



Mạch một chiều

Cơ sở lý thuyết mạch điện



Nội dung

- Thông số mạch
- Phần tử mạch
- **Mạch một chiều**
- Mạch xoay chiều
- Mạng hai cửa
- Mạch ba pha
- Quá trình quá độ

Mạch một chiều

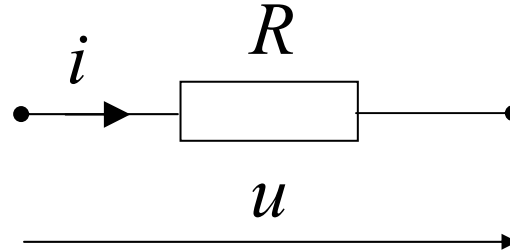
- Là mạch điện có nguồn một chiều
- Nội dung:
 - Các định luật cơ bản
 - Các phương pháp phân tích
 - Các định lý mạch
 - Phân tích mạch điện bằng máy tính

Mạch một chiều

- **Các định luật cơ bản**
 - Định luật Ohm
 - Đỉnh, nhánh & vòng
 - Định luật Kirchhoff
- Các phương pháp phân tích
- Các định lý mạch
- Phân tích mạch điện bằng máy tính



Định luật Ohm



$$u = Ri$$

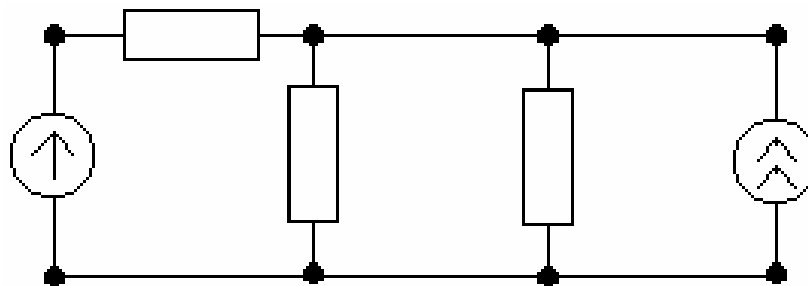
$$i = \frac{u}{R}$$

- Liên hệ giữa dòng & áp của một phần tử
- Nếu có nhiều phần tử trở lên thì định luật Ohm chưa đủ
- → Các định luật Kirchhoff



Đỉnh, nhánh & vòng (1)

- Những khái niệm xuất hiện khi kết nối các phần tử mạch
- Cần làm rõ trước khi nói về các định luật Kirchhoff
- Nhánh: biểu diễn 1 phần tử mạch đơn nhất (ví dụ 1 nguồn áp hoặc 1 điện trở)
- Nhánh có thể dùng để biểu diễn mọi phần tử có 2 cực

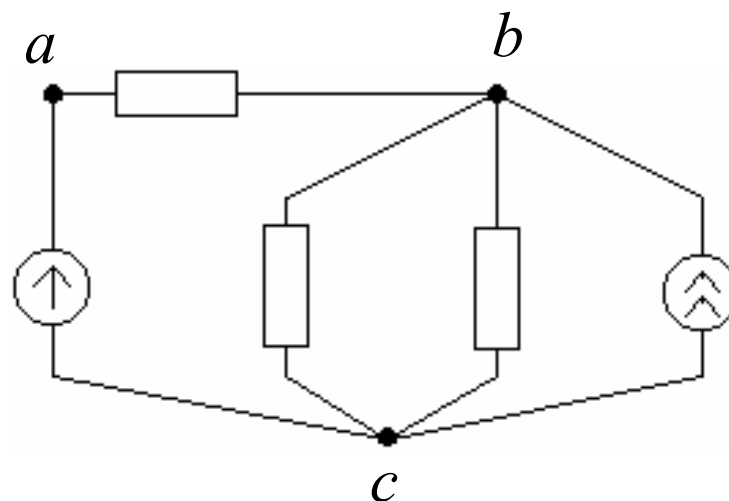
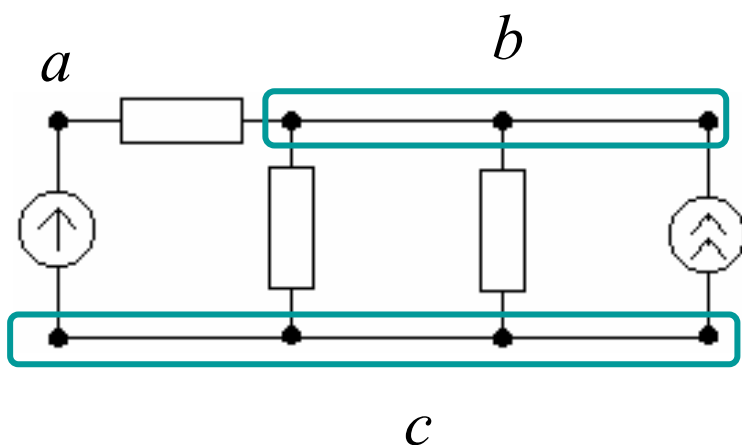


Mạch một chiều



Đỉnh, nhánh & vòng (2)

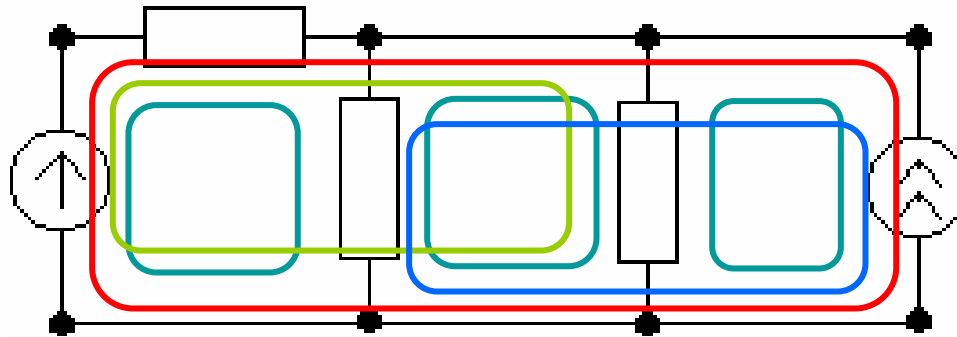
- Đỉnh: điểm nối của ít nhất 2 nhánh
- Biểu diễn bằng 1 dấu chấm
- Nếu 2 đỉnh nối với nhau bằng dây dẫn, chúng tạo thành 1 đỉnh





Đỉnh, nhánh & vòng (3)

- Vòng: một đường khép kín trong một mạch
- Đường khép kín: xuất phát 1 điểm, đi qua một số điểm khác, mỗi điểm chỉ đi qua một lần, rồi quay trở lại điểm xuất phát



- Vòng độc lập: chứa một nhánh, nhánh này không có mặt trong các vòng khác
- Một mạch điện có d đỉnh, n nhánh, v vòng độc lập sẽ thoả mãn hệ thức:

$$v = n - d + 1 \quad (3 = 5 - 3 + 1)$$

Định luật Kirchhoff (1)

- 2: định luật về dòng điện & định luật về điện áp
- Định luật về dòng điện viết tắt KD
- KD dựa trên luật bảo toàn điện tích (*tổng đại số điện tích của một hệ bảo toàn*)
- **KD: tổng đại số các dòng đi vào một đỉnh bằng không**

$$\sum_{n=1}^N i_n = 0$$

- N : tổng số nhánh nối vào đỉnh
- i_n : dòng thứ n đi vào (hoặc ra khỏi) đỉnh

Định luật Kirchhoff (2)

- **KD: tổng đại số các dòng đi vào một đỉnh bằng không**

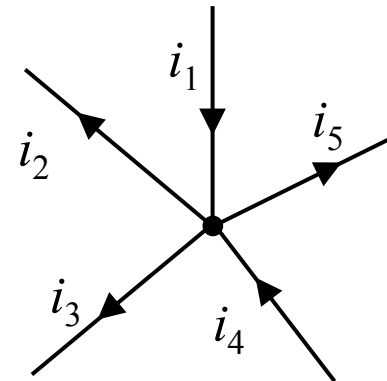
$$\sum_{n=1}^N i_n = 0$$

- Quy ước:

- Dòng đi vào mang dấu dương (+), dòng đi ra mang dấu âm (-)
- Hoặc ngược lại

$$i_1 - i_2 - i_3 + i_4 - i_5 = 0$$

Hoặc: $-i_1 + i_2 + i_3 - i_4 + i_5 = 0$





Định luật Kirchhoff (3)

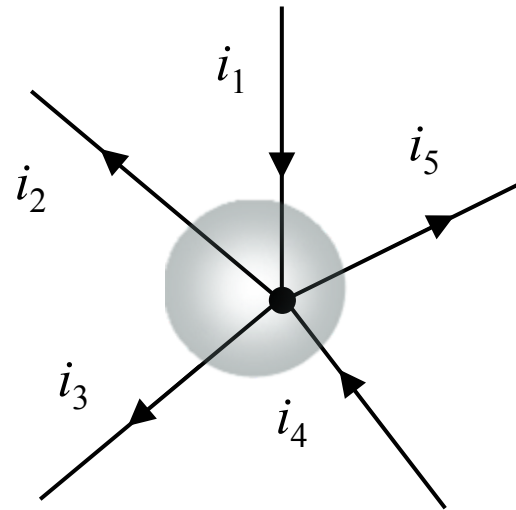
- Một cách phát biểu khác của KD:

Tổng các dòng đi vào một đỉnh bằng tổng các dòng đi ra khỏi đỉnh đó

- KD có thể mở rộng cho một mặt kín:

Tổng đại số các dòng đi vào một mặt kín bằng không

$$i_1 - i_2 - i_3 + i_4 - i_5 = 0$$



- Có thể coi đỉnh là một mặt kín co lại

Định luật Kirchhoff (4)

- Định luật thứ nhất là KD
- Định luật thứ hai là về điện áp, viết tắt KA
- KA dựa trên định luật bảo toàn năng lượng
- **KA: tổng đại số các điện áp trong một vòng kín bằng không**

$$\sum_{m=1}^M u_m = 0$$

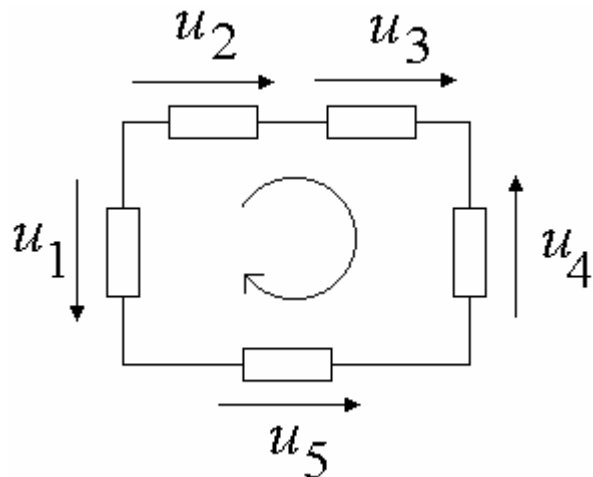
- M : số lượng điện áp trong vòng kín, hoặc số lượng nhánh của vòng kín
- u_m : điện áp thứ m của vòng kín



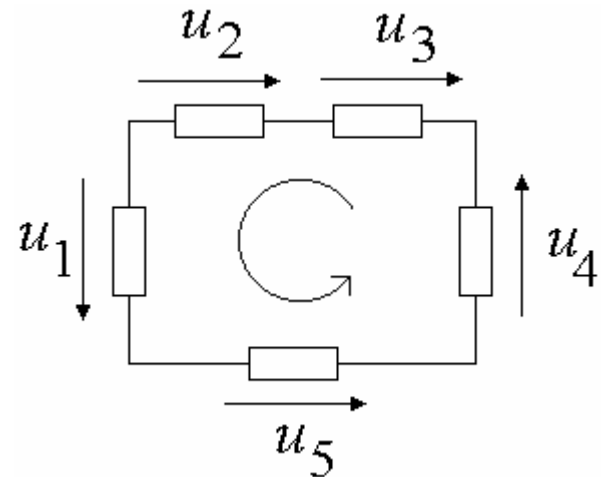
Định luật Kirchhoff (5)

- **KA:** tổng đại số các điện áp trong một vòng kín bằng không

$$\sum_{m=1}^M u_m = 0$$



$$-u_1 + u_2 + u_3 - u_4 - u_5 = 0$$



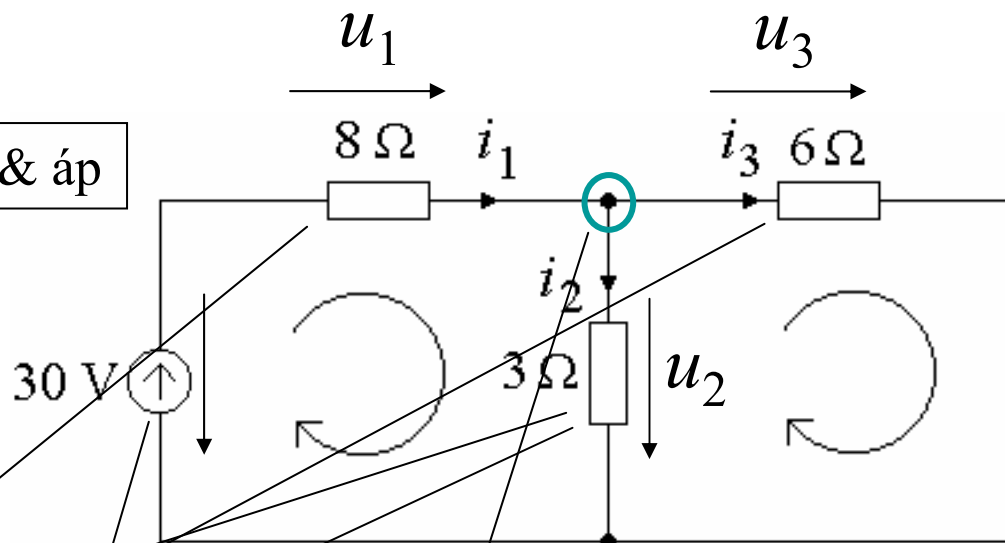
$$u_1 - u_2 - u_3 + u_4 + u_5 = 0$$



Định luật Kirchhoff (6)

VD1

Tính các dòng & áp



$$u_1 + u_2 - 30 = 0$$

$$u_3 - u_2 = 0$$

$$u_1 = 8i_1$$

$$u_2 = 3i_2$$

$$u_3 = 6i_3$$

$$i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

$$8i_1 + 3i_2 - 30 = 0$$

$$6i_3 - 3i_2 = 0$$

$$i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

$$8i_1 + 3i_2 - 30 = 0$$

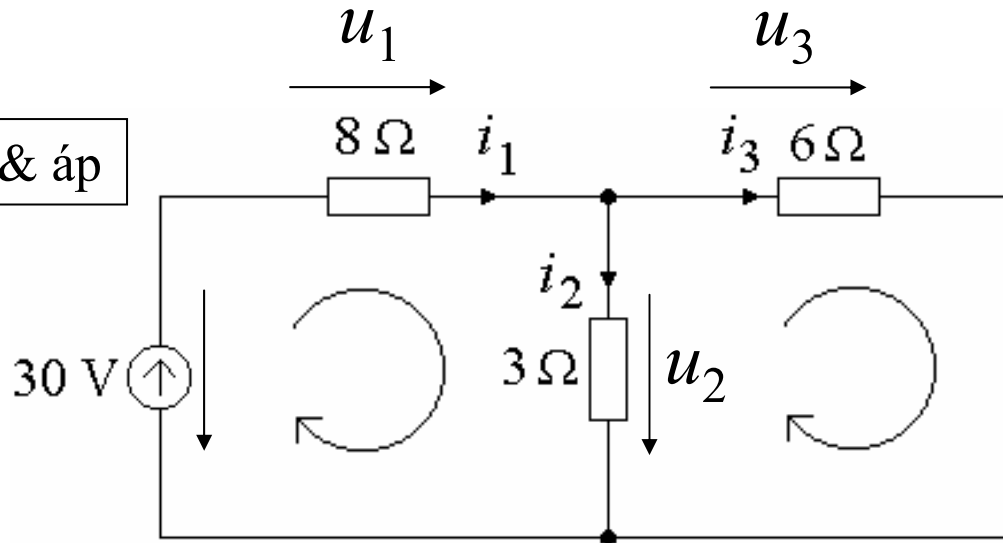
$$6i_3 - 3i_2 = 0$$



Định luật Kirchhoff (7)

VD1

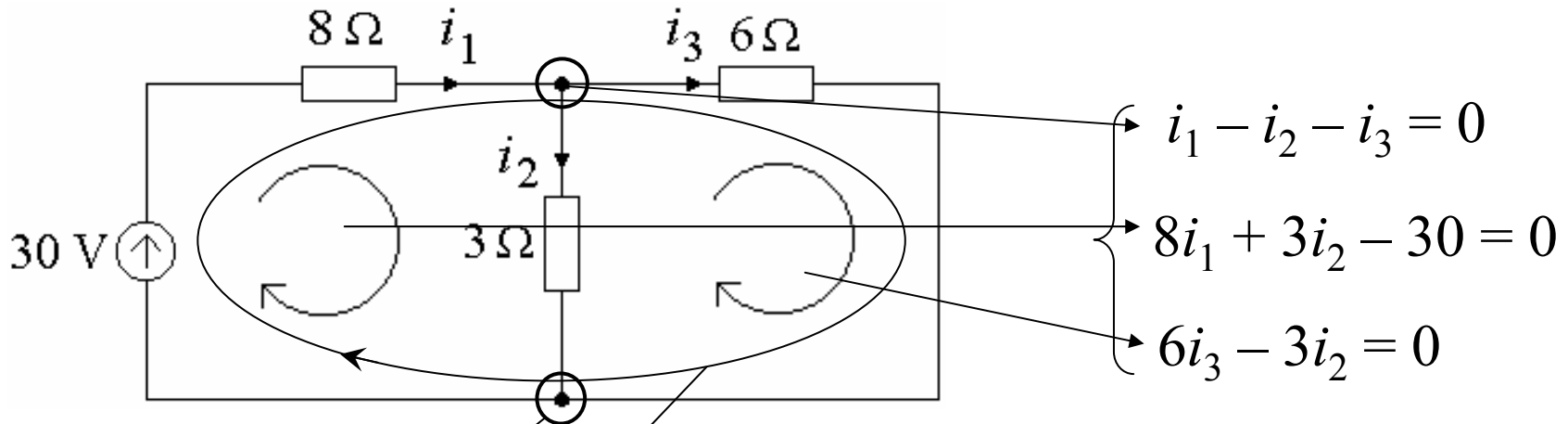
Tính các dòng & áp



$$\begin{cases} i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ 8i_1 + 3i_2 - 30 = 0 \\ 6i_3 - 3i_2 = 0 \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} i_1 = 3 \text{ A} \\ i_2 = 2 \text{ A} \\ i_3 = 1 \text{ A} \end{cases}$$



Định luật Kirchhoff (8)



$$i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

$$8i_1 + 3i_2 - 30 = 0$$

$$6i_3 - 3i_2 = 0$$

$$-i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

$$8i_1 + 6i_3 - 30 = 0$$

$$i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

$$8i_1 + 3i_2 - 30 = 0$$

$$6i_3 - 3i_2 = 0$$

Hệ 5 phương trình 3 ẩn số

→ thừa 2 phương trình

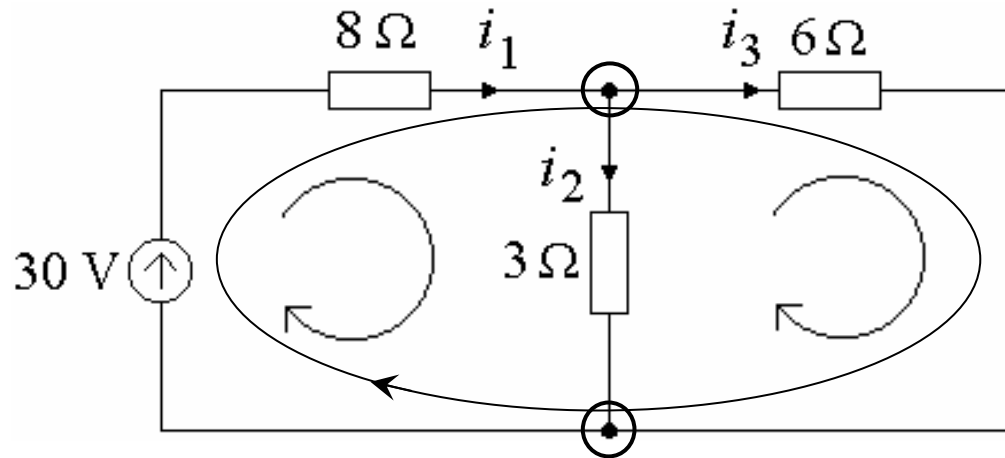
→ chỉ cần 3 phương trình

← Hệ này có 3 p/tr độc lập & 2 p/tr phụ thuộc



Định luật Kirchhoff (9)

$$\begin{cases} -i_1 + i_2 + i_3 = 0 \\ 8i_1 + 6i_3 - 30 = 0 \\ i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ 8i_1 + 3i_2 - 30 = 0 \\ 6i_3 - 3i_2 = 0 \end{cases}$$



Hệ trên có 3 p/tr độc lập & 2 p/tr phụ thuộc

Chọn 3 p/tr nào?

