phụ thuộc

2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc

3. Khuếch đại thuật toán

4. Các mạch cơ bản

5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

a) Dòng nhánh

b) Thế nút

c) **Dòng vòng**

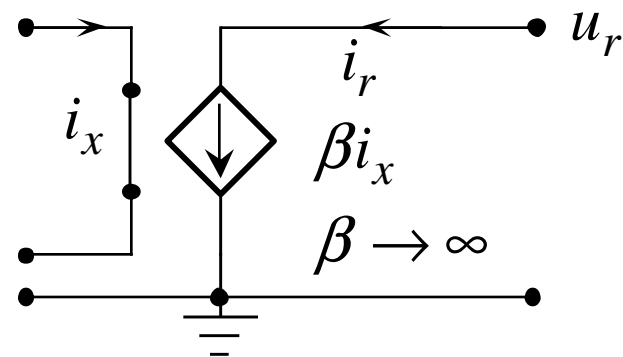
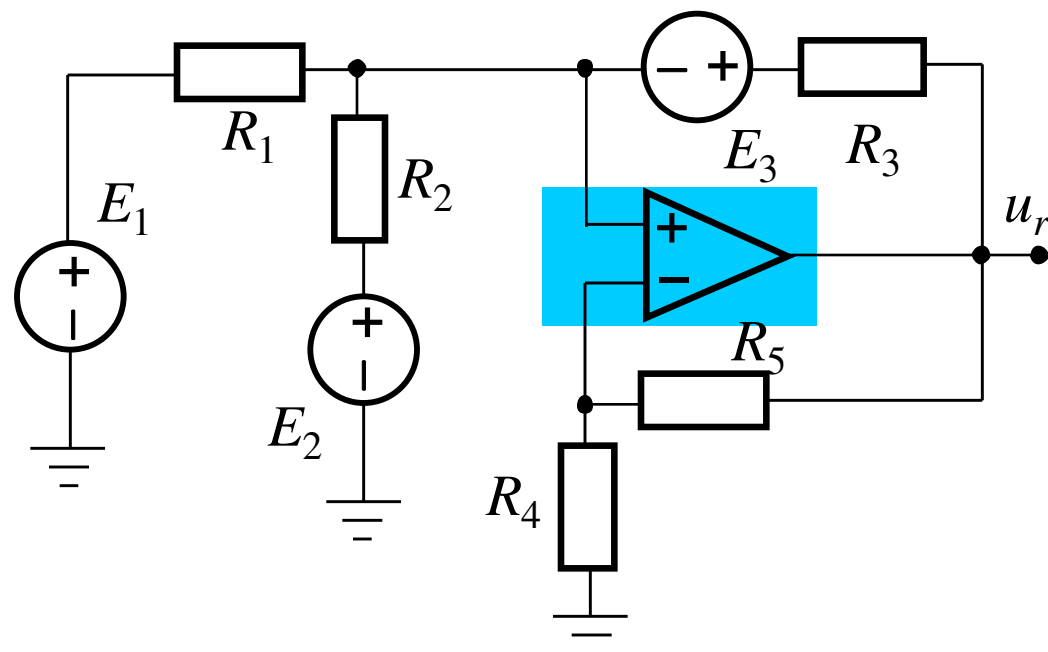
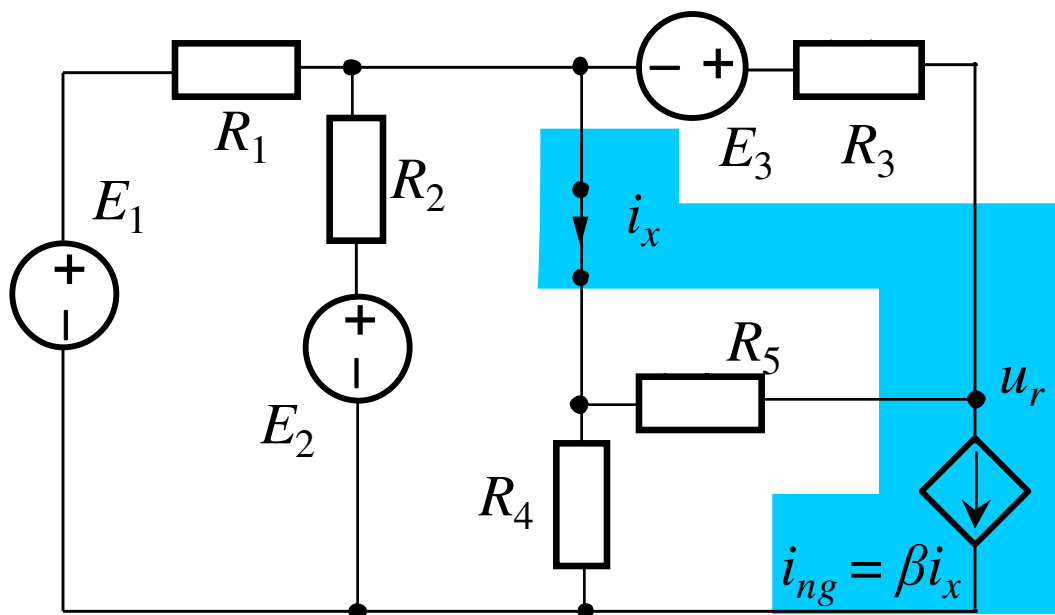
d) Mạch xoay chiều

