

www.mientayvn.com

Khi đọc qua tài liệu này, nếu phát hiện sai sót hoặc nội dung kém chất lượng xin hãy thông báo để chúng tôi sửa chữa hoặc thay thế bằng một tài liệu cùng chủ đề của tác giả khác. Tài liệu này bao gồm nhiều tài liệu nhỏ có cùng chủ đề bên trong nó. Phần nội dung bạn cần có thể nằm ở giữa hoặc ở cuối tài liệu này, hãy sử dụng chức năng Search để tìm chúng.

Bạn có thể tham khảo nguồn tài liệu được dịch từ tiếng Anh tại đây:

http://mientayvn.com/Tai_lieu_da_dich.html

Thông tin liên hệ:

Yahoo mail: thanhlam1910_2006@yahoo.com

Gmail: frbwrthes@gmail.com

Theo yêu cầu của khách hàng, trong một năm qua, chúng tôi đã dịch qua 16 môn học, 34 cuốn sách, 43 bài báo, 5 sổ tay (chưa tính các tài liệu từ năm 2010 trở về trước) Xem ở đây

**DỊCH VỤ
DỊCH
TIẾNG
ANH
CHUYÊN
NGÀNH
NHANH
NHẤT VÀ
CHÍNH
XÁC
NHẤT**

Chỉ sau một lần liên lạc, việc dịch được tiến hành

Giá cả: có thể giảm đến 10 nghìn/1 trang

Chất lượng: Tạo dựng niềm tin cho khách hàng bằng công nghệ 1. Bạn thấy được toàn bộ bản dịch; 2. Bạn đánh giá chất lượng. 3. Bạn quyết định thanh toán.

ÔN LẠI KIẾN THỨC CŨ

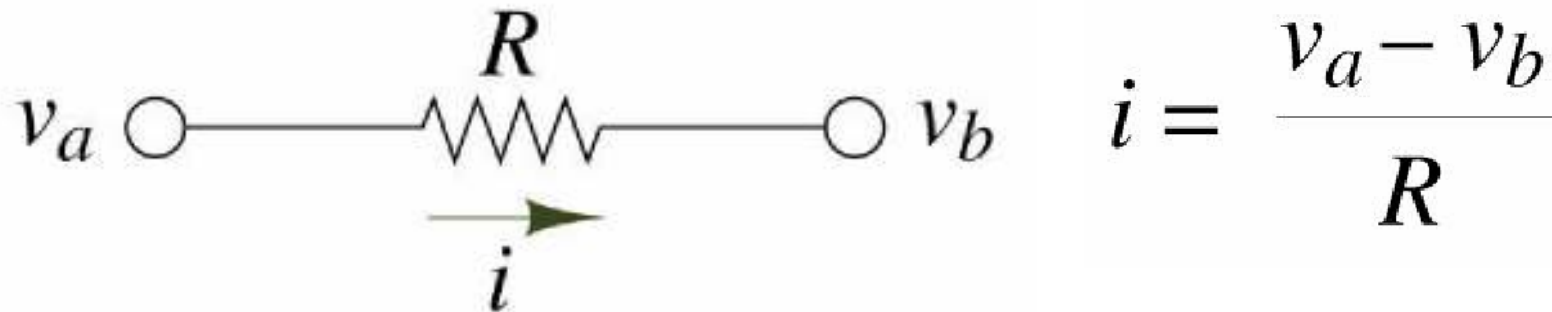
- 1. Định luật Ohm.**
- 2. Định luật Kirchhoff về điện áp (KVL).**
- 3. Định luật Kirchhoff về dòng điện (KCL).**
- 4. Mạch chia áp (cầu phân áp).**
- 5. Mạch tương đương Thevenin.**
- 6. Mạch tương đương Norton.**

Định luật Ohm

$$V = R I$$

Trong đó:

- **V**: điện áp
- **I**: dòng điện
- **R**: điện trở



$$i = \frac{v_a - v_b}{R}$$

Một số khái niệm

- **Nhánh**: là phần tử 2 cực bất kỳ, hoặc là gồm các phần tử 2 cực nối tiếp với nhau trên đó có cùng dòng điện đi qua.
- **Nút**: là biên của nhánh hoặc điểm chung của các nhánh.
- **Vòng**: là tập hợp các nhánh tạo thành 1 đường khép kín. Nó có tính chất là nếu bỏ đi 1 nhánh bất kỳ thì tập còn lại không tạo thành vòng kín nữa.

Định luật Kirchhoff về điện áp (KVL)

Tổng đại số các điện áp trên các phần tử dọc theo tất cả các nhánh trong một vòng kín bằng 0.

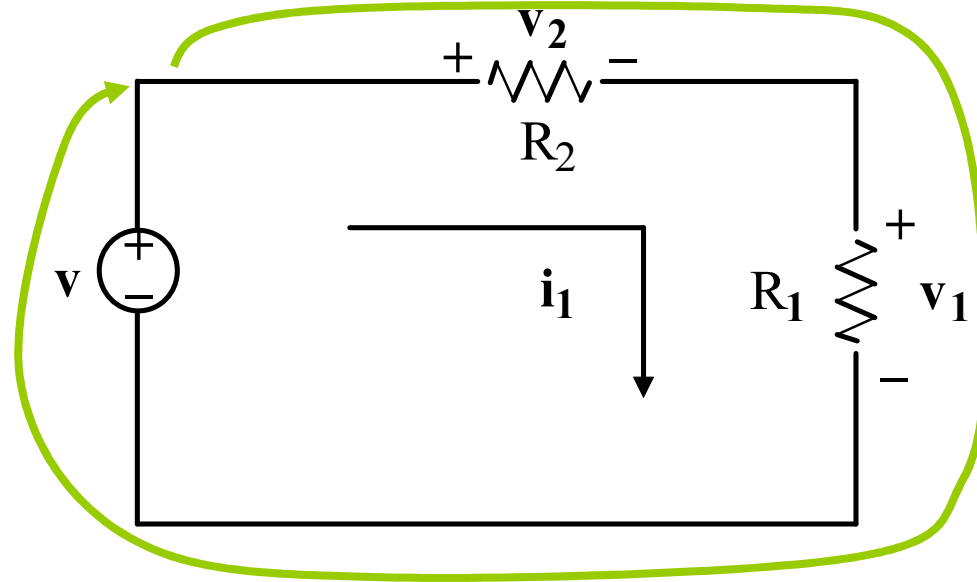
$$\sum \pm V_i = 0$$

Dấu của điện áp được xác định dựa trên chiều dương của điện áp đã chọn so với chiều của vòng.

Chiều của vòng được chọn tùy ý.

Trong mỗi vòng nếu chiều vòng đi từ cực (+) sang cực (-) của một điện áp thì điện áp mang dấu dương, ngược lại mang dấu âm.

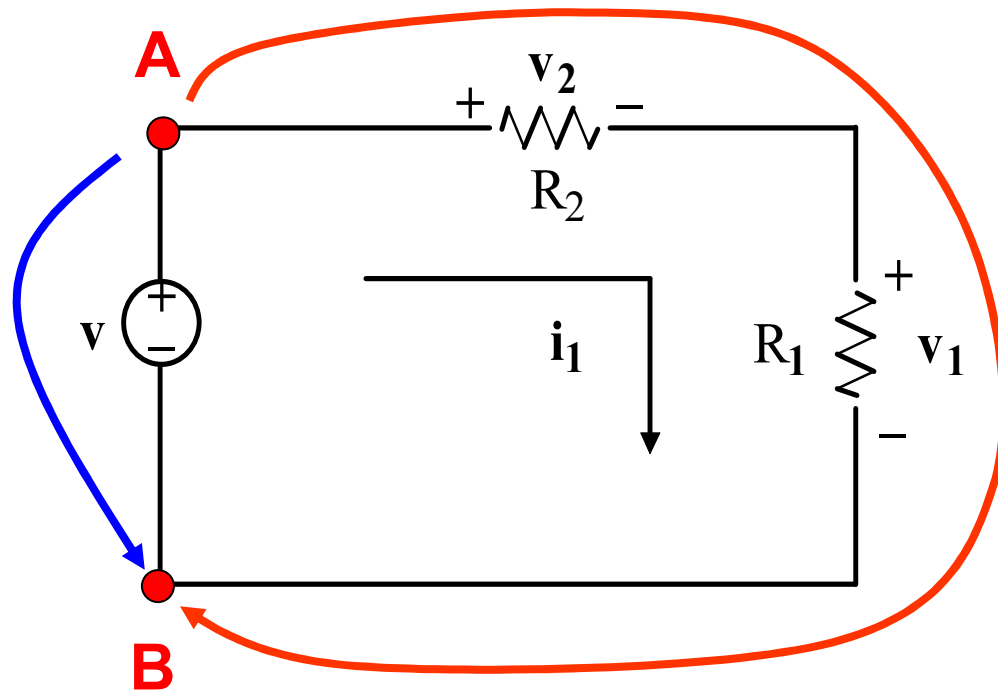
Ví dụ



Phương trình KVL: $v_2 + v_1 - v = 0$

hoặc $R_2 i_1 + R_1 i_1 - v = 0$

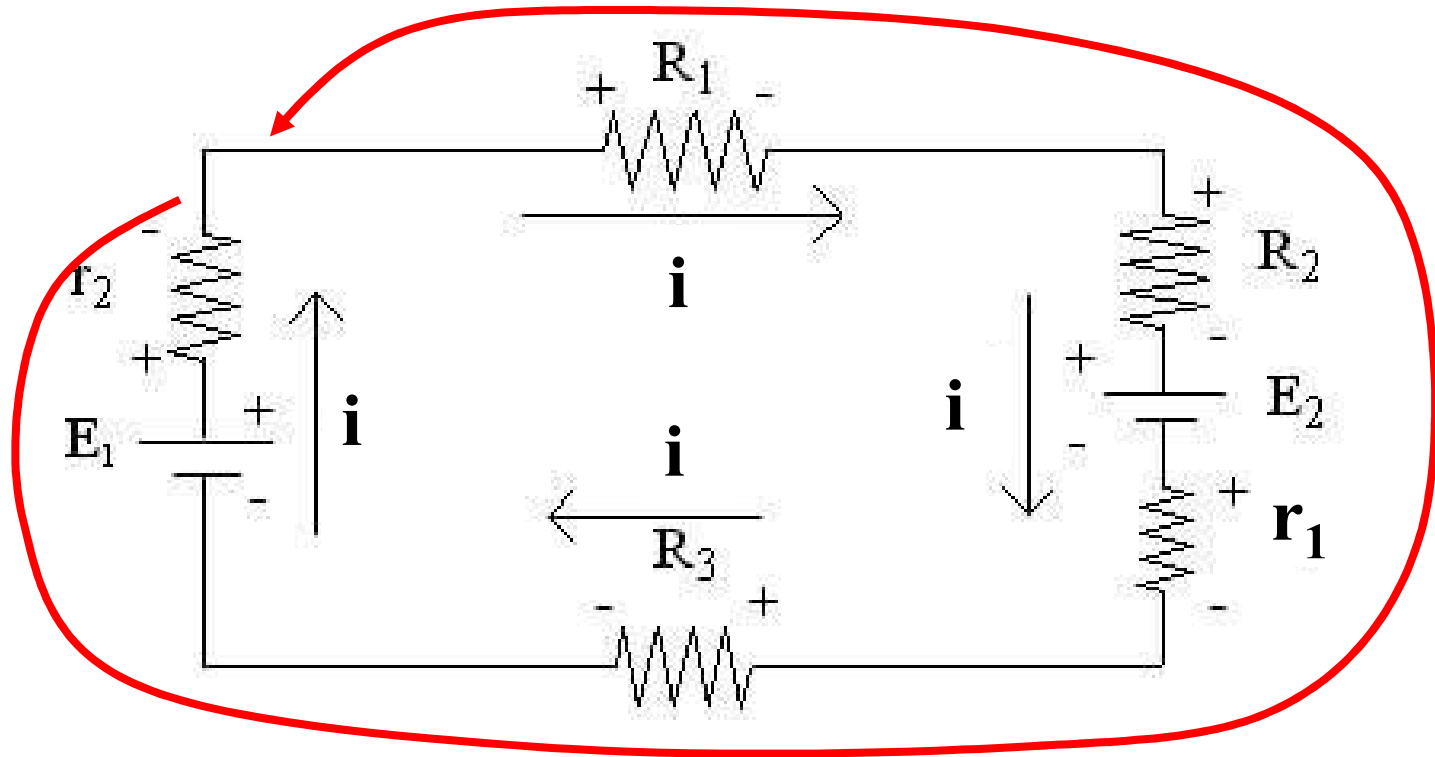
Ví dụ



Điện áp giữa 2 điểm A và B, V_{AB} , đi theo chiều của **đường 1** và **đường 2** là như nhau.

$$v = v_2 + v_1 \quad \text{hoặc} \quad v = R_2 i_1 + R_1 i_1$$

Ví dụ



Ta có:

$$-r_2 i + E_1 - R_3 i - r_1 i - E_2 - R_2 i - R_1 i = 0$$

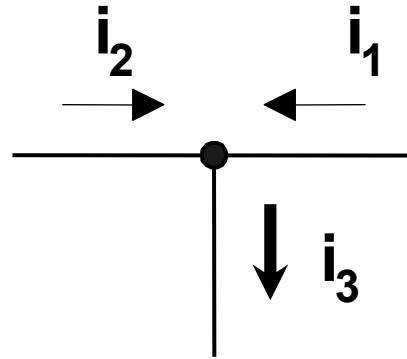
$$\Rightarrow i = \frac{E_1 - E_2}{r_1 + r_2 + R_1 + R_2 + R_3}$$

Định luật Kirchhoff về dòng điện (KCL)

Tổng đại số các dòng điện tại một nút bất kỳ bằng 0.

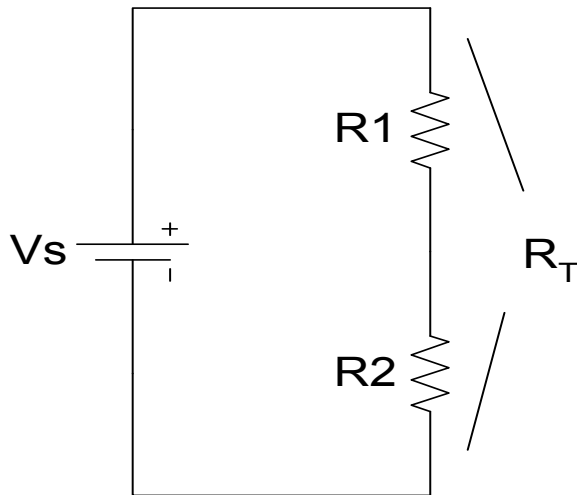
Nói cách khác, tổng các dòng điện có chiều dương đi vào một nút bất kỳ bằng tổng các dòng điện có chiều dương đi ra khỏi nút đó.

$$\sum \pm I_i = 0$$



$$i_1 + i_2 = i_3$$

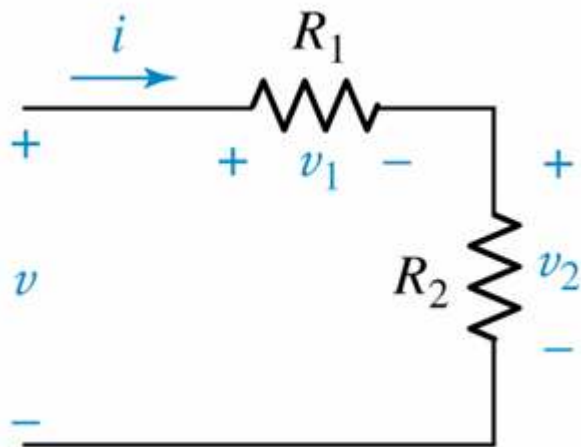
Mạch chia áp



$$\frac{V_n}{V_S} = \frac{R_n}{R_T} \Rightarrow V_n = V_S \frac{R_n}{R_T}$$

Với:

- R_n : các điện trở trong mạch
- $R_T = R_1 + R_2$: điện trở tổng
- V_n : điện áp rơi trên các điện trở R_n .



Áp dụng định luật Ohm và KVL:

$$v = v_1 + v_2 = i (R_1 + R_2)$$

$$\Rightarrow i = \frac{v}{R_1 + R_2}$$

Do đó:

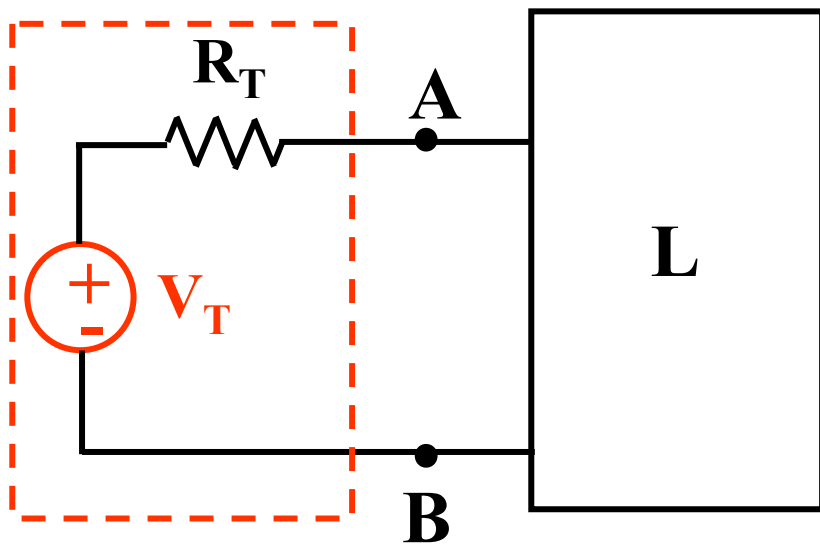
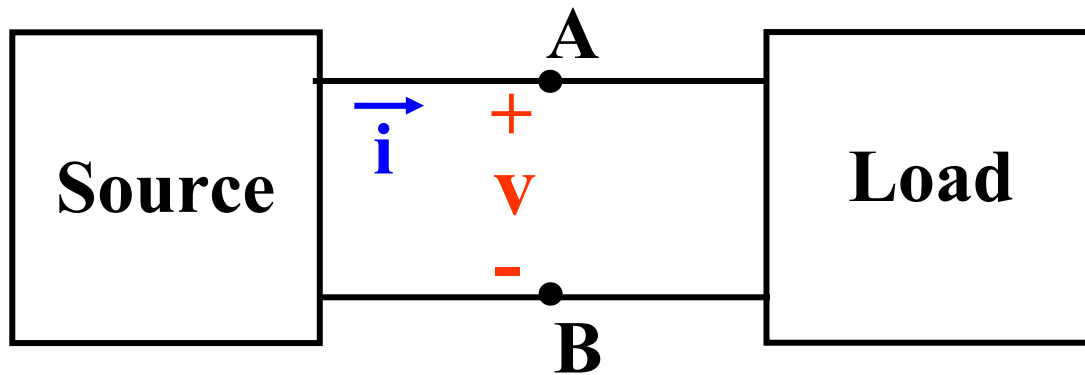
$$v_2 = iR_2 = \frac{v}{R_1 + R_2} R_2$$

$$v_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v$$

Áp dụng cho mạch có N điện trở nối tiếp:

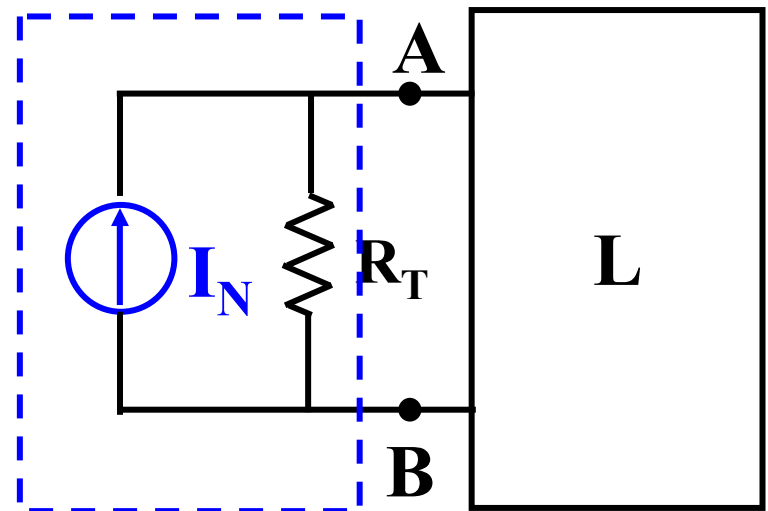
$$v_k = \frac{R_k}{R_1 + R_2 + \dots + R_N} v$$

Mạch tương đương Thevenin-Norton



Mạch tương đương

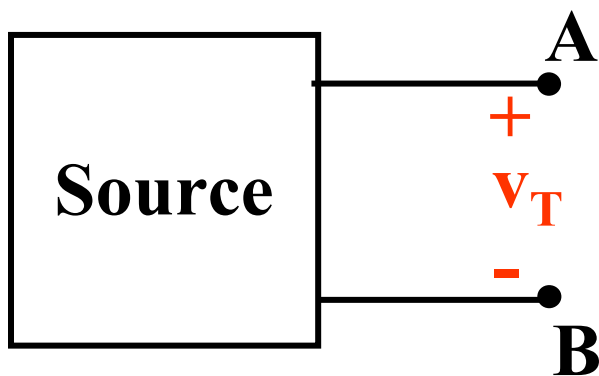
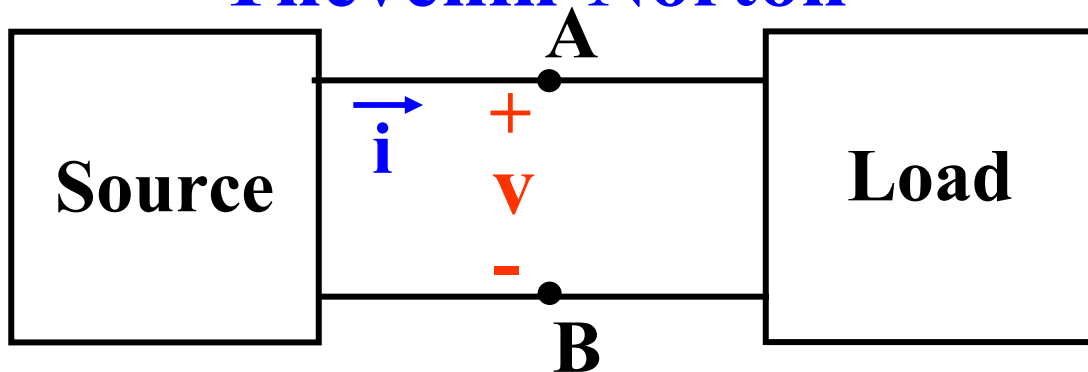
Thevenin



Mạch tương đương

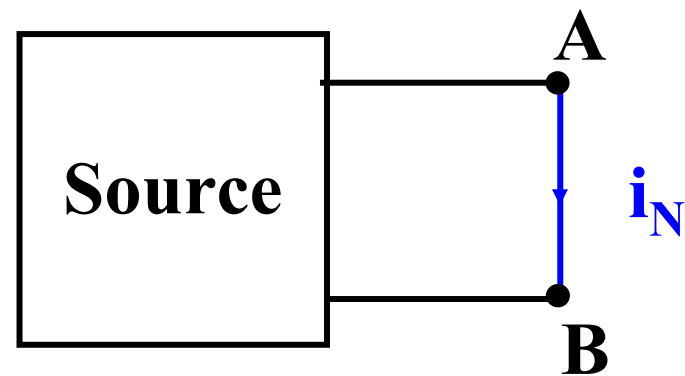
Norton

Cách xác định mạch tương đương Thevenin-Norton



Nguồn áp Thevenin (v_T)

$$v_T = v_{AB(OC)} \text{ (open circuit)}$$

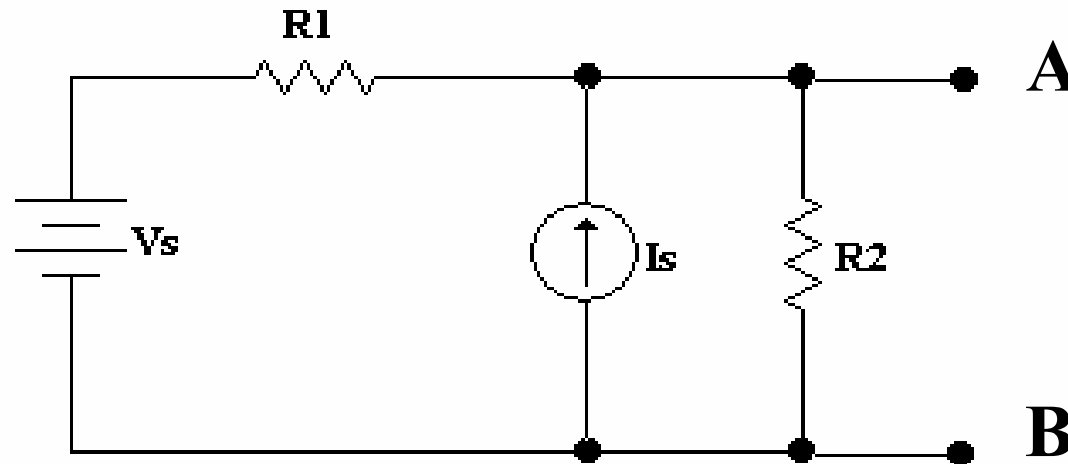


Nguồn dòng Norton (i_N)

$$i_N = i_{AB(SC)} \text{ (short circuit)}$$

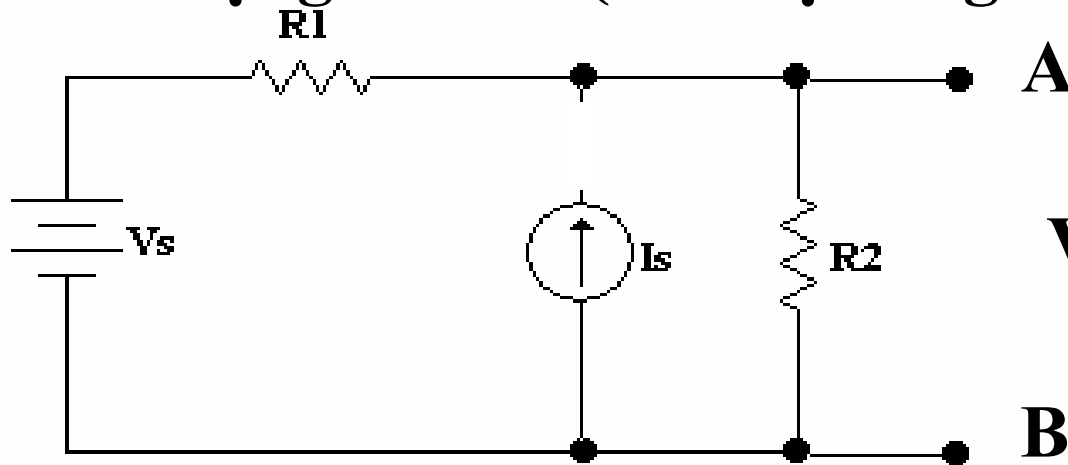
Điện trở tương đương: $R_T = R_N = \frac{v_{AB(OC)}}{i_{AB(SC)}}$