Một mạch điện có n_{KD} p/tr độc lập viết theo KD & có n_{KA} p/tr độc lập viết theo KA

- $n_{KD} = \text{số_đỉnh} - 1$

- $n_{KA} = \text{số_nhánh} - \text{số_đỉnh} + 1$

Mạch một chiều

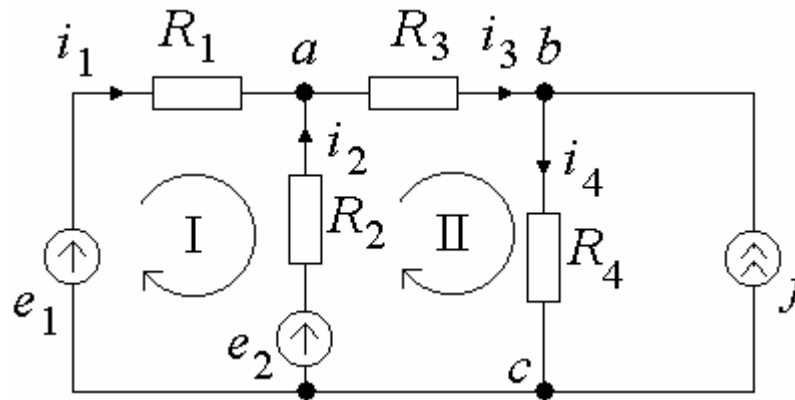
- Các định luật cơ bản
- **Các phương pháp phân tích**
 - Dòng nhánh
 - Thế đỉnh
 - Dòng vòng
 - Biến đổi tương đương
 - Ma trận
- Các định lý mạch
- Phân tích mạch điện bằng máy tính

Dòng nhánh (1)

- Ấn số là các dòng điện của các nhánh
- Số lượng ấn số = số lượng nhánh (trừ nguồn dòng) của mạch
- Lập hệ phương trình bằng cách
 - Áp dụng KD cho n_{KD} đỉnh, và
 - Áp dụng KA cho n_{KA} vòng



Dòng nhánh (2)



$$n_{\text{KD}} = \text{số_đỉnh} - 1 = 3 - 1 = 2 \rightarrow \text{viết 2 p/tr theo KD}$$

$$a: i_1 + i_2 - i_3 = 0$$

$$b: i_3 - i_4 + j = 0$$

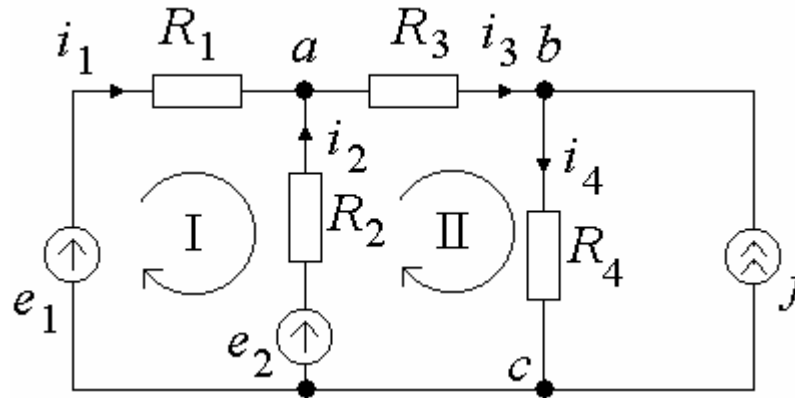
$$n_{\text{KA}} = \text{số_nhánh} - \text{số_đỉnh} + 1 = 4 - 3 + 1 = 2 \rightarrow \text{viết 2 p/tr theo KA}$$

$$\text{I: } u_1 - u_2 + e_2 - e_1 = 0 \rightarrow R_1 i_1 - R_2 i_2 + e_2 - e_1 = 0$$

$$\text{II: } u_2 + u_3 + u_4 - e_2 = 0 \rightarrow R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_4 i_4 - e_2 = 0$$



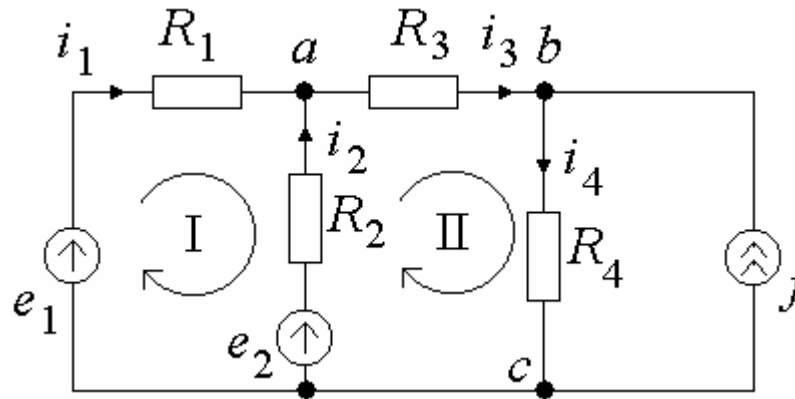
Dòng nhánh (3)



$$\left\{ \begin{array}{l} i_1 + i_2 - i_3 = 0 \\ i_3 - i_4 + j = 0 \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 + e_2 - e_1 = 0 \\ R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_4 i_4 - e_2 = 0 \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} i_1 + i_2 - i_3 = 0 \\ i_3 - i_4 = -j \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 = e_1 - e_2 \\ R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_4 i_4 = e_2 \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \end{array} \right.$$



Dòng nhánh (4)



1. Tính n_{KD} & n_{KA} (chú ý: $n_{KD} + n_{KA} = \text{số_nhánh}$)
2. Viết n_{KD} phương trình KD cho n_{KD} đỉnh độc lập
3. Chọn n_{KA} vòng & chiều của chúng
4. Viết n_{KA} phương trình KA cho n_{KA} vòng
5. Giải hệ



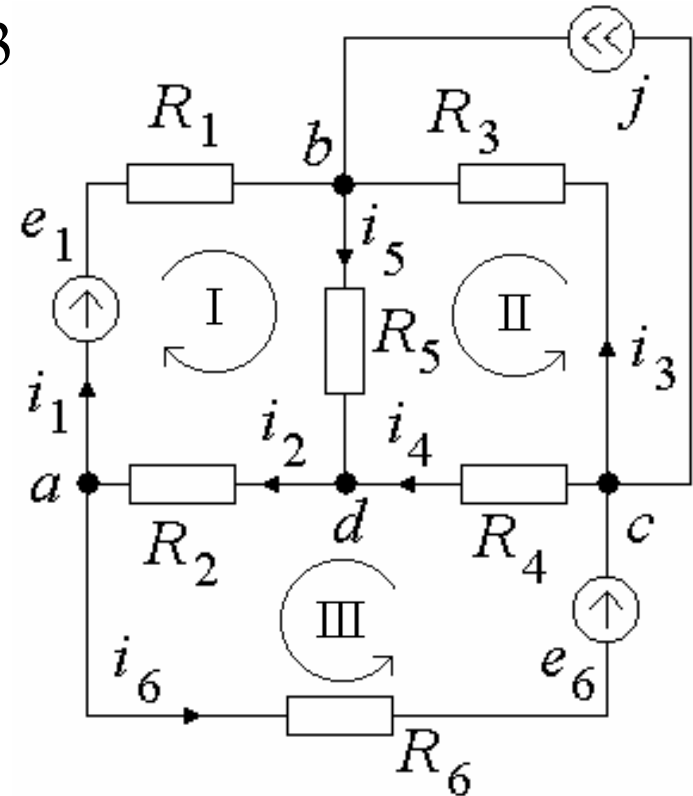
Dòng nhánh (5)

VD1

$$n_{\text{KD}} = \text{số_đỉnh} - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$n_{\text{KA}} = \text{số_nhánh} - \text{số_đỉnh} + 1 = 6 - 4 + 1 = 3$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a: -i_1 + i_2 - i_6 = 0 \\ b: i_1 - i_5 + i_3 + j = 0 \\ c: -i_3 - i_4 + i_6 - j = 0 \\ \text{I: } R_1 i_1 + R_5 i_5 + R_2 i_2 = e_1 \\ \text{II: } R_3 i_3 + R_5 i_5 - R_4 i_4 = 0 \\ \text{III: } R_2 i_2 + R_6 i_6 + R_4 i_4 = e_6 \end{array} \right.$$



Dòng nhánh (6)

- Khối lượng tính toán để giải hệ 4 phương trình 4 biến
 - = 5 định thức bậc 4
 - = 5 x 4 định thức bậc 3
 - = 5 x 4 x 3 định thức bậc 2
 - = 60 định thức bậc 2
- Khối lượng tính toán để giải hệ 3 phương trình 3 biến:
 - = 4 định thức bậc 3
 - = 4 x 3 định thức bậc 2
 - = 12 định thức bậc 2
- Khối lượng tính toán để giải hệ 10 phương trình 10 biến ?



$$\left\{ \begin{array}{l} i_1 + i_2 - i_3 = 0 \\ i_3 - i_4 + j = 0 \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 = e_1 - e_2 \\ R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_3 i_3 = e_2 \end{array} \right.$$

Hơn 200 phép tính (cộng, nhân, chia)

ĐỒNG THỜI

?

$$\left\{ \begin{array}{l} 2i_1 + 3 = 10 \\ 6i_2 - 5 = 4 \\ i_3 + 7 = -9 \\ -3i + 4 = 5 \end{array} \right.$$

Dưới 8 phép tính (cộng & chia)

KHÔNG ĐỒNG THỜI

Để giảm khối lượng tính toán thì cần phải thay hệ phương trình đồng thời bằng hệ phương trình không đồng thời

Để giảm khối lượng tính toán thì cần phải thay hệ phương trình đồng thời bằng hệ phương trình không đồng thời

Có 2 cách thay thế:

1. Đổi biến số

- Phương pháp thế đỉnh
- Phương pháp dòng vòng

2. Phân rã mạch điện (lần lượt tính toán thông số của từng phần của mạch điện)

- Biến đổi tương đương
- Mạng một cửa (sẽ học trong *Các định lý mạch*)

Mạch một chiều

- Các định luật cơ bản
- **Các phương pháp phân tích**
 - Dòng nhánh
 - **Thế đỉnh**
 - Dòng vòng
 - Biến đổi tương đương
 - Ma trận
- Các định lý mạch
- Phân tích mạch điện bằng máy tính

Thế đỉnh (1)

- Ấn số là điện thế của các đỉnh
- Dùng KA để đổi ấn số ‘dòng điện nhánh’ thành ấn số ‘điện thế đỉnh’

$$\begin{cases} i_1 + i_2 - i_3 = 0 \\ i_3 - i_4 + j = 0 \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 = e_1 - e_2 \\ R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_3 i_3 = e_2 \end{cases}$$

(60 định thức bậc 2)

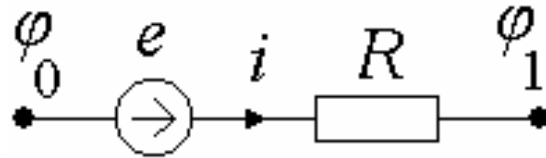
$$\begin{aligned} i_1 &= f_1(\varphi_a, \varphi_b) \\ i_2 &= f_2(\varphi_a, \varphi_b) \\ i_3 &= f_3(\varphi_a, \varphi_b) \\ i_4 &= f_4(\varphi_a, \varphi_b) \end{aligned}$$

$$\begin{cases} A_{11}\varphi_a + A_{12}\varphi_b = B_1 \\ A_{21}\varphi_a + A_{22}\varphi_b = B_2 \end{cases}$$

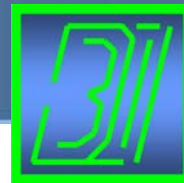
(3 định thức bậc 2
+ 4 hàm f)



Thế đỉnh (2)



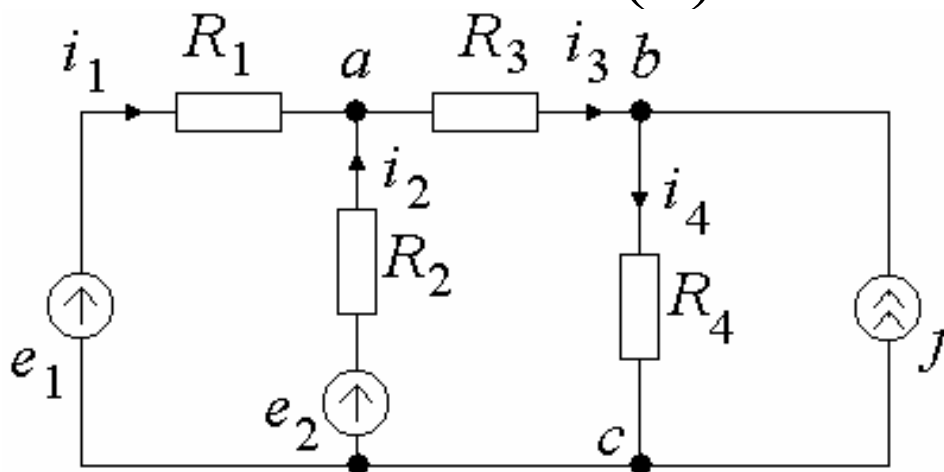
$$\left. \begin{array}{l} \text{Theo KA: } e = Ri + (\varphi_1 - \varphi_0) \\ \text{Nếu đặt } \varphi_0 = 0 \end{array} \right\} \rightarrow i = \frac{e - \varphi}{R}$$



Thế đỉnh (3)

$$i = \frac{e - \varphi}{R}$$

Đặt $\varphi_c = 0$



$$i_1 = \frac{e_1 - \varphi_a}{R_1}$$

$$i_2 = \frac{e_2 - \varphi_a}{R_2}$$

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

$$a : i_1 + i_2 - i_3 = 0$$

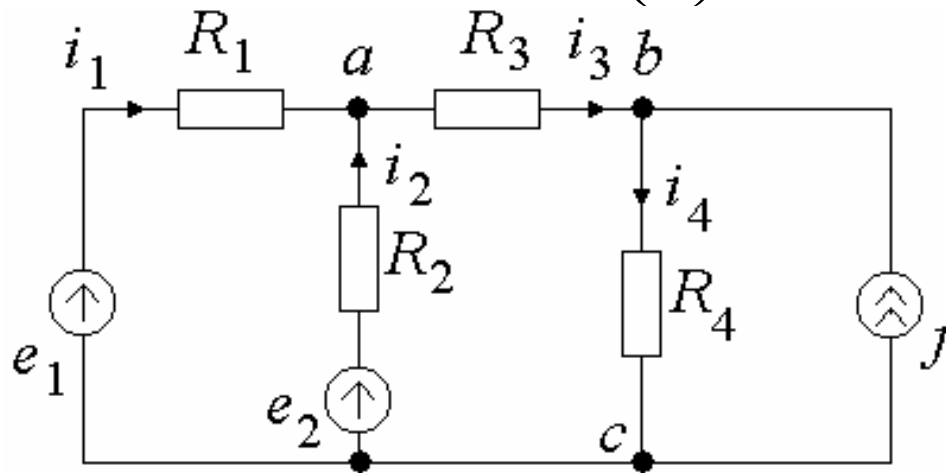
$$\left. \begin{matrix} i_1 = \frac{e_1 - \varphi_a}{R_1} \\ i_2 = \frac{e_2 - \varphi_a}{R_2} \\ i_3 = \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R_3} \\ a : i_1 + i_2 - i_3 = 0 \end{matrix} \right\} \rightarrow \frac{e_1 - \varphi_a}{R_1} + \frac{e_2 - \varphi_a}{R_2} - \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R_3} = 0$$

Mạch một chiều



Thế đỉnh (4)

Đặt $\varphi_c = 0$



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

$$i_4 = \frac{\varphi_b}{R_4}$$

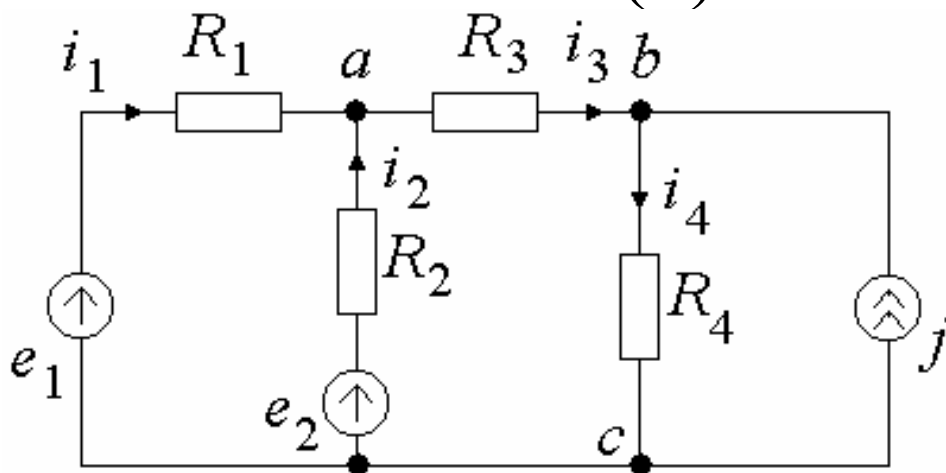
$$b : i_3 - i_4 + j = 0$$

$$\frac{\varphi_a - \varphi_b}{R_3} - \frac{\varphi_b}{R_4} + j = 0$$



Thế đỉnh (5)

Đặt $\varphi_c = 0$

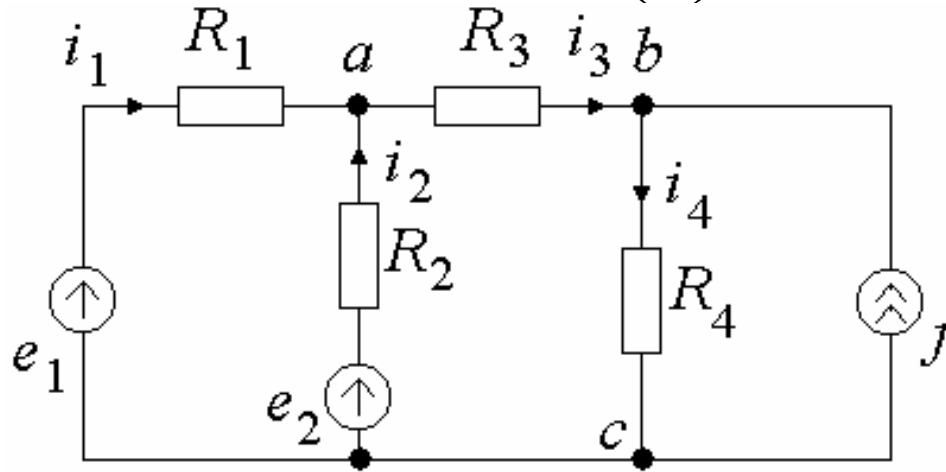


$$\left. \begin{aligned} \frac{e_1 - \varphi_a}{R_1} + \frac{e_2 - \varphi_a}{R_2} - \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R_3} = 0 \\ \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R_3} - \frac{\varphi_b}{R_4} + j = 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow \begin{cases} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)\varphi_a - \frac{1}{R_3}\varphi_b = \frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2} \\ -\frac{1}{R_3}\varphi_a + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)\varphi_b = j \end{cases}$$



Thế đỉnh (6)

Đặt $\varphi_c = 0$

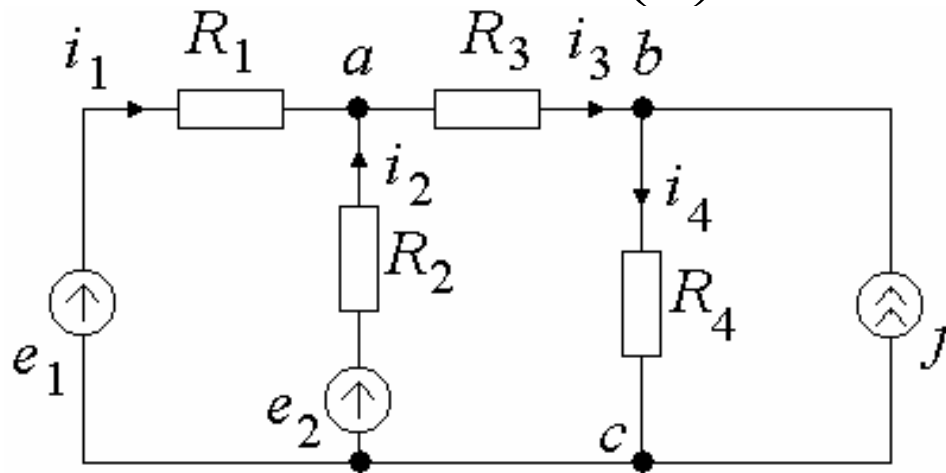


$$\begin{cases} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)\varphi_a - \frac{1}{R_3}\varphi_b = \frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2} \\ -\frac{1}{R_3}\varphi_a + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)\varphi_b = j \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \varphi_a \\ \varphi_b \end{cases} \rightarrow \begin{cases} i_1 = \frac{e_1 - \varphi_a}{R_1} \\ i_2 = \frac{e_2 - \varphi_a}{R_2} \\ i_3 = \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R_3} \\ i_4 = \frac{\varphi_b}{R_4} \end{cases}$$

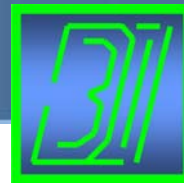


Thế đỉnh (7)

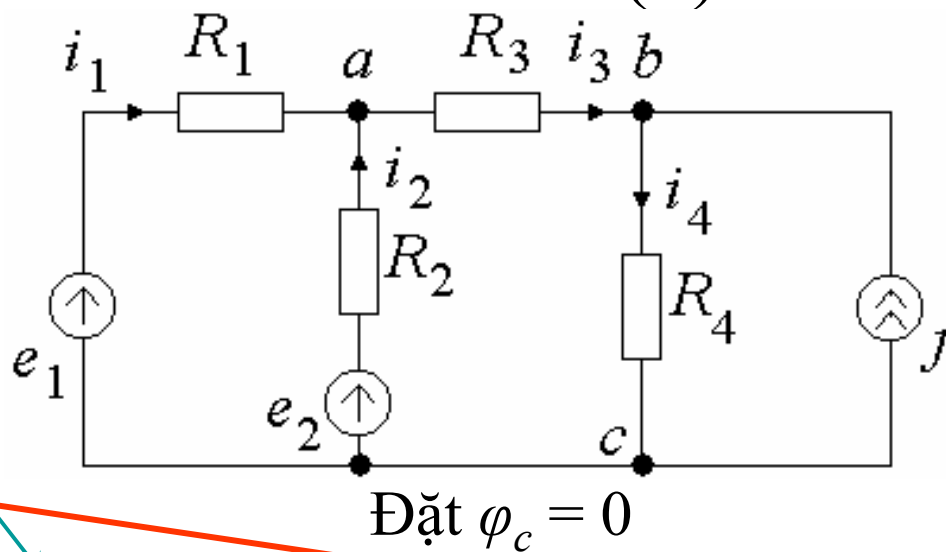
Đặt $\varphi_c = 0$



$$\left. \begin{aligned} \frac{e_1 - \varphi_a}{R_1} + \frac{e_2 - \varphi_a}{R_2} - \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R_3} = 0 \\ \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R_3} - \frac{\varphi_b}{R_4} + j = 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow \begin{cases} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)\varphi_a - \frac{1}{R_3}\varphi_b = \frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2} \\ -\frac{1}{R_3}\varphi_a + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)\varphi_b = j \end{cases}$$



Thế đỉnh (8)



Tổng dẫn riêng của đỉnh a

Tổng dẫn tương hỗ giữa đỉnh a & đỉnh b

Tổng dẫn riêng của đỉnh b

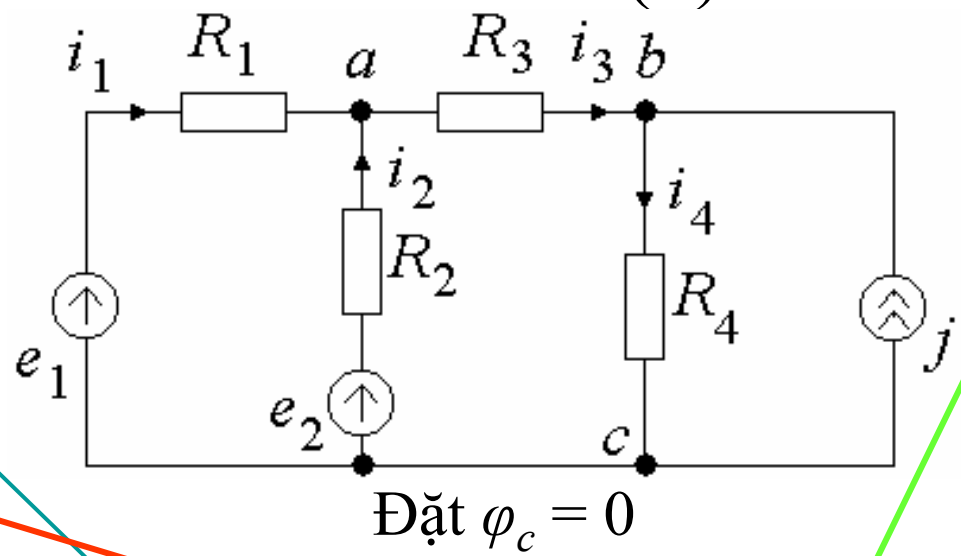
“Nguồn dòng” chảy vào đỉnh a

Nguồn dòng chảy vào đỉnh b

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)\varphi_a - \frac{1}{R_3}\varphi_b = \frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2} \\ -\frac{1}{R_3}\varphi_a + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)\varphi_b = j \end{cases}$$