e) Mạng hai cửa

Dòng vòng (1)

VD

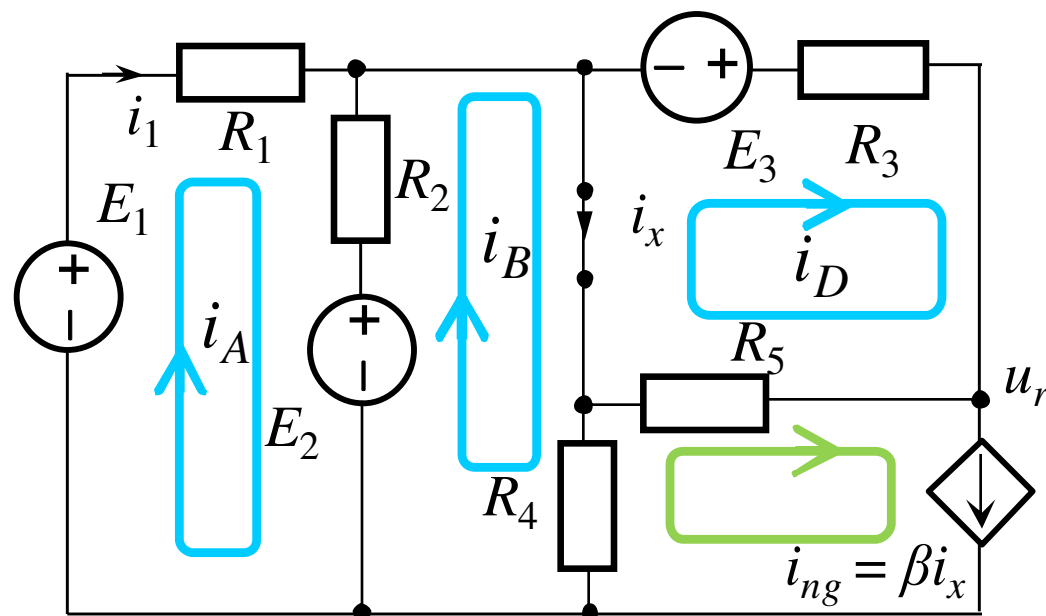
$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$ tính các dòng điện?



Dòng vòng (2)

VD

$E_1 = 7 \text{ V}; E_2 = 4 \text{ V}; E_3 = 2 \text{ V};$
 $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega; R_4 = 6 \text{ k}\Omega;$
 $R_5 = 3 \text{ k}\Omega;$ tính các dòng điện?



$$\left. \begin{aligned} A: R_1 i_A + R_2 (i_A - i_B) &= E_1 - E_2 \\ B: R_2 (i_B - i_A) + R_4 (i_B - i_{ng}) &= E_2 \\ C: R_3 i_D + R_5 (i_D - i_{ng}) &= E_3 \\ i_{ng} = \beta i_x = \beta (i_B - i_D) \end{aligned} \right\} \rightarrow i_A = \frac{9\beta - 80}{18\beta - 70} \left\{ \begin{aligned} &\rightarrow i_A = 0,5 \text{ mA} \\ &\beta \rightarrow \infty \rightarrow \boxed{i_1 = 0,5 \text{ mA}} \end{aligned} \right.$$