Ví dụ



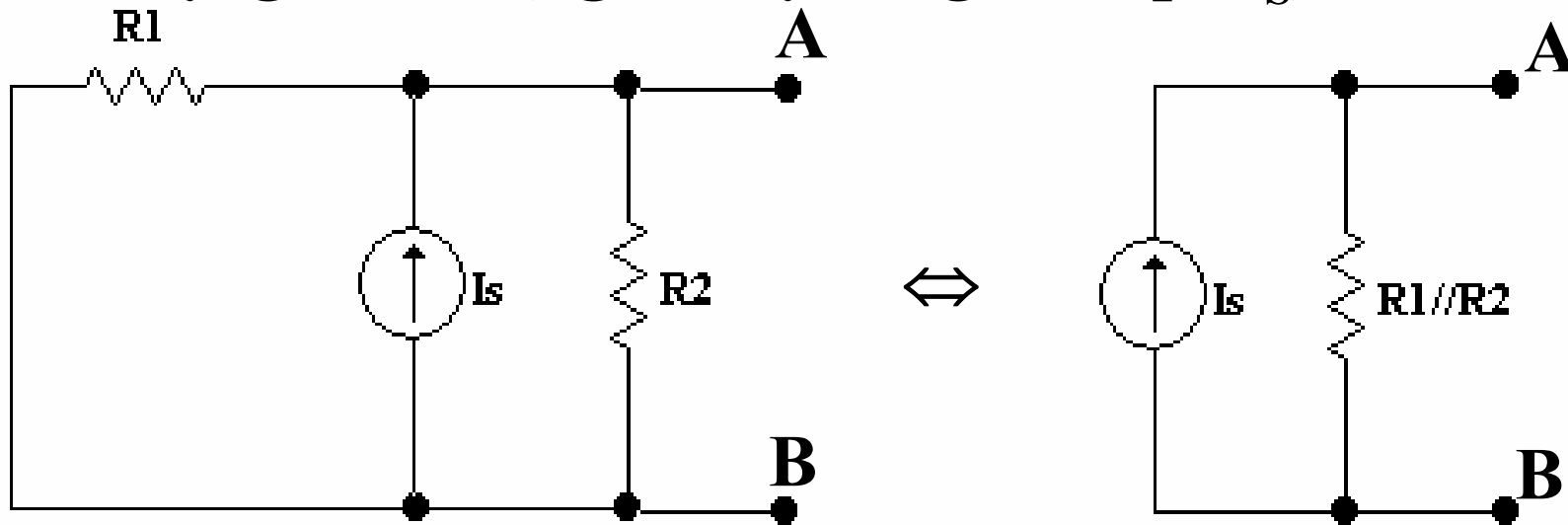
Tính nguồn áp Thevenin V_T (pp xếp chồng đáp ứng)

- Tác động của V_s (Hở mạch nguồn dòng I_s):



$$V_{T1} = V_{AB} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_S$$

- Tác động của I_S (ngắn mạch nguồn áp V_S):

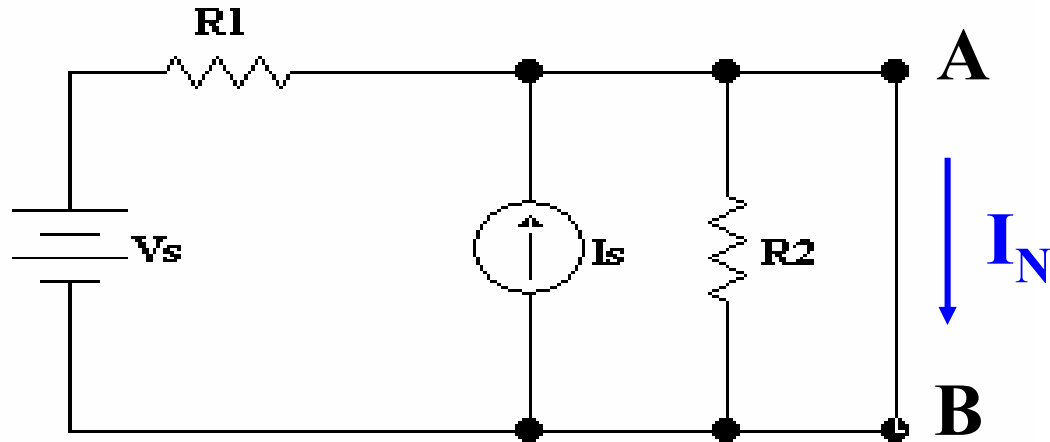


$$\Rightarrow V_T = V_{T1} + V_{T2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_S + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} I_S$$

$$V_{T2} = V_{AB} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} I_S$$

$$\Rightarrow V_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \left(\frac{V_S}{R_1} + I_S \right)$$

Tính nguồn dòng Norton I_N (pp xếp chồng đáp ứng)



- Tác động của V_s (Hở mạch nguồn dòng I_s): $I_N = \frac{V_s}{R_1}$
- Ngắn mạch nguồn V_s : $I_N = I_s$

$$\Rightarrow I_{SC} = I_s + \frac{V_s}{R_1}$$

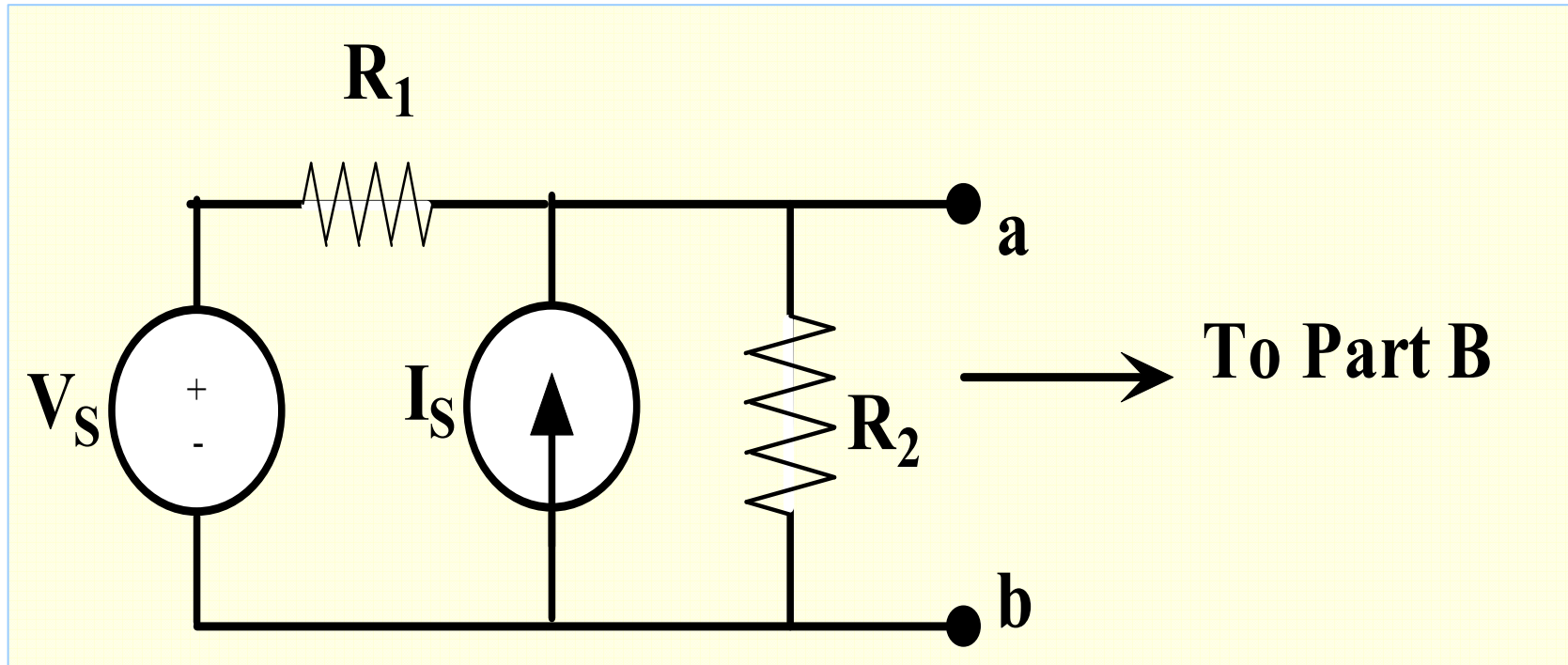
Tính điện trở tương đương R_T

$$R_{TH} = \frac{V_{TH}}{I_{SC}} \Rightarrow R_{TH} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

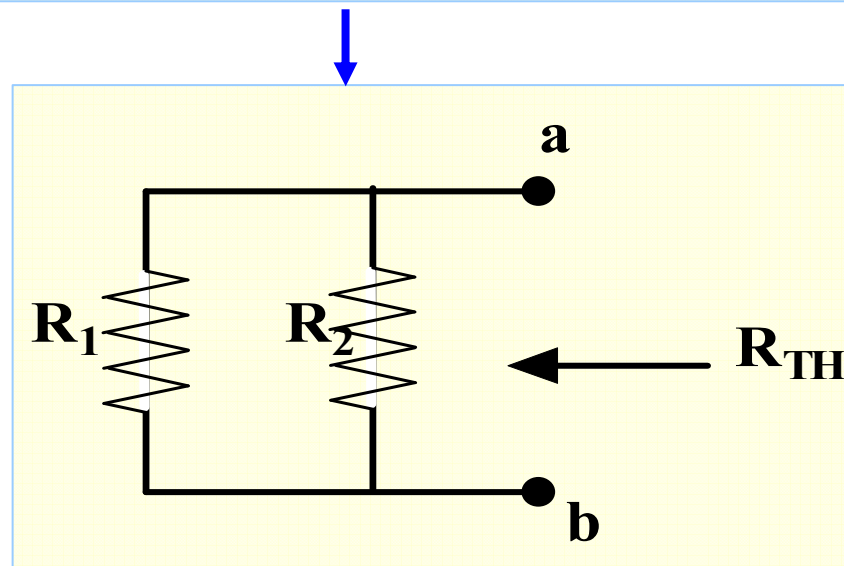
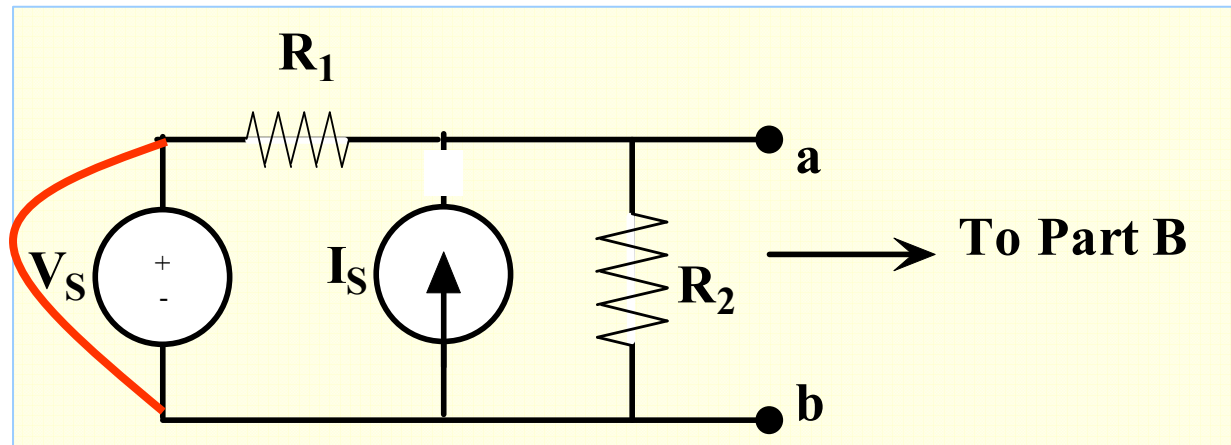
Trong trường hợp này, điện trở tương đương có thể được tính bằng cách tính tổng trở nhìn từ 2 điểm a và b khi triệt tiêu tất cả các nguồn độc lập:

- Ngắn mạch đối với nguồn áp
- Hở mạch đối với nguồn dòng.

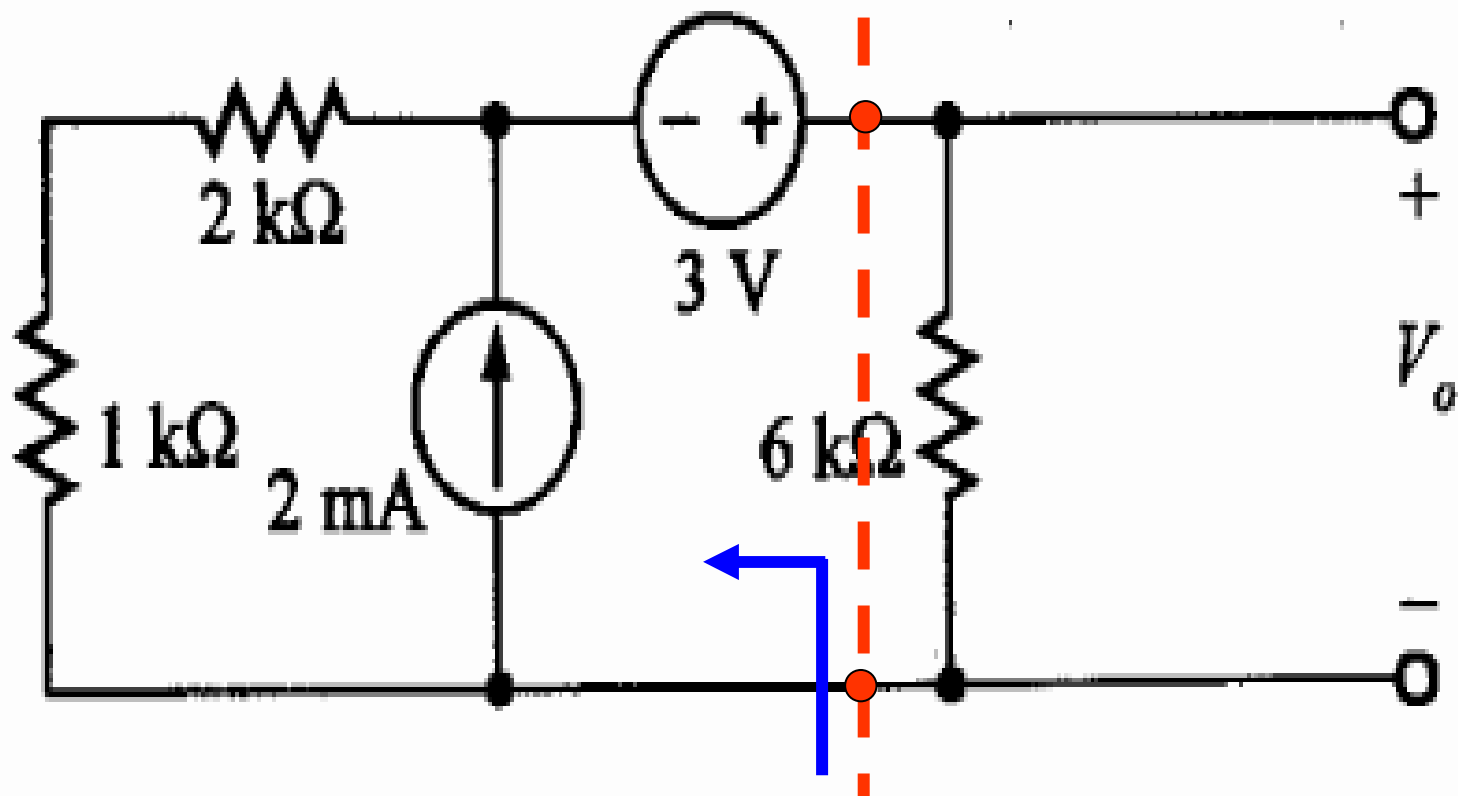
Một số ví dụ về cách tính R tương đương



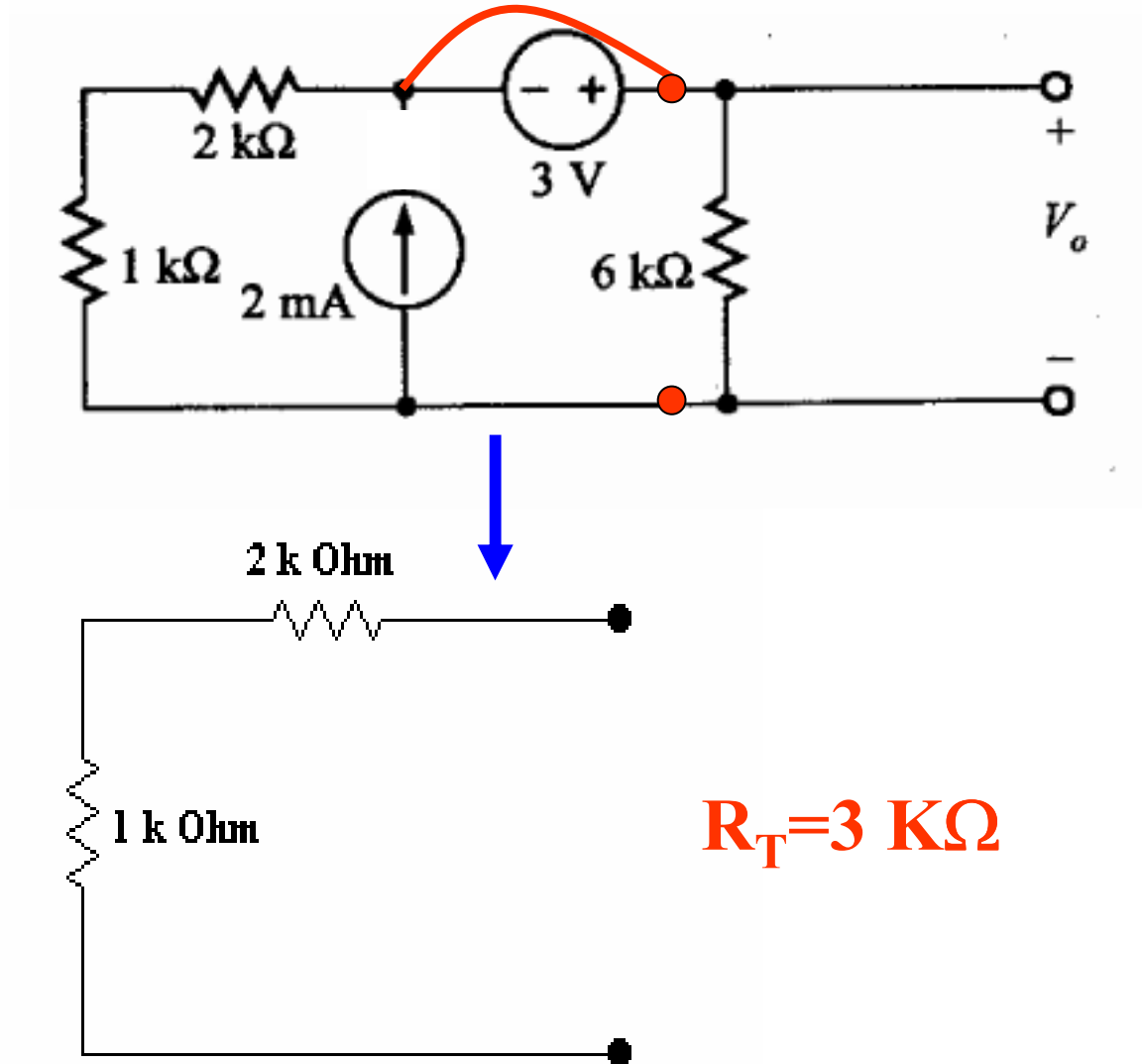
Ngắn mạch nguồn V_S và hở mạch nguồn I_S .



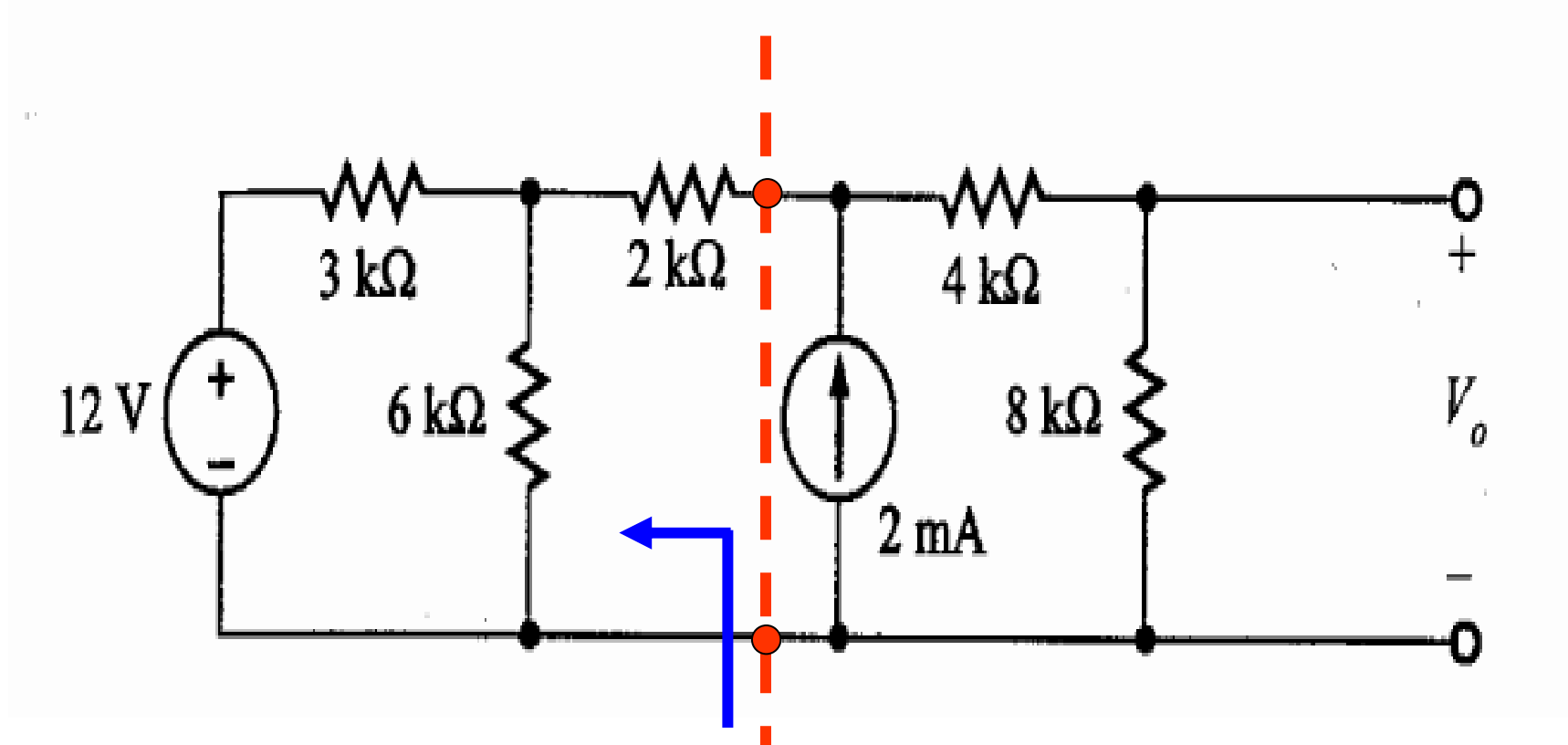
Một số ví dụ về cách tính R tương đương



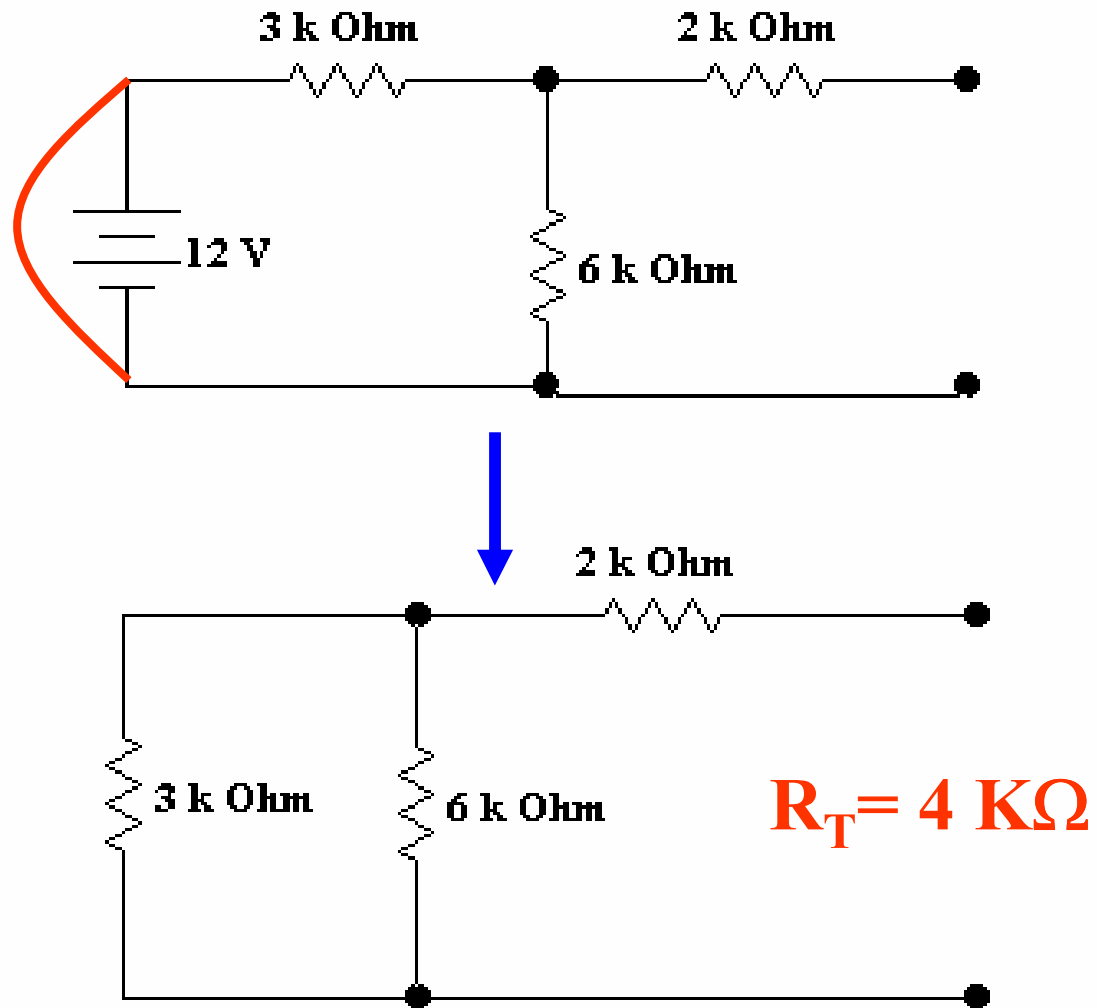
Ngắn mạch nguồn áp và hở mạch nguồn dòng.