Thế đỉnh (9)



Tổng dẫn riêng của đỉnh a

“Nguồn dòng” chảy vào đỉnh a

Tổng dẫn tương hỗ giữa đỉnh a & đỉnh b

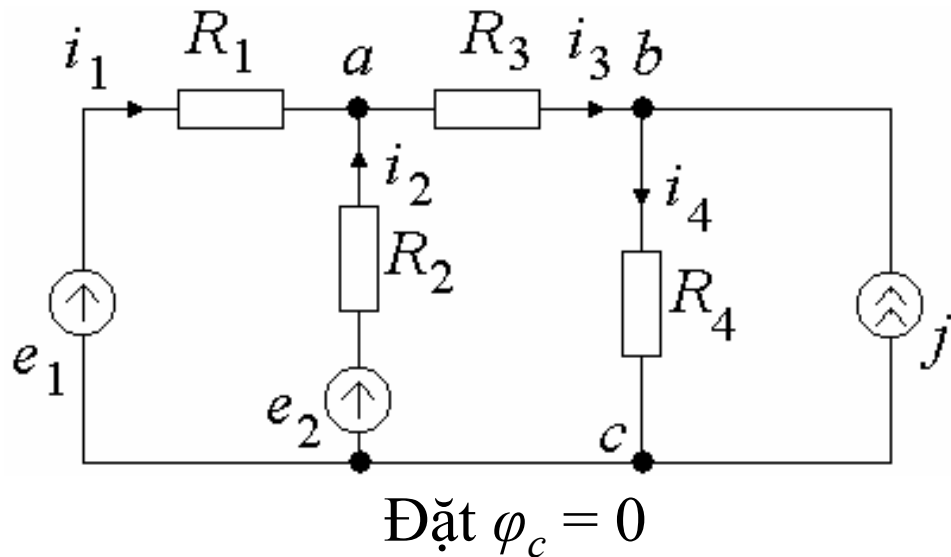
$$\begin{cases} G_a \varphi_a - G_{ab} \varphi_b = j_a \\ -G_{ab} \varphi_a + G_b \varphi_b = j_b \end{cases}$$

Tổng dẫn riêng của đỉnh b

Nguồn dòng chảy vào đỉnh b



Thế đỉnh (10)



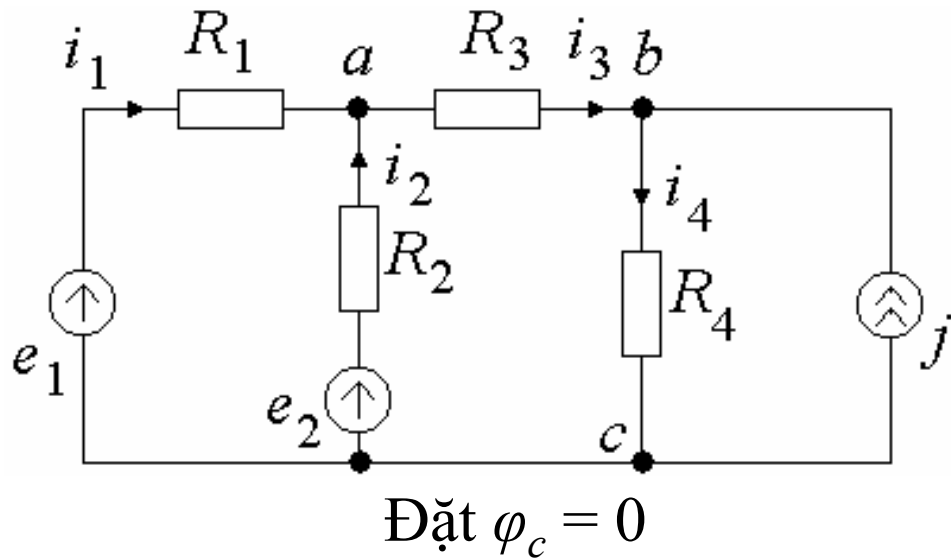
Tổng dẫn riêng của một đỉnh: tổng của điện dẫn của tất cả các nhánh nối TRỰC TIẾP với đỉnh đó

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)\varphi_a - \frac{1}{R_3}\varphi_b = \frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2} \\ -\frac{1}{R_3}\varphi_a + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)\varphi_b = j \end{cases}$$

Tổng dẫn tương hỗ giữa 2 đỉnh: tổng của điện dẫn của tất cả các nhánh nối TRỰC TIẾP 2 đỉnh đó



Thế đỉnh (11)



$$\begin{cases} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)\varphi_a - \frac{1}{R_3}\varphi_b = \frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2} \\ -\frac{1}{R_3}\varphi_a + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)\varphi_b = j \end{cases}$$

1. Chọn một đỉnh làm gốc
2. Tính các tổng dẫn riêng và các tổng dẫn tương hỗ
3. Tính các nguồn dòng đổ vào n_{KD} đỉnh
4. Lập hệ phương trình
5. Giải hệ phương trình để tìm các thế đỉnh



Thế đỉnh (12)

VD1 $n_{KD} = \text{số_đỉnh} - 1 = 4 - 1 = 3$

Đặt $\varphi_d = 0$

$$G_a = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_6}$$

$$G_b = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5}$$

$$G_c = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_6}$$

$$G_{ab} = G_{ba} = \frac{1}{R_1}$$

$$G_{bc} = G_{cb} = \frac{1}{R_3}$$

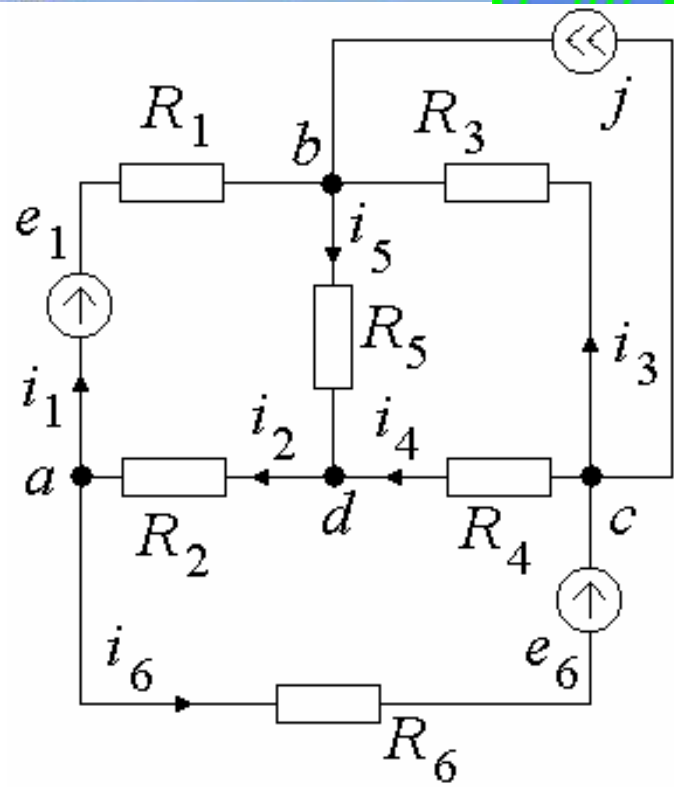
$$G_{ca} = G_{ac} = \frac{1}{R_6}$$

$$j_a = -\frac{e_1}{R_1} - \frac{e_6}{R_6} \quad j_b = j + \frac{e_1}{R_1}$$

$$j_c = -j + \frac{e_6}{R_6}$$

$$\begin{cases} G_a \varphi_a - G_{ab} \varphi_b - G_{ac} \varphi_c = j_a \\ -G_{ba} \varphi_a + G_b \varphi_b - G_{bc} \varphi_c = j_b \\ -G_{ca} \varphi_a - G_{cb} \varphi_b + G_c \varphi_c = j_c \end{cases}$$

Mạch một chiều



Mạch một chiều

- Các định luật cơ bản
- **Các phương pháp phân tích**
 - Dòng nhánh
 - Thế đỉnh
 - **Dòng vòng**
 - Biến đổi tương đương
 - Ma trận
- Các định lý mạch
- Phân tích mạch điện bằng máy tính

Dòng vòng (1)

- Ấn số là dòng điện chảy trong một vòng
- Dòng vòng là đại lượng không có thực, nhưng tiện lợi cho việc phân tích mạch điện
- Dùng KD để đổi ấn số ‘dòng điện nhánh’ thành n_{KA} ấn số ‘dòng điện vòng’

$$\begin{cases} i_1 + i_2 - i_3 = 0 \\ i_3 - i_4 + j = 0 \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 = e_1 - e_2 \\ R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_3 i_3 = e_2 \end{cases}$$

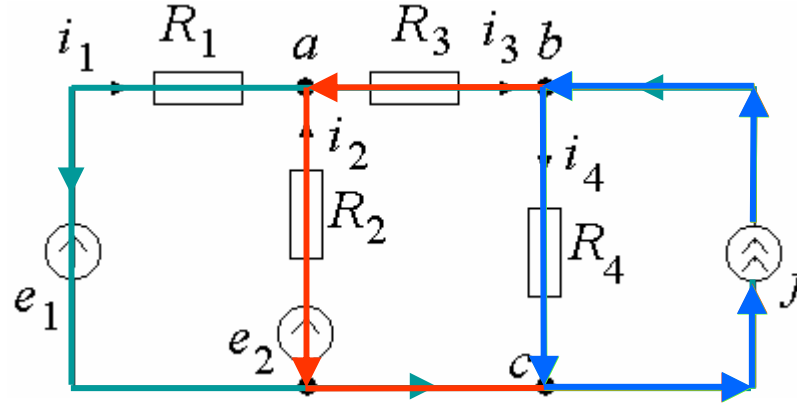
(60 định thức bậc 2)

$$\begin{aligned} i_1 &= f_1(i_I, i_{II}) \\ i_2 &= f_2(i_I, i_{II}) \\ i_3 &= f_3(i_I, i_{II}) \\ i_4 &= f_4(i_I, i_{II}) \\ \begin{cases} A_{11}i_I + A_{12}i_{II} = B_1 \\ A_{21}i_I + A_{22}i_{II} = B_2 \end{cases} \end{aligned}$$

(3 định thức bậc 2
+ 4 hàm f)



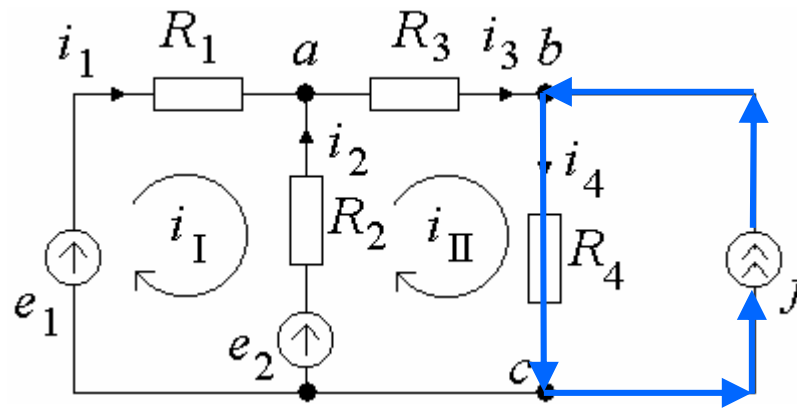
Dòng vòng (2)



- Nếu có nguồn dòng thì trước khi lập phương trình phải giả thiết nguồn dòng khép qua một nhánh nào đó
- Nhánh này tùy ý nhưng nên chọn nhánh có ít phần tử nhất để phương trình trở nên đơn giản hơn



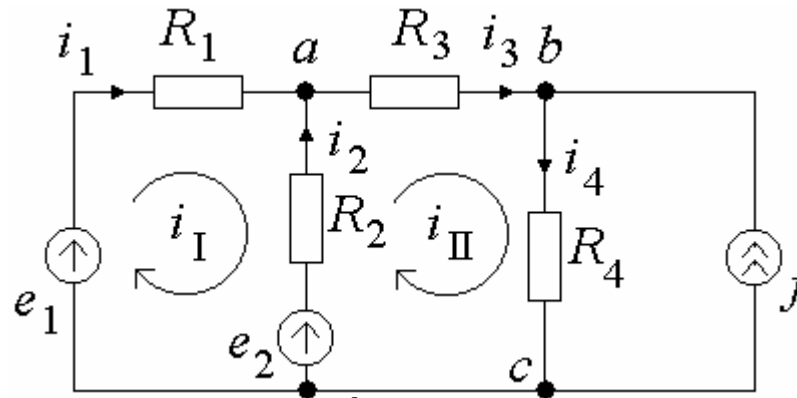
Dòng vòng (3)



- Giả sử nguồn dòng đi qua R_4
- $n_{KA} = 4 - 3 + 1 = 2 \rightarrow$ cần chọn 2 dòng vòng với chiều tùy ý
- 2 dòng vòng này không có thực, nhưng tiện lợi cho việc phân tích mạch



Dòng vòng (4)



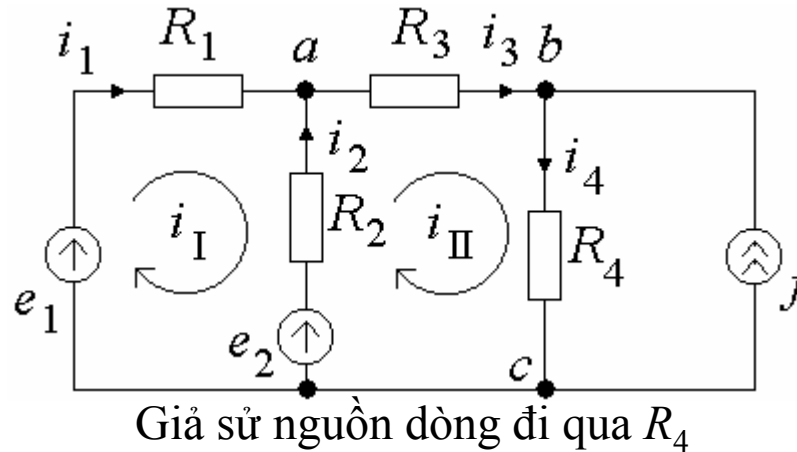
Giả sử nguồn dòng đi qua R_4

$$\left. \begin{aligned} \text{I: } R_1 i_1 - R_2 i_2 &= e_1 - e_2 \\ i_1 &= i_I \\ i_2 &= i_{II} - i_I \end{aligned} \right\} \rightarrow R_1 i_I - R_2 (i_{II} - i_I) = e_1 - e_2$$

$$\left. \begin{aligned} \text{II: } R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_4 i_4 &= e_2 \\ i_3 &= i_{II} \\ i_4 &= i_{II} + j \end{aligned} \right\} \rightarrow R_2 (i_{II} - i_I) + R_3 i_{II} + R_4 (i_{II} + j) = e_2$$



Dòng vòng (5)

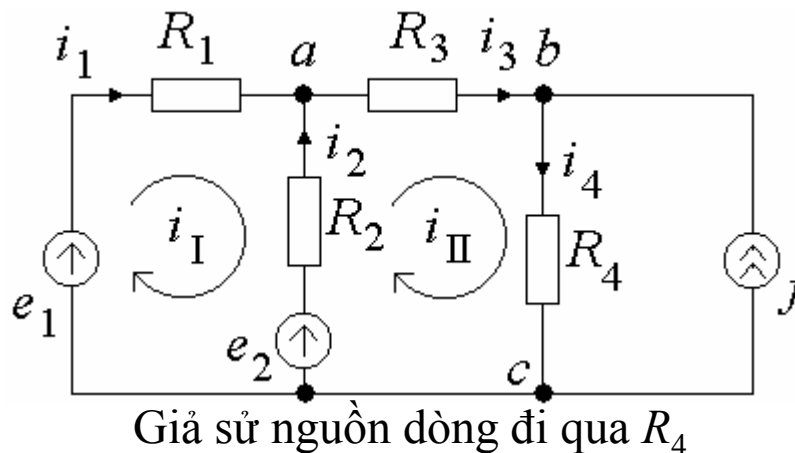


$$\left. \begin{aligned} R_1 i_I - R_2(i_{II} - i_I) &= e_1 - e_2 \\ R_2(i_{II} - i_I) + R_3 i_{II} + R_4(i_{II} + j) &= e_2 \end{aligned} \right\} \rightarrow$$

$$\rightarrow \begin{cases} (R_1 + R_2)i_I - R_2 i_{II} = e_1 - e_2 \\ -R_2 i_I + (R_2 + R_3 + R_4)i_{II} = e_2 - R_4 j \end{cases} \rightarrow \begin{cases} i_I \\ i_{II} \end{cases}$$



Dòng vòng (6)



$$\begin{cases} (R_1 + R_2)i_I - R_2i_{II} = e_1 - e_2 \\ -R_2i_I + (R_2 + R_3 + R_4)i_{II} = e_2 - R_4j \end{cases} \rightarrow \begin{cases} i_I \\ i_{II} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} i_1 = i_I \\ i_2 = i_{II} - i_I \\ i_3 = i_{II} \\ i_4 = i_{II} + j \end{cases}$$

Chú ý: chiều của các **dòng nhánh** không ảnh hưởng đến hệ p/trình **dòng vòng**



Dòng vòng (7)

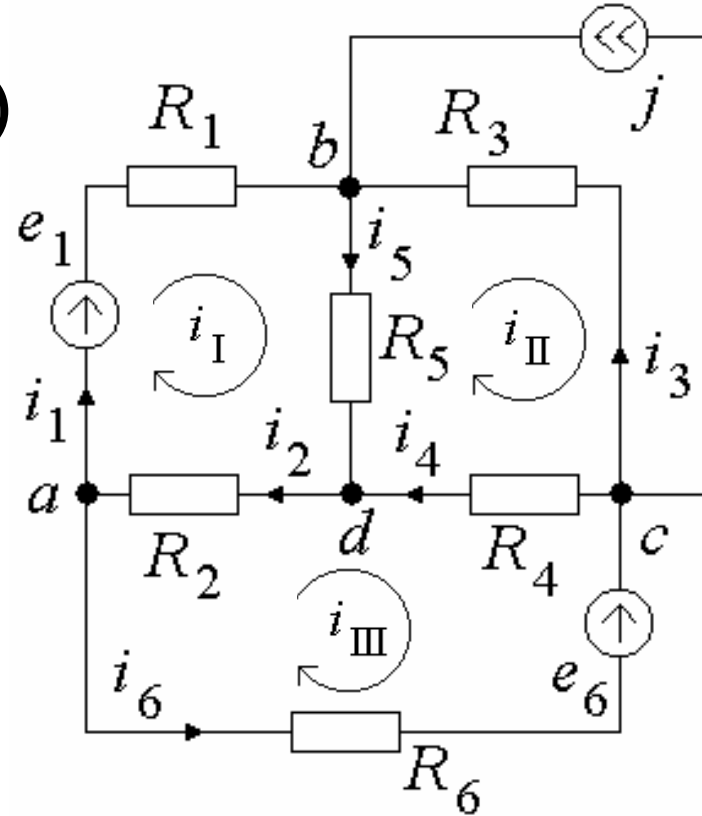
VD1 Giả sử j đi qua R_3

$n_{KA} = 6 - 4 + 1 = 3 \rightarrow$ cần chọn 3 dòng vòng

$$\begin{cases} \text{I: } R_1 i_I + R_5(i_I - i_{II}) + R_2(i_I - i_{III}) = e_1 \\ \text{II: } R_3(i_{II} + j) + R_4(i_{II} - i_{III}) + R_5(i_{II} - i_I) = 0 \\ \text{III: } R_2(i_{III} - i_I) + R_4(i_{III} - i_{II}) + R_6 i_{III} = -e_6 \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} i_I \\ i_{II} \\ i_{III} \end{cases}$$

$$\rightarrow i_1 = i_I; \quad i_2 = i_I - i_{III}; \quad i_3 = -i_{II} - j; \quad i_4 = i_{II} - i_{III}; \quad i_5 = i_I - i_{II}; \quad i_6 = -i_{III}$$



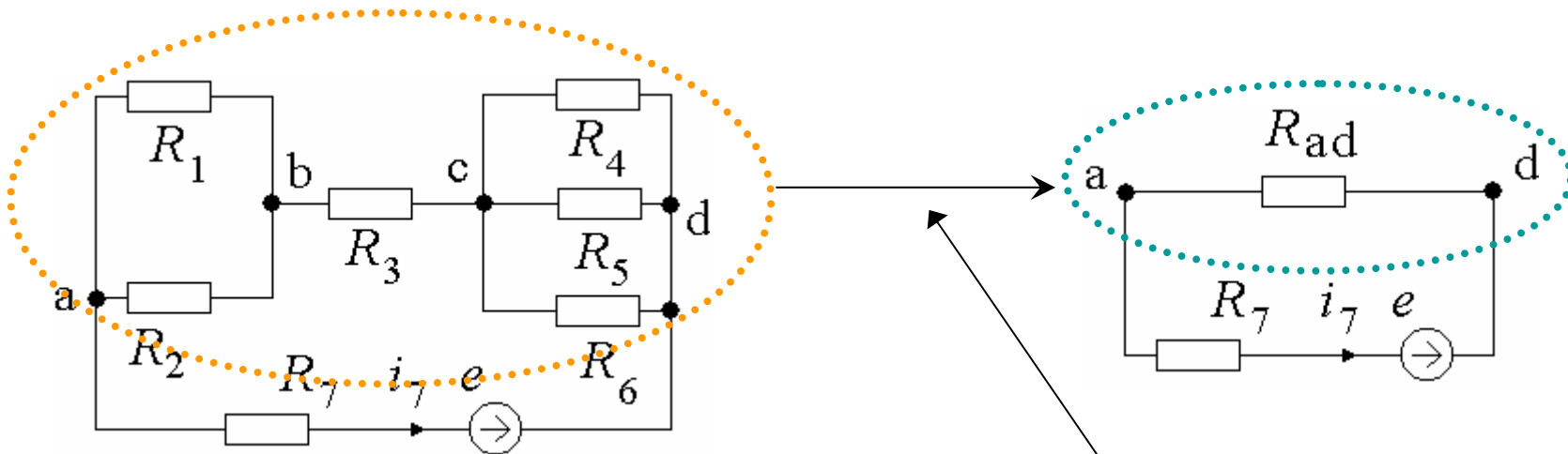


- Đối với một mạch điện có n nhánh, p/p dòng nhánh sẽ dẫn đến việc giải đồng thời hệ n phương trình n ẩn
- → Rất ít khi dùng phương pháp dòng nhánh
- Hai p/p dòng vòng & thế đỉnh giảm số lượng phương trình & số lượng ẩn
- Nên dùng hai p/p dòng vòng & thế đỉnh khi giải mạch điện
- Cho một mạch điện, chọn p/p thế đỉnh hay dòng vòng?
- → Lựa chọn:
 - Chọn p/p nào có ít ẩn số hơn
 - P/p thế đỉnh rất thích hợp cho mạch điện chỉ có 2 đỉnh
 - Có một số kiểu mạch điện khó dùng p/p thế đỉnh
 - Có một số kiểu mạch điện khó dùng p/p dòng vòng



VD

Tính i_7 ?