Lý thuyết mạch I

I. Thông số mạch

II. Phần tử mạch

III. Mạch một chiều

IV. Mạch xoay chiều

V. Mạng hai cửa

VI. Mạch ba pha

VII. Khuếch đại thuật toán

1. Nguồn phụ thuộc

2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc

3. Khuếch đại thuật toán

4. Các mạch cơ bản

5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

a) Dòng nhánh

b) Thế nút

c) Dòng vòng

d) Mạch xoay chiều

e) Mạng hai cửa

Mạch xoay chiều (1)

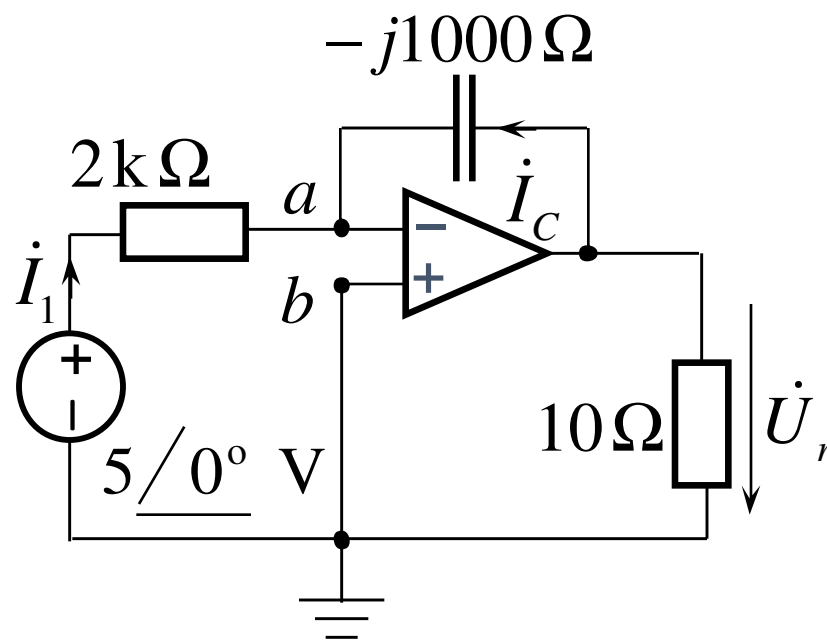
VD1

Tính \dot{U}_r ?

$$\left. \begin{aligned} a: \dot{I}_1 + \dot{I}_C &= 0 \\ \dot{I}_1 &= \frac{5/0^\circ - \dot{\phi}_a}{2000}; \quad \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_r - \dot{\phi}_a}{-j1000} \\ \dot{\phi}_a &= \dot{\phi}_b = 0 \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \frac{5/0^\circ}{2000} + \frac{\dot{U}_r}{-j1000} = 0$$

$$\rightarrow \dot{U}_r = j1000 \frac{5/0^\circ}{2000} = j2,5/0^\circ = \boxed{2,5/90^\circ \text{ V}}$$



Mạch xoay chiều (2)

VD2

Tính \dot{U}_r ?

$$a: \dot{I}_{C1} - \dot{I}_{C2} - \dot{I}_{R2} = 0$$

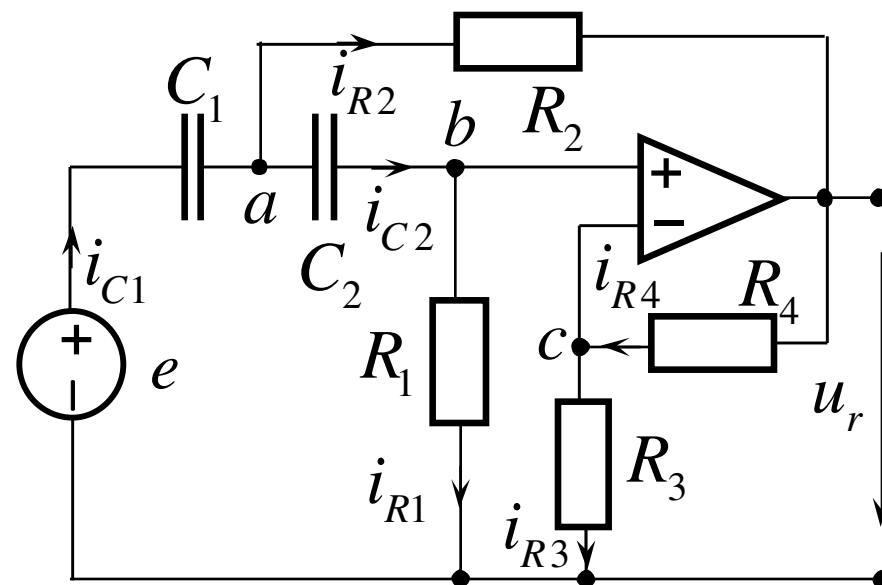
$$b: \dot{I}_{C2} - \dot{I}_{R1} = 0$$

$$c: \dot{I}_{R4} - \dot{I}_{R3} = 0$$

$$\dot{I}_{C1} = \frac{\dot{E} - \dot{\phi}_a}{Z_{C1}}; \dot{I}_{C2} = \frac{\dot{\phi}_a - \dot{\phi}_b}{Z_{C2}}$$