Một số ví dụ về cách tính R tương đương

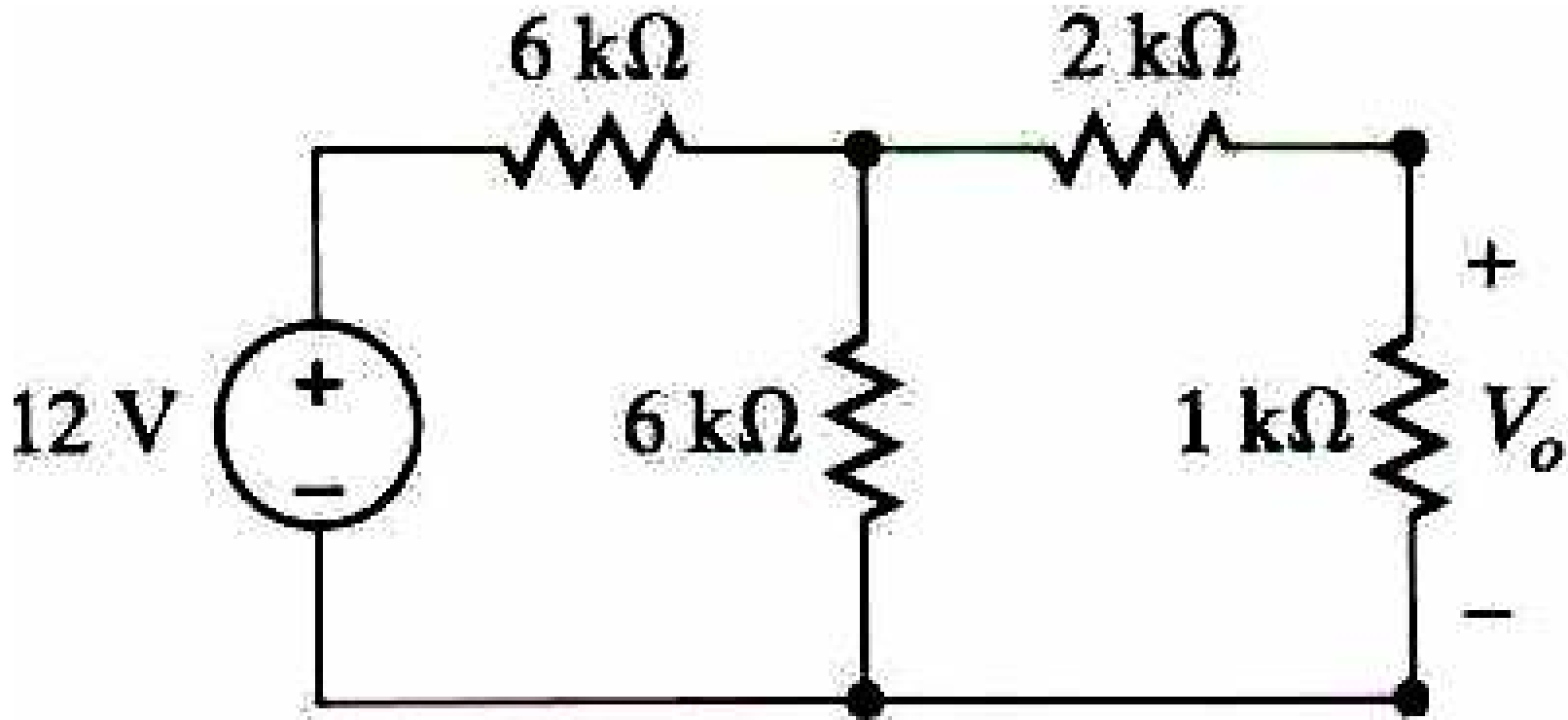


Ngắn mạch nguồn áp



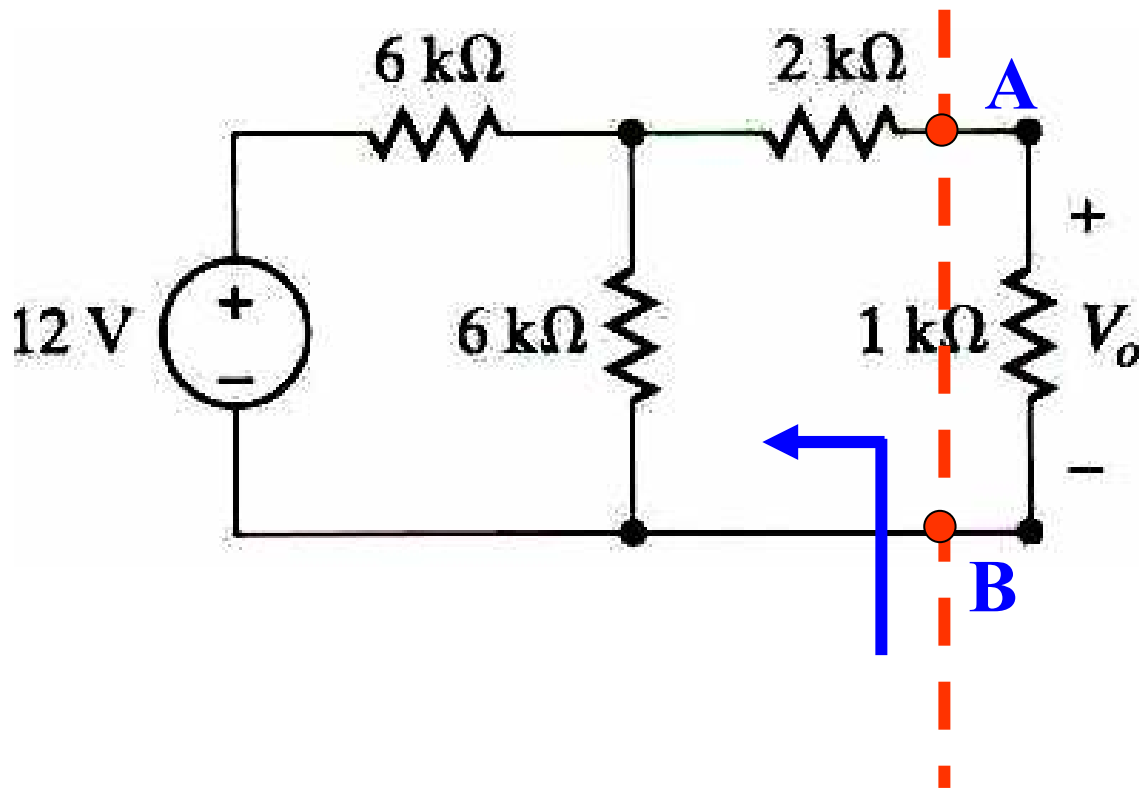
Ví dụ 1

Tìm V_o của mạch sau bằng cách sử dụng lý thuyết tương đương Thevenin

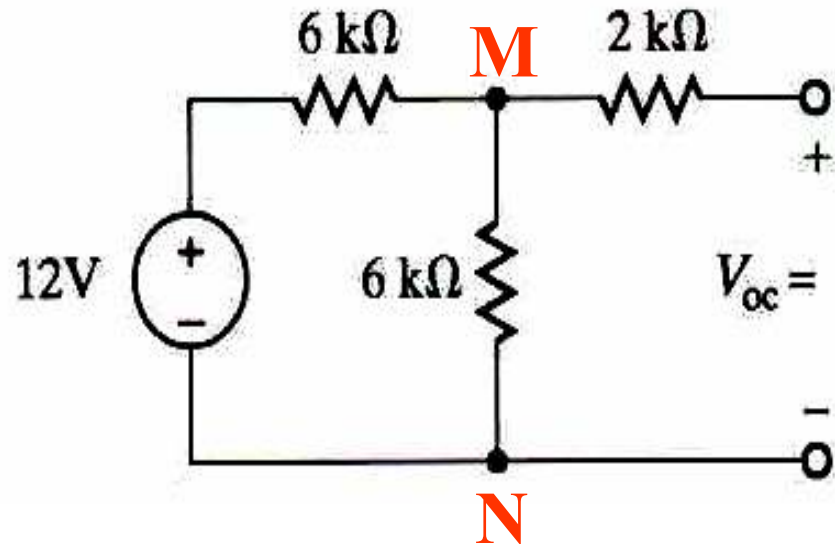


Hướng dẫn

Xác định mạch tương đương Thevenin bên trái của 2 điểm A và B

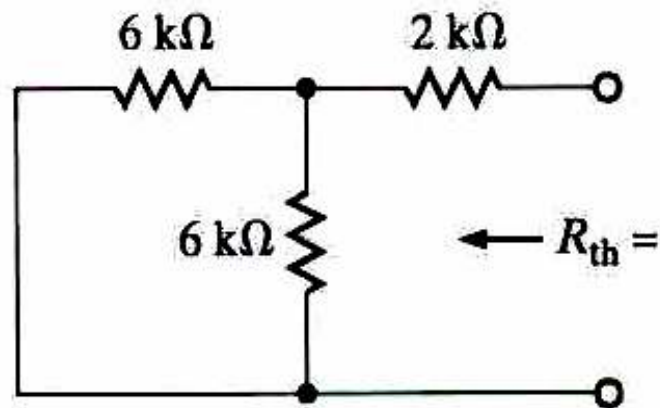


- Xác định thông số V_T :



$$V_T = V_{OC} = V_{MN} = 6V$$

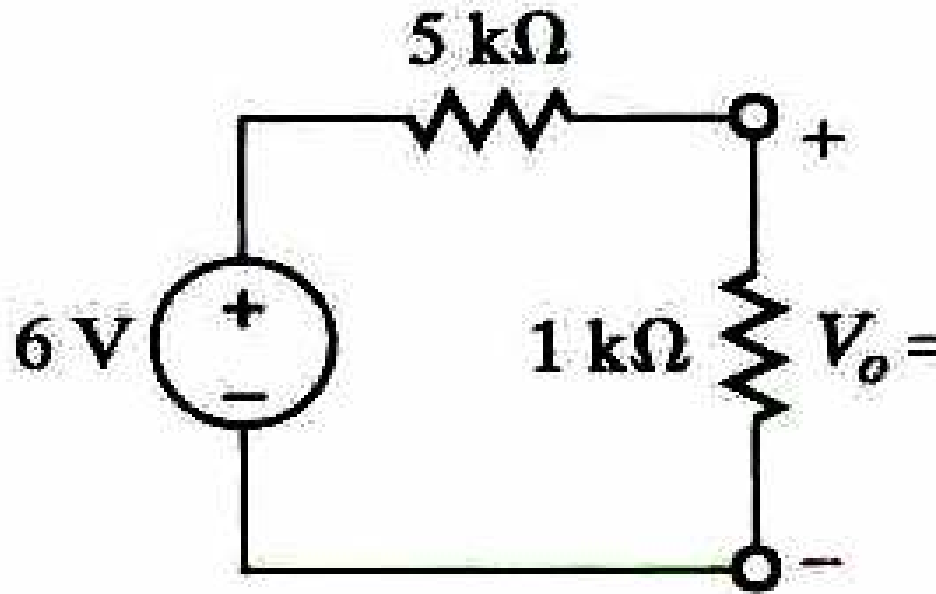
- Điện trở tương đương R_T :



$$R_T = (6K\Omega // 6K\Omega) + 5K\Omega$$

$$R_T = 5K\Omega$$

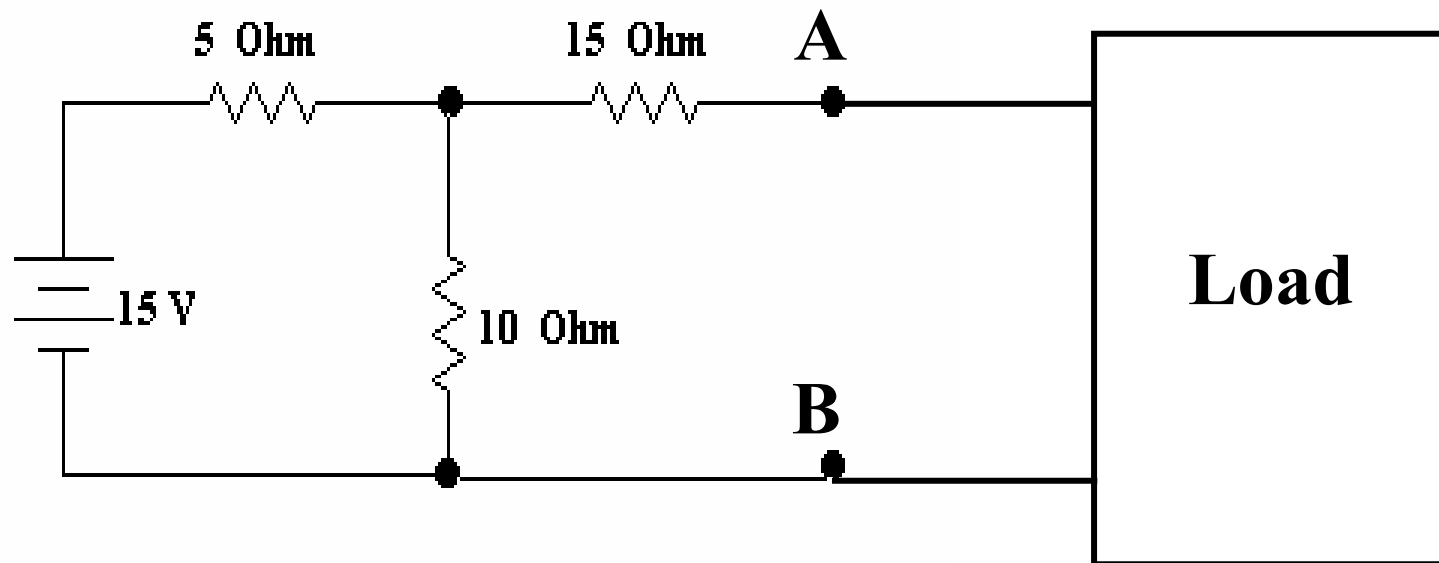
Mạch trở thành:



$$V_o = \frac{1k}{1k + 5k} \times 6 = 1 (V)$$

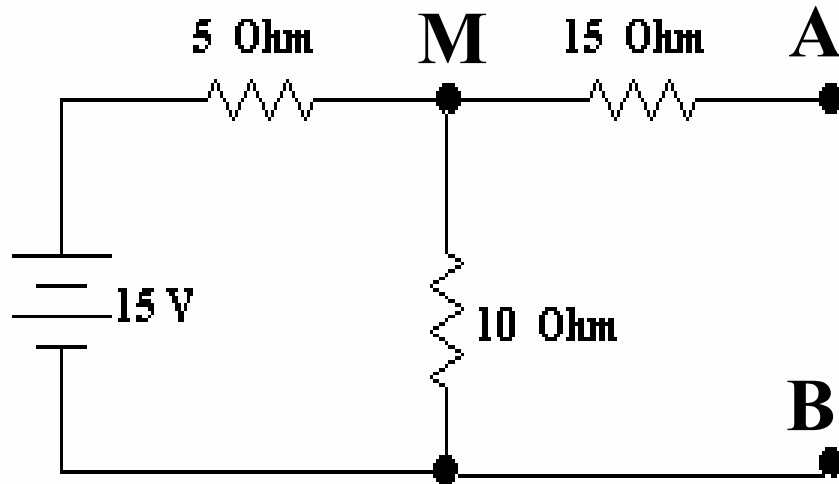
Ví dụ 2

Hãy tìm giá trị của điện trở tải để có áp rơi trên nó là 3V.



Hướng dẫn

Tìm mạch tương đương Thevenin bên trái AB



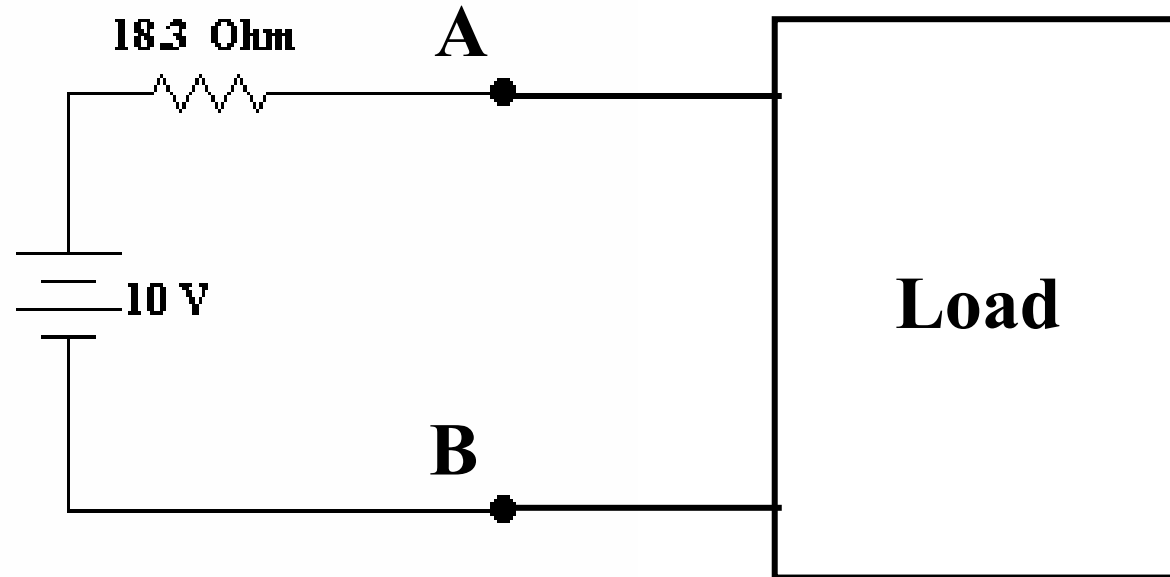
Nguồn áp Thevenin:

$$\begin{aligned} V_T &= V_{AB \text{ open circuit}} = V_{MB} \\ &= \frac{10}{10+5} \times 15 = 10 \text{ V} \end{aligned}$$

Điện trở tương đương:

$$R_T = \frac{5 \cdot 10}{5 + 10} + 15 = 18.3 \Omega$$

Mạch tương đương Thevenin



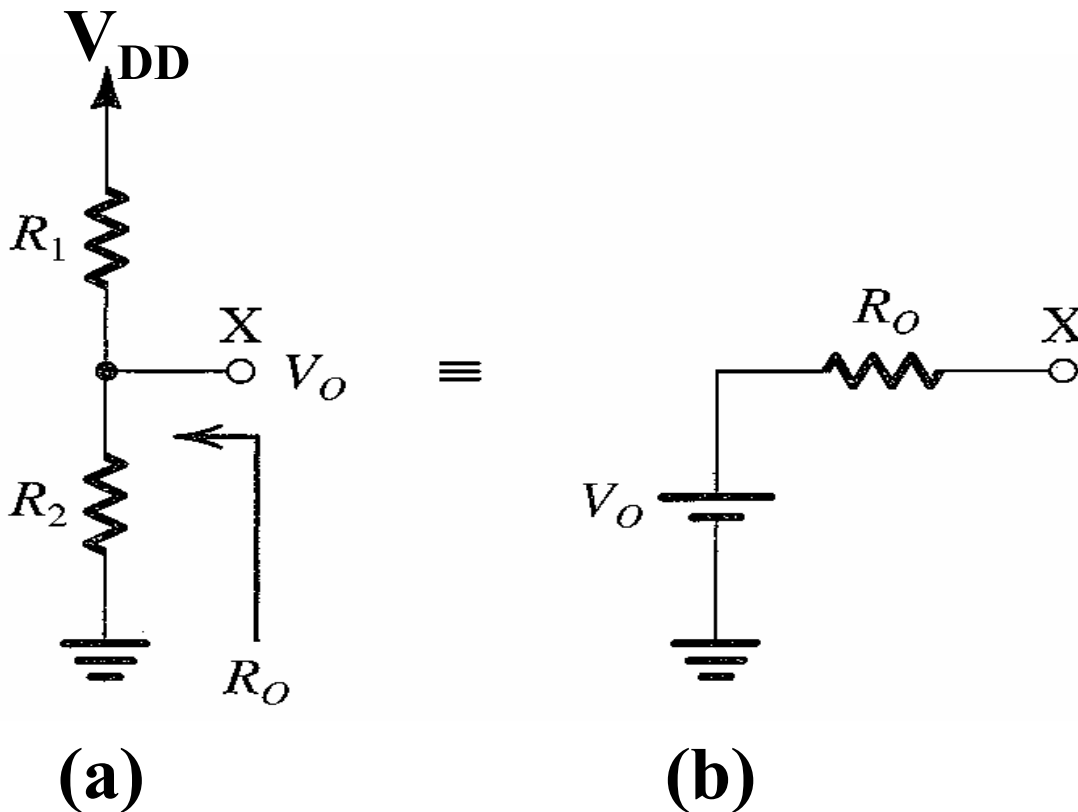
Điện áp rơi trên tải:

$$V_L = V_{AB} = \frac{R_L}{R_L + R_T} \times V_T = \frac{R_L}{R_L + 18.3} \times 10 = 3 \text{ V}$$

$$\Rightarrow R_L = 7.84\Omega$$

Ví dụ 3

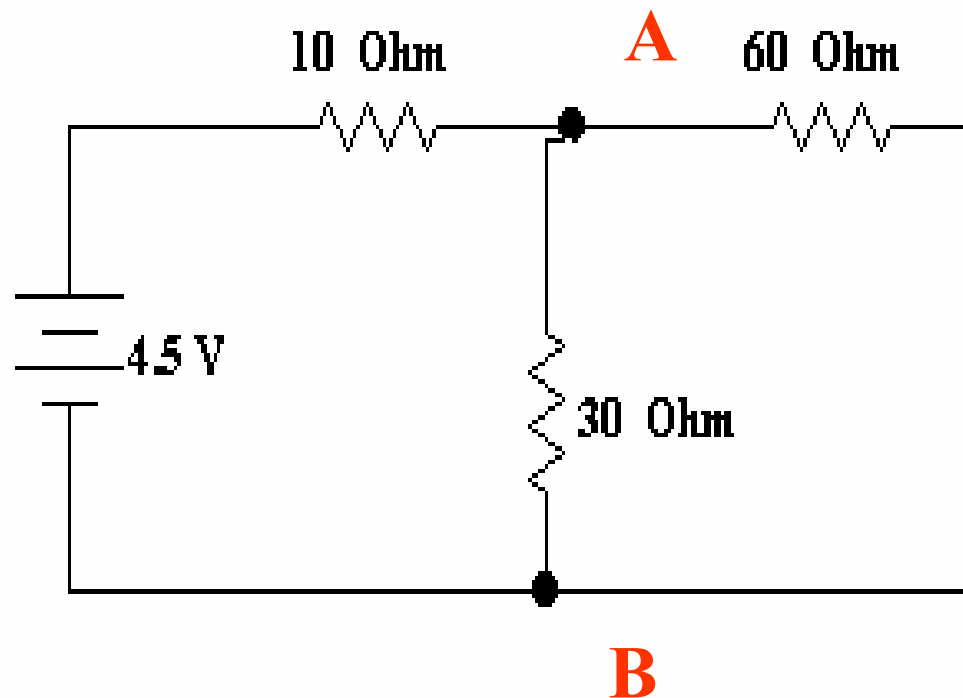
Mạch hình (a) là cầu phân áp được cấp nguồn V_{DD} .
Hãy xác định giá trị của V_O và R_O để có được mạch tương đương của hình (b).



$$V_O = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD}$$
$$R_O = R_2 // R_1$$

Bài tập áp dụng

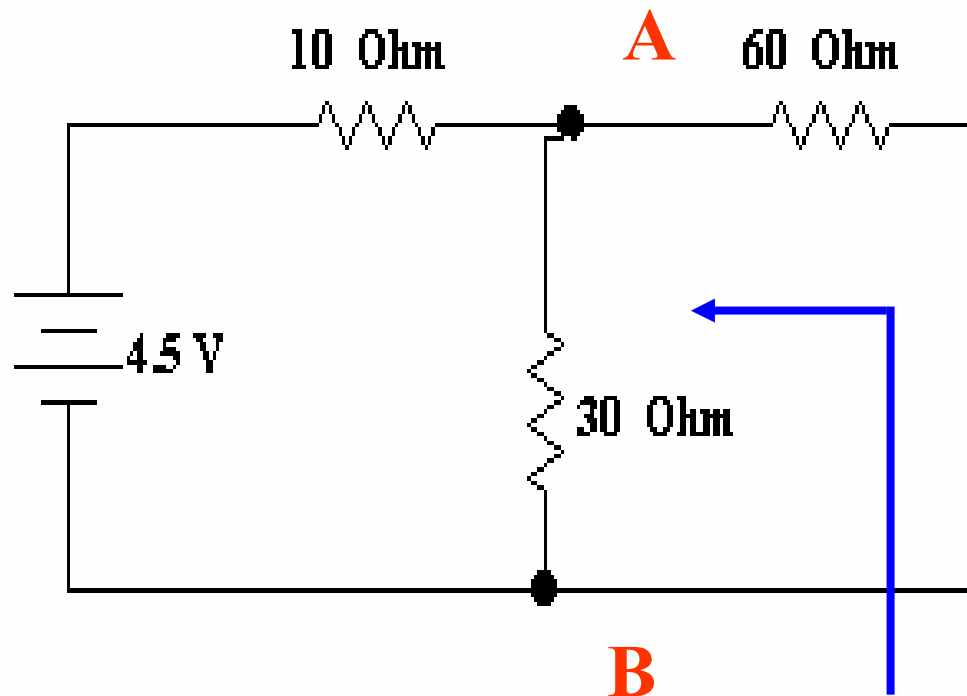
Bài 1: Cho mạch điện như hình vẽ. Sử dụng định lý tương đương Thevenin tính điện áp rơi giữa 2 điểm A và B.



ĐS: $U_{AB} = 3V$

Hướng dẫn

Xác định mạch tương đương Thevenin bên trái của 2 điểm A và B.