Phương pháp dòng nhánh có mấy ẩn? 7

Phương pháp thế đỉnh có mấy ẩn? 3

Phương pháp dòng vòng có mấy ẩn? 4

Biến đổi tương đương

Mạch một chiều

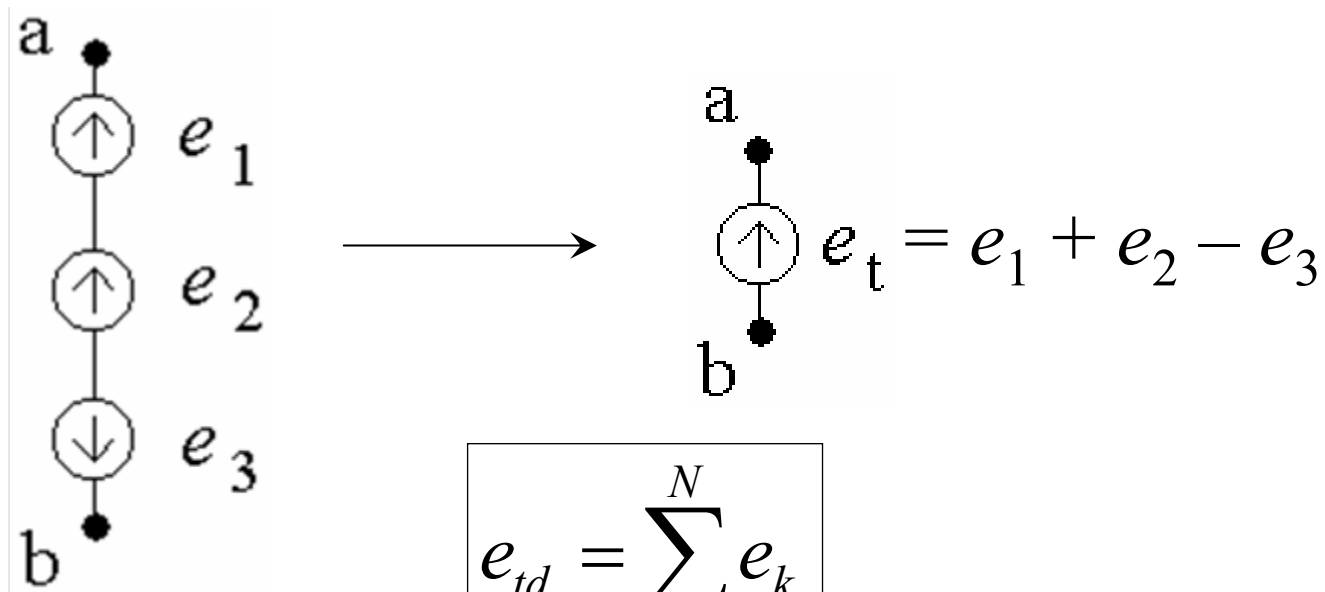
- Các định luật cơ bản
- **Các phương pháp phân tích**
 - Dòng nhánh
 - Thế đỉnh
 - Dòng vòng
 - **Biến đổi tương đương**
 - Ma trận
- Các định lý mạch
- Phân tích mạch điện bằng máy tính

Biến đổi tương đương (1)

- Hai phần tử mạch được gọi là tương đương nhau nếu chúng có quan hệ giữa dòng & áp giống nhau
- Dùng để phân rã mạch điện \rightarrow giảm khối lượng tính toán
- Các phép biến đổi tương đương:
 - Nguồn áp nối tiếp
 - Nguồn dòng song song
 - Điện trở nối tiếp
 - Điện trở song song
 - $Y \leftrightarrow \Delta$
 - (nguồn áp nối tiếp điện trở) \leftrightarrow (nguồn dòng song song điện dẫn)
 - Millman

Biến đổi tương đương (2)

- Nguồn áp nối tiếp
- (hai phần tử gọi là nối tiếp nếu chúng có chung ít nhất 1 đầu & có cùng một dòng điện chạy qua)



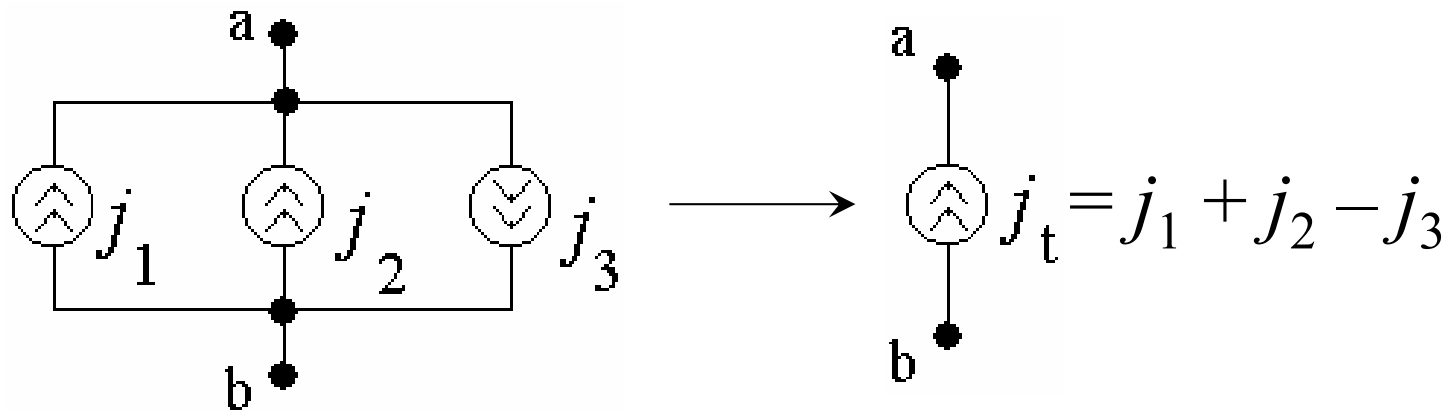
$$e_{td} = \sum_{k=1}^N e_k$$

Mạch một chiều



Biến đổi tương đương (3)

- Nguồn dòng song song
- (Hai phần tử gọi là song song nếu chúng có chung 2 đầu)



$$j_{td} = \sum_1^N j_k$$

Biến đổi tương đương (4)

- Điện trở nối tiếp:

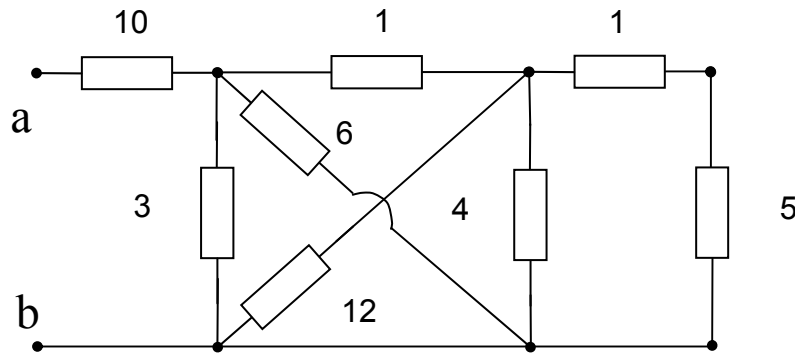
$$R_{td} = R_1 + R_2 + R_3$$

- Điện trở song song

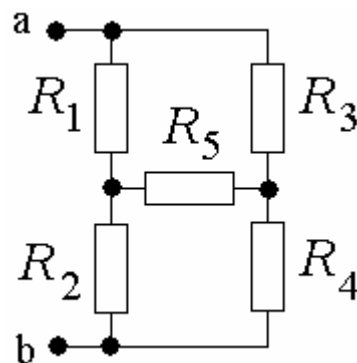
$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Biến đổi tương đương (5)

VD1 Tính R_{ab}

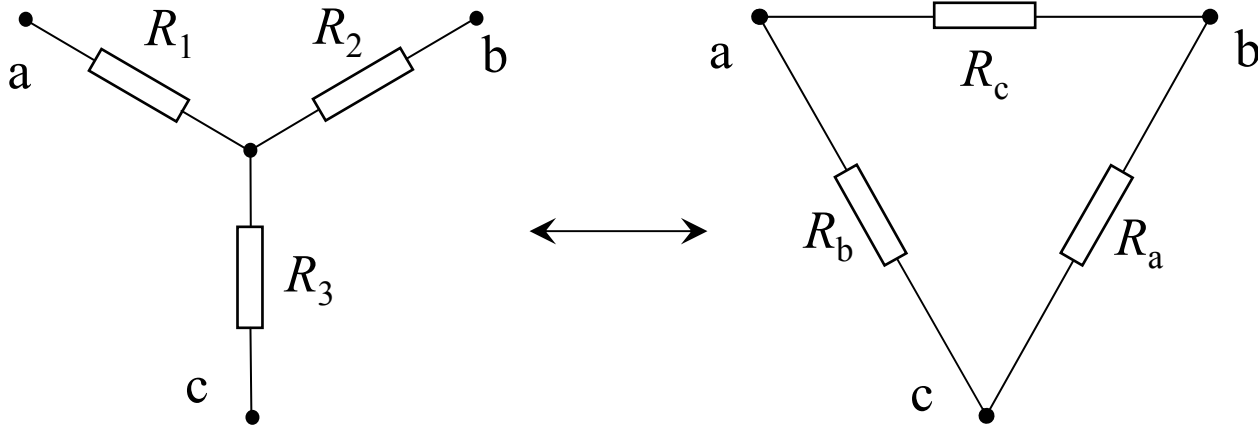


VD2 Tính R_{ab}





Biến đổi tương đương (6)



$$R_{ac}(Y) = R_1 + R_3 = R_{ac}(\Delta) = R_b // (R_a + R_c)$$

$$R_{ac} = R_1 + R_3 = \frac{R_b(R_a + R_c)}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_{bc} = R_2 + R_3 = \frac{R_a(R_b + R_c)}{R_a + R_b + R_c}$$

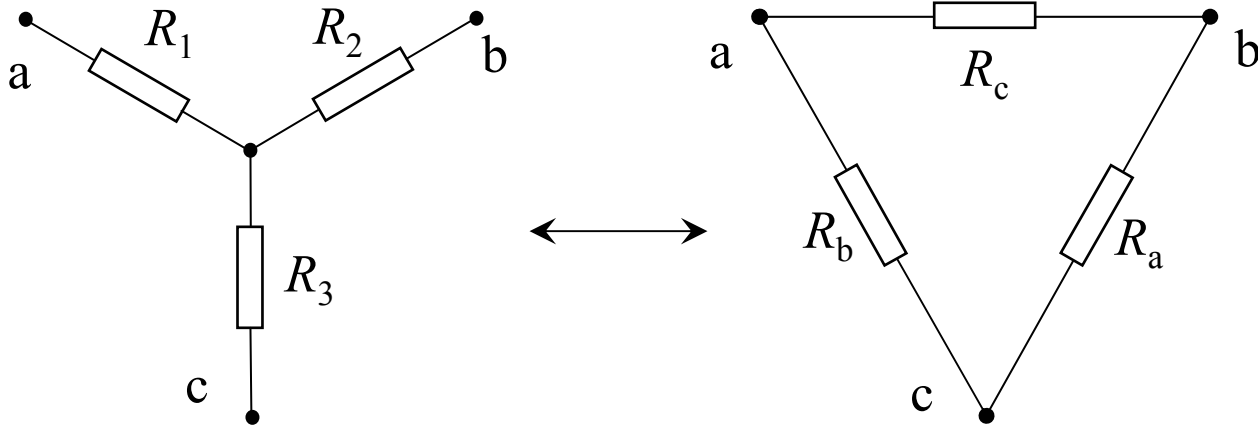
$$R_{ab} = R_1 + R_2 = \frac{R_c(R_a + R_b)}{R_a + R_b + R_c}$$

Tương tự:

Mạch một chiều



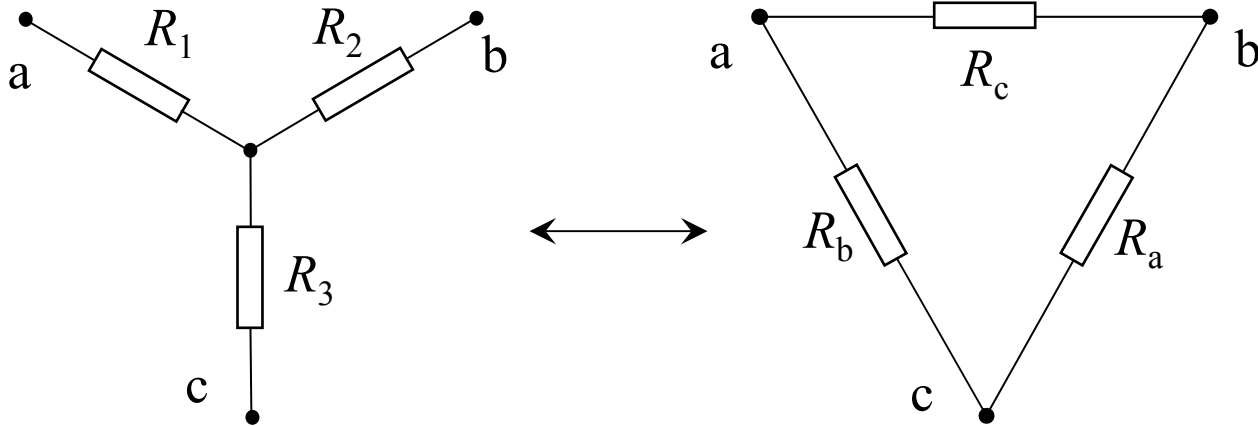
Biến đổi tương đương (7)



$$\left. \begin{aligned}
 R_{ab} &= R_1 + R_2 = \frac{R_c (R_a + R_b)}{R_a + R_b + R_c} \\
 R_{bc} &= R_2 + R_3 = \frac{R_a (R_b + R_c)}{R_a + R_b + R_c} \\
 R_{ac} &= R_1 + R_3 = \frac{R_b (R_a + R_c)}{R_a + R_b + R_c}
 \end{aligned} \right\} \longrightarrow \left\{ \begin{aligned}
 R_1 &= \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c} \\
 R_2 &= \frac{R_c R_a}{R_a + R_b + R_c} \\
 R_3 &= \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c}
 \end{aligned} \right.$$



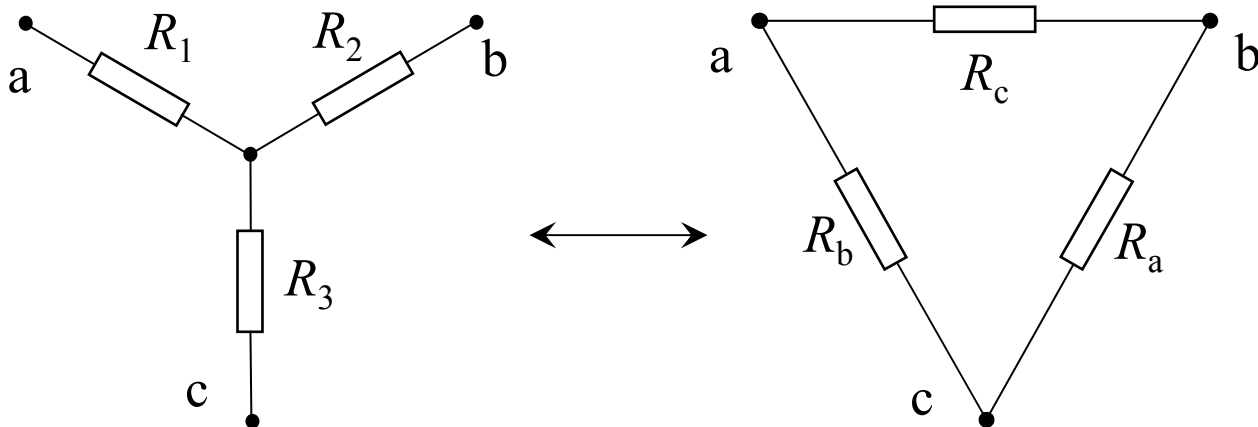
Biến đổi tương đương (8)



$$\left. \begin{aligned}
 R_1 &= \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c} \quad \times R_2 \\
 R_2 &= \frac{R_c R_a}{R_a + R_b + R_c} \quad \times R_3 \\
 R_3 &= \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c} \quad \times R_1
 \end{aligned} \right\} (+) \rightarrow R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1 = \frac{R_a R_b R_c (R_a + R_b + R_c)}{(R_a + R_b + R_c)^2} = \frac{R_a R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$$



Biến đổi tương đương (9)



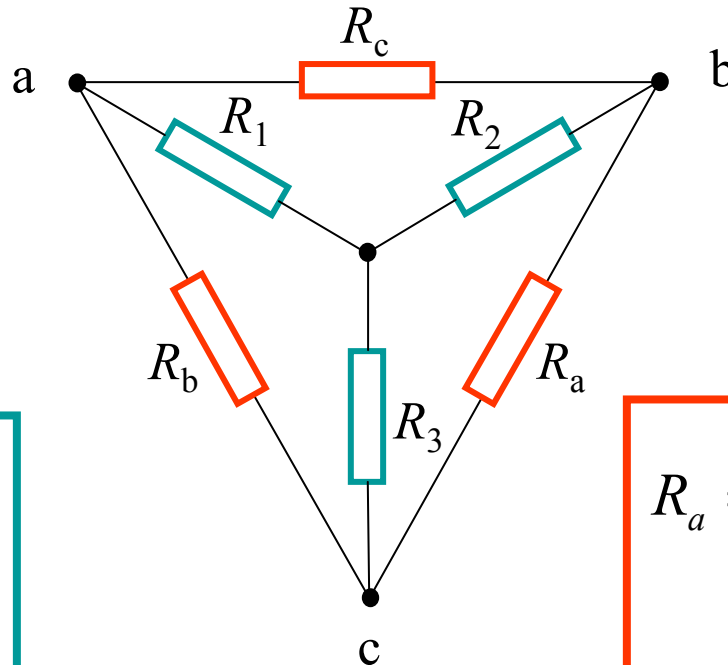
$$\left. \begin{aligned} R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1 &= \frac{R_a R_b R_c}{R_a + R_b + R_c} \\ R_1 &= \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c} \end{aligned} \right\} (\because) \rightarrow \begin{cases} R_a = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} \\ R_b = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2} \\ R_c = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3} \end{cases}$$

Tương tự:

Mạch một chiều



Biến đổi tương đương (10)



$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

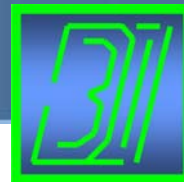
$$R_2 = \frac{R_c R_a}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_3 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c}$$

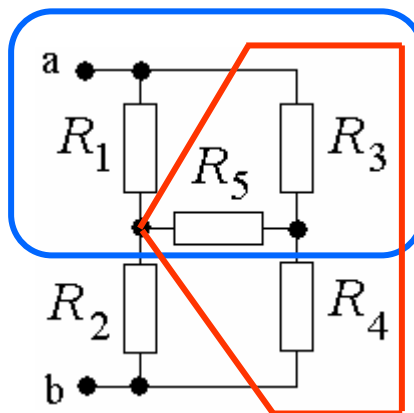
$$R_a = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1}$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2}$$

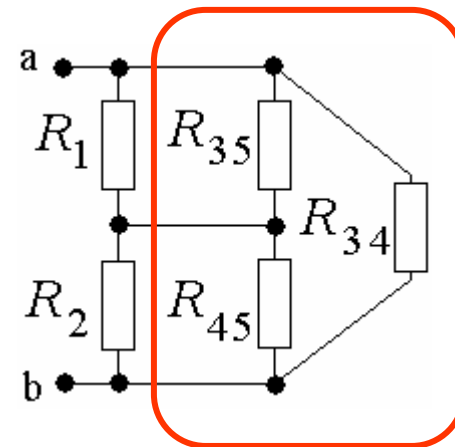
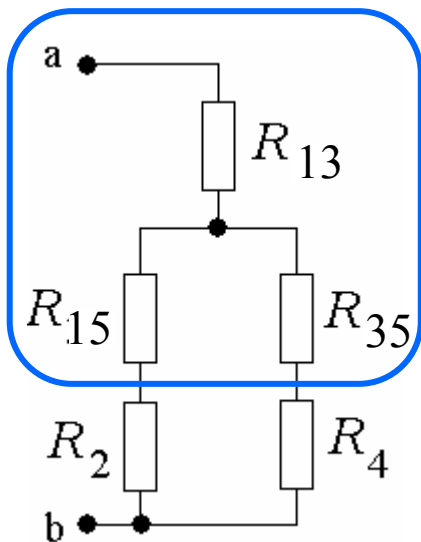
$$R_c = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3}$$



Biến đổi tương đương (11)



hoặc



Mạch một chiều



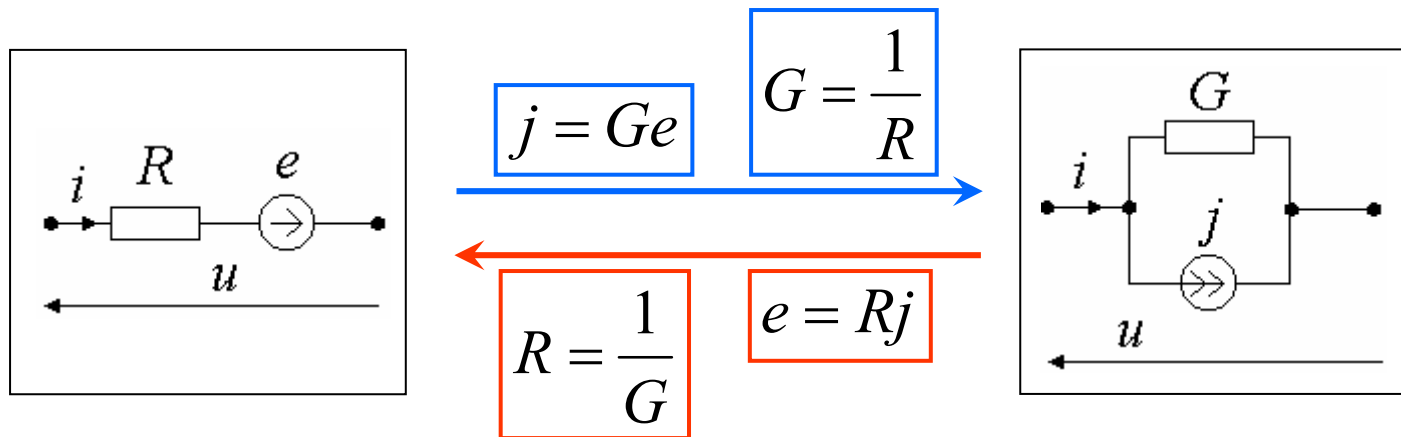
Biến đổi tương đương (12)

- Hai phần tử mạch được gọi là tương đương nhau nếu chúng có quan hệ giữa dòng & áp giống nhau
- Các phép biến đổi tương đương:
 - Nguồn áp nối tiếp
 - Nguồn dòng song song
 - Điện trở nối tiếp
 - Điện trở song song
 - $Y \leftrightarrow \Delta$
 - **(nguồn áp nối tiếp điện trở) \leftrightarrow (nguồn dòng song song điện dẫn)**
 - Millman