$$\dot{I}_{R2} = \frac{\dot{\phi}_a - \dot{U}_r}{R_2}; \dot{I}_{R1} = \frac{\dot{\phi}_b}{R_1}; \dot{I}_{R3} = \frac{\dot{\phi}_c}{R_3}; \dot{I}_{R4} = \frac{\dot{U}_r - \dot{\phi}_c}{R_4}$$

$$\dot{\phi}_b = \dot{\phi}_c$$



→ hệ 3 phương trình 3 ẩn số $\dot{\phi}_a, \dot{\phi}_b, \dot{U}_r \rightarrow \dot{U}_r$

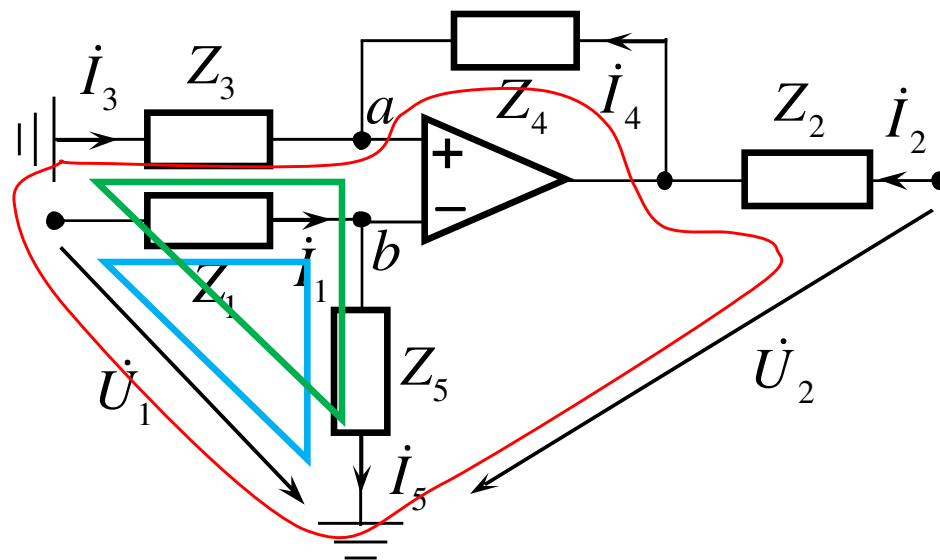
Mạch xoay chiều (3)

VD3

$$\dot{U}_1 = 200 \text{ mV}; \dot{I}_2 = 0; Z_1 = -j10 \Omega; Z_2 = 5 \Omega; \\ Z_3 = 20 \Omega; Z_4 = -j15 \Omega; Z_5 = 8 \Omega; \dot{U}_2 = ?$$

$$\begin{cases} a: \dot{I}_3 + \dot{I}_4 = 0 \\ b: \dot{I}_1 - \dot{I}_5 = 0 \\ \dot{U}_1 - Z_1 \dot{I}_1 - Z_5 \dot{I}_5 = 0 \\ Z_3 \dot{I}_3 + Z_5 \dot{I}_5 = 0 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 9,76 + j12,20 \text{ mA} \\ \dot{I}_3 = -3,90 - j4,88 \text{ mA} \\ \dot{I}_4 = 3,90 + j4,88 \text{ mA} \\ \dot{I}_5 = 9,76 + j12,20 \text{ mA} \end{cases}$$



$$\dot{U}_2 - Z_4 \dot{I}_4 + Z_3 \dot{I}_3 = 0$$

$$\rightarrow \dot{U}_2 = Z_4 \dot{I}_4 - Z_3 \dot{I}_3 = 151,22 + j39,02 \text{ mV}$$