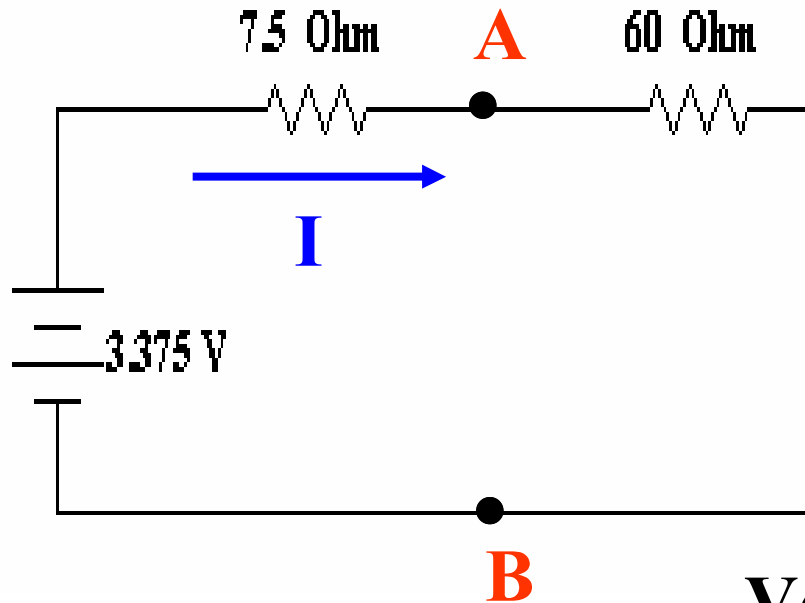


Các thông số cần xác định:

$$R_{td} = \frac{10 \cdot 30}{10 + 30} = 7.5 \Omega$$

$$V_T = \frac{30}{40} \times 4.5 = 3.375 \text{ V}$$

Mạch trở thành:



Điện áp giữa 2 điểm A,B:

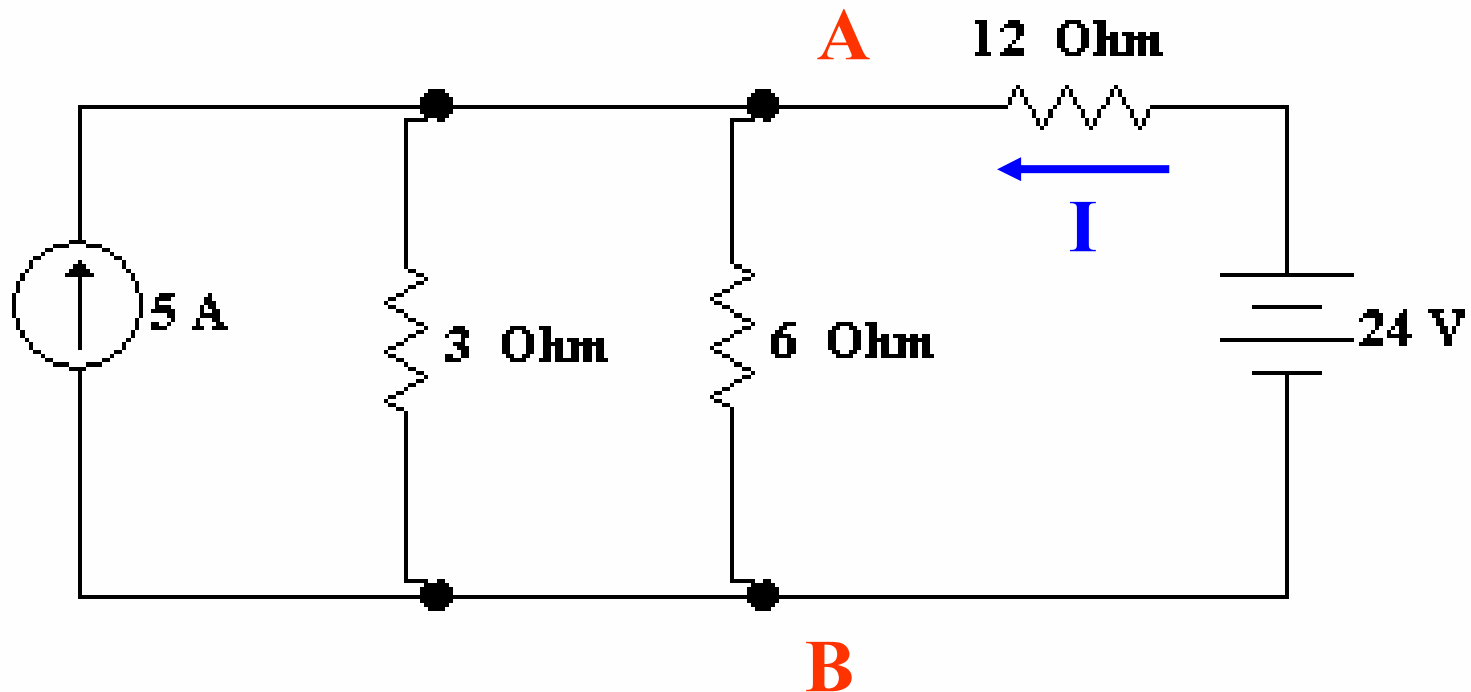
$$U_{AB} = I \times 60 \Omega$$

$$U_{AB} = 3.375 - I \times 7.5$$

Với:
$$I = \frac{3.375}{7.5 + 60} = 0.05 \text{ A}$$

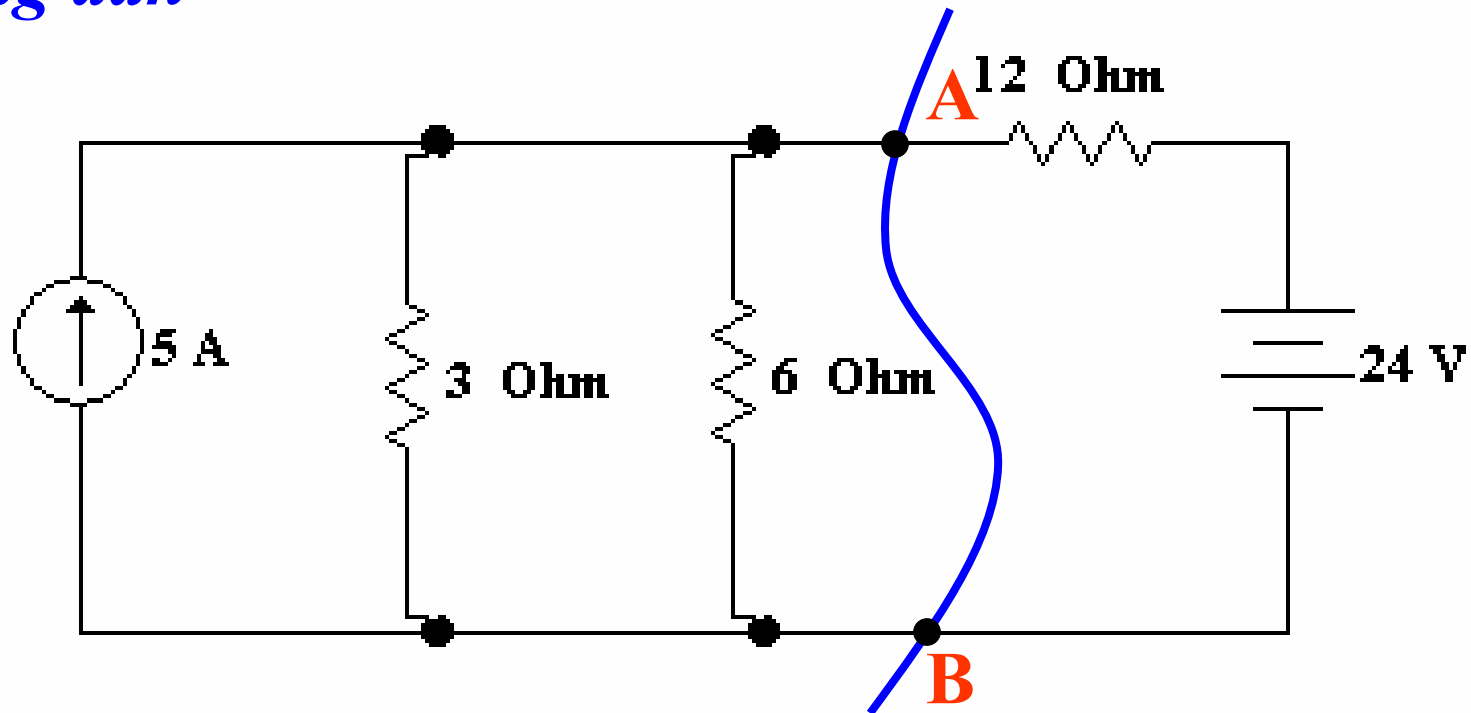
$$\Rightarrow U_{AB} = 3 \text{ V}$$

Bài 2: Cho mạch điện như hình vẽ. Sử dụng định lý tương đương Thevenin xác định dòng qua điện trở $12\ \Omega$ và điện áp rơi giữa 2 điểm A và B.



ĐS: $I = 1(A)$, $U_{AB} = 12V$

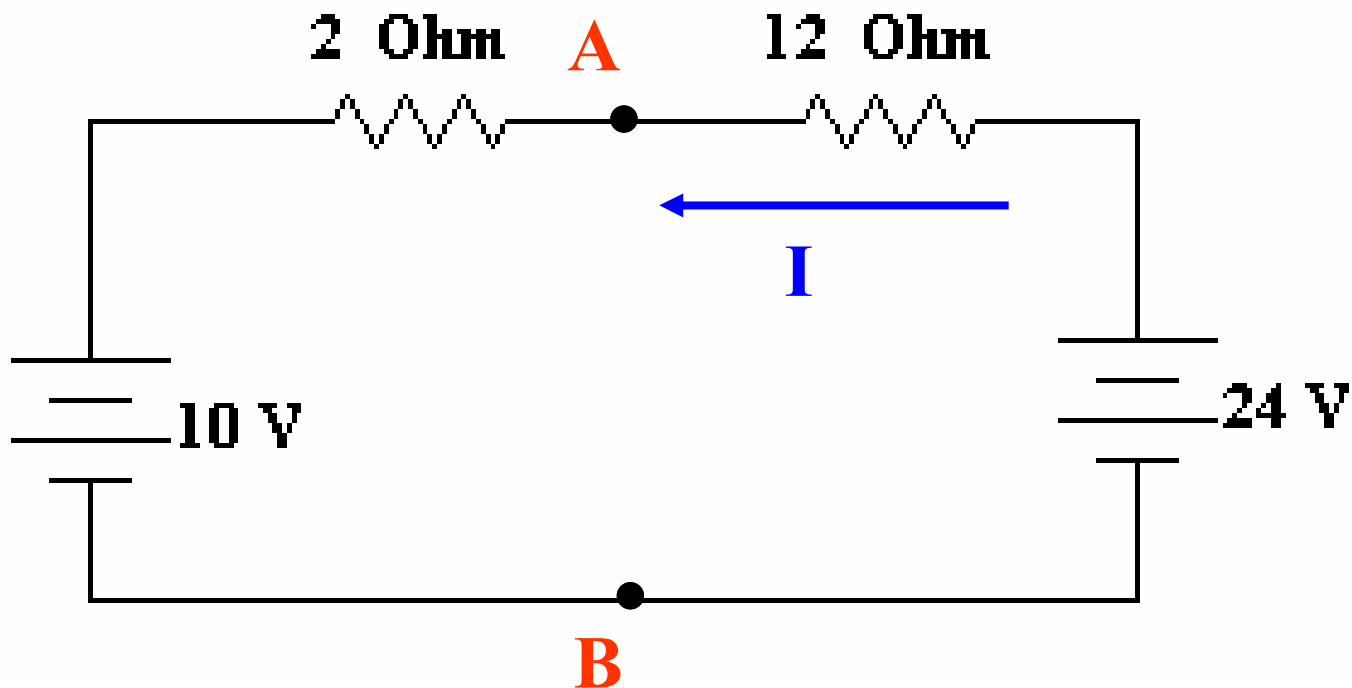
Hướng dẫn



Xác định mạch tương đương Thevenin bên trái A,B:

$$R_{td} = 2\Omega, I_N = 5 \text{ (A)} \Rightarrow V_T = 10 \text{ (V)}$$

Mạch trở thành:



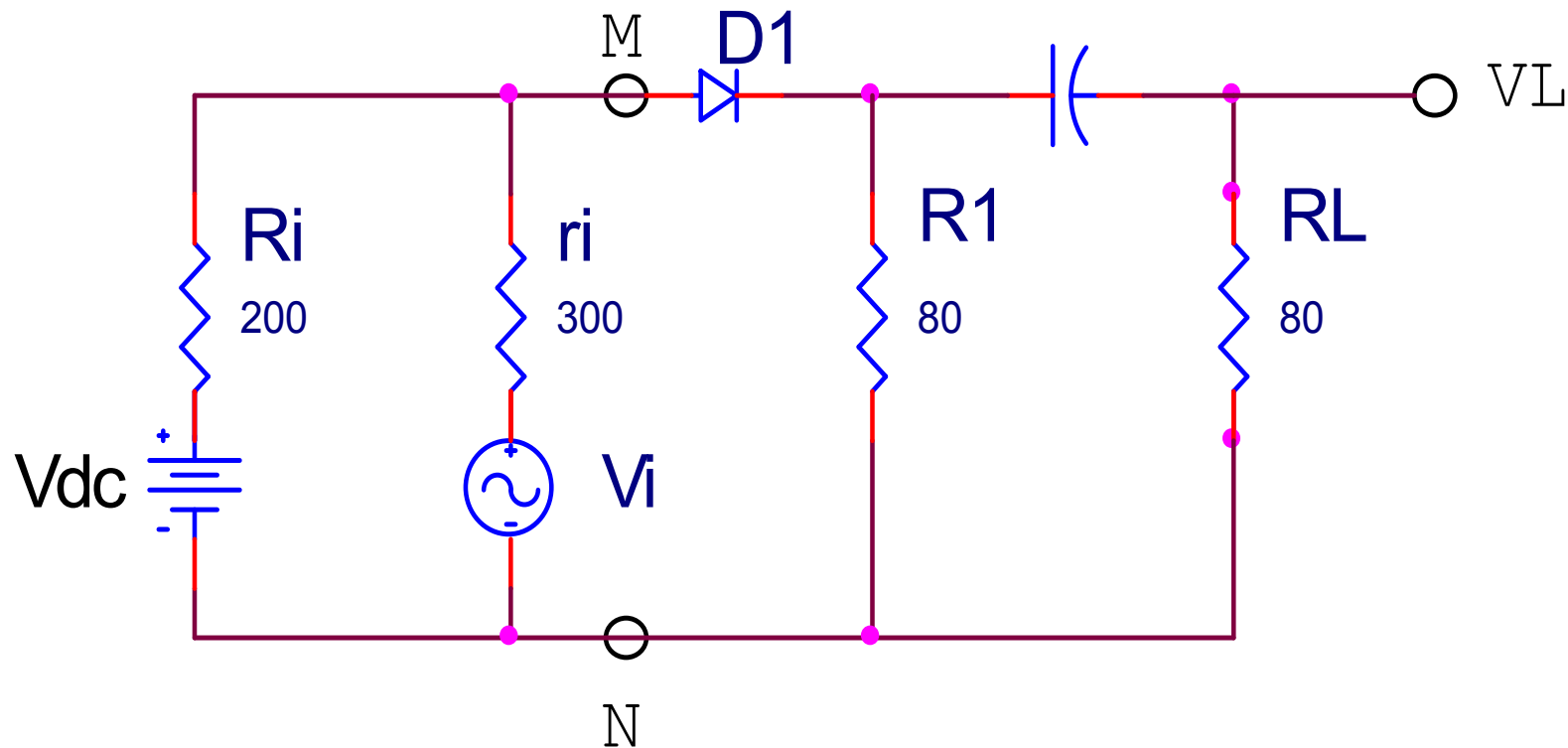
Dòng qua trở 12Ω : $I = \frac{24-10}{12+2} = 1 \text{ (A)}$

Điện áp giữa 2 điểm A,B:

$$U_{AB} = 2 \times I + 10 = -12 \times I + 24 = 12 \text{ (V)}$$

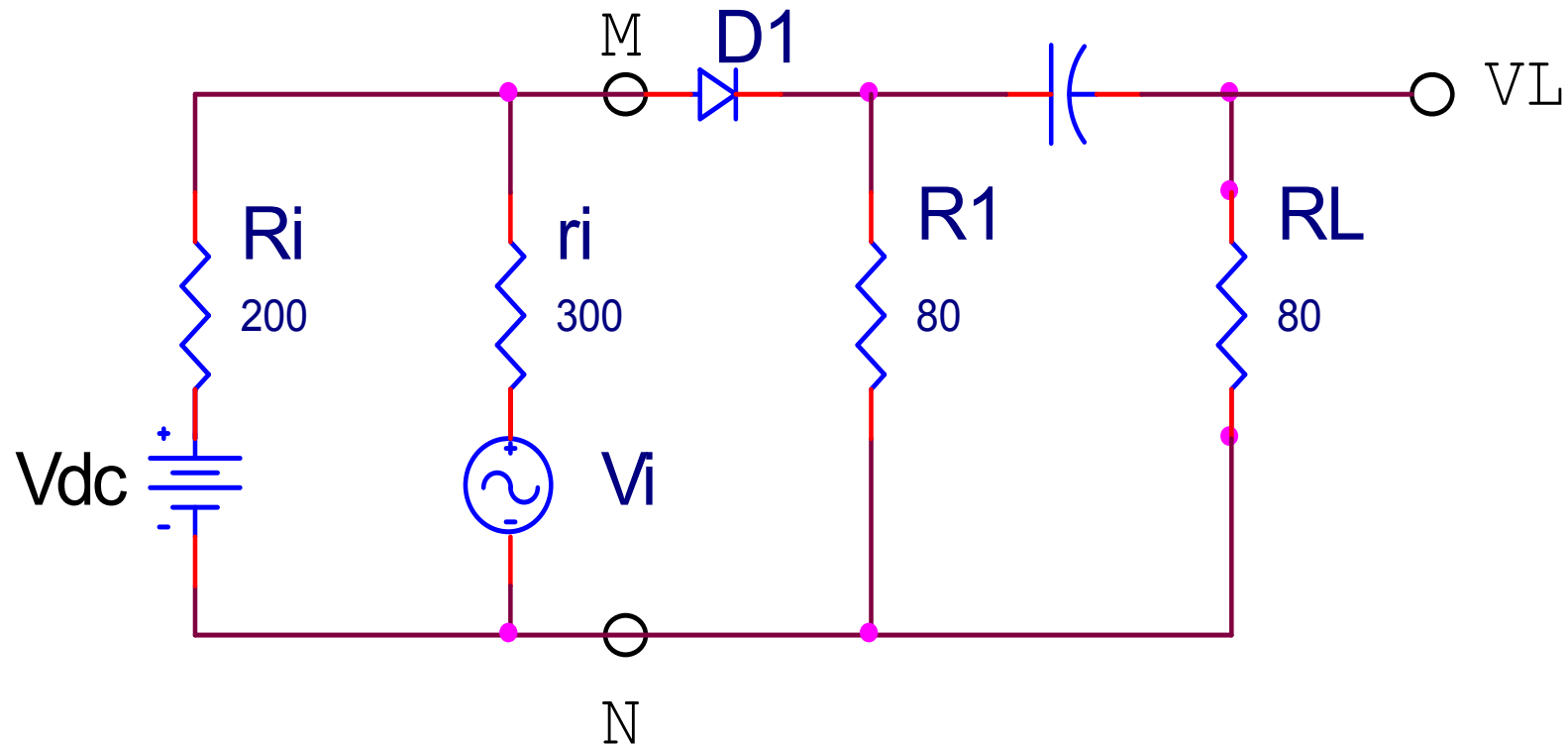
Bài 3: Cho mạch điện như hình vẽ. Tìm mạch tương đương Thevenin bên trái 2 điểm M và N.

Cho $V_{dc} = 10V$, $V_i = 1 \sin \omega t$ (V)



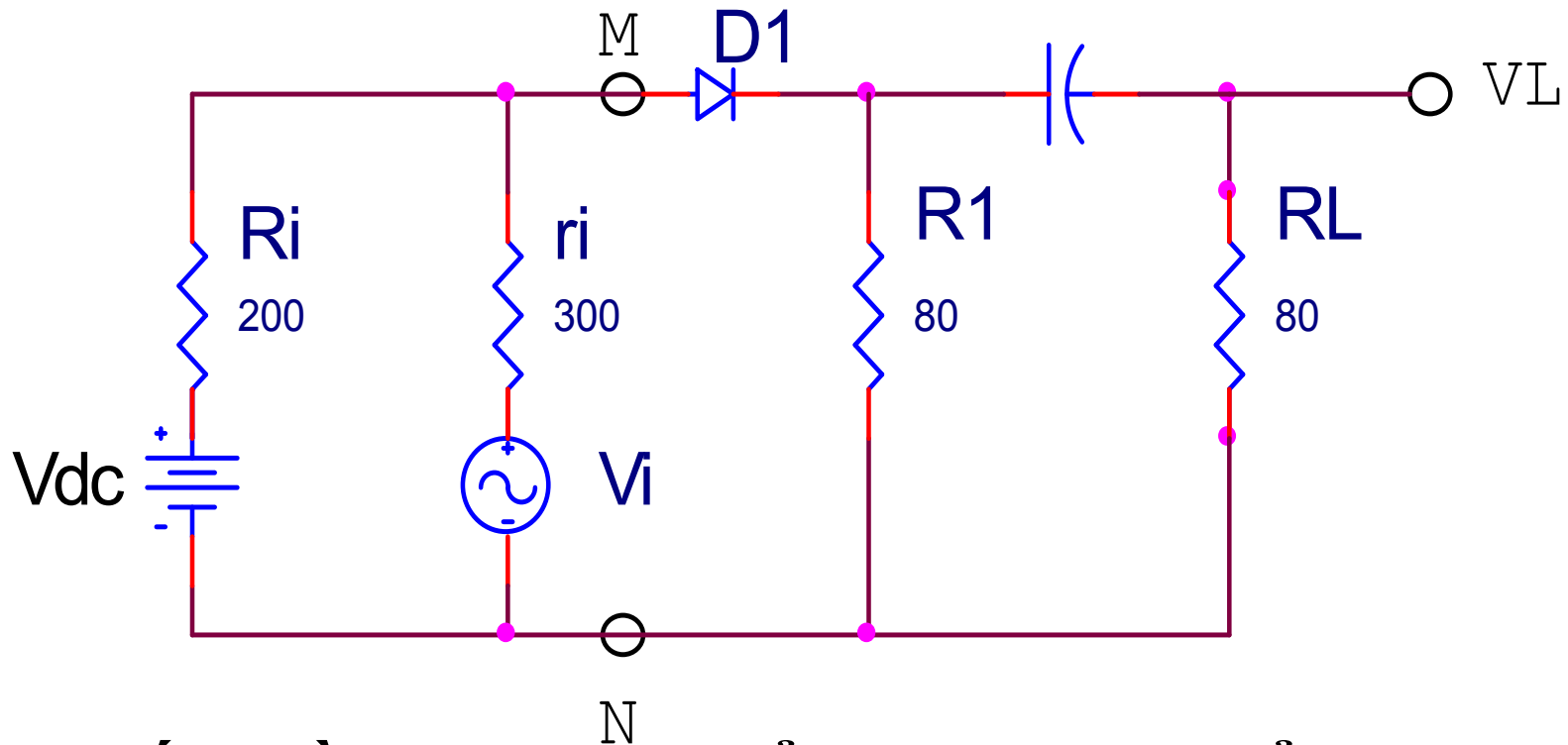
ĐS: $R_{td} = 120\Omega$, $V_T = 6 + 0.4 \sin \omega t$ (V)

Hướng dẫn



Các thông số cần xác định:

- $R_{td} = R_i // r_i = 120 \Omega$



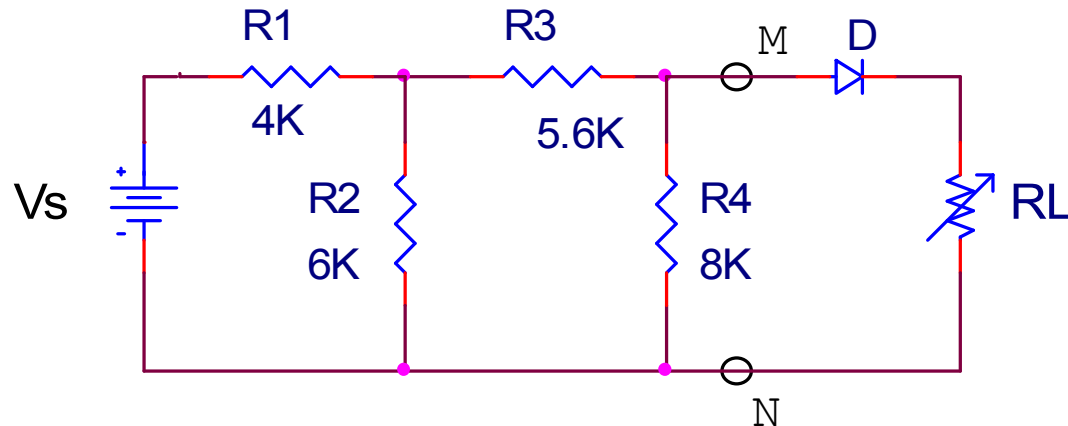
Dùng xếp chồng đáp ứng để tính điện áp hở mạch V_T :

- Khi chỉ có tác động của nguồn V_{dc} : $U_{hm1} = \frac{300}{500} \times V_{dc}$
- Khi chỉ có tác động của nguồn V_i : $U_{hm2} = \frac{200}{500} \times V_i$

Tổng hợp: $V_T = 6 + 0.4 \sin \omega t$ (V)

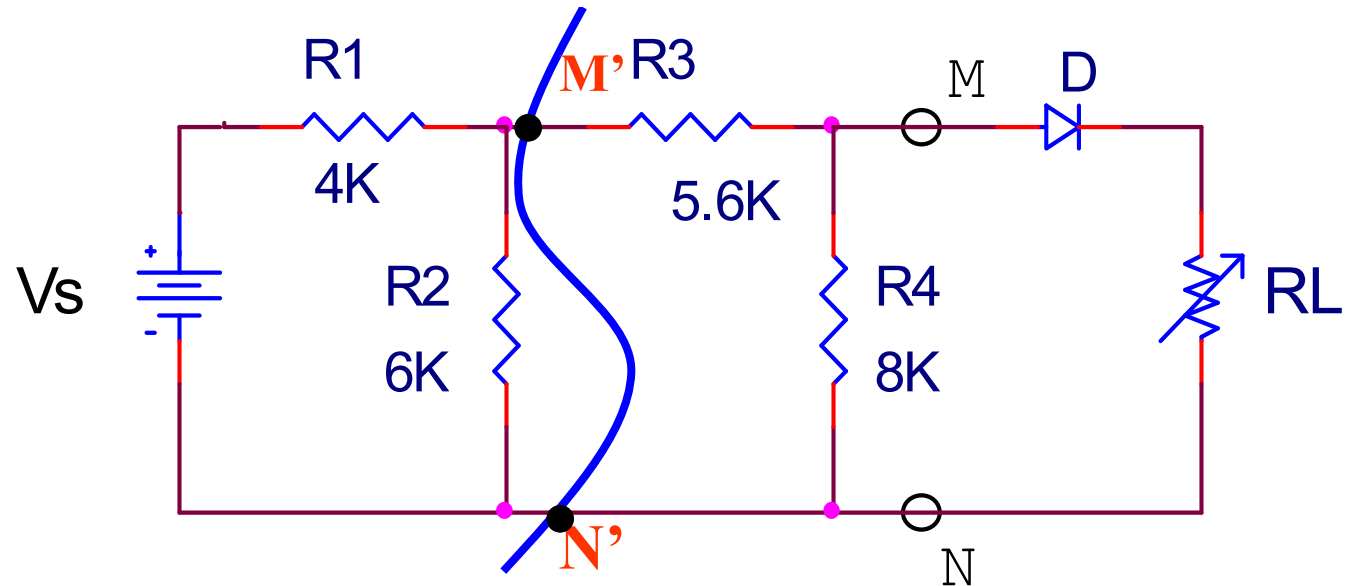
Bài 4: Cho mạch điện như hình vẽ. Tìm mạch tương đương Thevenin bên trái 2 điểm M và N.

Cho $V_s = 30V$.