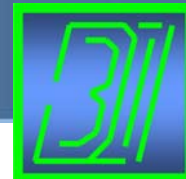


Biến đổi tương đương (13)

- (Nguồn áp nối tiếp điện trở) \leftrightarrow (nguồn dòng song song điện dẫn)

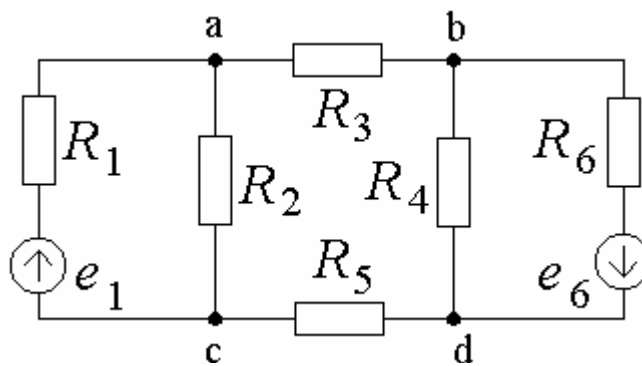


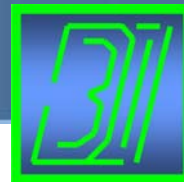
$$e = u + Ri \quad \longleftrightarrow \quad i = \frac{e}{R} - \frac{u}{R} = Ge - Gu$$



Biến đổi tương đương (14)

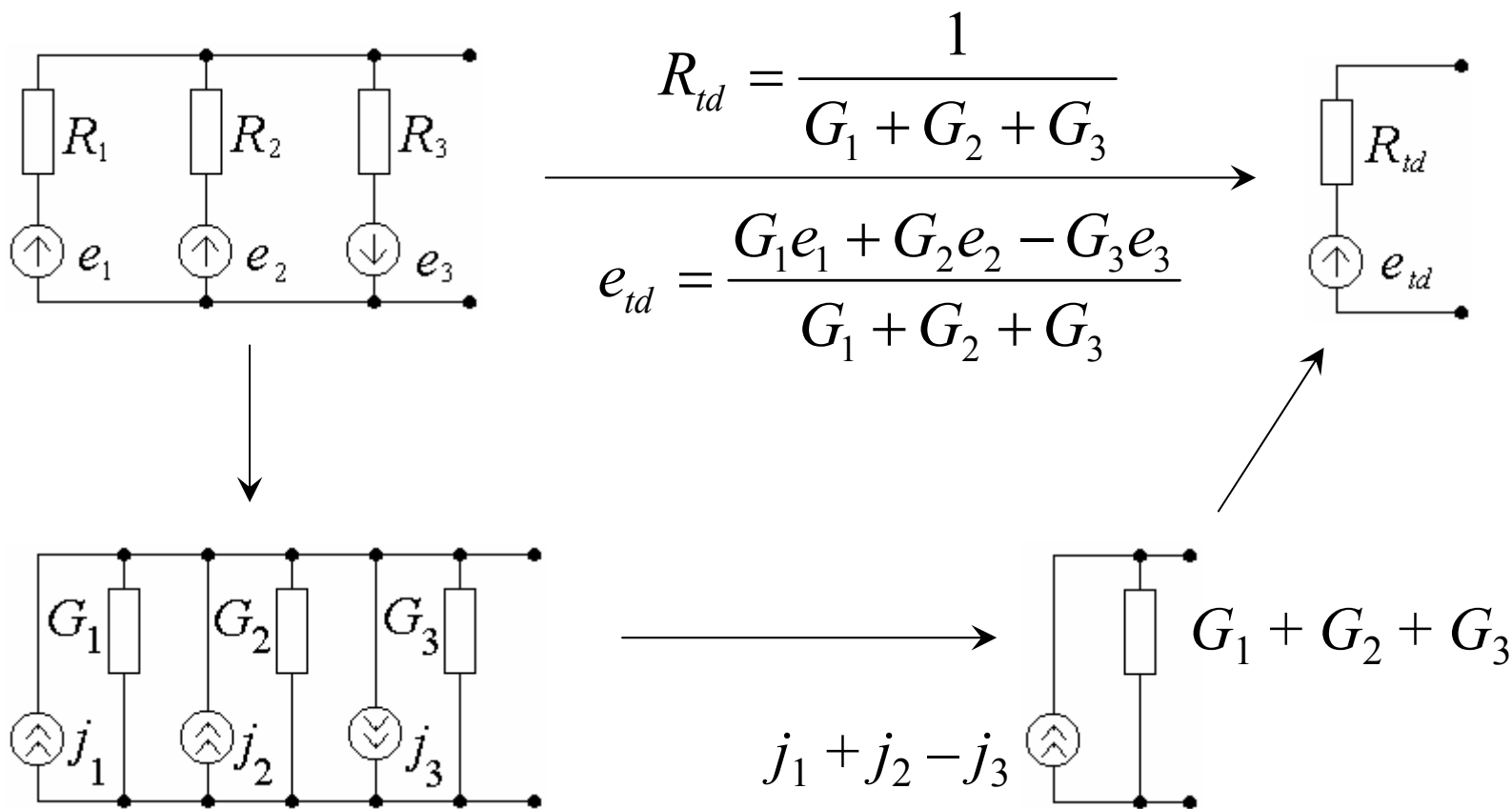
VD3 Tính dòng qua R_3





Biến đổi tương đương (15)

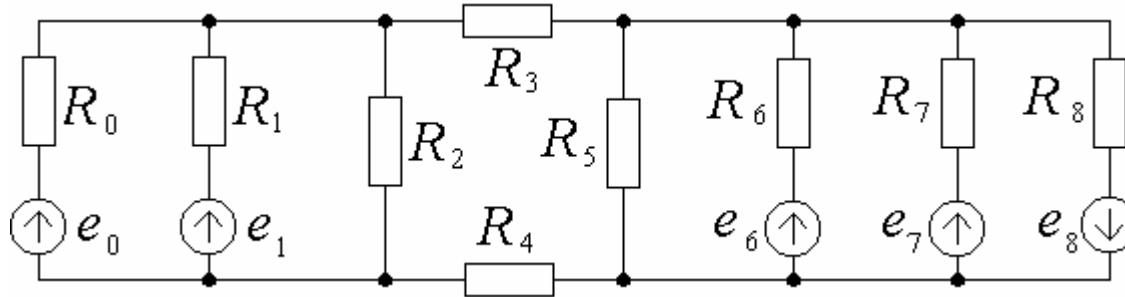
- Biến đổi Millman





Biến đổi tương đương (16)

VD4 Tính dòng qua R_3



Mạch một chiều

- Các định luật cơ bản
- **Các phương pháp phân tích**
 - Dòng nhánh
 - Thế đỉnh
 - Dòng vòng
 - Biến đổi tương đương
 - **Ma trận**
- Các định lý mạch
- Phân tích mạch điện bằng máy tính

Ma trận (1)

- Xây dựng phương trình:

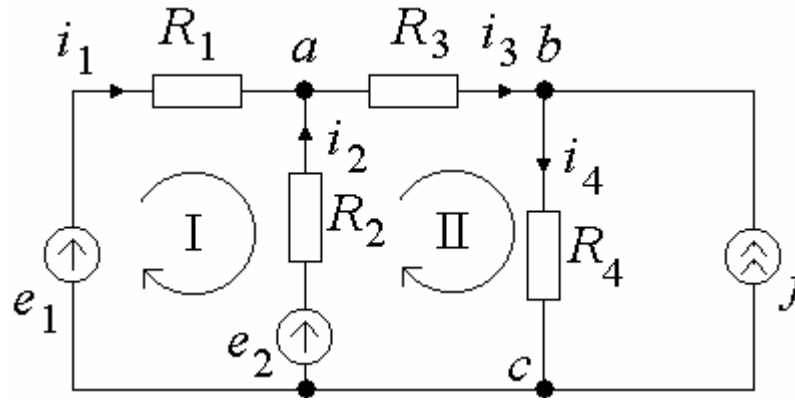
$$\mathbf{Ax} = \mathbf{b}$$

- \mathbf{x} : véctơ dòng nhánh hoặc thế đỉnh hoặc dòng vòng
- Nghiệm:

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}$$



Ma trận (2)

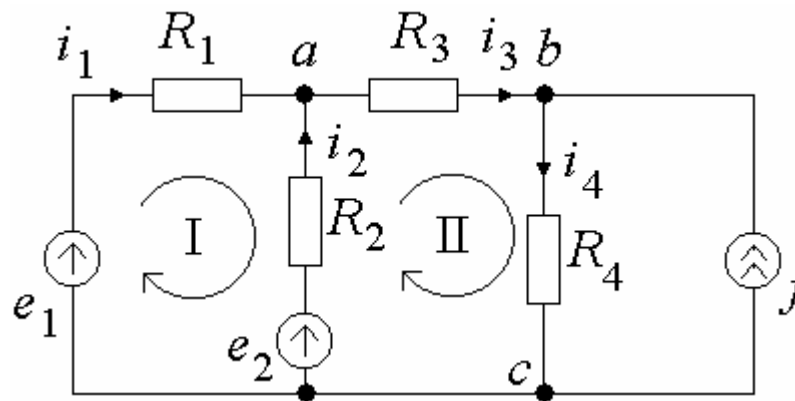


$$\begin{cases} i_1 + i_2 - i_3 = 0 \\ i_3 - i_4 = -j \\ R_1 i_1 - R_2 i_2 = e_1 - e_2 \\ R_2 i_2 + R_3 i_3 + R_4 i_4 = e_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ R_1 & -R_2 & 0 & 0 \\ 0 & R_2 & R_3 & R_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -j \\ e_1 - e_2 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

$$\Leftrightarrow \mathbf{A} \mathbf{i} = \mathbf{b}$$



Ma trận (3)



	i_1	i_2	i_3	i_4		
a	1	1	-1	0	$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -j \\ e_1 - e_2 \\ e_2 \end{bmatrix}$	a
b	0	0	1	-1		b
I	R_1	$-R_2$	0	0		I
II	0	R_2	R_3	R_4		II

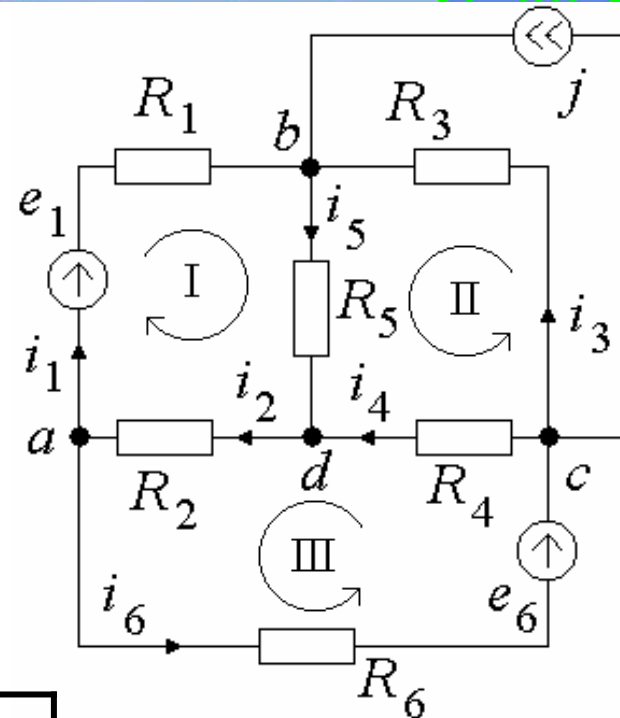


Ma trận (4)

VD1 $n_{KD} = \text{số_đỉnh} - 1 = 4 - 1 = 3$

$n_{KA} = \text{số_nhánh} - \text{số_đỉnh} + 1 = 6 - 4 + 1 = 3$

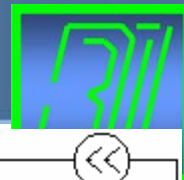
$$\mathbf{A}\mathbf{i} = \mathbf{b}$$



$$\mathbf{i} = \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ i_6 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{A} = \begin{array}{c|cccccc} & i_1 & i_2 & i_3 & i_4 & i_5 & i_6 \\ \hline a & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ b & 1 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ c & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 \\ \hline \text{I} & R_1 & R_2 & 0 & 0 & R_5 & 0 \\ \text{II} & 0 & 0 & R_3 & -R_4 & R_5 & 0 \\ \text{III} & 0 & R_2 & 0 & R_4 & 0 & R_6 \end{array}$$

$$\mathbf{b} = \begin{array}{c|c} & \\ \hline 0 & a \\ -j & b \\ j & c \\ \hline e_1 & \text{I} \\ 0 & \text{II} \\ e_6 & \text{III} \end{array}$$



Ma trận (5)

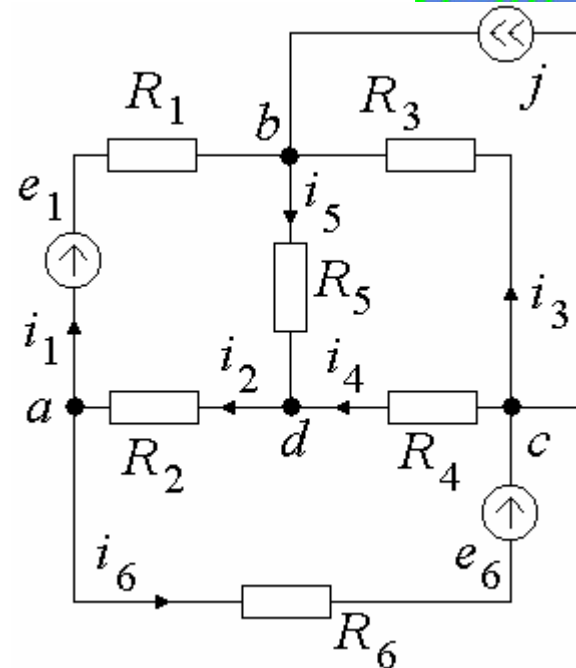
VD2

$$n_{\text{KD}} = \text{số_đỉnh} - 1 = 4 - 1 = 3$$

Đặt $\varphi_d = 0$

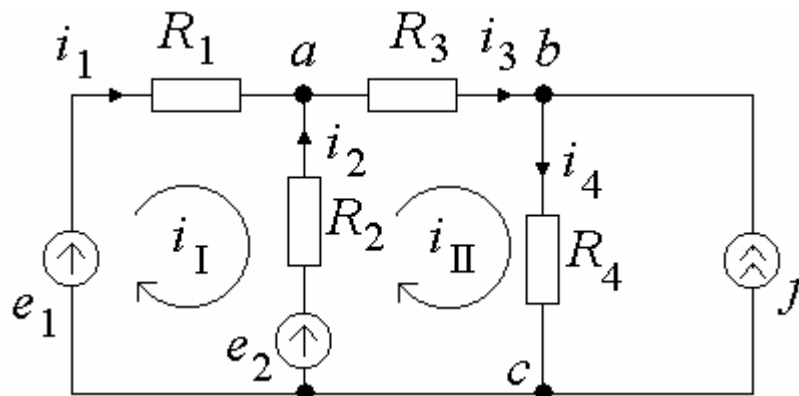
$$\begin{cases} G_a \varphi_a - G_{ab} \varphi_b - G_{ac} \varphi_c = j_a \\ -G_{ba} \varphi_a + G_b \varphi_b - G_{bc} \varphi_c = j_b \\ -G_{ca} \varphi_a - G_{cb} \varphi_b + G_c \varphi_c = j_c \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{bmatrix} G_a & -G_{ab} & -G_{ac} \\ -G_{ba} & G_b & -G_{bc} \\ -G_{ca} & -G_{cb} & G_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_a \\ \varphi_b \\ \varphi_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} j_a \\ j_b \\ j_c \end{bmatrix}$$





Ma trận (6)



Giả sử nguồn dòng đi qua R_4

$$\begin{cases} (R_1 + R_2)i_I - R_2i_{II} = e_1 - e_2 \\ -R_2i_I + (R_2 + R_3 + R_4)i_{II} = e_2 - R_4j \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{bmatrix} R_1 + R_2 & -R_2 \\ -R_2 & R_2 + R_3 + R_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_I \\ i_{II} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_1 - e_2 \\ e_2 - R_4j \end{bmatrix}$$

Tất cả các điện trở có mặt trên đường đi của i_I

Tất cả các “nguồn áp” có mặt trên đường đi của dòng vòng:

-nguồn áp e : cùng chiều thì (+), ngược chiều thì (-)

-“nguồn áp” R_j : cùng chiều thì (-), ngược chiều thì (+)

Tất cả các điện trở chung của i_I & i_{II} ; nếu cùng chiều thì (+), ngược chiều thì (-)

Tất cả các điện trở có mặt trên đường đi của i_{II}

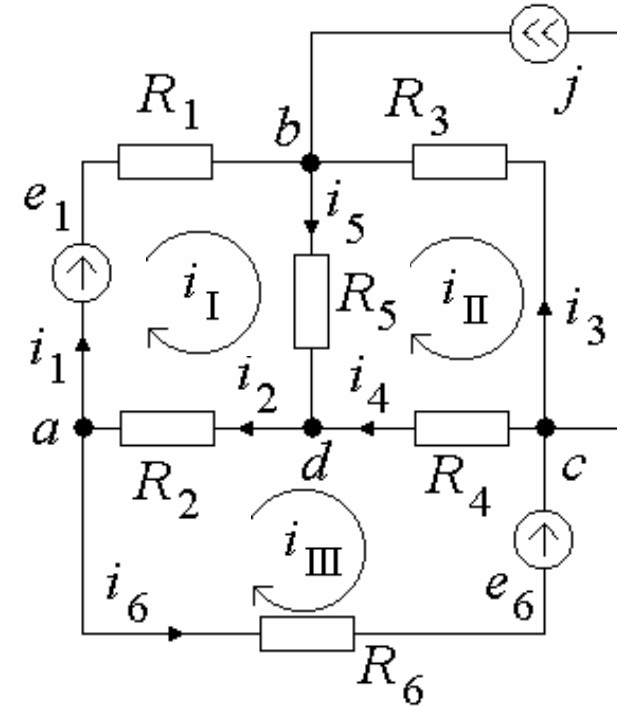


Ma trận (7)

VD3 Giả sử j đi qua R_3

$n_{KA} = 6 - 4 + 1 = 3 \rightarrow$ cần chọn 3 dòng vòng

$$\begin{bmatrix} R_I & R_{I-II} & R_{I-III} \\ R_{II-I} & R_{II} & R_{II-III} \\ R_{III-I} & R_{III-II} & R_{III} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_I \\ i_{II} \\ i_{III} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_I \\ e_{II} \\ e_{III} \end{bmatrix}$$



$$\begin{aligned} R_I &= ? & R_I &= R_1 + R_5 + R_2 \\ R_{II} &= ? & R_{II} &= R_3 + R_4 + R_5 \\ R_{III} &= ? & R_{III} &= R_2 + R_4 + R_6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{I-II} &= ? & R_{I-II} &= -R_5 &= R_{II-I} \\ R_{I-III} &= ? & R_{I-III} &= -R_2 &= R_{III-I} \\ R_{II-III} &= ? & R_{II-III} &= -R_4 &= R_{III-II} \end{aligned}$$



Ma trận (8)

VD3 Giả sử j đi qua R_3

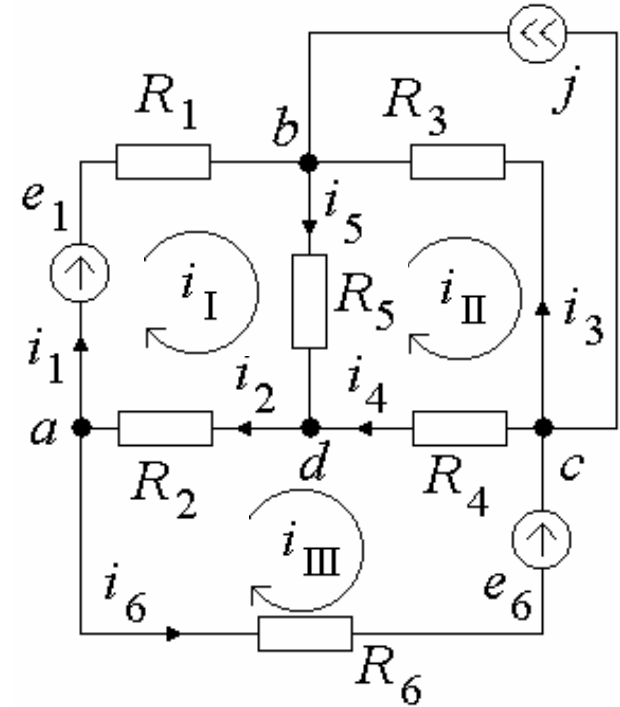
$n_{KA} = 6 - 4 + 1 = 3 \rightarrow$ cần chọn 3 dòng vòng

$$\begin{bmatrix} R_I & R_{I-II} & R_{I-III} \\ R_{II-I} & R_{II} & R_{II-III} \\ R_{III-I} & R_{III-II} & R_{III} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_I \\ i_{II} \\ i_{III} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_I \\ e_{II} \\ e_{III} \end{bmatrix}$$

$$e_I = ? \quad e_I = e_1$$

$$e_{II} = ? \quad e_{II} = -R_3 j$$

$$e_{III} = ? \quad e_{III} = -e_6$$



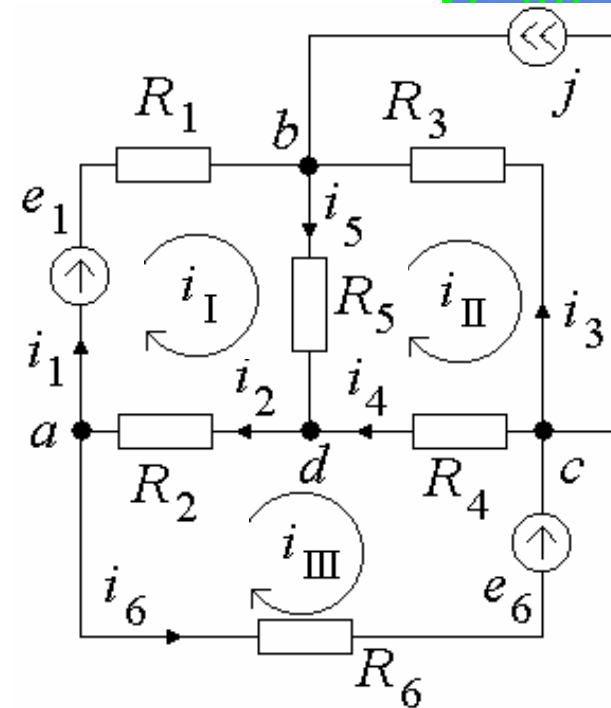


Ma trận (9)

VD3 Giả sử j đi qua R_3

$n_{KA} = 6 - 4 + 1 = 3 \rightarrow$ cần chọn 3 dòng vòng

$$\begin{bmatrix} R_I & R_{I-II} & R_{I-III} \\ R_{II-I} & R_{II} & R_{II-III} \\ R_{III-I} & R_{III-II} & R_{III} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_I \\ i_{II} \\ i_{III} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_I \\ e_{II} \\ e_{III} \end{bmatrix}$$



$$\begin{aligned} R_I &= R_1 + R_5 + R_2 \\ R_{II} &= R_3 + R_4 + R_5 \\ R_{III} &= R_2 + R_4 + R_6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{I-II} &= -R_5 = R_{II-I} \\ R_{I-III} &= -R_2 = R_{III-I} \\ R_{II-III} &= -R_4 = R_{II-III} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_I &= e_1 \\ e_{II} &= -R_3 j \\ e_{III} &= -e_6 \end{aligned}$$