Lý thuyết mạch I

I. Thông số mạch

II. Phần tử mạch

III. Mạch một chiều

IV. Mạch xoay chiều

V. Mạng hai cửa

VI. Mạch ba pha

VII. Khuếch đại thuật toán

1. Nguồn phụ thuộc

2. Phân tích mạch điện có nguồn phụ thuộc

3. Khuếch đại thuật toán

4. Các mạch cơ bản

5. Phân tích mạch có khuếch đại thuật toán

a) Dòng nhánh

b) Thế nút

c) Dòng vòng

d) Mạch xoay chiều

e) **Mạng hai cửa**

Mạng hai cửa (1)

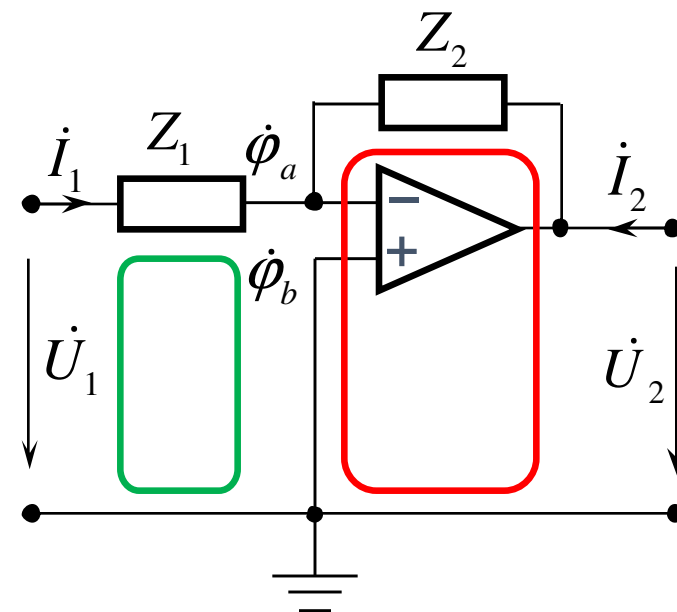
VD1

Tìm bộ số \mathbf{Z} ?

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{array} \right\} \rightarrow \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ -Z_2 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\dot{U}_1 = Z_1 \dot{I}_1$$

$$\dot{U}_2 = -Z_2 \dot{I}_1$$



VD2

Cho $U_1 = 5\sin\omega t$ V, $Z_1 = 2 \text{ k}\Omega$, $Z_2 = -j \text{ k}\Omega$, tìm u_2 ?

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_1 = 2000\dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 = j1000\dot{I}_1 \end{array} \right\} \rightarrow \dot{U}_2 = j1000 \frac{\dot{U}_1}{2000} = j2,5 \text{ V} \rightarrow u_2 = 2,5 \sin(\omega t + 90^\circ) \text{ V}$$

Mạng hai cửa (2)

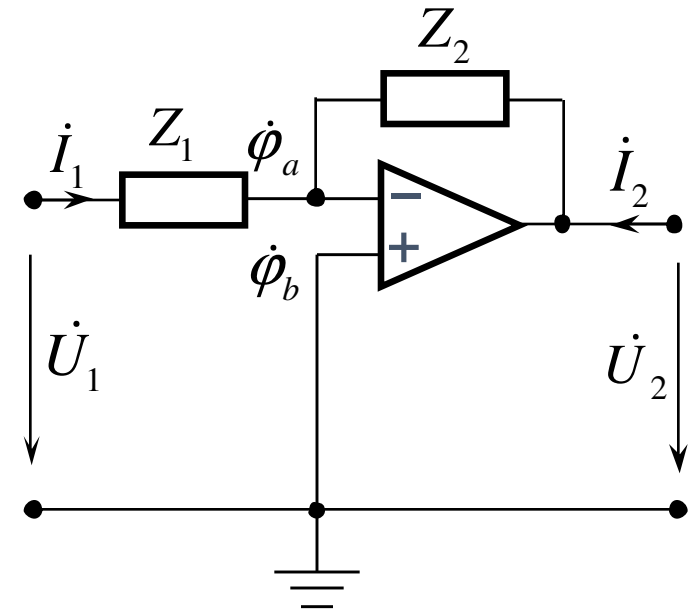
VD3

Tìm bộ số \mathbf{Y} ?

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{I}_1 = Y_{11}\dot{U}_1 + Y_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = Y_{21}\dot{U}_1 + Y_{22}\dot{U}_2 \end{array} \right\} \rightarrow \mathbf{X}$$

$$\dot{U}_1 = Z_1 \dot{I}_1$$

$$\dot{U}_2 = -Z_2 \dot{I}_1$$



VD4

Tìm bộ số \mathbf{A} ?