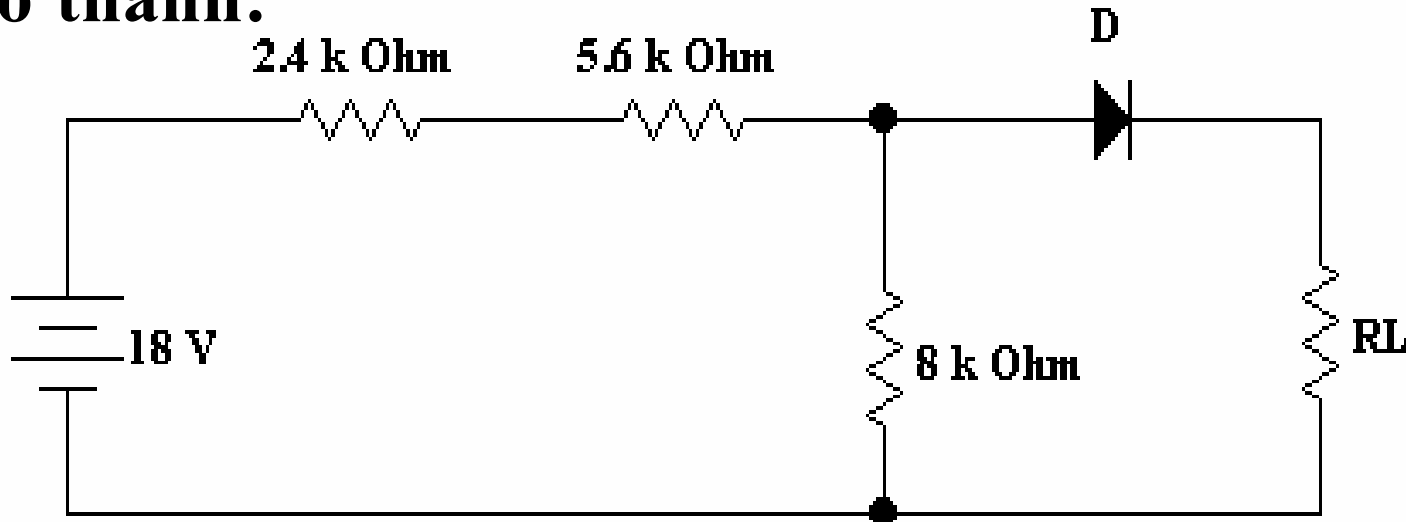


ĐS: $R_{td} = 4K\Omega$, $V_T = 9 V$

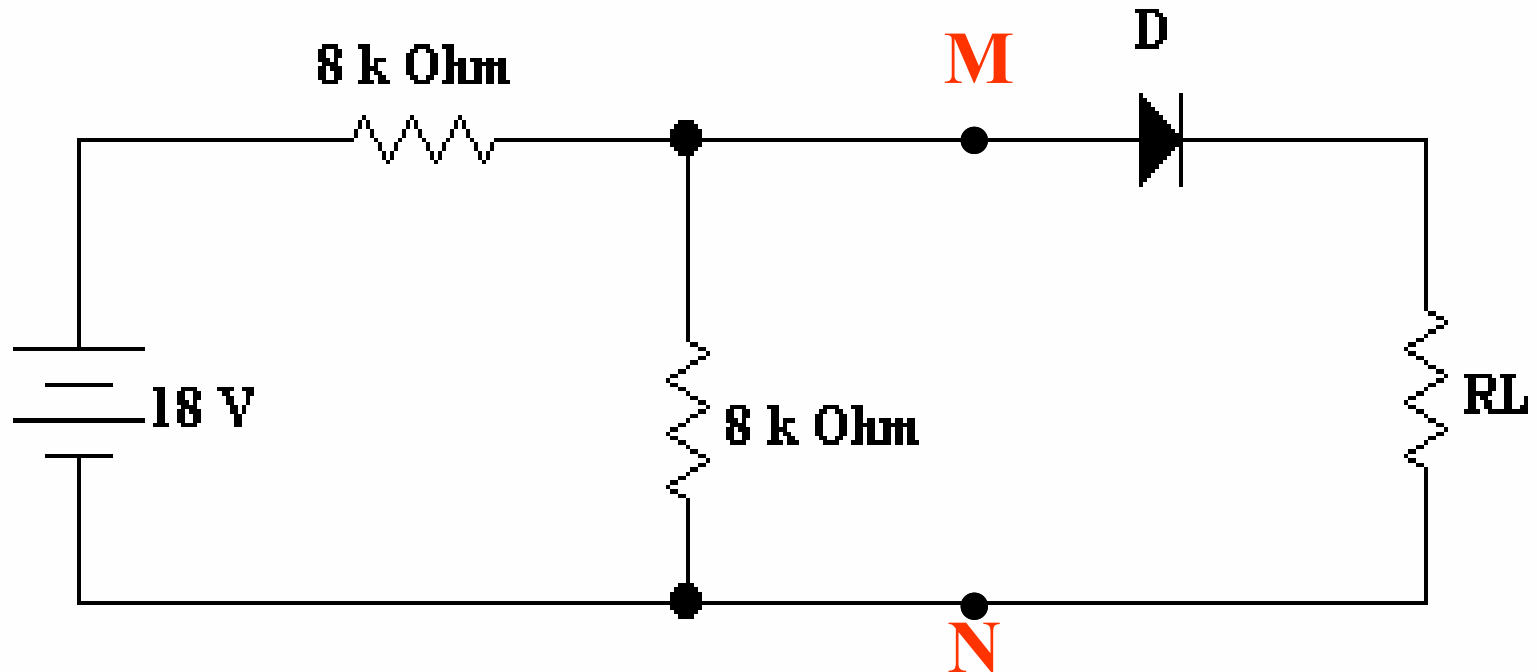
Hướng dẫn



Xác định mạch tương đương bên trái $M'N'$ và mạch trở thành:



Mạch có thể vẽ lại:



Để dàng tính lại mạch tương đương Thevenin bên trái MN với:

$$R_{td} = 4K\Omega, V_T = 9 V$$



GIỚI THIỆU MÔN HỌC

Tên môn học	: KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ
Phân phối giờ	: 42 tiết
Số tín chỉ	: 2 – Kiểm tra: 20% Thi: 80% (trắc nghiệm)
GV phụ trách	: Lê Thị Kim Anh
Email	: ltkanh@hcmut.edu.vn

Tài liệu tham khảo :

- **Theodore F. Bogart, JR** - **Electronic devices and Circuits**
2nd Ed. , Macmillan 1991
- **Millman & Taub** - **Pulse digital and switching waveforms**
McGraw-Hill
- **Savant, Rodent, Carpenter** - **Electronic Design – Circuits and Systems**
- **Lê Phi Yến, Nguyễn Như Anh, Lưu Phú**
- **Kỹ thuật điện tử**
NXB Khoa học kỹ thuật

Chương 1

GIỚI THIỆU VỀ BÁN DẪN

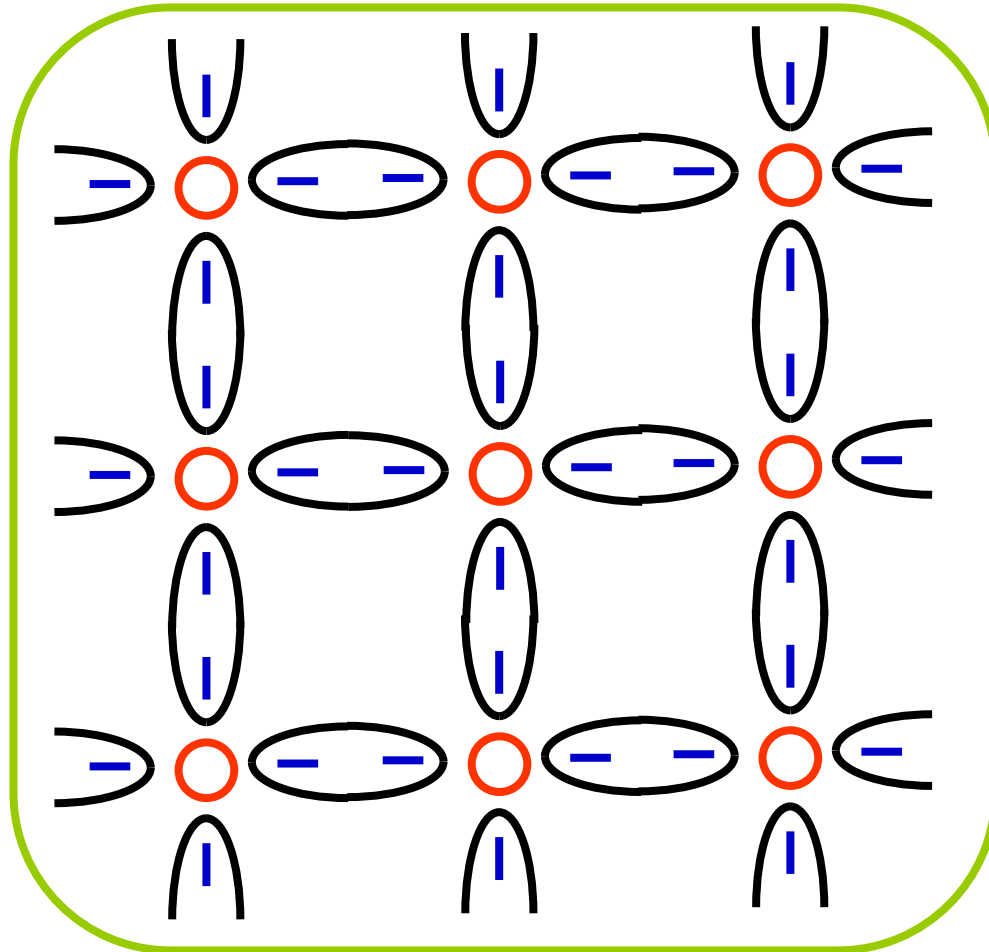
1.1 Vật liệu bán dẫn

- Dựa trên tính dẫn điện, vật liệu bán dẫn không phải là vật liệu cách điện mà cũng không phải là vật liệu dẫn điện tốt.
- Đối với vật liệu dẫn điện, lớp vỏ ngoài cùng của nguyên tử có rất ít các electron, nó có khuynh hướng giải phóng các electron này để tạo thành electron tự do và đạt đến trạng thái bền vững.

- Vật liệu *cách điện* lại có khuynh hướng giữ lại các electron lớp ngoài cùng của nó để có trạng thái bền vững.
- Vật liệu *bán dẫn*, nó có khuynh hướng đạt đến trạng thái bền vững *tạm thời* bằng cách lấp đầy lớp con của lớp vỏ ngoài cùng.
- Các chất bán dẫn điển hình như Germanium (Ge), Silicium (Si),.. Là những nguyên tố thuộc nhóm 4 nằm trong bảng hệ thống tuần hoàn.

Ví dụ về nguyên tử bán dẫn Silicon (Si)

Nguyên tử bán dẫn Si, có 4 electron ở lớp ngoài cùng.



○ Hạt nhân

— một nửa liên kết hóa trị

— — liên kết hóa trị

*Liên kết hóa trị
trong tinh thể
bán dẫn Si*

1.2 Dòng điện trong bán dẫn

- Trong vật liệu dẫn điện có rất nhiều electron tự do.
- Khi ở điều kiện môi trường, nếu được hấp thu một năng lượng nhiệt các electron này sẽ được giải phóng khỏi nguyên tử.
- Khi các electron này chuyển động có hướng sẽ sinh ra dòng điện.
- Đối với vật liệu bán dẫn, các electron tự do cũng được sinh ra một cách tương tự.

- Tuy nhiên, năng lượng cần để giải phóng các electron này lớn hơn đối với vật liệu dẫn điện vì chúng bị ràng buộc bởi các liên kết hóa trị.

Giản đồ năng lượng

- Đơn vị năng lượng qui ước trong các giản đồ này là electronvolt (eV).

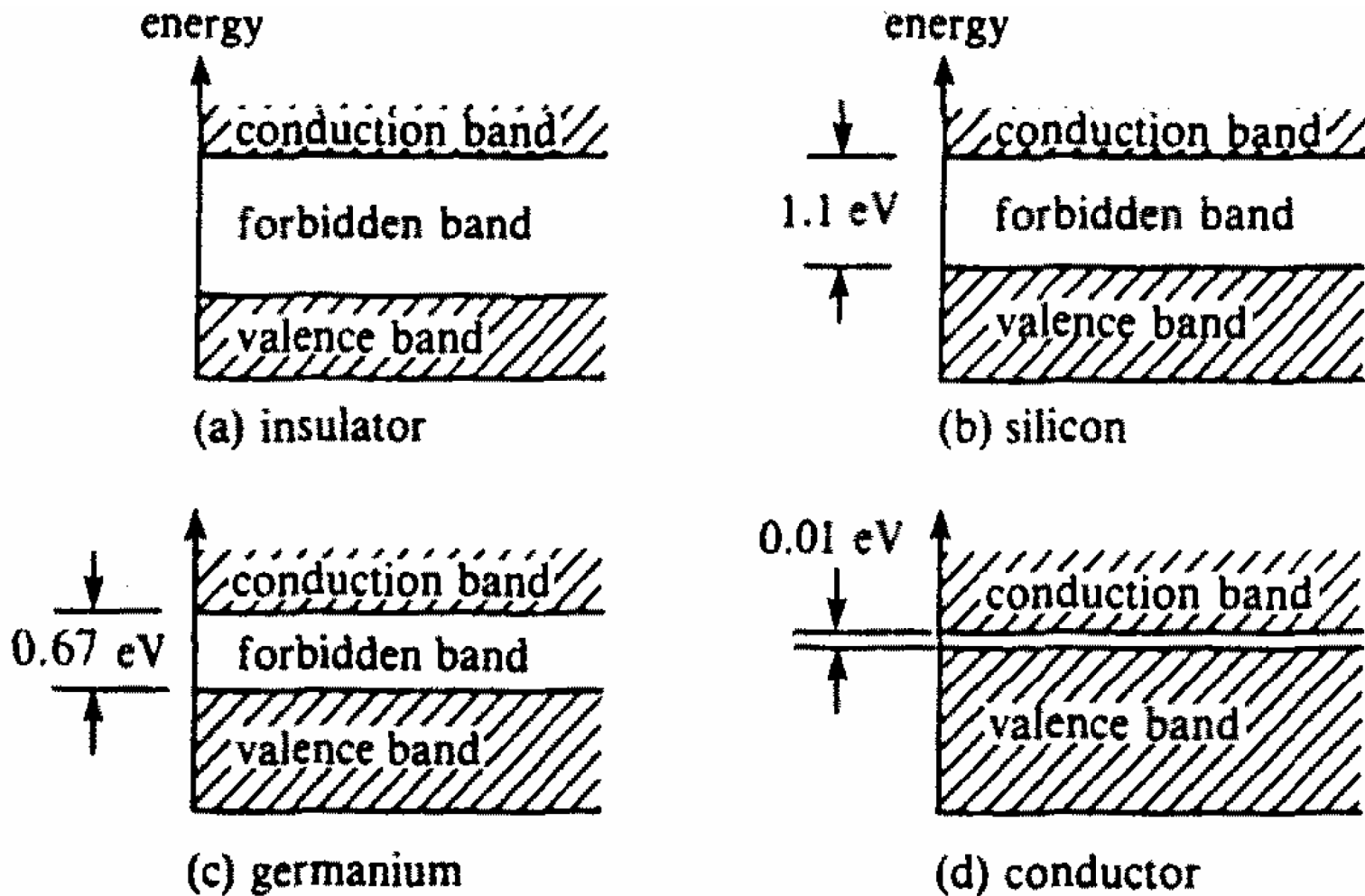
- Một electron khi muốn trở thành một electron tự do phải hấp thu đủ một lượng năng lượng xác định.

- Năng lượng này phụ thuộc vào dạng nguyên tử và lớp mà electron này đang chiếm.
- Năng lượng này phải đủ lớn để phá vỡ liên kết hóa trị giữa các nguyên tử.
- Thuyết lượng tử cho phép ta nhìn mô hình nguyên tử dựa trên năng lượng của nó, thường được biểu diễn dưới dạng giản đồ năng lượng.

- Các electron cũng có thể di chuyển từ lớp bên trong đến lớp bên ngoài trong nguyên tử bằng cách nhận thêm một lượng năng lượng bằng với chênh lệch năng lượng giữa hai lớp.
- Ngược lại, các electron cũng có thể mất năng lượng và trở lại với các lớp có mức năng lượng thấp hơn.
- Các electron tự do cũng vậy, chúng có thể giải phóng năng lượng và trở lại lớp vỏ ngoài cùng của nguyên tử.

- Khi nhìn trên một nguyên tử, các electron trong nguyên tử sẽ được sắp xếp vào các mức năng lượng rời rạc nhau tùy thuộc vào lớp và lớp con mà electron này chiếm. Các mức năng lượng này giống nhau cho mọi nguyên tử.

- Tuy nhiên, khi nhìn trên toàn bộ vật liệu, mỗi nguyên tử còn chịu ảnh hưởng từ các tác động khác nhau bên ngoài nguyên tử. Do đó, mức năng lượng của các electron trong cùng lớp và lớp con có thể không còn bằng nhau giữa các nguyên tử.

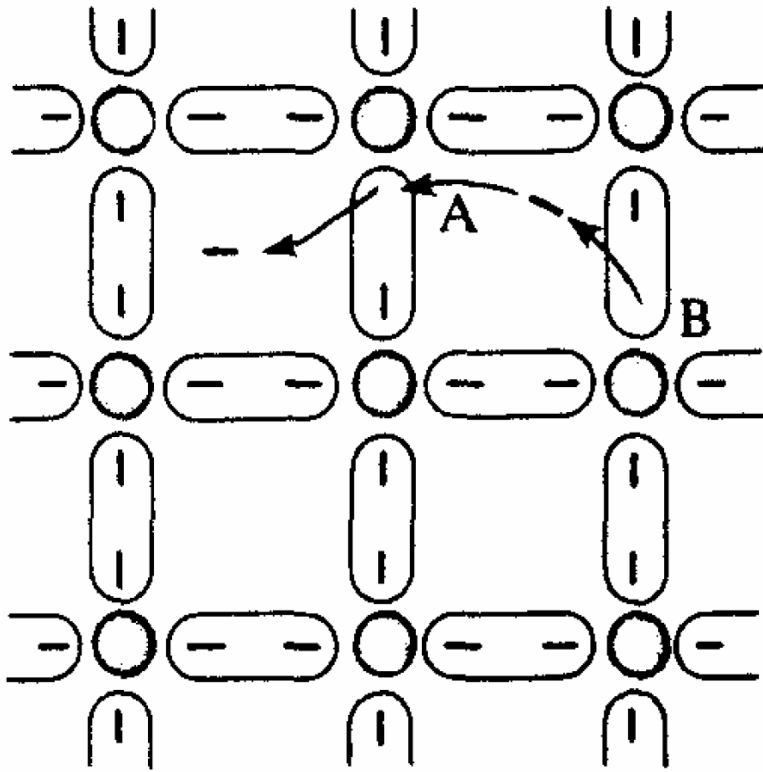


Giản đồ vùng năng lượng của một số vật liệu.

Nhận xét

- Số electron tự do trong vật liệu phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ và do đó độ dẫn điện của vật liệu cũng vậy.
- Nhiệt độ càng cao thì năng lượng của các electron càng lớn.
- Vật liệu **bán dẫn** có hệ số **nhật điện trở âm**.
- Vật liệu **dẫn điện** có hệ số **nhật điện trở dương**.

1.2.1 Lỗ trống và dòng lỗ trống



- Vật liệu bán dẫn tồn tại một dạng hạt dẫn khác ngoài electron tự do.
- Một electron tự do xuất hiện thì đồng thời nó cũng sinh ra một lỗ trống (hole).
- Lỗ trống được qui ước là hạt dẫn mang điện tích dương.

- Dòng di chuyển có hướng của lỗ trống được gọi là dòng lỗ trống trong bán dẫn.
- Khi lỗ trống di chuyển từ phải sang trái cũng đồng nghĩa với việc các electron lớp vỏ ngoài cùng di chuyển từ trái sang phải.
- Có thể phân tích dòng điện trong bán dẫn thành hai dòng electron: dòng electron tự do và dòng electron ở lớp vỏ ngoài cùng.
- Nhưng để tiện lợi người ta thường xem như dòng điện trong bán dẫn là do dòng electron và dòng lỗ trống gây ra.

- Ta thường gọi electron tự do và lỗ trống là hạt dẫn vì chúng có khả năng chuyển động có hướng để sinh ra dòng điện.
- Khi một electron tự do và lỗ trống kết hợp lại với nhau trong vùng hóa trị, các hạt dẫn bị mất đi, và ta gọi quá trình này là quá trình tái hợp hạt dẫn.
- Việc phá vỡ một liên kết hóa trị sẽ tạo ra một electron tự do và một lỗ trống, do đó số lượng lỗ trống sẽ luôn bằng số lượng electron tự do. Bán dẫn này được gọi là bán dẫn thuần hay bán dẫn nội tại (intrinsic).

- Ta có:

$$n_i = p_i$$

n_i : mật độ electron (electron/cm³)

p_i : mật độ lỗ trống (lỗ trống/cm³)

1.2.2 Dòng trôi

- Khi một hiệu điện thế được đặt lên hai đầu bán dẫn, điện trường sẽ làm cho các electron tự do di chuyển ngược chiều điện trường và các lỗ trống di chuyển cùng chiều điện trường.
- Cả hai sự di chuyển này gây ra trong bán dẫn một dòng điện có chiều cùng chiều điện trường được gọi là **dòng trôi** (drift current).

- Dòng trôi phụ thuộc nhiều vào khả năng di chuyển của hạt dẫn trong bán dẫn, khả năng di chuyển được đánh giá bằng độ linh động của hạt dẫn. Độ linh động này phụ thuộc vào loại hạt dẫn cũng như loại vật liệu.

Silicon	Germanium
$\mu_n=0.14 \text{ (m}^2\text{/V.s)}$	$\mu_n=0.38 \text{ (m}^2\text{/V.s)}$
$\mu_p=0.05 \text{ (m}^2\text{/V.s)}$	$\mu_p=0.18 \text{ (m}^2\text{/V.s)}$

- Vận tốc của hạt dẫn trong điện trường E :

$$\mathbf{v}_n = \mathbf{E} \cdot \mu_n$$

$$\mathbf{v}_p = \mathbf{E} \cdot \mu_p$$

- Mật độ dòng điện J :

$$\begin{aligned} J &= J_n + J_p \\ &= nq_n \mu_n E + pq_p \mu_p E \\ &= nq_n v_n + pq_p v_p \end{aligned}$$

Với:

J : mật độ dòng điện (A/m^2) ; E cường độ điện trường (V/m)

n, p : mật độ electron tự do và lỗ trống, (hạt dẫn/ m^3)

q_n, q_p : đơn vị điện tích electron = $1.6 \times 10^{-19} C$

μ_n, μ_p : độ linh động của electron tự do và lỗ trống (m^2/Vs)

v_n, v_p : vận tốc electron tự do và lỗ trống, (m/s)

Ví dụ 1-1

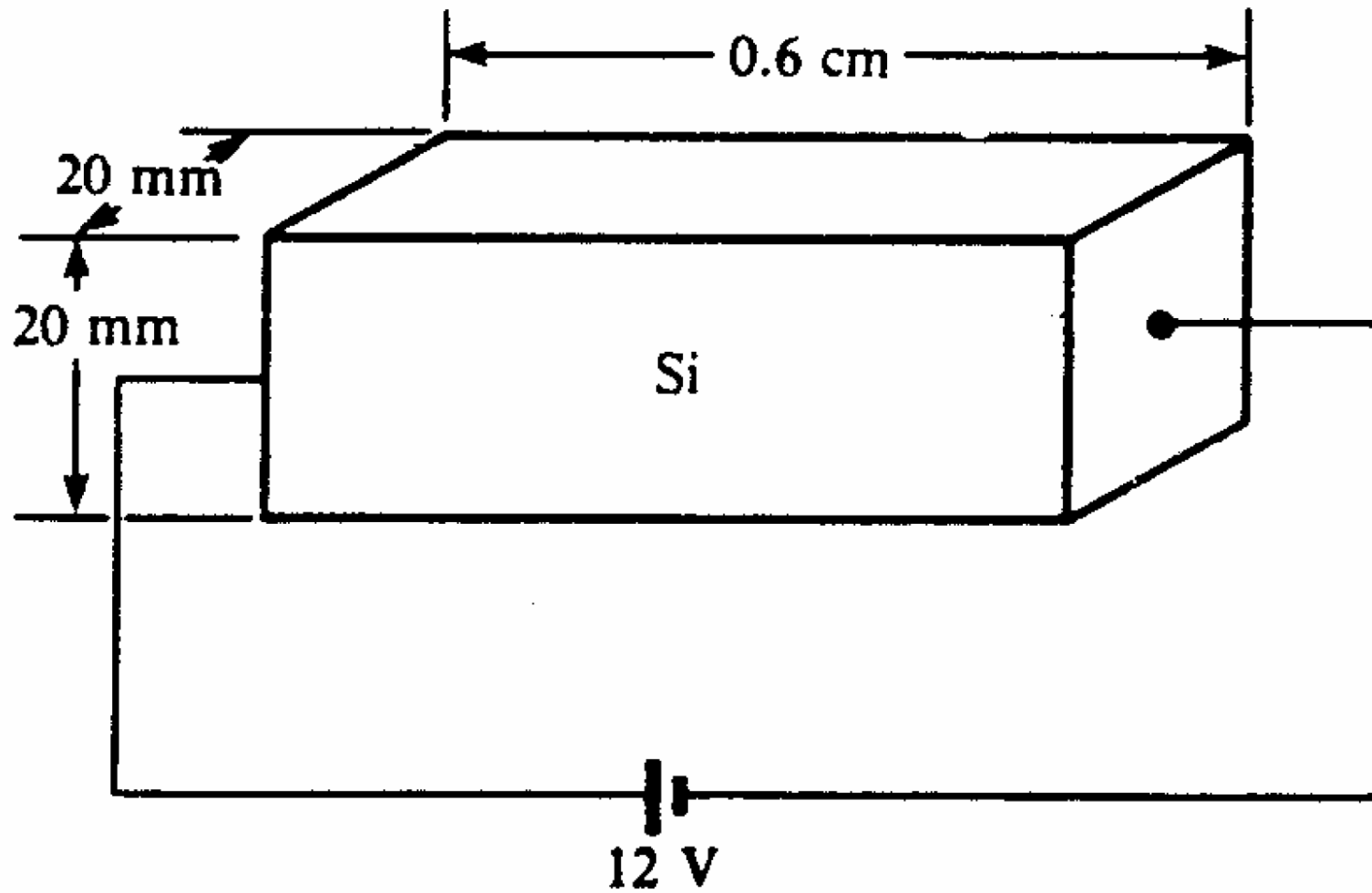
Một hiệu điện thế được đặt lên hai đầu của một thanh bán dẫn thuần trong hình vẽ.