Mạch một chiều

- Các định luật cơ bản
- Các phương pháp phân tích
- **Các định lý mạch**
- Phân tích mạch điện bằng máy tính

Các định lý mạch

- Nếu mạch điện phức tạp thì các phương pháp phân tích mạch đã học sẽ mất nhiều thời gian tính toán
- Các định lý mạch giúp cho việc phân tích mạch trở nên đơn giản hơn
- Dùng để phân rã mạch điện \rightarrow giảm khối lượng tính toán
- Các định lý này áp dụng cho mạch điện tuyến tính
- Nội dung:
 - Mạch điện tuyến tính
 - Nguyên lý xếp chồng
 - Định lý Thevenin
 - Định lý Norton
 - Truyền công suất cực đại

Mạch điện tuyến tính

- Các định lý mạch chỉ áp dụng cho mạch điện tuyến tính
- Mạch điện tuyến tính: chỉ gồm các phần tử thụ động tuyến tính
- Phần tử tuyến tính: đầu ra (đáp ứng) tỉ lệ thuận với đầu vào (kích thích)
- Có 2 tính chất:
 1. Nếu $[u = Ri \text{ \& } k = \text{const}]$ thì $[ku = kRi]$
 2. Nếu $[u_1 = Ri_1 \text{ \& } u_2 = Ri_2]$ thì $[u = (i_1 + i_2)R = Ri_1 + Ri_2 = u_1 + u_2]$

Các định lý mạch

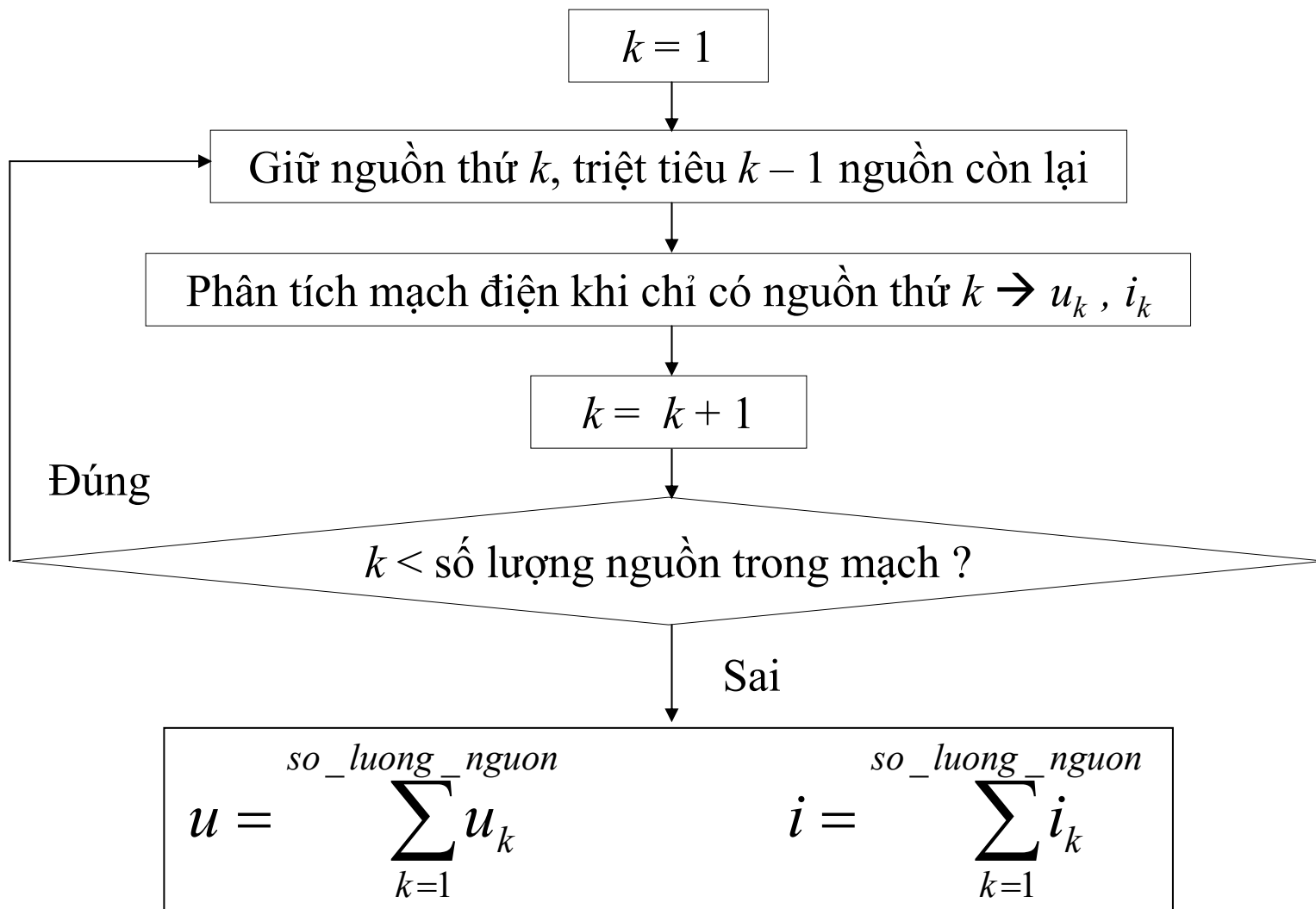
- Nguyên lý xếp chồng
- Định lý Thevenin
- Định lý Norton
- Truyền công suất cực đại

Xếp chồng (1)

- Áp dụng cho mạch điện có từ 2 nguồn trở lên
- Ý tưởng: lần lượt tính thông số của mạch khi cho lần lượt từng nguồn có mặt trong mạch điện, sau đó cộng các thông số
- **Nguyên lý:** điện áp (hoặc dòng điện) của một phần tử của một mạch điện tuyến tính là tổng đại số của các điện áp (hoặc các dòng điện) do từng nguồn gây ra
- **Chú ý:**
 1. Khi xét tác dụng của một nguồn, phải triệt tiêu tất cả các nguồn khác
 2. Không áp dụng nguyên lý này cho công suất
- Lợi ích: việc áp dụng nguyên lý này có thể làm cho cấu trúc mạch trở nên đơn giản hơn → dễ phân tích hơn



Xếp chồng (2)

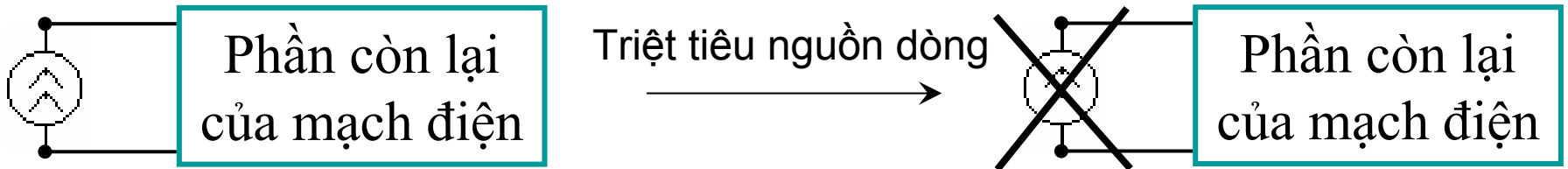
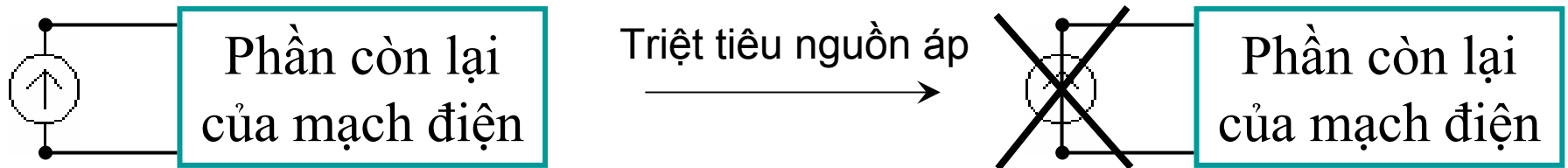


Mạch một chiều



Xếp chồng (3)

- Khi xét tác dụng của một nguồn, phải triệt tiêu tất cả các nguồn khác

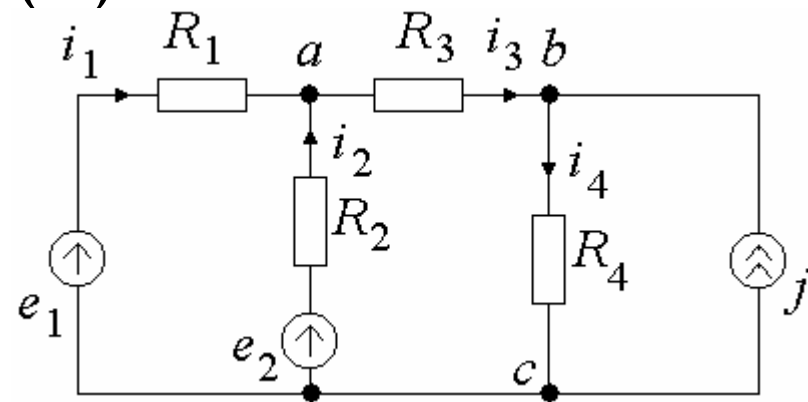




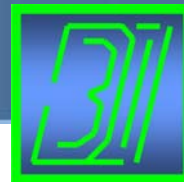
Xếp chồng (4)

VD1

$e_1 = 16 \text{ V}; e_2 = 9 \text{ V}; j = 2 \text{ A};$
 $R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega;$
 Tính i_2



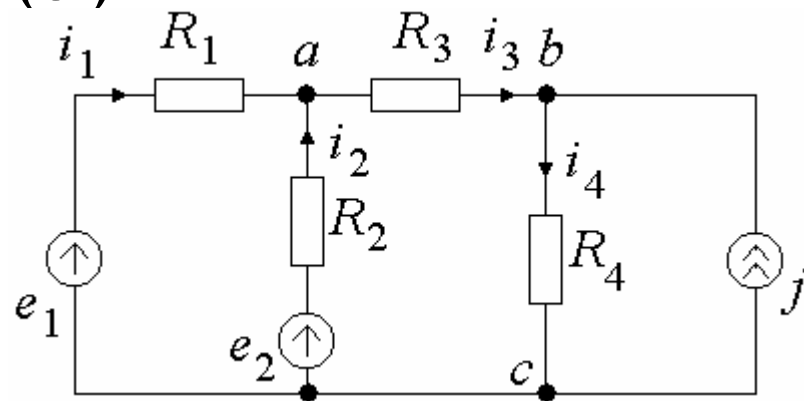
1. Triệt tiêu e_2 & j , tính $i|_{e_1}$
2. Triệt tiêu e_1 & j , tính $i|_{e_2}$
3. Triệt tiêu e_1 & e_2 , tính $i|_j$
4. Tính $i|_{e_1} + i|_{e_2} + i|_j$



Xếp chồng (5)

VD1

$e_1 = 16 \text{ V}; e_2 = 9 \text{ V}; j = 2 \text{ A};$
 $R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega;$
 Tính i_2 .



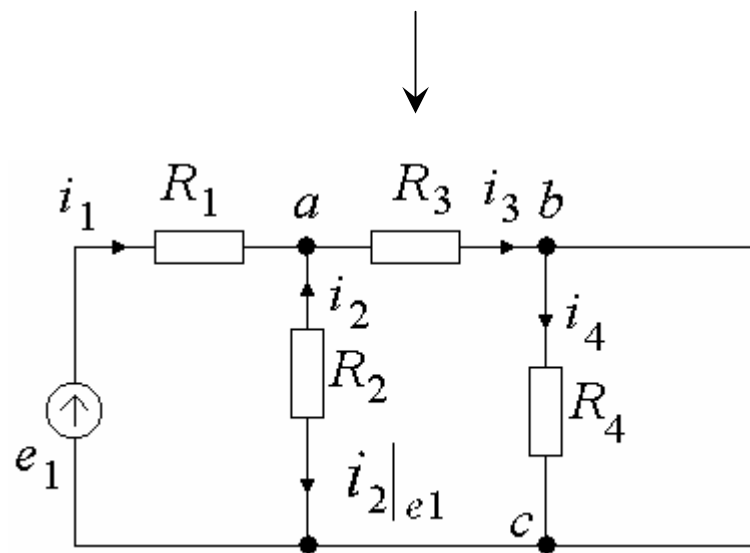
1. Triệt tiêu e_2 & j , tính $i_2|_{e_1}$

$$R_{234} = \frac{R_2(R_3 + R_4)}{R_2 + R_3 + R_4} = \frac{6(2 + 10)}{6 + 2 + 10} = 4\Omega$$

$$R_{1234} = R_1 + R_{234} = 4 + 4 = 8\Omega$$

$$i_1|_{e_1} = \frac{e_1}{R_{1234}} = \frac{16}{8} = 2 \text{ A}$$

$$i_2|_{e_1} = \frac{u_{ac}}{R_2} = \frac{R_{234} i_1|_{e_1}}{R_2} = \frac{4 \cdot 2}{6} = 1,33 \text{ A}$$





Xếp chồng (6)

VD1

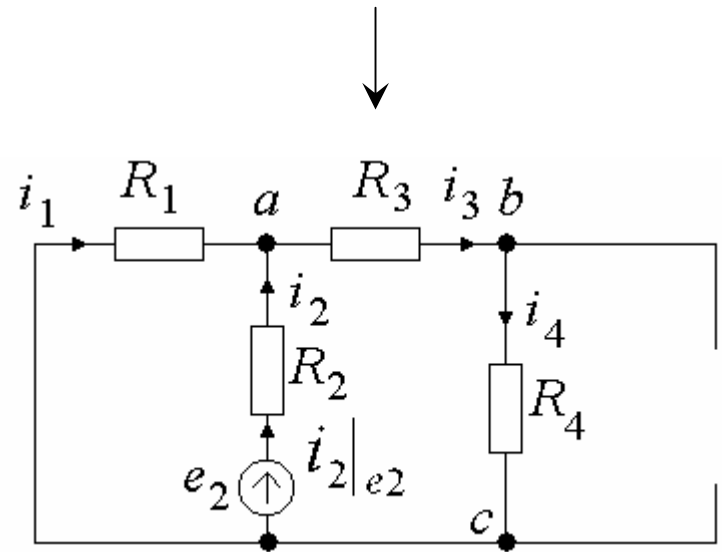
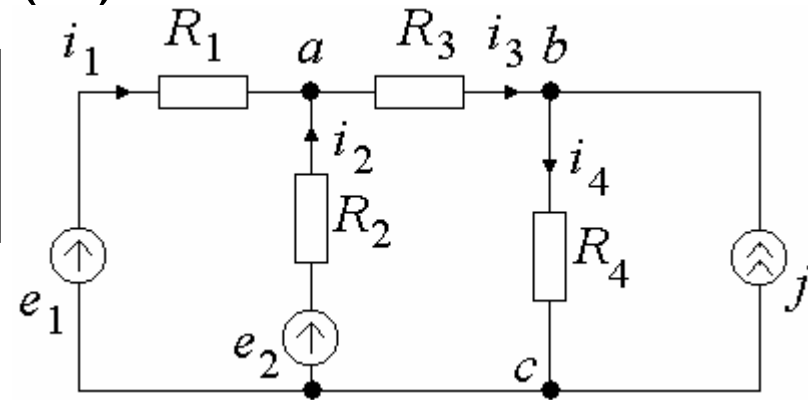
$e_1 = 16 \text{ V}; e_2 = 9 \text{ V}; j = 2 \text{ A};$
 $R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega;$
 Tính i_2

2. Triệt tiêu e_1 & j , tính $i_2|_{e_2}$

$$R_{134} = \frac{R_1(R_3 + R_4)}{R_1 + R_3 + R_4} = \frac{4(2 + 10)}{4 + 2 + 10} = 3\Omega$$

$$R_{2134} = R_2 + R_{134} = 6 + 3 = 9\Omega$$

$$i_2|_{e_2} = \frac{e_2}{R_{2134}} = \frac{9}{9} = 1\text{A}$$

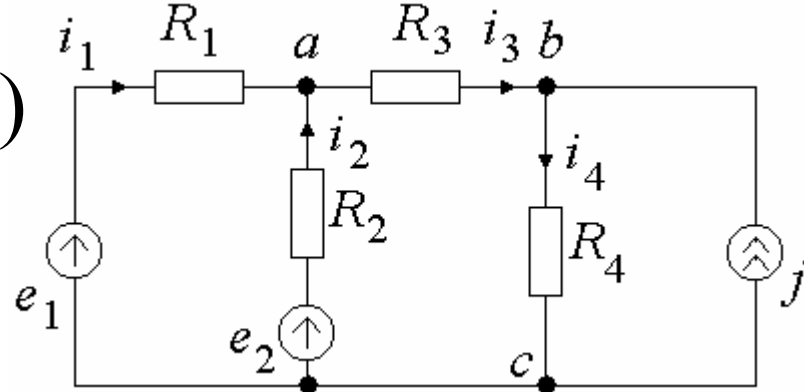




Xếp chồng (7)

VD1

$e_1 = 16 \text{ V}; e_2 = 9 \text{ V}; j = 2 \text{ A};$
 $R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega;$
 Tính i_2



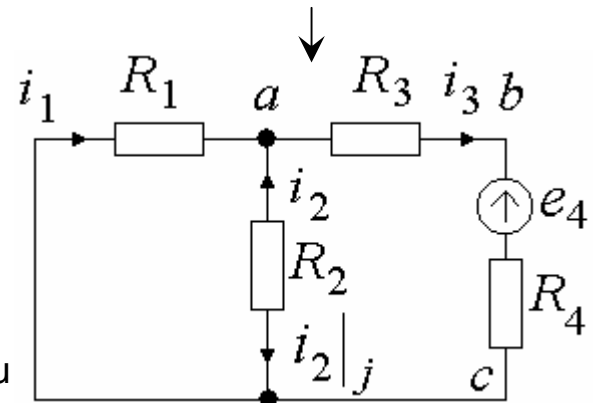
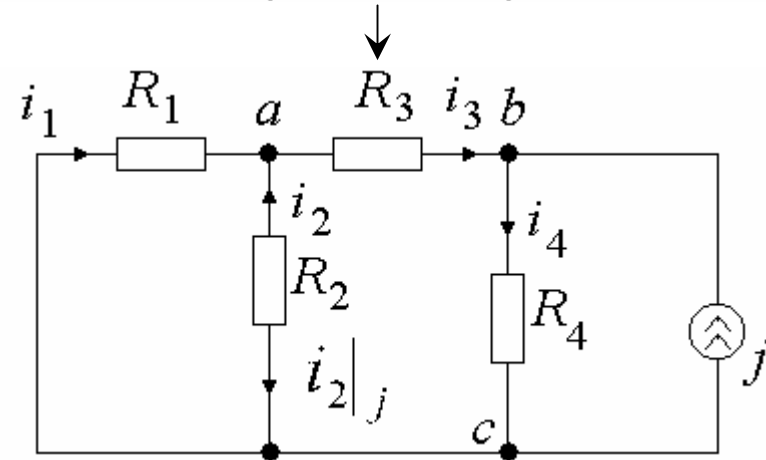
3. Triệt tiêu e_1 & e_2 , tính $i_2|_j$

$$e_4 = R_4 j = 10 \cdot 2 = 20 \text{ V}$$

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \cdot 6}{4 + 6} = 2,4 \Omega$$

$$i_3|_j = \frac{e_4}{R_{12} + R_3 + R_4} = \frac{20}{2,4 + 2 + 10} = 1,39 \text{ A}$$

$$i_2|_j = \frac{u_{12}}{R_2} = \frac{R_{12} i_3|_j}{R_2} = \frac{2,4 \cdot 1,39}{6} = 0,56 \text{ A}$$

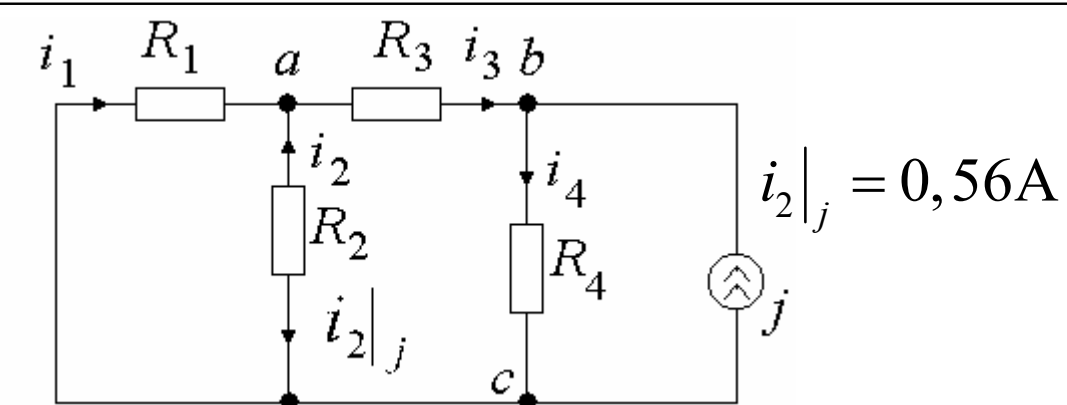
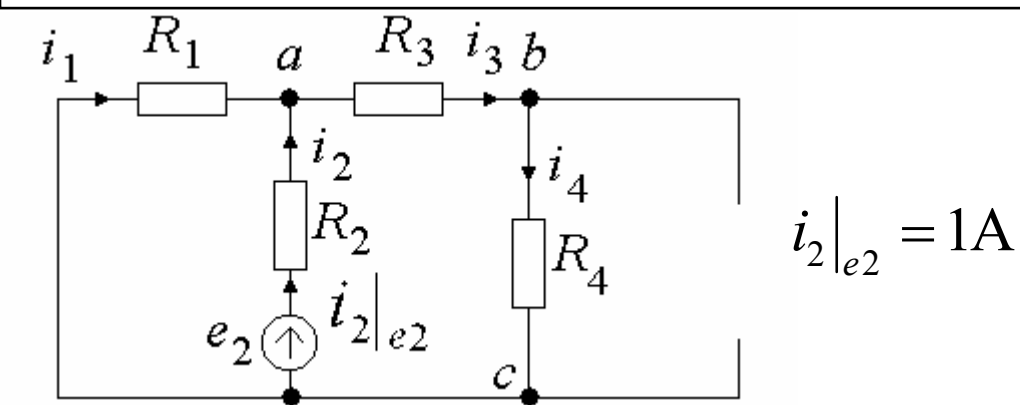
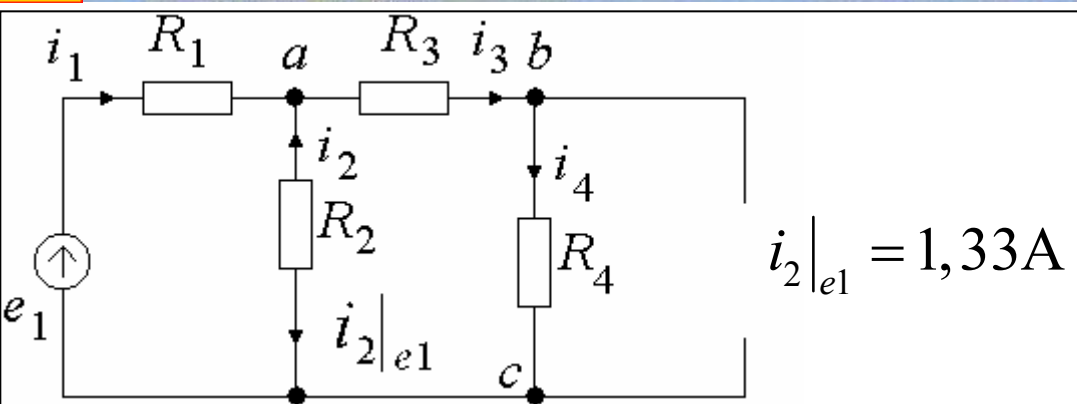