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_1 = A_{11}\dot{U}_2 + A_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = A_{21}\dot{U}_2 + A_{22}\dot{I}_2 \end{array} \right\} \rightarrow \mathbf{A} = \begin{bmatrix} -\frac{Z_1}{Z_2} & 0 \\ -\frac{1}{Z_2} & 0 \end{bmatrix}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_1 = Z_1 \dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 = -Z_2 \dot{I}_1 \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_1 = -\frac{Z_1}{Z_2} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_1 = -\frac{1}{Z_2} \dot{U}_2 \end{array} \right\}$$

Mạng hai cửa (3)

VD5

Tìm bộ số \mathbf{Z} , \mathbf{Y} , \mathbf{A} ?

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$

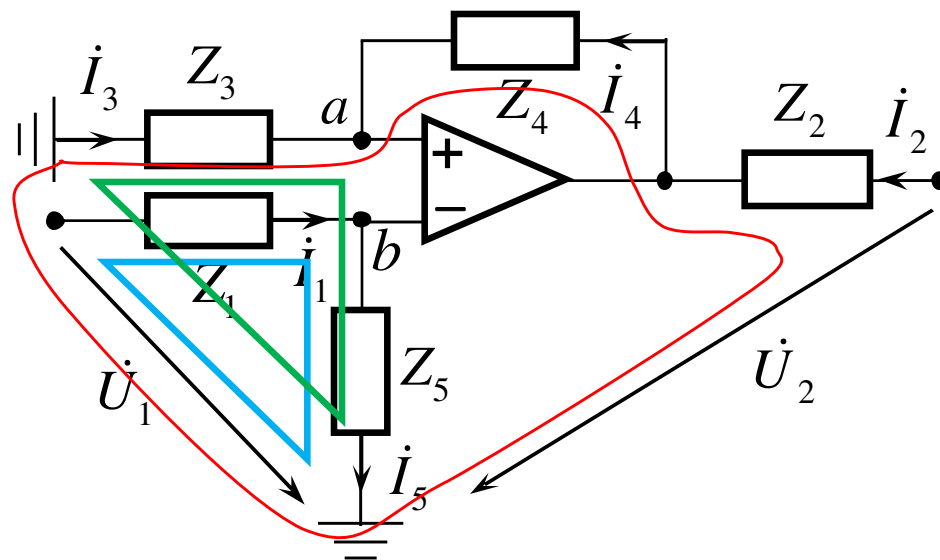
$$\dot{U}_1 - Z_1\dot{I}_1 - Z_5\dot{I}_5 = 0$$

$$\dot{U}_2 - Z_2\dot{I}_2 - Z_4\dot{I}_4 + Z_3\dot{I}_3 = 0$$

$$Z_3\dot{I}_3 + Z_5\dot{I}_5 = 0$$

$$a: \dot{I}_3 + \dot{I}_4 = 0$$

$$b: \dot{I}_1 - \dot{I}_5 = 0$$



$$\begin{cases} \dot{U}_1 = (Z_1 + Z_5)\dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 = Z_2\dot{I}_2 + \frac{Z_5(Z_3 + Z_4)}{Z_3}\dot{I}_1 \end{cases}$$

$$\rightarrow \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} Z_1 + Z_5 & 0 \\ \frac{Z_5(Z_3 + Z_4)}{Z_3} & Z_2 \end{bmatrix}$$

Mạng hai cửa (4)

VD6

$$\dot{U}_1 = 200 \text{ mV}; \dot{I}_2 = 0; Z_1 = -j10 \, \Omega; Z_2 = 5 \, \Omega; \\ Z_3 = 20 \, \Omega; Z_4 = -j15 \, \Omega; Z_5 = 8 \, \Omega; \dot{U}_2 = ?$$

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} Z_1 + Z_5 & 0 \\ \frac{Z_5(Z_3 + Z_4)}{Z_3} & Z_2 \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} 8 - j10 & 0 \\ 8 - j6 & 5 \end{bmatrix} \Omega$$

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$

$$\dot{I}_2 = 0 \rightarrow \dot{U}_2 = Z_{21} \frac{\dot{U}_1}{Z_{11}} = (8 - j6) \frac{200}{8 - j10} = \boxed{151,22 + j39,02 \text{ mV}}$$