Giả sử: $n_i=1.5 \times 10^{10}$ electron/cm³; $\mu_n=0.14$ m²/Vs

$\mu_p=0.05$ m²/Vs

Tìm:

- 1. Vận tốc electron tự do và lỗ trống;**
- 2. Mật độ dòng electron tự do và lỗ trống;**
- 3. Mật độ dòng tổng cộng;**
- 4. Dòng tổng cộng trong thanh bán dẫn.**



Hướng dẫn

1. Ta có: $E = U / d = 2.10^3 \text{ V / m}$

$$v_n = E \cdot \mu_n = 2.8 \times 10^2 \text{ m / s}$$

$$v_p = E \cdot \mu_p = 10^2 \text{ m / s}$$

2. Vì vật liệu là thuần nên:

$$p_i = n_i = 1.5 \times 10^{10} (\text{ / cm}^3) = 1.5 \times 10^{10} / 10^{-6} (\text{ / m}^3)$$

$$J_n = n_i \cdot q_n \cdot v_n = 0.672 \text{ A / m}^2$$

$$J_p = p_i \cdot q_p \cdot v_p = 0.24 \text{ A / m}^2$$

3. $J = J_n + J_p = 0.672 + 0.24 = 0.912 \text{ A / m}^2$

4. Tiết diện ngang của thanh là :

$$(20.10^{-3}\text{m}) (20.10^{-3}\text{m}) = 4.10^{-4} \text{ m}^2.$$

Dòng điện: $I = J.S = (0.912 \text{ A / m}^2).(4 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = 0.365 \text{ mA}$

Một số lưu ý

- Điện trở có thể được tính bằng cách dùng công thức:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

- Điện dẫn, đơn vị siemens (S), được định nghĩa là nghịch đảo của điện trở; và điện dẫn suất, đơn vị S/m, là nghịch đảo của điện trở suất:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

- Điện dẫn suất của vật liệu bán dẫn có thể được tính theo công thức:

$$\sigma = nq_n\mu_n + pq_p\mu_p$$

Ví dụ 1-2

- 1. Tính điện dẫn suất và điện trở suất của thanh bán dẫn trong ví dụ 1-1.**
- 2. Dùng kết quả của câu 1 để tìm dòng trong thanh bán dẫn khi điện áp trên hai đầu của thanh là 12V.**

Hướng dẫn

1. Vì bán dẫn thuần nên:

$$n = p = n_i = p_i = 1.5 \times 10^{16} / \text{m}^3, q_n = q_p = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\sigma = n q_n \mu_n + p q_p \mu_p = 4.56 \times 10^{-4} \text{ S / m}$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = 2192.98 \text{ } \Omega\text{m}$$

$$2. \quad R = \rho \frac{l}{S} = 32.98 \text{ K}\Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = 0.365 \text{ mA}$$

1.3.3 Dòng khuếch tán

- Nếu như trong bán dẫn có sự chênh lệch mật độ hạt dẫn thì các hạt dẫn sẽ có khuynh hướng di chuyển từ nơi có mật độ hạt dẫn cao đến nơi có mật độ hạt dẫn thấp hơn nhằm cân bằng mật độ hạt dẫn.
- Quá trình di chuyển này sinh ra một dòng điện bên trong bán dẫn. Dòng điện này được gọi là ***dòng khuếch tán*** (diffusion current).

- Dòng khuếch tán có tính chất quá độ (thời gian tồn tại ngắn) trừ khi sự chênh lệch mật độ được duy trì trong bán dẫn.

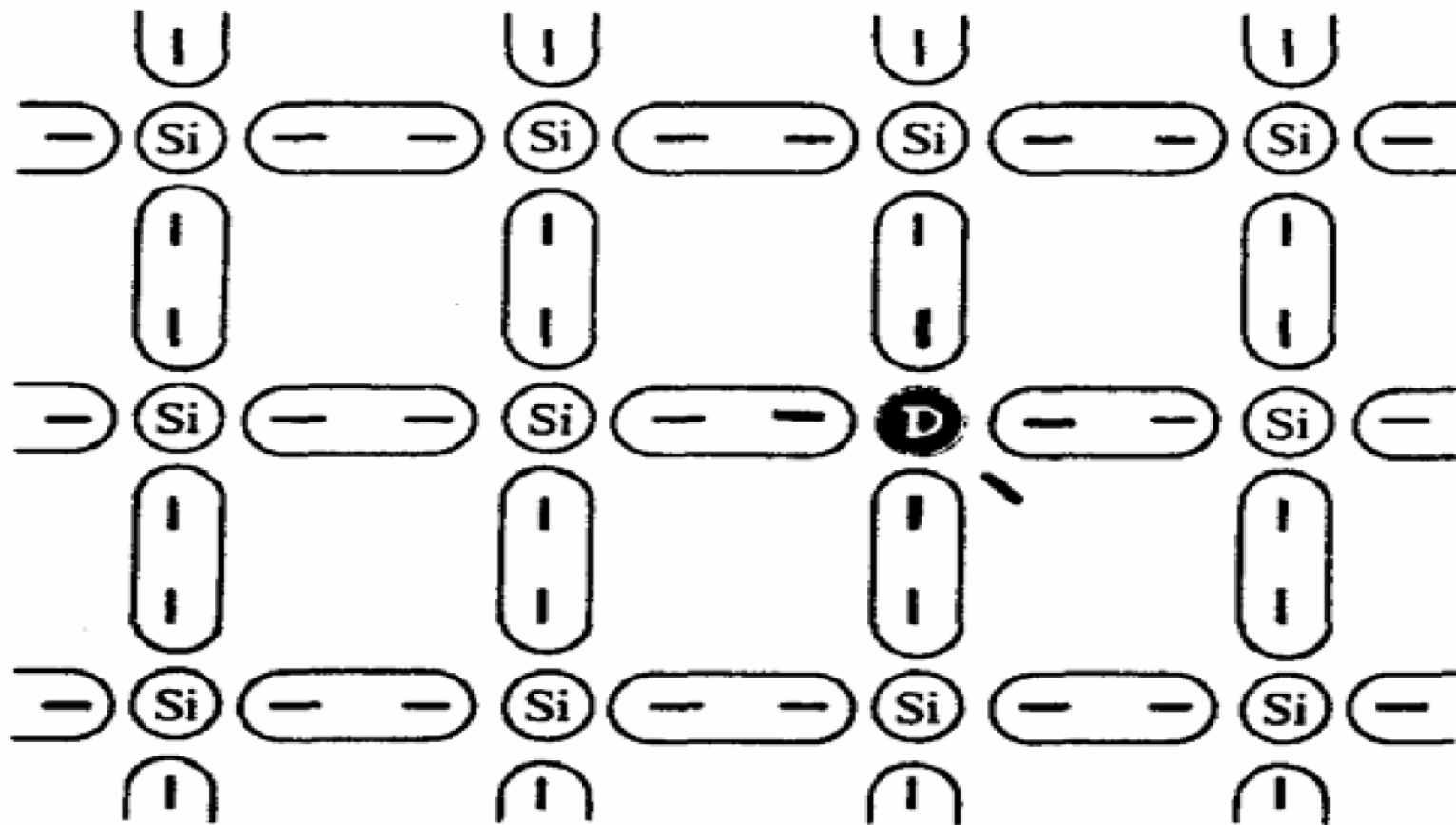
1.3 Bán dẫn loại P và bán dẫn loại N

- Trong bán dẫn thuần hay còn gọi là bán dẫn nội tại (intrinsic semiconductor) có mật độ electron tự do bằng với mật độ lỗ trống.

- Trong thực tế, người ta sẽ tạo ra vật liệu bán dẫn trong đó mật độ electron lớn hơn mật độ lỗ trống hoặc vật liệu bán dẫn có mật độ lỗ trống lớn hơn mật độ electron tự do.
- Các vật liệu bán dẫn này được gọi là bán dẫn có pha tạp chất.
- Bán dẫn mà electron tự do chi phối được gọi là bán dẫn loại N, và ngược lại, bán dẫn trong đó lỗ trống chi phối chủ yếu được gọi là bán dẫn loại P.

Cách thức tạo ra bán dẫn loại N

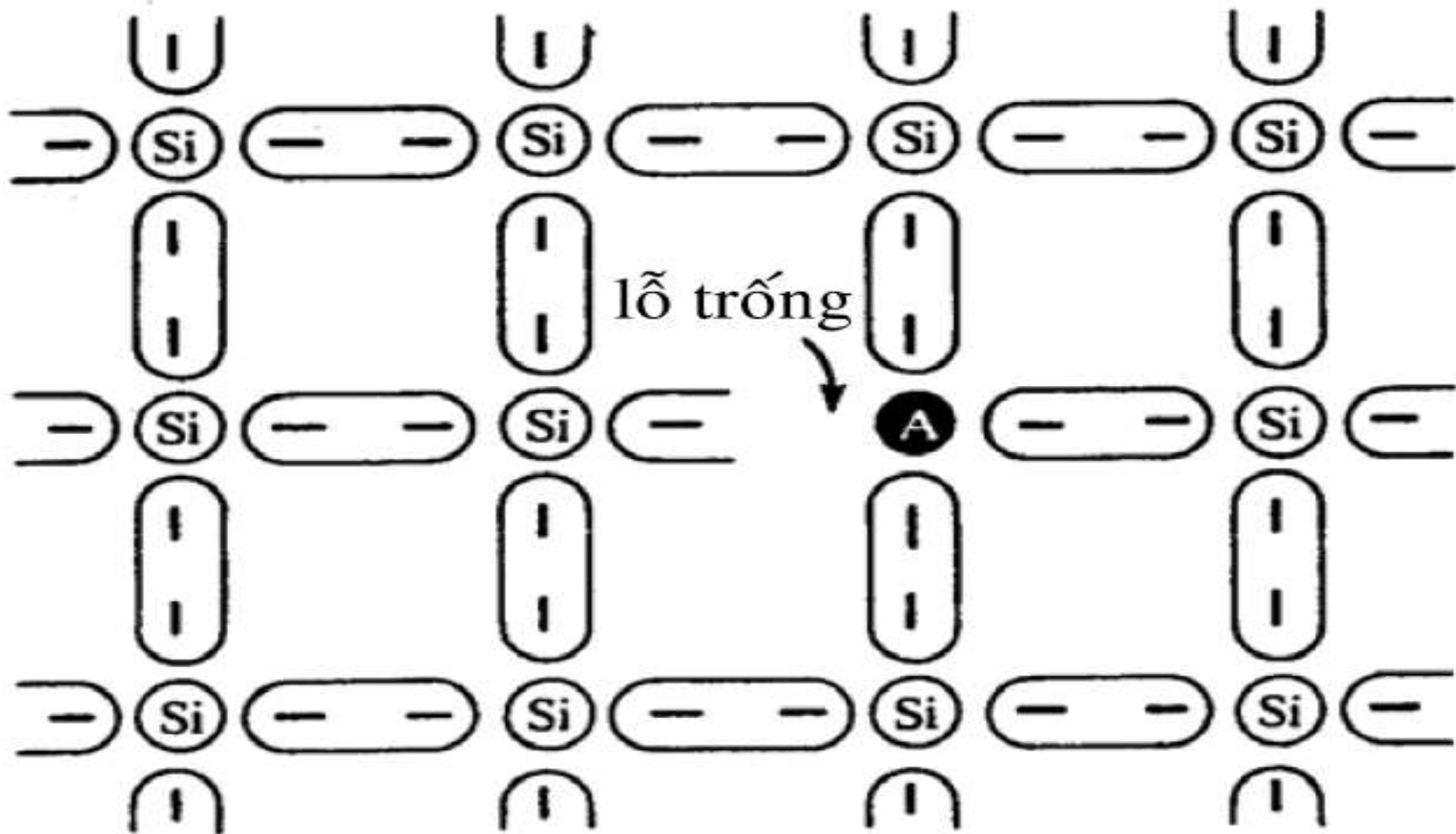
- Người ta đặt vào bên trong bán dẫn thuần một nguyên tử tạp chất có 5 điện tử ở lớp ngoài cùng.
- Nó sẽ dùng 4 điện tử để tạo liên kết hóa trị thông thường, vì vậy điện tử còn lại sẽ có liên kết rất yếu đối với hạt nhân nguyên tử và dễ dàng trở thành điện tử tự do.
- Khi đưa vào một lượng lớn tạp chất vào thì số lượng electron tự do sẽ càng nhiều và bán dẫn được gọi là bán dẫn loại N.
- Nguyên tử tạp chất lúc này được gọi là nguyên tử tạp chất cho (donor). Các vật liệu được sử dụng như tạp chất cho donor thông thường là antimony, arsenic, phosphorus.



*Cấu trúc tinh thể bán dẫn chứa một nguyên tử donor.
Hạt nhân của donor ký hiệu là D.*

Cách thức tạo ra bán dẫn loại P

- Bán dẫn loại P cũng được tạo ra bằng cách đưa vào bán dẫn thuần một tạp chất có 3 điện tử ở lớp ngoài cùng.
- Vì vậy, trong cấu trúc tinh thể bán dẫn xảy ra sự thiếu electron và không đủ để tạo liên kết hóa trị, do đó sẽ xuất hiện lỗ trống bên trong bán dẫn. Càng có nhiều tạp chất thì sẽ có nhiều lỗ trống, chính là bán dẫn loại P.
- Nguyên tử tạp chất được gọi là tạp chất nhận (acceptor).
- Vật liệu thường được dùng làm tạp chất trong trường hợp này là aluminum, boron, gallium, indium.



Cấu trúc tinh thể bán dẫn có chứa một nguyên tử acceptor.

Nhận xét

- Trong vật liệu bán dẫn loại N, mặc dù số lượng electron tự do nhiều hơn hẳn so với lỗ trống nhưng lỗ trống vẫn tồn tại trong bán dẫn.
- Lượng tạp chất donor càng lớn, mật độ electron tự do càng cao và càng chiếm ưu thế so với lượng lỗ trống.
- Do đó, trong bán dẫn loại N, electron tự do được gọi là *hạt dẫn đa số* (hoặc hạt dẫn chủ yếu), lỗ trống được gọi là *hạt dẫn thiểu số* (hoặc hạt dẫn thứ yếu).

- Một mối quan hệ quan trọng giữa mật độ electron và mật độ lỗ trống trong hầu hết các bán dẫn trong thực tế là:

$$np = n_i^2$$

Với: n : mật độ electron

p : mật độ lỗ trống

n_i : mật độ electron trong bán dẫn thuần.

Ví dụ 1-3

Một thanh silicon có mật độ electron trong bán dẫn thuần là 1.4×10^{16} electron/m³ bị kích thích bởi các nguyên tử tạp chất cho đến khi mật độ lỗ trống là 8.5×10^{21} lỗ trống/m³. Độ linh động của electron và lỗ trống là $\mu_n = 0.14 \text{ m}^2/\text{Vs}$ và $\mu_p = 0.05 \text{ m}^2/\text{Vs}$.

- 1. Tìm mật độ electron trong bán dẫn đã pha tạp chất.**
- 2. Bán dẫn là loại N hay loại P?**
- 3. Tìm độ dẫn điện của bán dẫn pha tạp chất.**

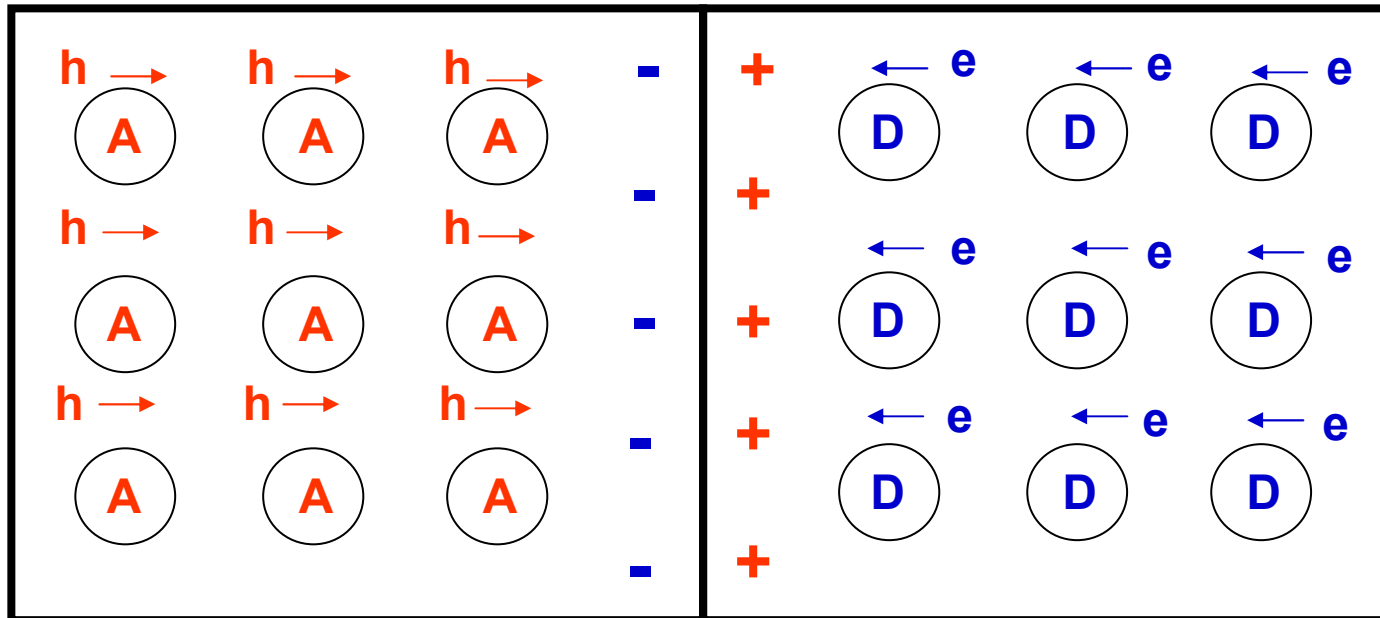
Hướng dẫn

$$1. \quad n = \frac{n_i^2}{p} = \frac{(1.4 \times 10^{16})^2}{8.5 \times 10^{21}} = 2.3 \times 10^{10} \text{ electron/m}^3$$

2. Vì $p > n$ nên vật liệu là loại P.

$$3. \quad \sigma = nq_n \mu_n + pq_p \mu_p \\ = 68 \text{ S/m}$$

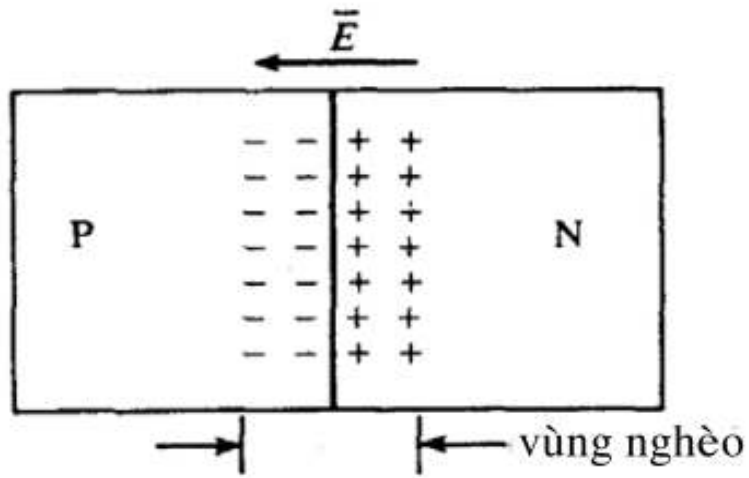
1.4 Chuyển tiếp PN



Bán dẫn loại P

Bán dẫn loại N

- Do sự chênh lệch về mật độ hạt dẫn \Rightarrow dòng khuếch tán xuất hiện.
- Việc tập trung điện tích trái dấu ở hai bên chuyển tiếp làm xuất hiện một điện trường được gọi là điện trường tiếp xúc.



- Điện trường này gây ra một dòng điện trôi cùng chiều với nó, ngược chiều với dòng khuếch tán còn gọi là dòng ngược.

- Ở trạng thái cân bằng, dòng khuếch tán bằng với dòng trôi.

- Nói cách khác, dòng tổng đi qua tiếp xúc PN lúc này bằng không.

- Hiệu điện thế tồn tại ở hai bên chuyển tiếp được gọi là hiệu điện thế hàng rào (barrier).

$$V_0 = V_\gamma = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{N_A N_D}{n_i^2}\right)$$

-Với:

k: hằng số Boltzmann = 1.38×10^{-23} J/K

T: nhiệt độ tuyệt đối K

q: đơn vị điện tích = 1.6×10^{-19} C

N_A : nồng độ tạp chất acceptor trong bán dẫn loại P

N_D : nồng độ tạp chất donor trong bán dẫn loại N

n_i : mật độ hạt dẫn trong bán dẫn thuần.

- Để thể hiện sự phụ thuộc của hiệu điện thế vào nhiệt độ, người ta đưa ra khái niệm điện thế nhiệt:

$$V_T = \frac{kT}{q}$$

$$\Rightarrow V_0 = V_\gamma = V_T \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2} \right)$$

Ví dụ 1-4

Một chuyển tiếp PN được tạo nên từ bán dẫn loại P có 10^{22} acceptor/m³ và bán dẫn loại N có 1.2×10^{21} donor/m³. Tìm điện thế nhiệt và điện thế hàng rào tại 25°C. Cho $n_i = 1.5 \times 10^{16}$ electron/m³.

Hướng dẫn

Áp dụng: $V_T = \frac{kT}{q}$

với: $T = 25 + 273 = 298^\circ\text{K}$

$$k = 1.38 \times 10^{-23}$$

$$q = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$$

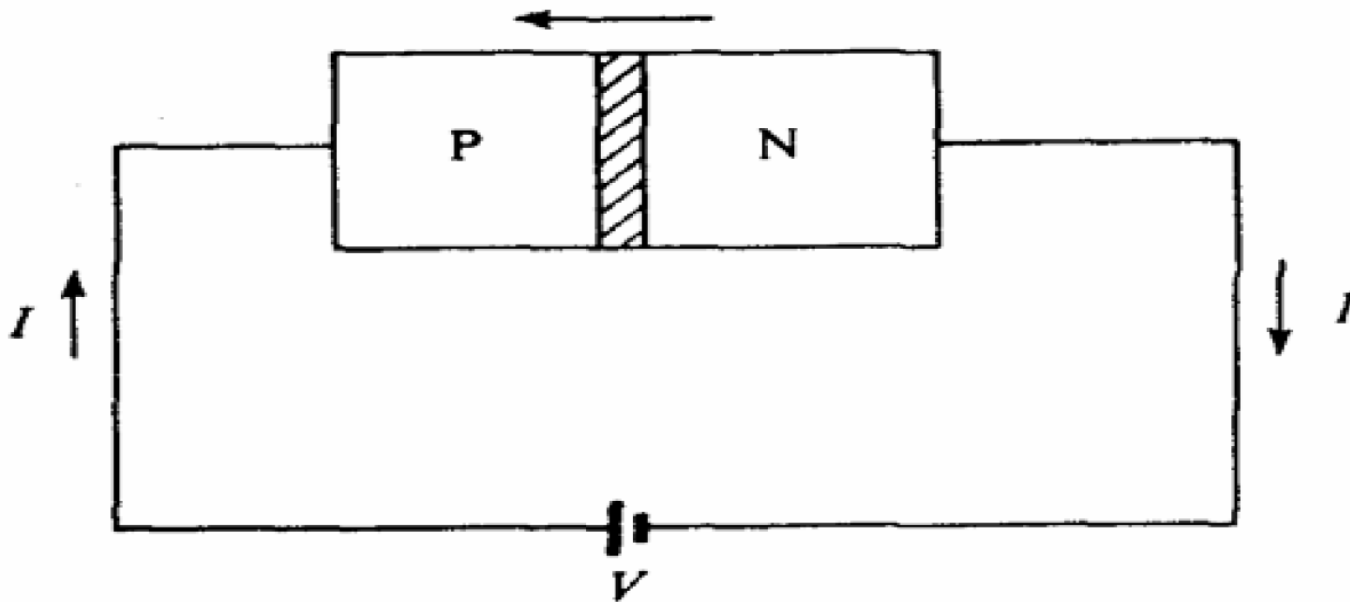
$$V_T = 25.7 \text{ mV}$$

Điện thế hàng rào:

$$V_0 = V_T \cdot \ln\left(\frac{N_A \cdot N_D}{n_i^2}\right) = 0.635 \text{ V}$$

1.5 Phân cực chuyển tiếp PN

- Chuyển tiếp PN có thể được phân cực bằng cách dùng một nguồn điện áp đặt lên hai đầu của chuyển tiếp.



Nguồn áp phân cực thuận chuyển tiếp PN.

- Khi chuyển tiếp PN được phân cực thuận:

+ Điện thế hàng rào giảm xuống → vùng nghèo hẹp.

+ Điện trở nhỏ → dòng điện lớn và tăng nhanh theo điện áp.

- Ngược lại khi chuyển tiếp PN được phân cực ngược.

Biểu thức dòng điện qua chuyển tiếp PN (biểu thức diode)

$$\mathbf{I} = \mathbf{I}_s \left(e^{\frac{v}{\eta V_T}} - \mathbf{1} \right)$$

Trong đó:

I : dòng qua chuyển tiếp (A)

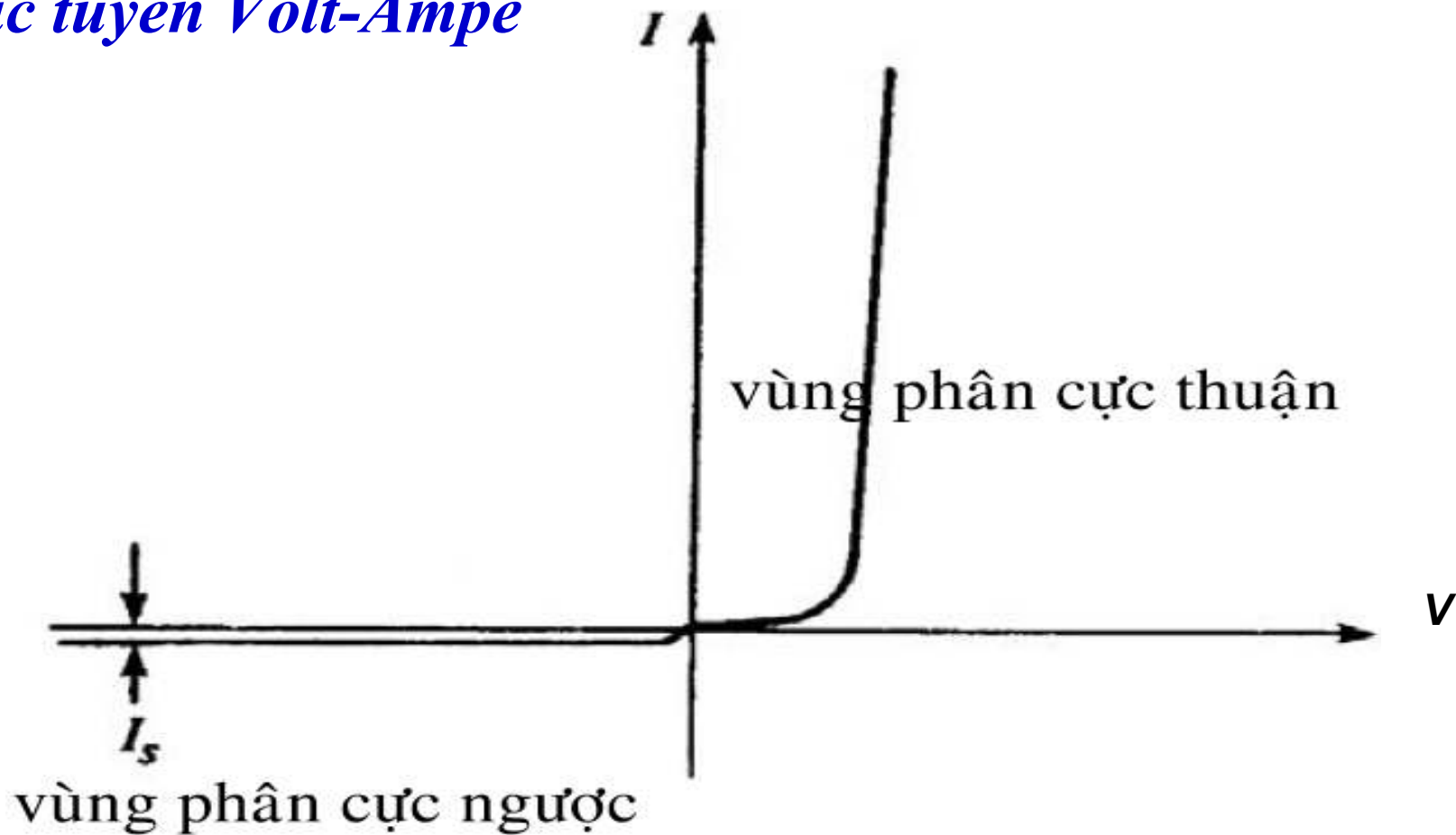
V: điện áp phân cực (V).