Mạch một chiều



Xếp chồng (8)

VD1



$$\begin{aligned} \rightarrow i_2 &= -i_2|_{e1} + i_2|_{e2} - i_2|_j \\ &= -1,33 + 1 - 0,56 \\ &= -0,89 A \end{aligned}$$

Xếp chồng (9)

- Áp dụng cho mạch điện có từ 2 nguồn trở lên
- *Chú ý:*
 1. Khi xét tác dụng của một nguồn, phải triệt tiêu tất cả các nguồn khác
 2. Không áp dụng nguyên lý này cho công suất
- Lợi ích: việc áp dụng nguyên lý này có thể làm cho cấu trúc mạch trở nên đơn giản hơn → dễ phân tích hơn
- Đặc biệt tiện lợi khi phân tích mạch điện có nhiều nguồn có tần số khác nhau (sẽ đề cập trong phần *Mạch xoay chiều*)

Các định lý mạch

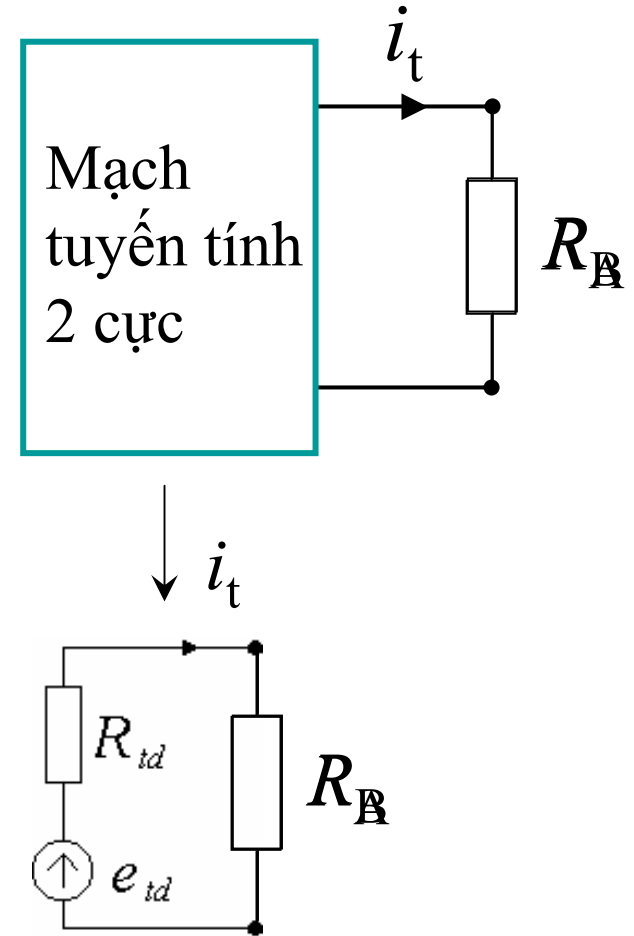
- Nguyên lý xếp chồng
- **Định lý Thevenin**
- Định lý Norton
- Truyền công suất cực đại



Thevenin (1)

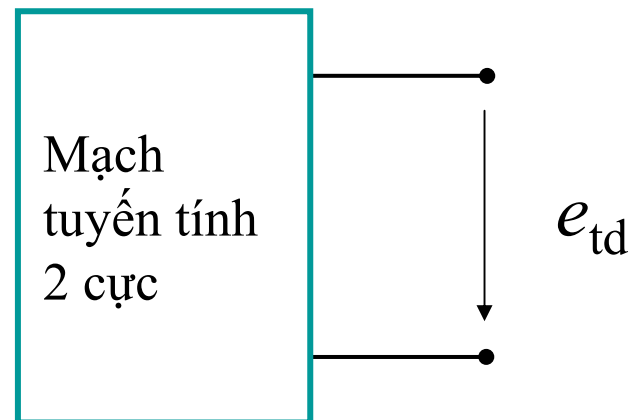
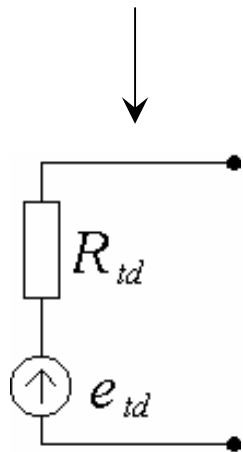
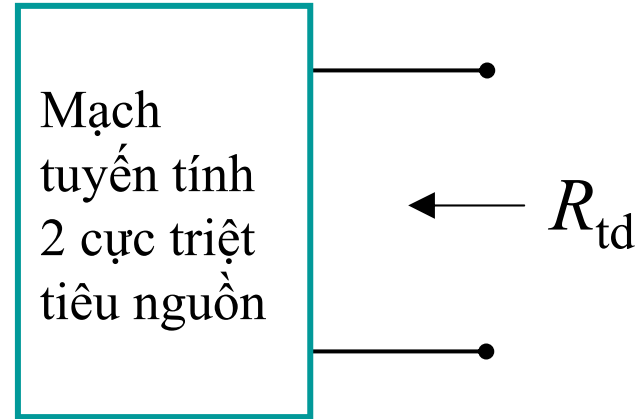
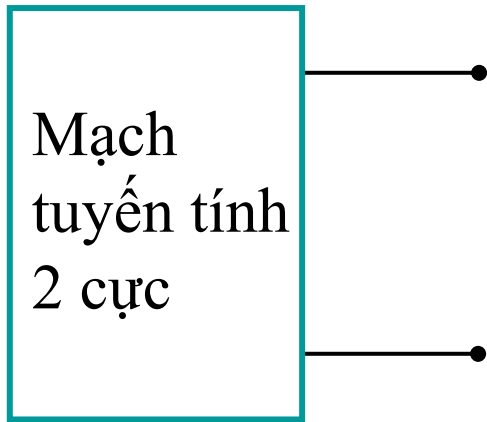
- Một mạch tuyến tính 2 cực có thể được thay thế bằng một mạch tương đương gồm có nguồn áp e_{td} & điện trở R_{td} , trong đó:
 - e_{td} : nguồn áp hở mạch trên 2 cực
 - R_{td} : điện trở trên hai cực khi triệt tiêu các nguồn

$$i_t = \frac{e_{td}}{R_{td} + R_t}$$





Thevenin (2)

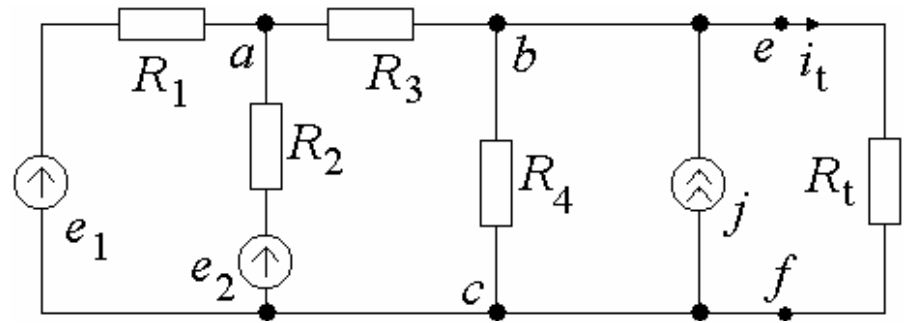




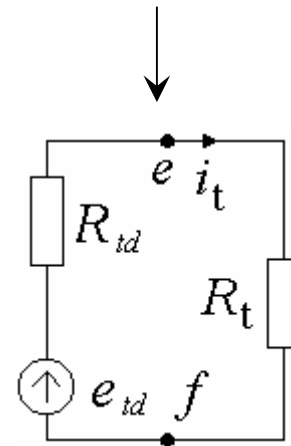
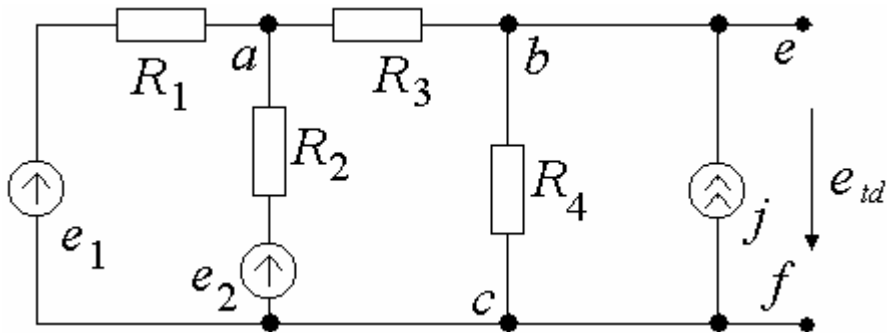
VD1

Thevenin (3)

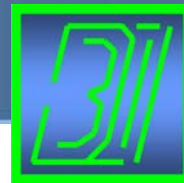
$e_1 = 16 \text{ V}; e_2 = 9 \text{ V}; j = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega;$
 $R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega; R_t = 5 \Omega;$
 Tính i_t



e_{td} : nguồn áp hở mạch trên 2 cực



$$i_t = \frac{e_{td}}{R_{td} + R_t}$$



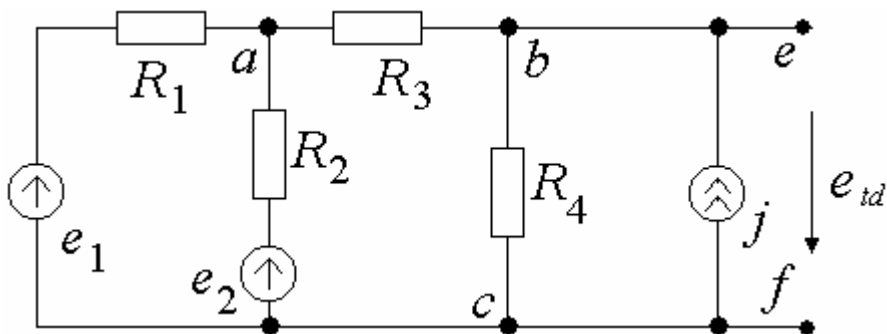
VD1

Thevenin (4)

Đặt $\varphi_c = 0$

$e_1 = 16 \text{ V}; e_2 = 9 \text{ V}; j = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega;$
 $R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega; R_t = 5 \Omega;$
 Tính i_t .

e_{td} : nguồn áp hở mạch trên 2 cực



$$\begin{cases} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)\varphi_a - \frac{1}{R_3}\varphi_b = \frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2} \\ -\frac{1}{R_3}\varphi_a + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)\varphi_b = j \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{2}\right)\varphi_a - \frac{1}{2}\varphi_b = \frac{16}{4} + \frac{9}{6} \\ -\frac{1}{2}\varphi_a + \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{10}\right)\varphi_b = j \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \varphi_a = 14,33 \text{ V} \\ \varphi_b = 15,28 \text{ V} \end{cases}$$

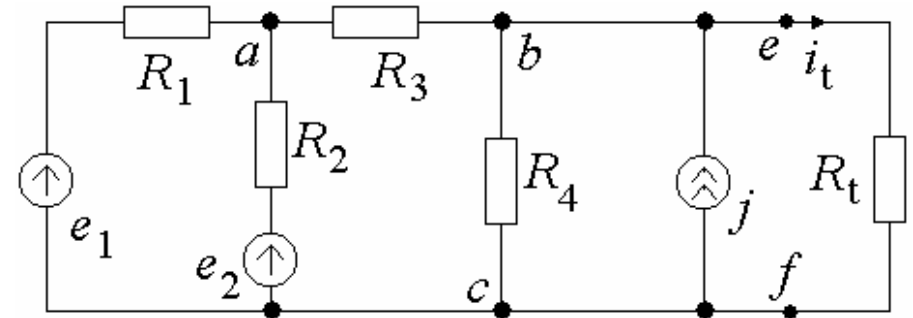
$$\rightarrow e_{td} = \varphi_e = \varphi_b = 15,28 \text{ V}$$



VD1

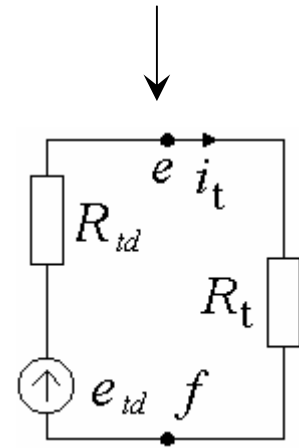
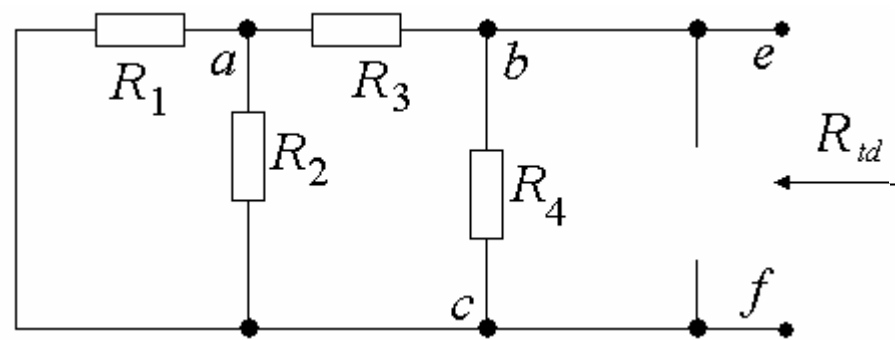
Thevenin (5)

$e_1 = 16 \text{ V}; e_2 = 9 \text{ V}; j = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega;$
 $R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega; R_t = 5 \Omega;$
 Tính i_t .



e_{td} : nguồn áp hở mạch trên 2 cực

R_{td} : điện trở trên hai cực khi
 triệt tiêu các nguồn



$$i_t = \frac{e_{td}}{R_{td} + R_t}$$



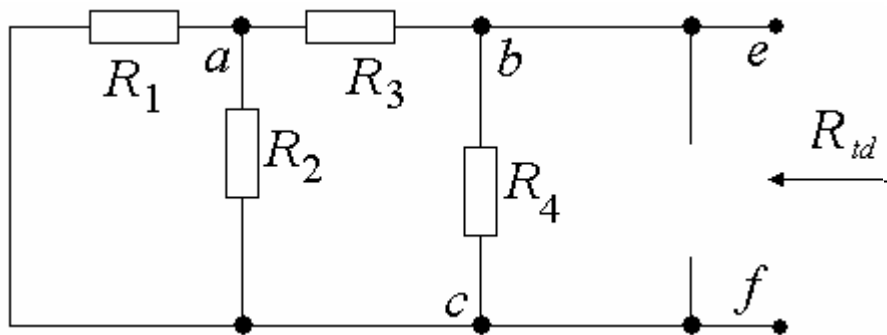
VD1

Thevenin (6)

$e_1 = 16 \text{ V}; e_2 = 9 \text{ V}; j = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega;$
 $R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega; R_t = 5 \Omega;$
 Tính i_t .

e_{td} : nguồn áp hở mạch trên 2 cực

R_{td} : điện trở trên hai cực khi
triệt tiêu các nguồn



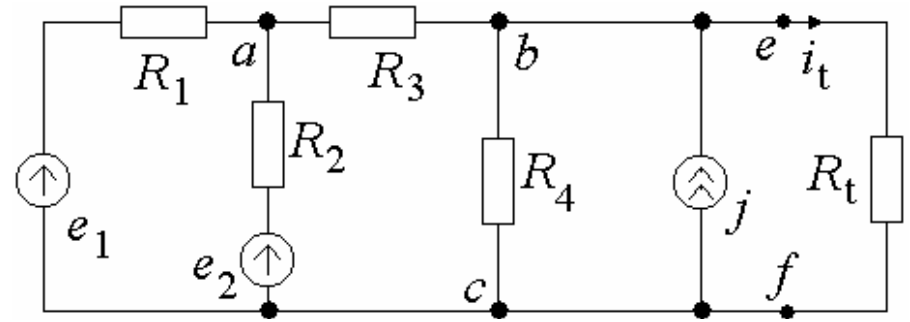
$$\begin{aligned}
 R_{td} &= [(R_1 // R_2) + R_3] // R_4 \\
 &= \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 \right) // R_4 \\
 &= \frac{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 + R_4}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 + R_4} \\
 &= \frac{\left(\frac{4 \cdot 6}{4 + 6} + 2 \right) 10}{\frac{4 \cdot 6}{4 + 6} + 2 + 10} \\
 &= 3,06 \Omega
 \end{aligned}$$



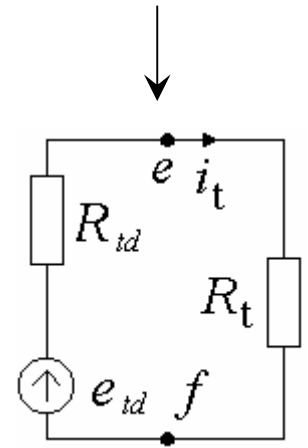
VD1

Thevenin (7)

$e_1 = 16 \text{ V}; e_2 = 9 \text{ V}; j = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega;$
 $R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega; R_t = 5 \Omega;$
 Tính i_t .



$$\left. \begin{aligned} e_{td} &= 15,28 \text{ V} \\ R_{td} &= 3,06 \Omega \\ i_t &= \frac{e_{td}}{R_{td} + R_t} \end{aligned} \right\} \rightarrow i_t = \frac{15,28}{3,06 + 5} = 1,90 \text{ A}$$



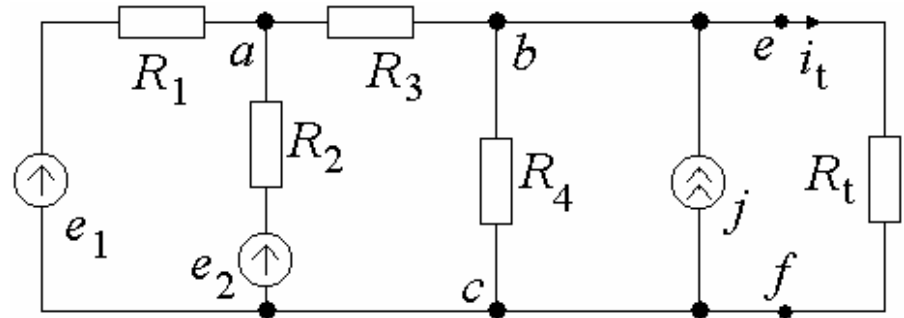
$$i_t = \frac{e_{td}}{R_{td} + R_t}$$



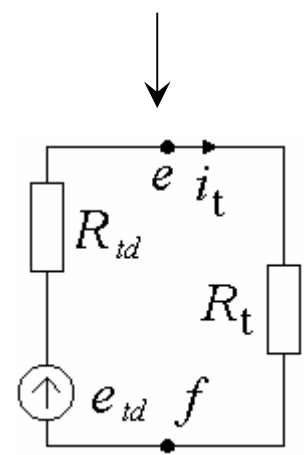
VD2

Thevenin (8)

$e_1 = 16 \text{ V}; e_2 = 9 \text{ V}; j = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega;$
 $R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega;$
 $R_t = 15 \Omega; \text{ Tính } i_t$



$$\left. \begin{aligned} e_{td} &= 15,28 \text{ V} \\ R_{td} &= 3,06 \Omega \\ i_t &= \frac{e_{td}}{R_{td} + R_t} \end{aligned} \right\} \rightarrow i_t = \frac{15,28}{3,06 + 15} = 0,85 \text{ A}$$



Các định lý mạch

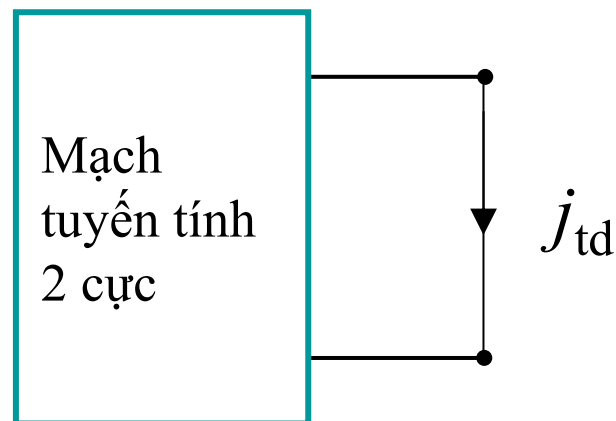
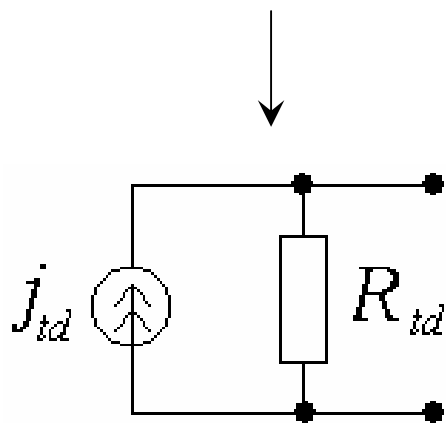
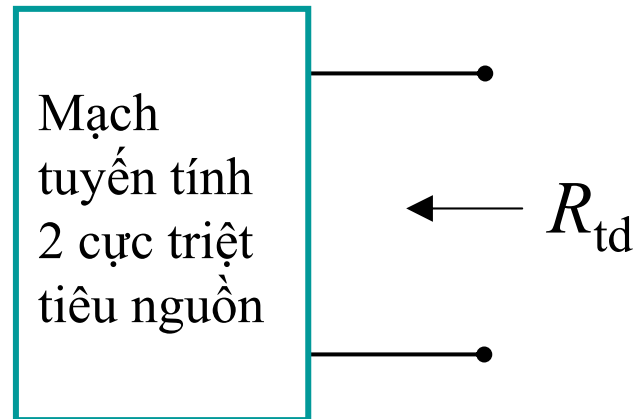
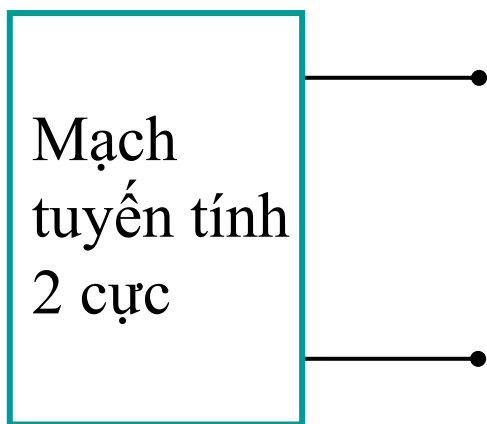
- Nguyên lý xếp chồng
- Định lý Thevenin
- **Định lý Norton**
- Truyền công suất cực đại

Norton (1)

- Tương tự định lý Thevenin
- *Phát biểu:* Một mạch tuyến tính 2 cực có thể được thay thế bằng một mạch tương đương gồm có nguồn dòng j_{td} & điện trở R_{td} , trong đó:
 - j_{td} : nguồn dòng ngắn mạch giữa 2 cực
 - R_{td} : điện trở trên hai cực khi triệt tiêu các nguồn



Norton (2)



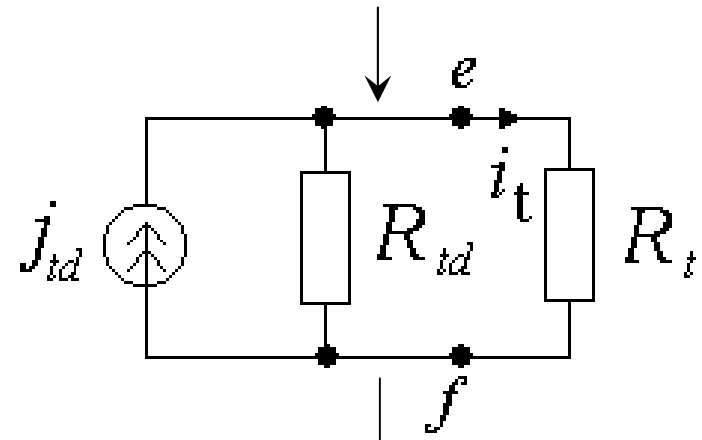
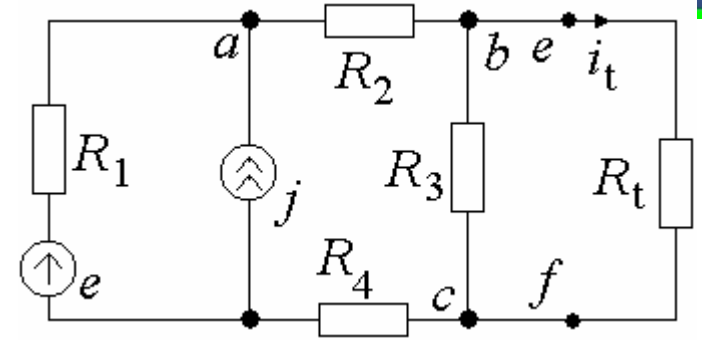
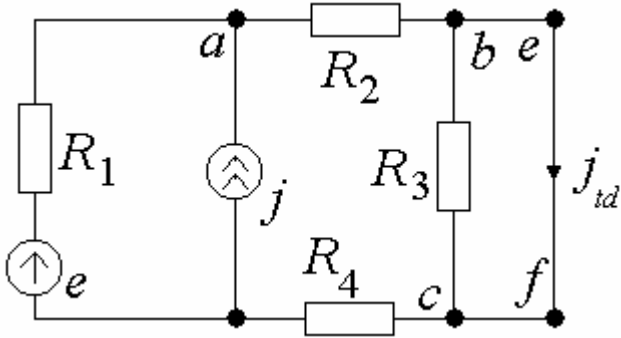


VD1

Norton (3)

$e = 16 \text{ V}; j = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega; R_t = 5 \Omega;$
 Tính i_t bằng định lý Norton

j_{td} : nguồn dòng ngắn mạch trên 2 cực



$$\left(\frac{1}{R_{td}} + \frac{1}{R_t}\right)\varphi_e = j_{td}$$

$$\rightarrow i_t = \frac{\varphi_e}{R_t}$$

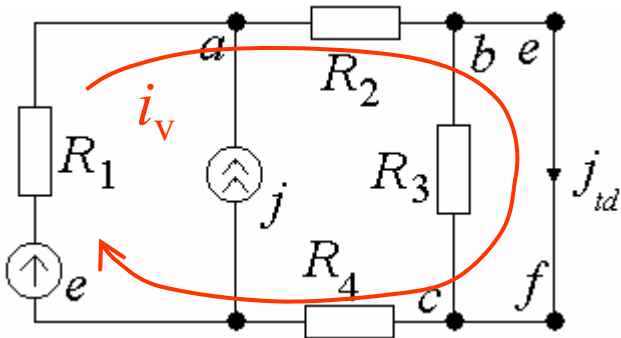


VD1

Norton (4)

$e = 16 \text{ V}; j = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega; R_t = 5 \Omega;$
 Tính i_t bằng định lý Norton

j_{td} : nguồn dòng ngắn mạch trên 2 cực



Giả sử j chạy qua R_1



$$(R_1 + R_2 + R_4)i_V - R_1j = e$$

$$\rightarrow (4 + 6 + 10)i_V - 4.2 = 16$$

$$\rightarrow i_V = 1,2 \text{ A} = j_{td}$$



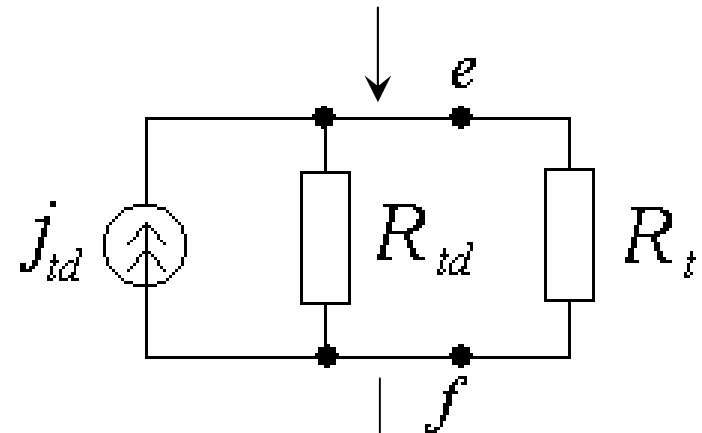
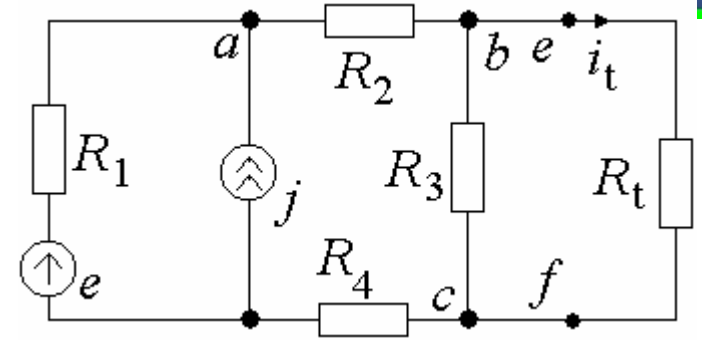
VD1

Norton (5)

$e = 16 \text{ V}; j = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega; R_t = 5 \Omega;$
 Tính i_t bằng định lý Norton

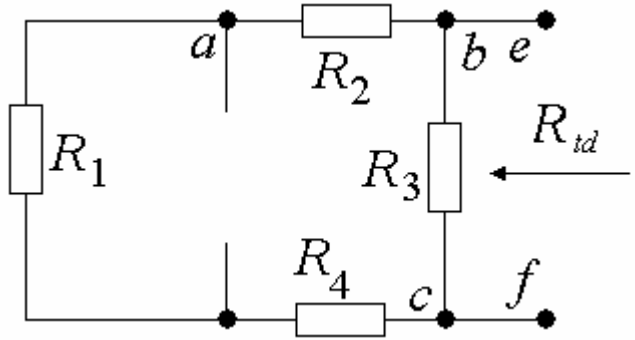
j_{td} : nguồn dòng ngắn mạch trên 2 cực

R_{td} : điện trở trên hai cực khi triệt tiêu các nguồn



$$\left(\frac{1}{R_{td}} + \frac{1}{R_t}\right)\varphi_e = j_{td}$$

$$\rightarrow i_t = \frac{\varphi_e}{R_t}$$





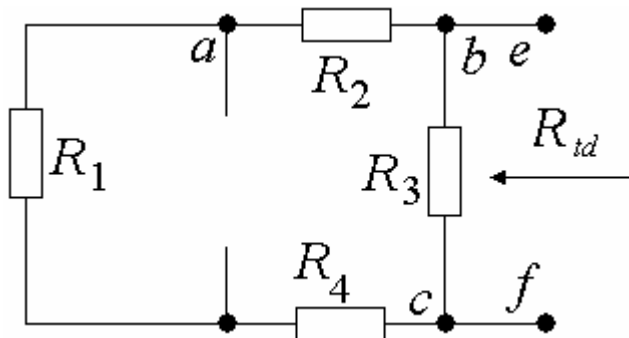
VD1

Norton (6)

$e = 16 \text{ V}; j = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega; R_t = 5 \Omega;$
 Tính i_t bằng định lý Norton

j_{td} : nguồn dòng ngắn mạch trên 2 cực

R_{td} : điện trở trên hai cực khi triệt tiêu các nguồn



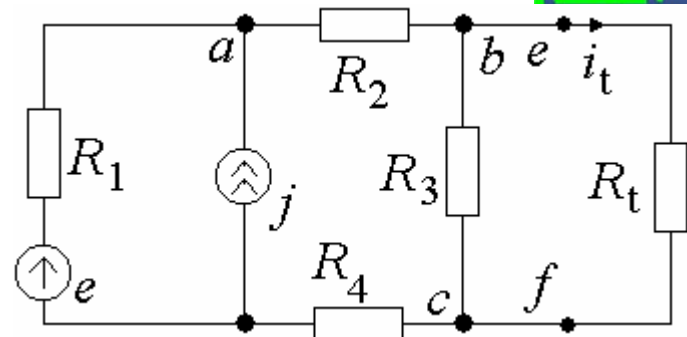
$$\begin{aligned}
 R_{td} &= (R_1 + R_2 + R_4) // R_3 \\
 &= \frac{(R_1 + R_2 + R_4)R_3}{R_1 + R_2 + R_4 + R_3} \\
 &= \frac{(4 + 6 + 10)2}{4 + 6 + 10 + 2} \\
 &= 1,82 \Omega
 \end{aligned}$$



VD1

Norton (7)

$e = 16 \text{ V}; j = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega; R_t = 5 \Omega;$
 Tính i_t bằng định lý Norton



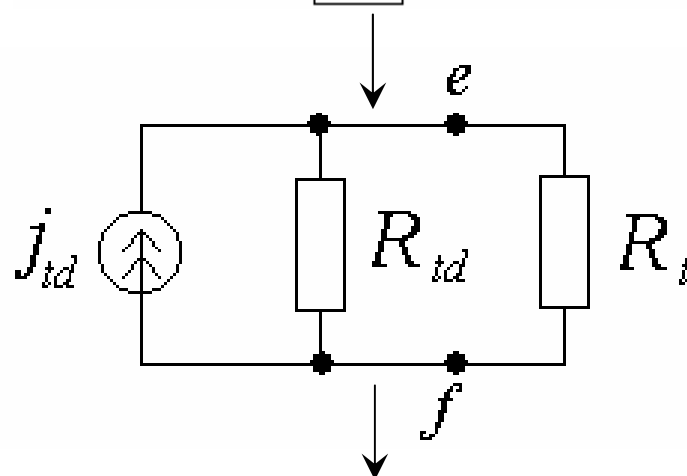
$$j_{td} = 1,2 \text{ A}$$

$$R_{td} = 1,82 \Omega$$

$$\left(\frac{1}{R_{td}} + \frac{1}{R_t} \right) \varphi_e = j_{td}$$

$$\rightarrow \left(\frac{1}{1,82} + \frac{1}{5} \right) \varphi_e = 1,2 \rightarrow \varphi_e = 1,60 \text{ V}$$

$$\rightarrow i_t = \frac{\varphi_e}{R_t} = \frac{1,60}{5} = 0,32 \text{ A}$$

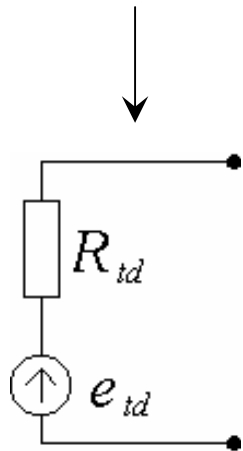
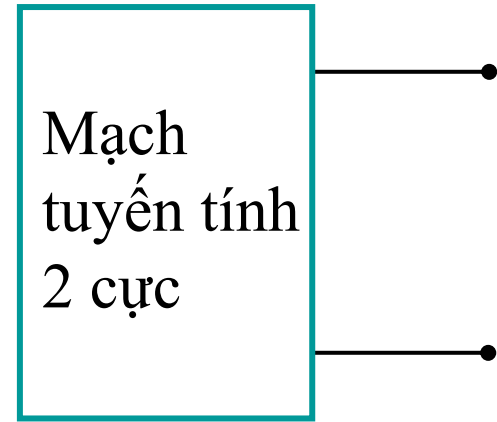
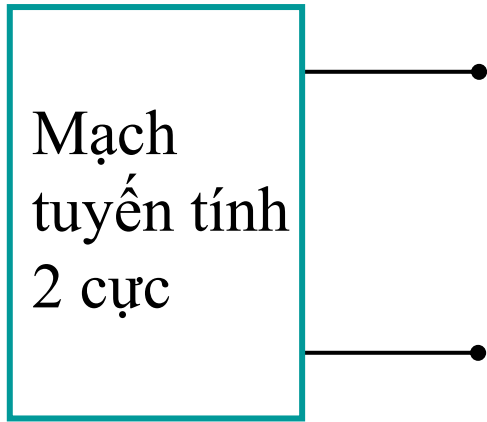


$$\left(\frac{1}{R_{td}} + \frac{1}{R_t} \right) \varphi_e = j_{td}$$

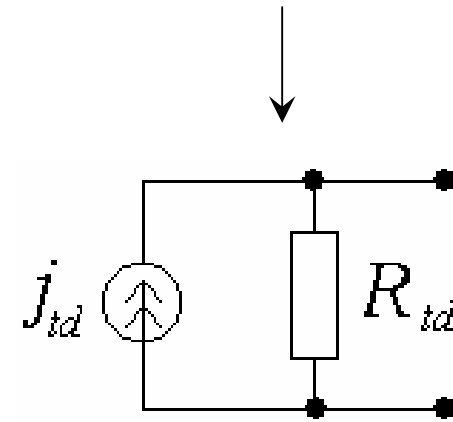
$$\rightarrow i_t = \frac{\varphi_e}{R_t}$$



Thevenin & Norton (1)



$$e_{td} = R_{td} j_{td}$$



Thevenin & Norton (2)

- Việc áp dụng định lý Thevenin hoặc định lý Norton gọi là phương pháp mạng một cửa / mạng 2 cực
- Các mạch điện được xây dựng dựa trên định lý Thevenin hoặc định lý Norton gọi là sơ đồ (tương đương) Thevenin hoặc sơ đồ (tương đương) Norton
- Sơ đồ Norton có thể rút ra được từ sơ đồ Thevenin & ngược lại

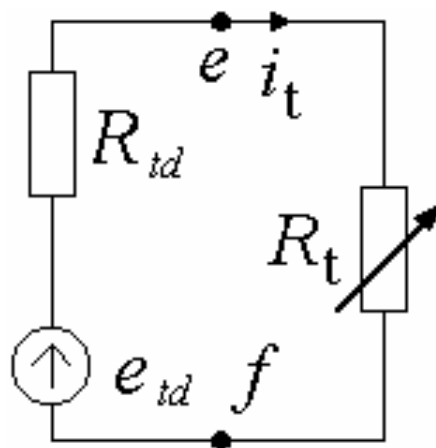
Các định lý mạch

- Nguyên lý xếp chồng
- Định lý Thevenin
- Định lý Norton
- **Truyền công suất cực đại**



Truyền công suất cực đại (1)

- Một số mạch điện được thiết kế để truyền công suất tới tải
- Viễn thông: cần truyền một công suất tối đa đến tải
- *Bài toán*: tìm thông số của tải (giá trị của điện trở) để công suất truyền đến tải đạt cực đại
- Sử dụng sơ đồ Thevenin



Mạch một chiều



Truyền công suất cực đại (2)

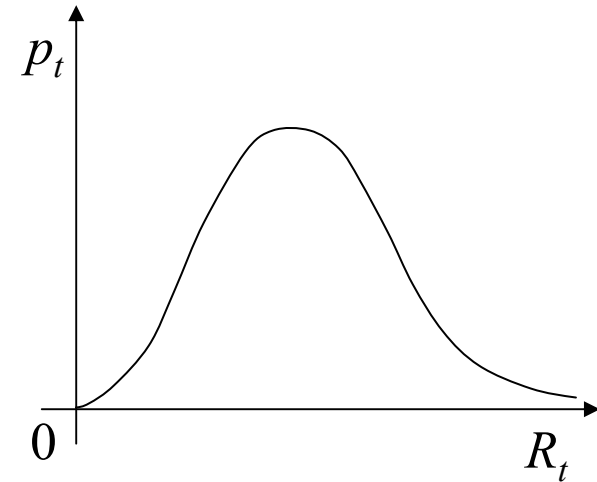
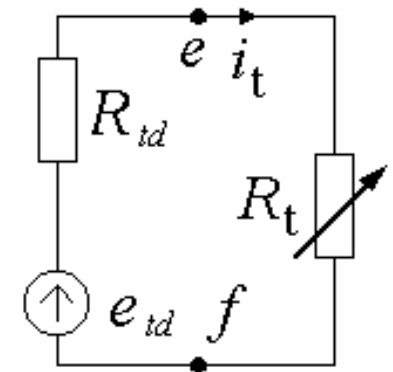
$$\left. \begin{aligned} p_t &= i_t^2 R_t \\ i_t &= \frac{e_{td}}{R_{td} + R_t} \end{aligned} \right\} \rightarrow p_t = \left(\frac{e_{td}}{R_{td} + R_t} \right)^2 R_t$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_t}{dR_t} &= 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{dp_t}{dR_t} = e_{td}^2 \frac{(R_{td} + R_t)^2 - 2R_t(R_{td} + R_t)}{(R_{td} + R_t)^4}$$

$$= e_{td}^2 \frac{R_{td} + R_t - 2R_t}{(R_{td} + R_t)^3} = e_{td}^2 \frac{R_{td} - R_t}{(R_{td} + R_t)^3} = 0$$

$$\rightarrow \boxed{R_{td} = R_t}$$



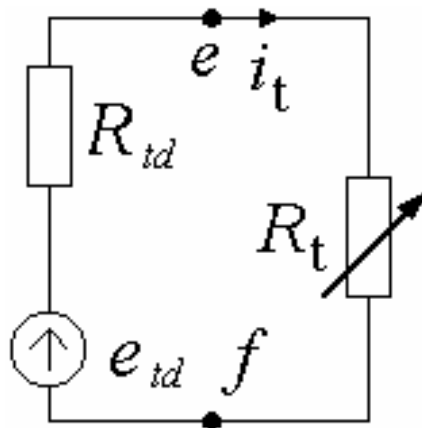


Truyền công suất cực đại (3)

- Công suất cực đại sẽ được truyền đến tải nếu tải bằng điện trở tương đương Thevenin (nhìn từ phía tải)

$$R_{td} = R_t$$

- $R_t = R_{td}$: gọi là hoà hợp tải hoặc phối hợp tải



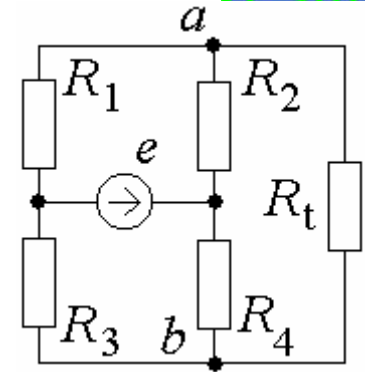
Mạch một chiều



VD1

Truyền công suất cực đại (4)

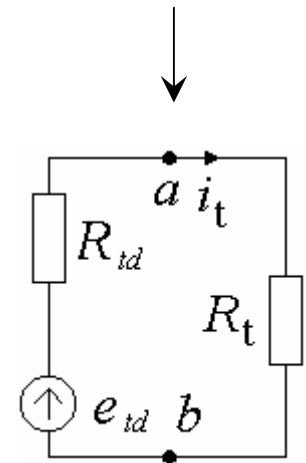
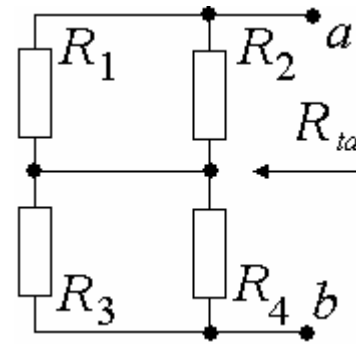
$e = 16 \text{ V}; R_1 = 4 \Omega; R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega;$
 Tính R_t để nó nhận được công suất lớn nhất



$$R_{td} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

$$= \frac{4 \cdot 6}{4 + 6} + \frac{2 \cdot 10}{2 + 10} = 4,07 \Omega$$

$\rightarrow R_t = 4,07 \Omega$



$R_t = R_{td}$

Mạch một chiều

- Các định luật cơ bản
- Các phương pháp phân tích
- Các định lý mạch
- **Phân tích mạch điện bằng máy tính**

Phân tích mạch điện bằng máy tính

- Mục đích: tiết kiệm thời gian tính toán
- Sẽ tìm hiểu:
 - Giải các phép tính phức tạp (ví dụ phương trình ma trận)
 - Mô phỏng mạch điện
- Phần mềm: Matlab, OrCAD PSpice

Phương trình ma trận

$$\begin{bmatrix} 3 & 1 & 7 & 6 \\ 2 & 0 & 9 & -4 \\ 8 & -8 & 5 & 7 \\ 0 & 2 & 4 & 9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ 0 \\ 12 \\ 4 \end{bmatrix}$$

Mô phỏng mạch điện (1)

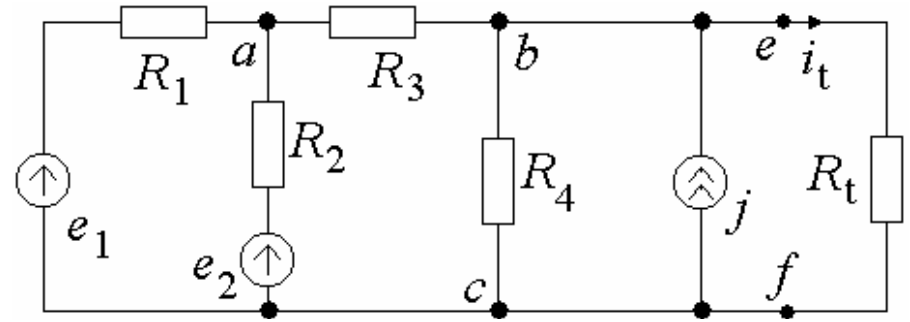
- Bảng mã lệnh (Tutsim, Spice, ...)
- Bảng giao diện đồ họa (Pspice, Circuit maker, Matlab, Workbench, ...)



VD1

Mô phỏng mạch điện (2)

$e_1 = 16 \text{ V}; e_2 = 9 \text{ V}; j = 2 \text{ A}; R_1 = 4 \Omega;$
 $R_2 = 6 \Omega; R_3 = 2 \Omega; R_4 = 10 \Omega; R_t = 5 \Omega;$
 Tính các dòng điện trong mạch



Schematic1