I_S (I₀): dòng ngược bão hòa (A)

η: hệ số phát (là hàm của V, phụ thuộc vào vật liệu; 1 ≤ η ≤ 2)

V_T: điện thế nhiệt (V)

Đặc tuyến Volt-Ampe



Quan hệ dòng – áp trong chuyển tiếp PN dưới phân cực thuận và phân cực ngược.

1.6 Đánh thủng chuyển tiếp PN

Có 2 nguyên nhân gây ra đánh thủng: nhiệt và điện.

- Đánh thủng về nhiệt xảy ra do sự tích lũy nhiệt trong vùng nghèo hạt dẫn.

(Dòng I_S tăng gấp đôi khi nhiệt độ tăng 10°C)

- Đánh thủng về điện được phân làm 2 loại: *đánh thủng thác lũ* (avalanching) và *đánh thủng xuyên hầm* (tunnel)

- ***Đánh thủng thác lũ*** xảy ra trong các chuyển tiếp P-N có bề dày lớn, điện trường trong vùng nghèo có trị số khá lớn. Điện trường này gia tốc cho các hạt dẫn, gây ra hiện tượng ion hóa va chạm làm sản sinh những đôi điện tử-lỗ trống. Các hạt dẫn vừa sinh ra này lại tiếp tục được gia tốc và ion hóa các nguyên tử khác làm số lượng hạt dẫn tăng cao, do đó dòng điện sẽ tăng vọt.

- ***Đánh thủng xuyên hầm*** xảy ra ở những vùng nghèo tương đối hẹp, tức là chuyển tiếp của những bán dẫn có nồng độ N_a , N_d rất lớn. Điện trường trong vùng nghèo rất lớn, có khả năng gây ra hiệu ứng “xuyên hầm”, tức là điện tử trong vùng hóa trị của bán dẫn P có khả năng chui qua hàng rào thế để chạy sang vùng dẫn của bán dẫn N, làm cho dòng điện tăng vọt.

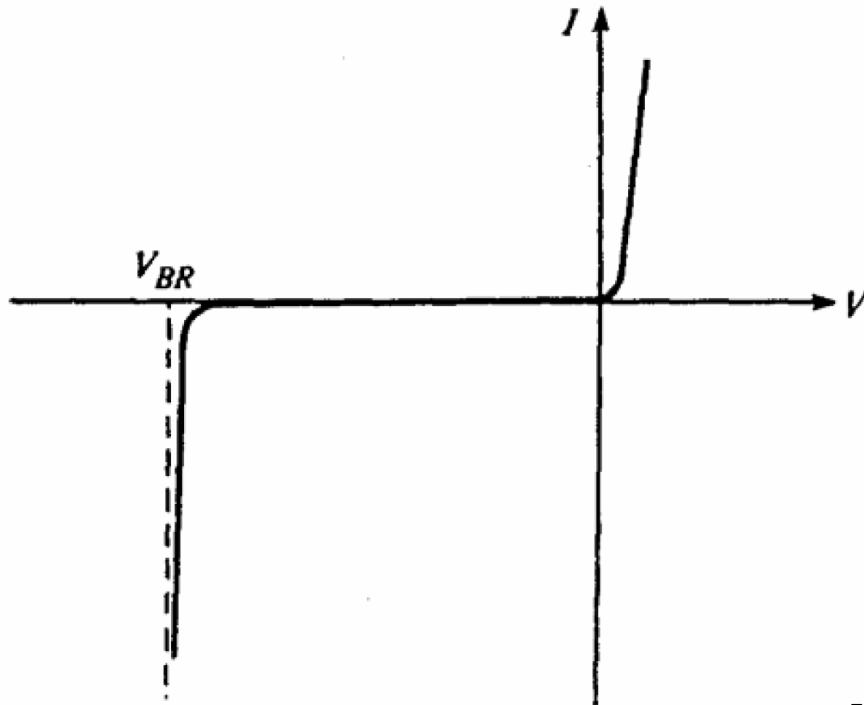
- Biên độ của dòng ngược khi V xấp xỉ V_{BR} (*breakdown voltage*) có thể được tính bằng biểu thức

sau:

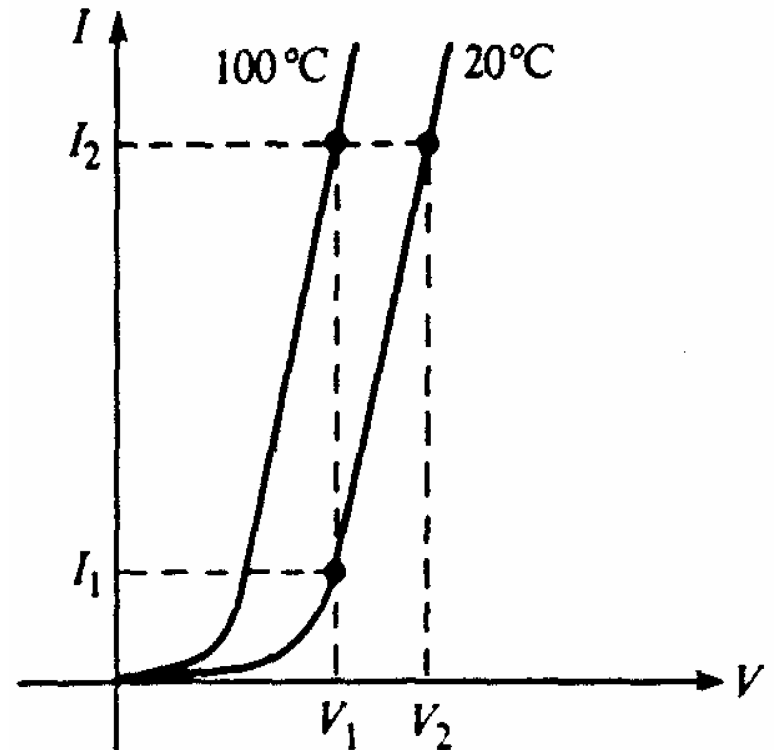
$$I = \frac{I_S}{1 - \left(\frac{V}{V_{BR}} \right)^n}$$

*Với n là hằng số
được xác định từ thực nghiệm.*

1.6 Đánh thủng chuyển tiếp PN



Quan hệ của diode cho thấy sự gia tăng đột ngột của dòng khi áp gần đến điện áp đánh thủng.



Sự gia tăng của nhiệt độ làm cho đặc tuyến dịch sang trái.

Ví dụ 1-5

**Một diode silicon có dòng bão hòa là 0.1 pA ở 20°C .
Tìm dòng điện qua nó khi được phân cực thuận ở $0,55\text{V}$. Tìm dòng trong diode khi nhiệt độ tăng lên đến 100°C .**

Hướng dẫn

$$\text{Ở } T = 20^{\circ}\text{C} \Rightarrow V_T = 0.02527\text{V}$$

$$V > 0.5\text{V} \Rightarrow \eta = 1 \Rightarrow I = 0.283 \text{ mA}$$

$$\text{Ở } T = 100^{\circ}\text{C} \Rightarrow V_T = 0.03217\text{V}$$

Khi nhiệt độ thay đổi từ 20°C đến 100°C, dòng được nhân đôi 8 lần, do đó gia tăng 256 lần:

$$I = 256 \times 10^{-13} (e^{0.55/0.03217} - 1) = 0.681 \text{ mA}$$

Câu hỏi củng cố bài

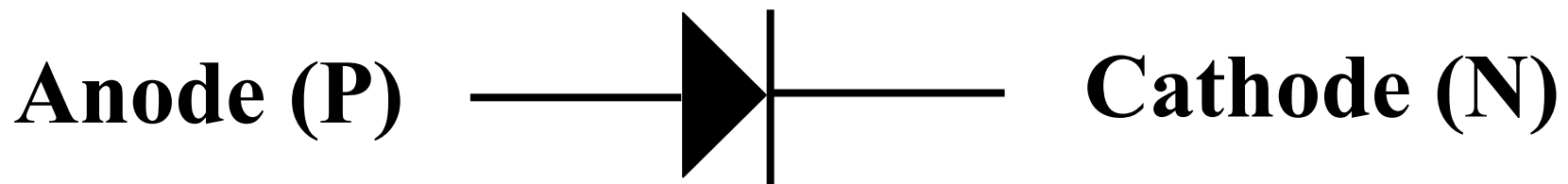
- 1. Chất bán dẫn là gì?**
- 2. Các loại dòng điện được hình thành trong bán dẫn và bản chất của chúng? Các công thức liên quan cần nhớ.**
- 3. Khái niệm về bán dẫn thuần, bán dẫn loại P và N. Chuyển tiếp P-N, tính chất, đặc tuyến Vôn-Ampe và các cách phân cực của chuyển tiếp P-N. Nguyên nhân đánh thủng chuyển tiếp P-N.**
- 4. Biểu thức dòng điện qua chuyển tiếp P-N (biểu thức của diode). Hiệu điện thế hàng rào, điện thế nhiệt, điện thế đánh thủng và các công thức tính.**

Chương 2

DIODE BÁN DẪN

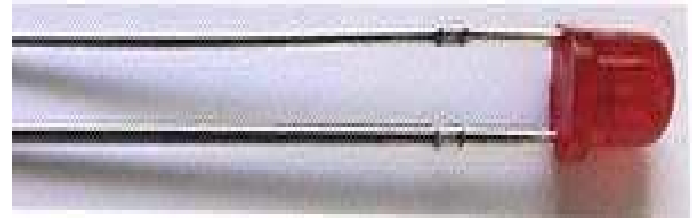
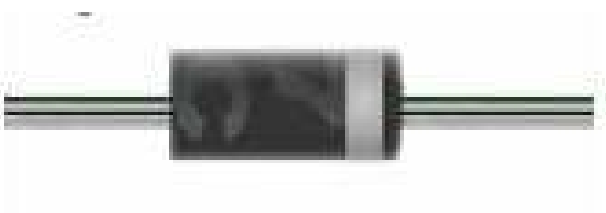
2.1 Khái niệm

Diode là một linh kiện bán dẫn 2 cực, cấu tạo cơ bản dựa trên chuyển tiếp PN. Điện cực nối với bán dẫn P gọi là Anode (A), điện cực nối với bán dẫn N gọi là Cathode (K).



Ký hiệu của diode bán dẫn

Một số hình dáng của các loại diode



2.2 Các tham số của diode bán dẫn

1. Điện trở một chiều (điện trở tĩnh):

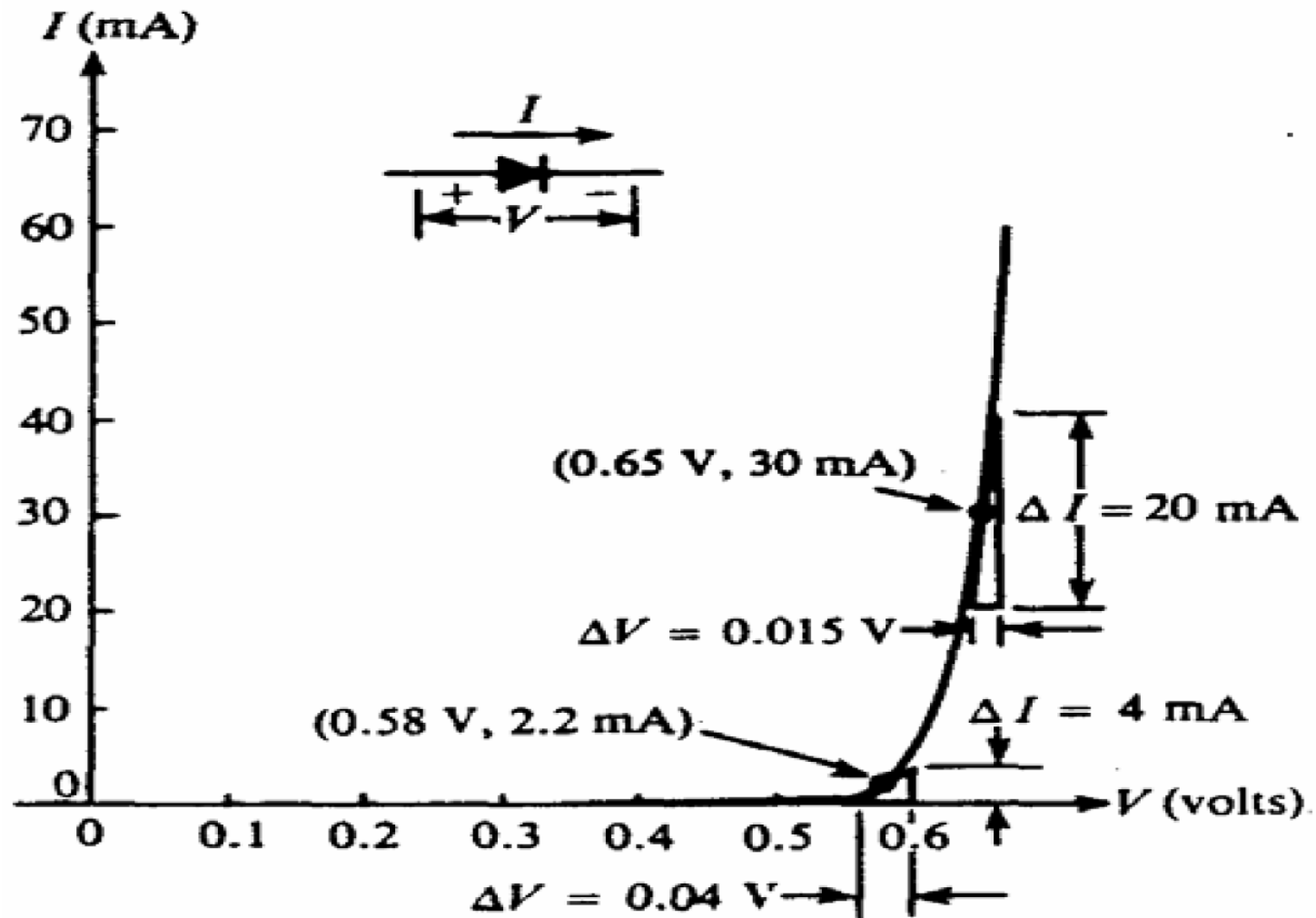
- Theo chiều thuận:

$$R_{th} = \frac{V_{th}}{I_{th}} \quad (\text{Có giá trị từ vài } \Omega \text{ đến vài chục } \Omega)$$

- Theo chiều ngược:

$$R_{ng} = \frac{V_{ng}}{I_{ng}} \quad (\text{Có giá trị rất lớn, hàng trăm } K\Omega)$$

2. Điện trở xoay chiều : $r_d = \frac{dV}{dI}$



- Khi diode làm việc trên điểm gián đoạn:

Điểm **gián đoạn** là điểm trên đặc tuyến mà ở đó diode chuyển từ giá trị điện trở cao sang điện trở thấp.

$$r_D = \frac{V_T}{I} + r_B \quad (\Omega)$$

- V_T : điện thế nhiệt; I : dòng qua diode

- r_B : điện trở gộp (*bulk resistance*) bao gồm điện trở của vật liệu bán dẫn và điện trở tiếp xúc.

- Ở nhiệt độ phòng: $r_D = \frac{0.026}{I} + r_B \quad (\Omega)$

- Khi diode làm việc với dòng cao thì có thể bỏ qua r_B .

2.3 Các tham số của diode bán dẫn

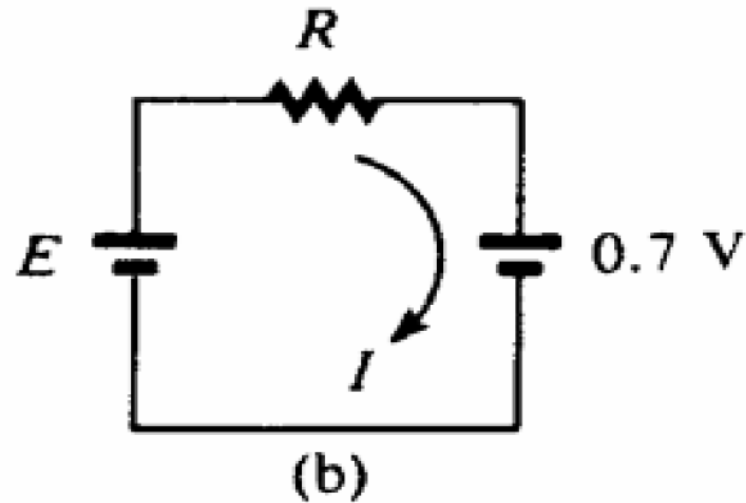
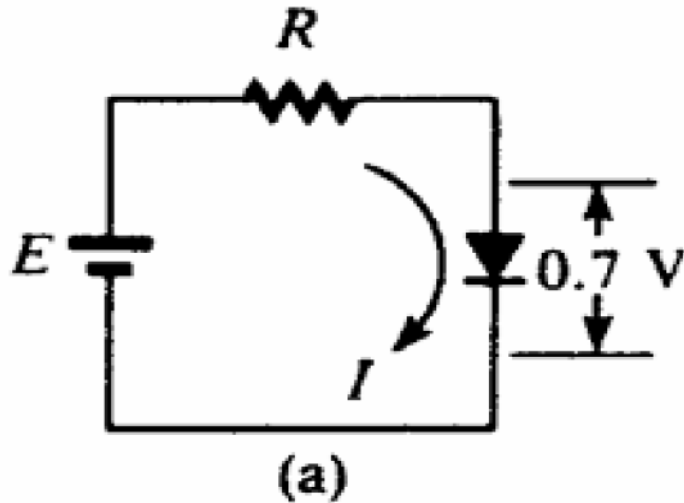
3. Điện dung tương đương:

$$C_0 = C_{\text{hàng rào}} + C_{\text{khuếch tán}}$$

4. Một vài tham số giới hạn khác:

- Điện áp ngược cực đại cho phép $V_{\text{ngược max}}$.
- Dòng điện thuận cực đại cho phép I_{max} .
- Công suất tiêu hao cực đại cho phép P_{max} .
- Tần số cực đại cho phép của tín hiệu xoay chiều F_{max} .

2.4 Phân tích mạch DC chứa diode



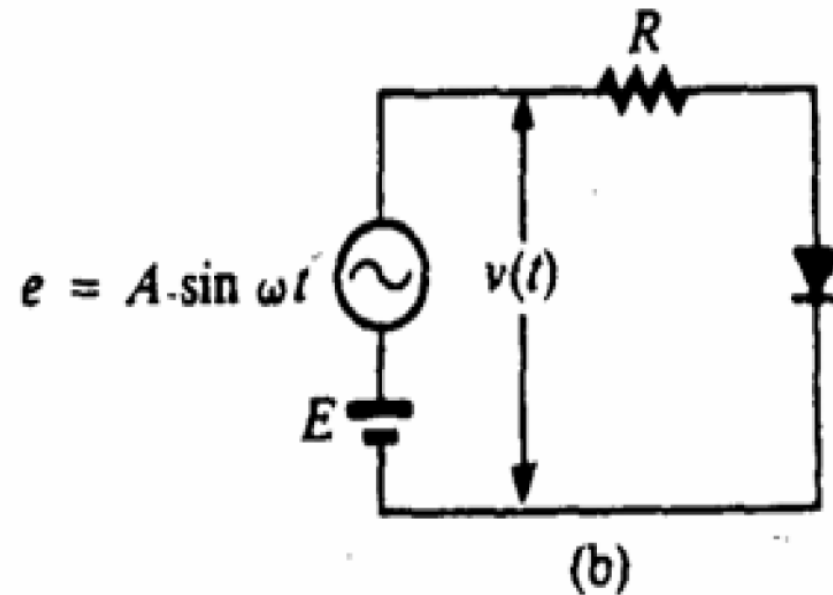
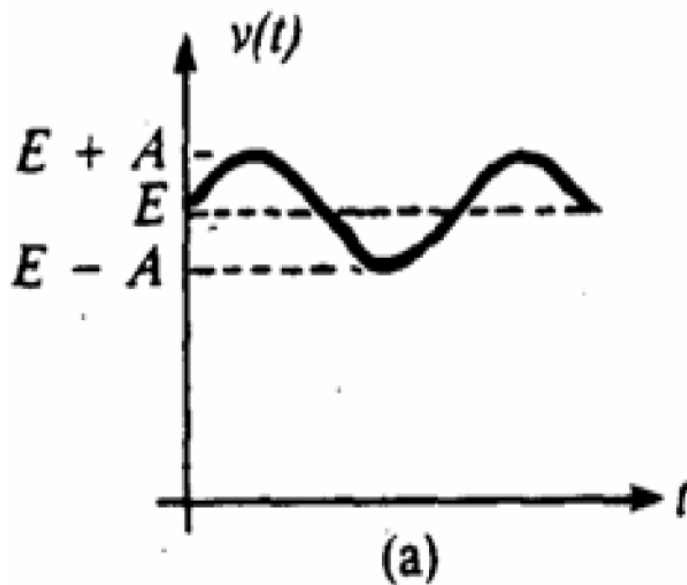
Giả sử là diode silicon được phân cực thuận sao cho có đủ dòng điện để điệ̉m làm việc nằm trên điệ̉m gián đoạn:

$$E = I.R + V_{\gamma} \text{ (V)}$$

$$\Rightarrow I = (E - 0.7)/R \text{ (A)}$$

2.5 Phân tích mạch tín hiệu nhỏ cho diode

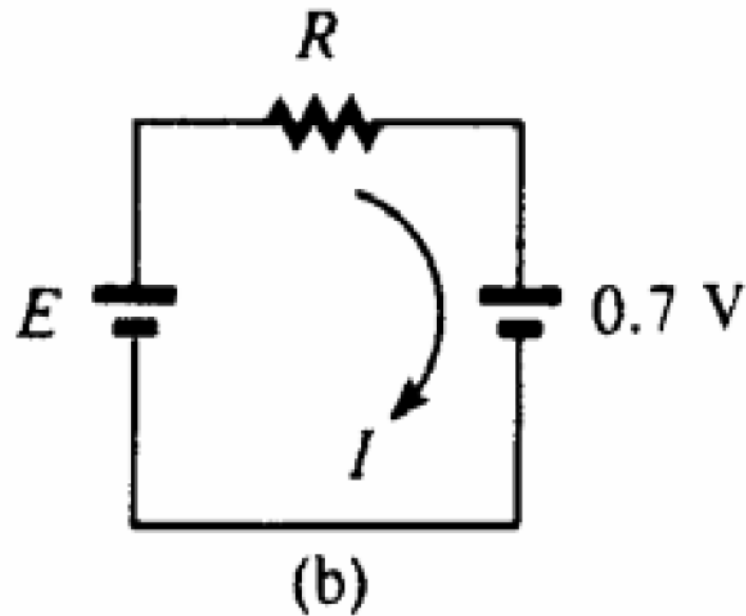
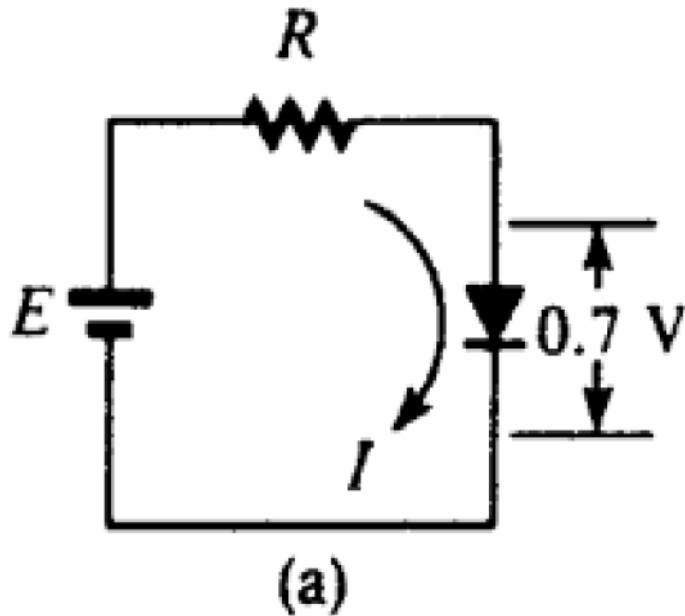
Tín hiệu nhỏ được xem là đoạn làm việc của diode trên đặc tuyến đủ nhỏ để có thể xem là tuyến tính.



$$v(t) = E + A \sin \omega t$$

Áp dụng nguyên lý xếp chồng cho mạch tuyến tính:

- Đối với nguồn DC:

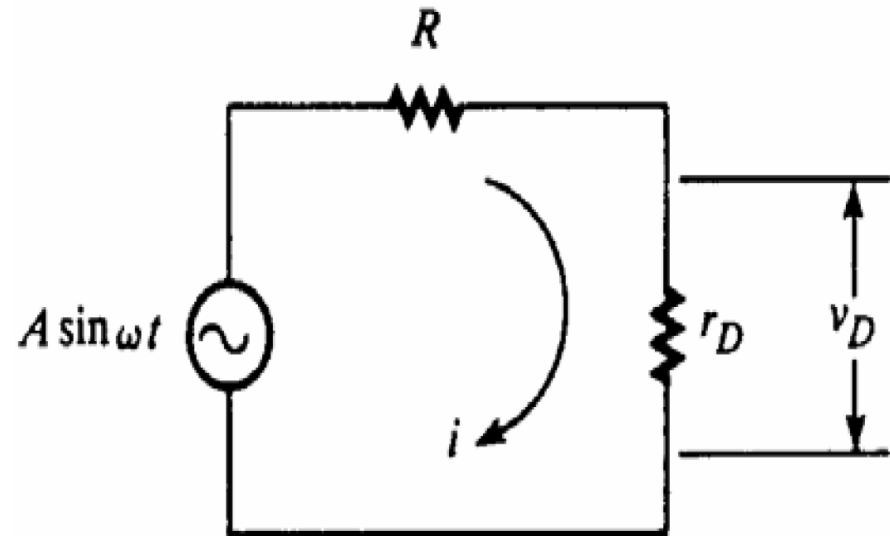


$$I = (E - 0.7) / R \text{ (A)}$$

- Đối với nguồn AC:

$$r_D = \frac{0.026}{I} (\Omega)$$

$$i = \frac{e}{R + r_D} = \frac{A \sin \omega t}{R + r_D}$$



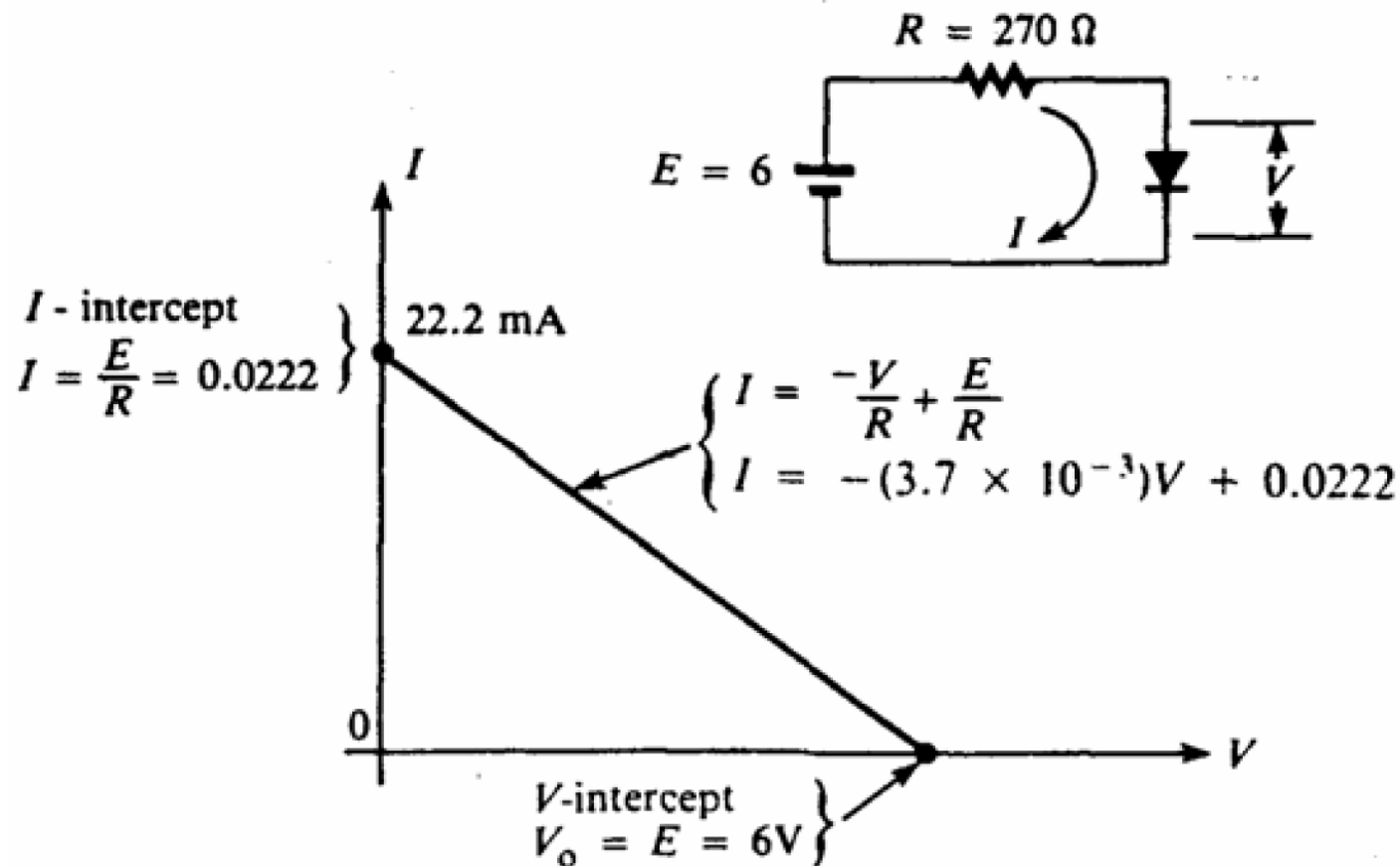
- Tổng hợp:

$$i(t) = I + i = \frac{E - 0.7}{R} + \frac{A \sin \omega t}{R + r_D}$$

$$v_{(D)} = 0.7 + r_D \frac{A \sin \omega t}{R + r_D}$$

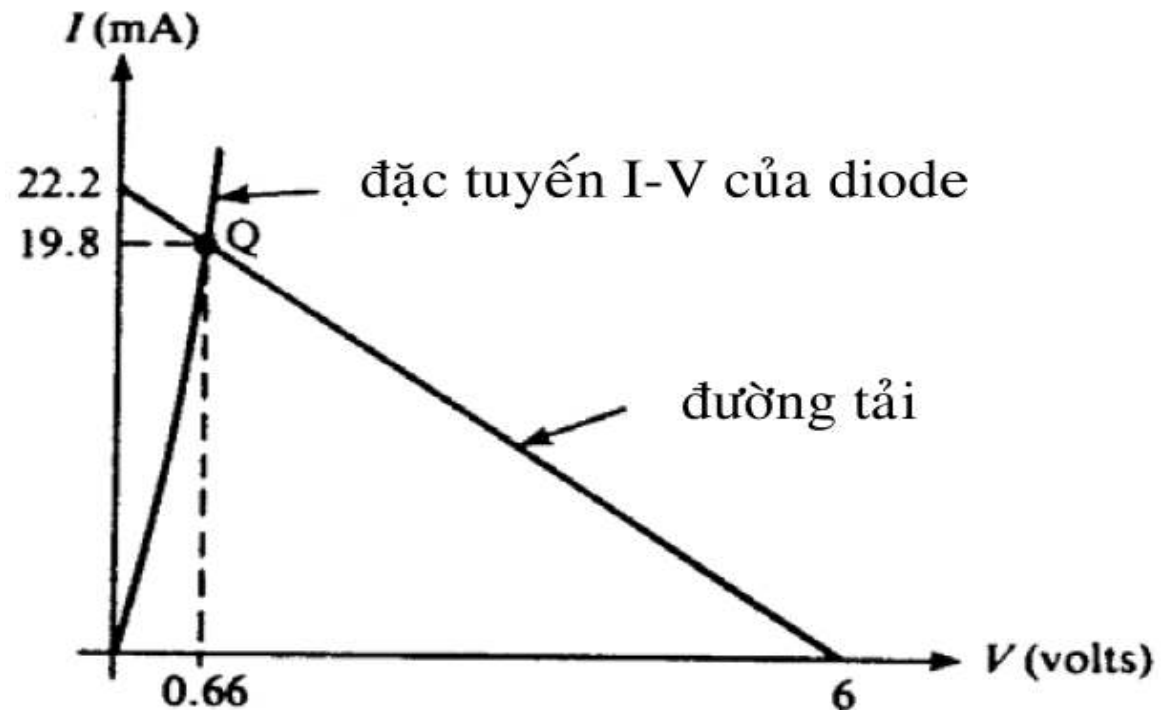
2.6 Đường tải

Đường tải DC biểu diễn mối quan hệ của I, V trên diode khi có phân cực của điện áp DC.

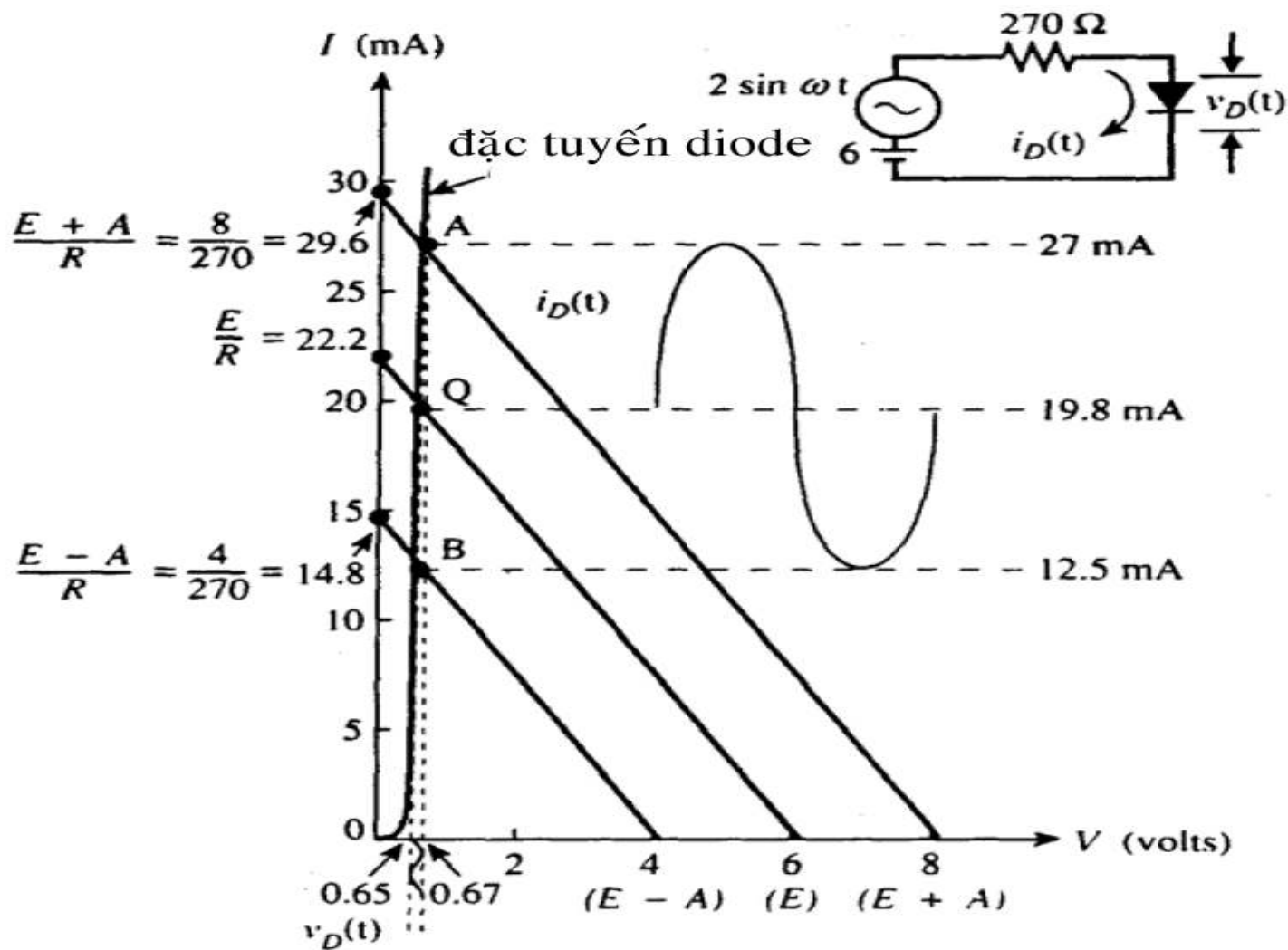


Điểm làm việc

- Điểm làm việc của diode chính là giao điểm của đường tải và đặc tuyến.
- Giao điểm này được gọi là **điểm làm việc tĩnh**, ký hiệu là Q.



Ảnh hưởng của nguồn ac



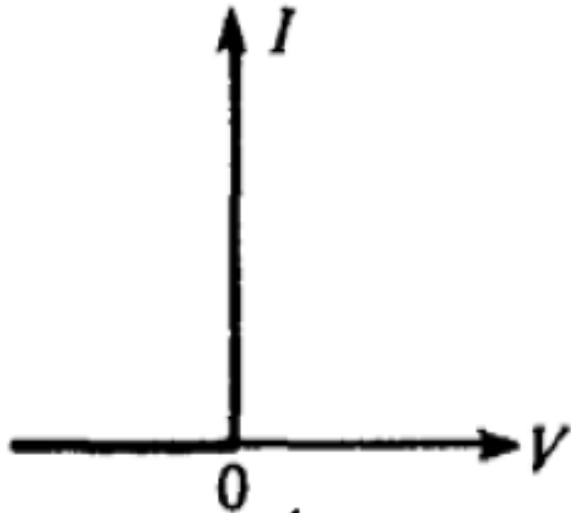
2.7 Phân tích tín hiệu lớn cho diode

- Chế độ tín hiệu lớn khi sự thay đổi của dòng điện và điện áp của diode mở rộng ra trên toàn bộ đặc tuyến.

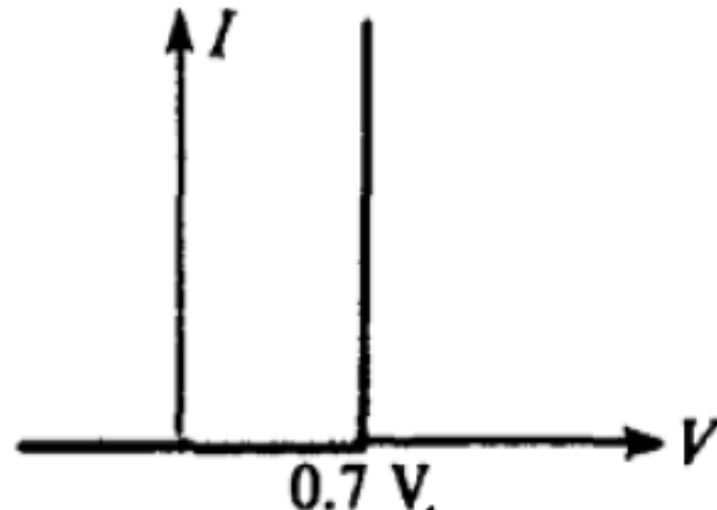
- Khi điện trở của một diode thay đổi từ rất nhỏ đến rất lớn, nó hoạt động giống như một công tắc (switch).

- Một công tắc lý tưởng có điện trở bằng không khi đóng và điện trở là vô cùng khi mở.

- Diode có thể được xem như một công tắc được điều khiển bằng điện áp: **đóng** khi được **phân cực thuận** và **mở** khi **phân cực ngược**.



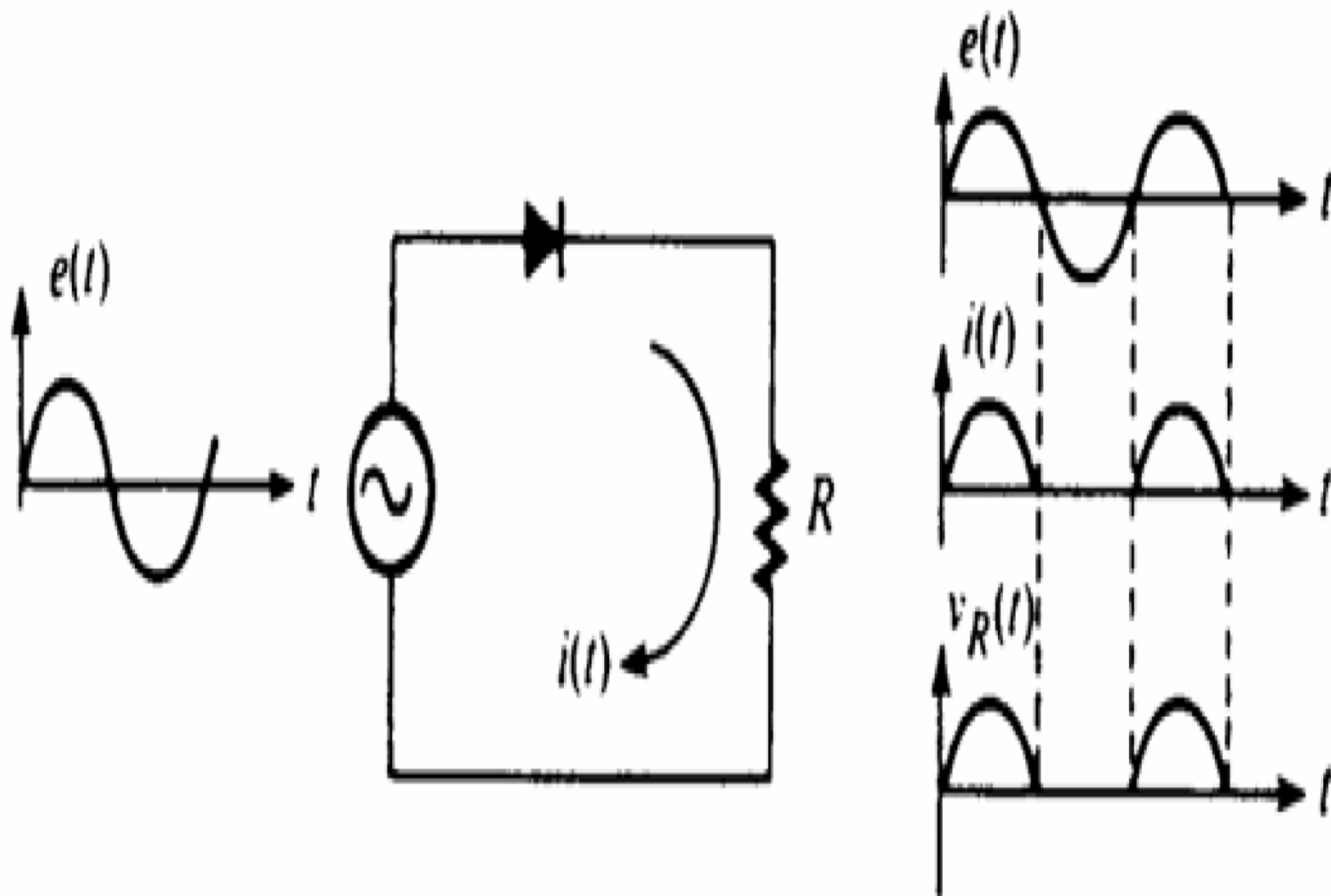
(a) Đặc tuyến I-V khi diode được xem như lý tưởng với áp rơi là 0



(b) Đặc tuyến I-V khi diode được xem như có điện áp rơi 0.7V

2.8 Chỉnh lưu

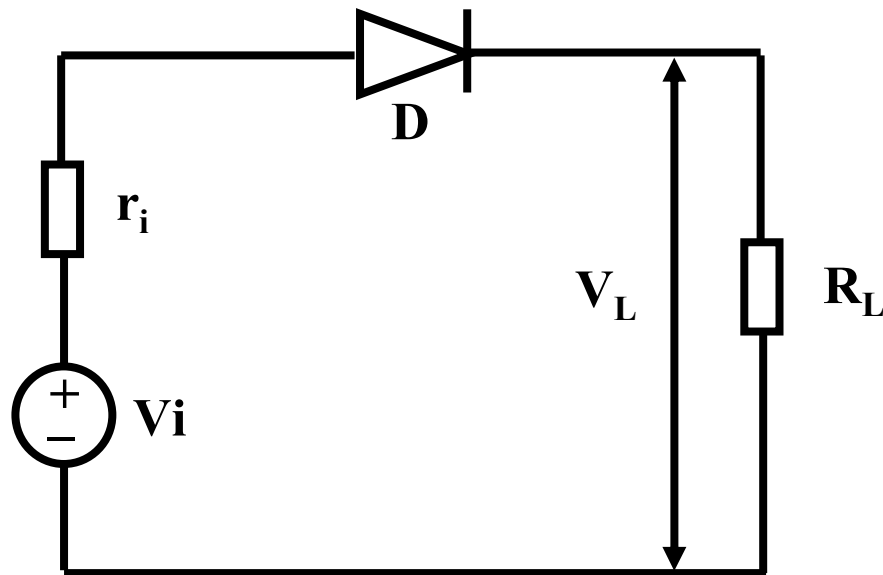
- Mạch chỉnh lưu là mạch chỉ cho phép dòng điện chảy qua nó theo một chiều.
- Biến điện xoay chiều thành điện một chiều.
- Diode sử dụng trong mạch này gọi là diode chỉnh lưu.



Ví dụ

Cho mạch điện như hình vẽ, diode Ge có $V_\gamma = 0.2V$, nội trở r_D không đáng kể. Tải $R_L = 9\Omega$, nguồn tín hiệu vào có $r_i = 1\Omega$.

1. Biết điện áp vào có dạng xung vuông hoặc hình sin, biên độ $10V$. Hãy vẽ dạng sóng và xác định điện áp trên tải R_L .
2. Vẫn câu hỏi 1 nhưng khi $v_i(t)$ là hình sin có biên độ $1V$. Xác định giá trị điện áp trên tải tại thời điểm $\omega t = \pi/2$.



Hướng dẫn

1. - Dòng qua tải R_L :

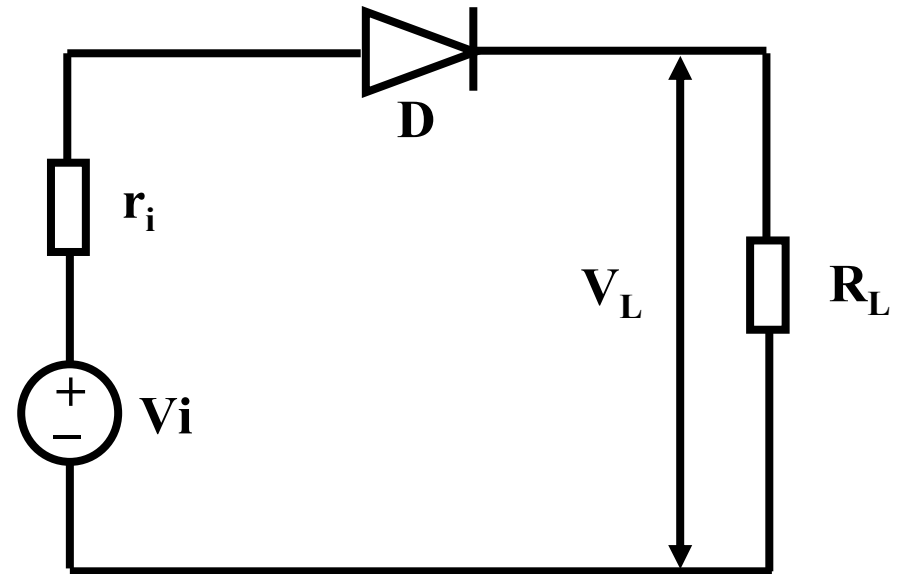
$$i_L = \frac{v_i - V_\gamma}{r_i + R_L}$$

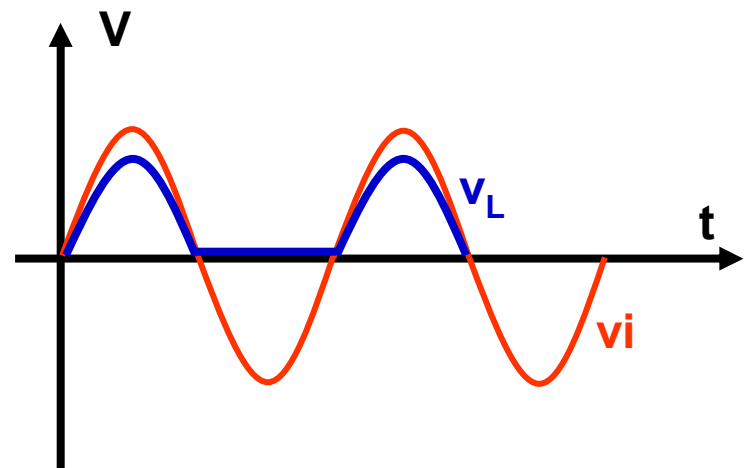
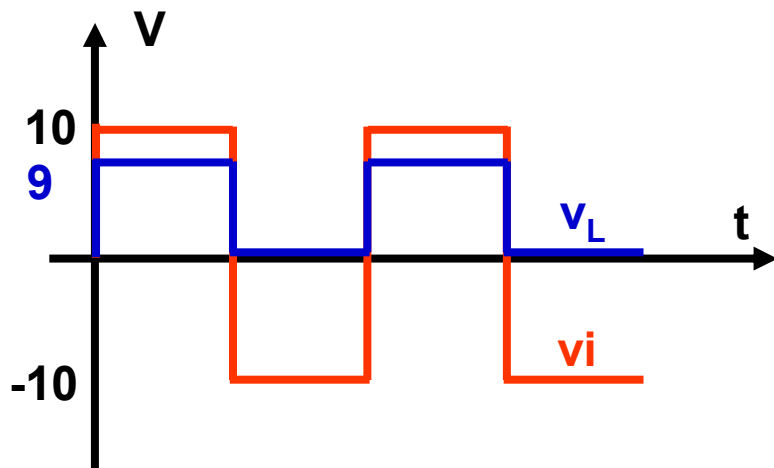
- Áp rơi trên tải:

$$v_L(t) = \frac{v_i - V_\gamma}{r_i + R_L} \times R_L$$

- Vì $V_\gamma \ll v_i$, nên có thể bỏ qua V_γ :

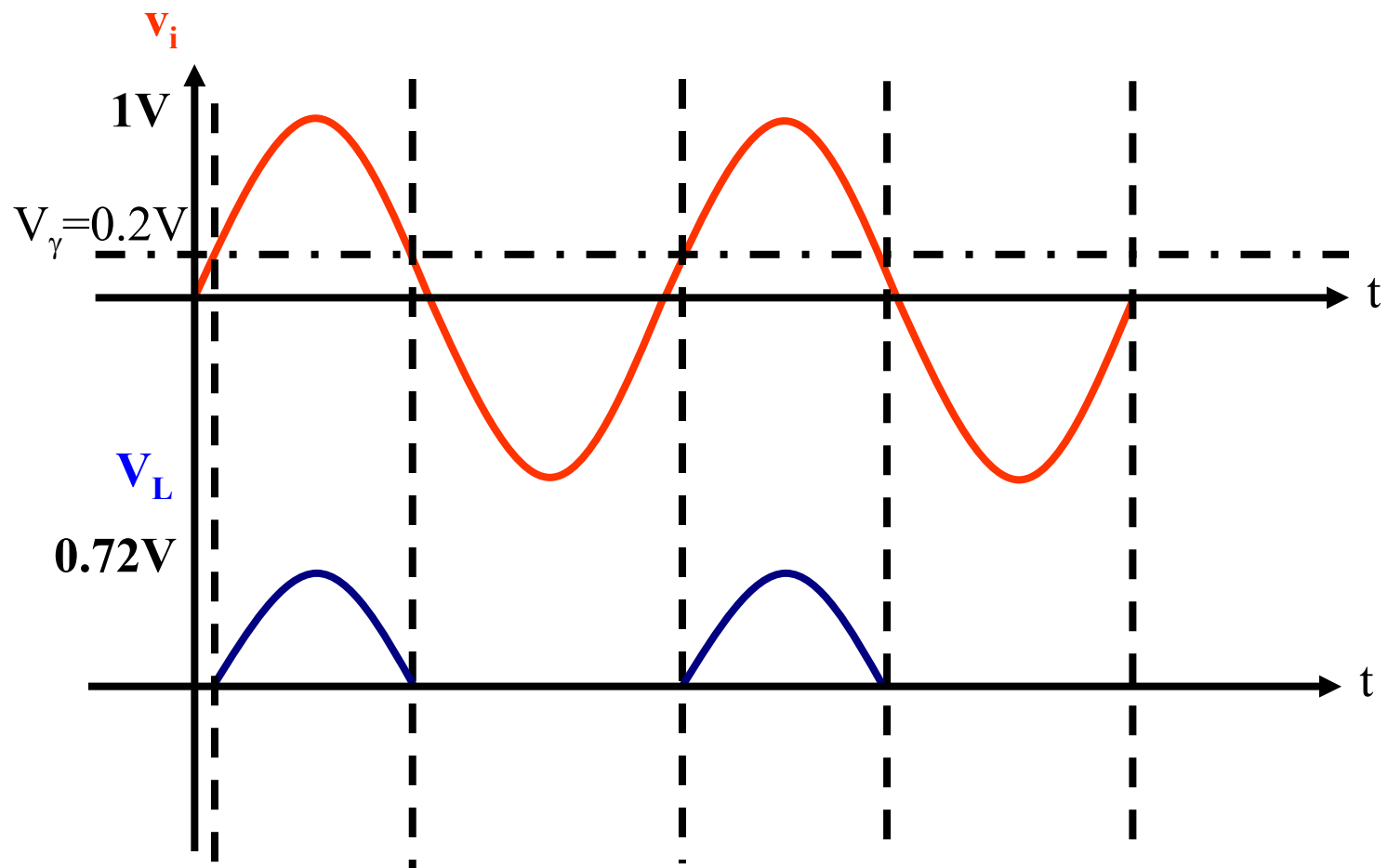
$$v_L(t) = \frac{v_i}{r_i + R_L} \times R_L = 0.9 v_i(t)$$





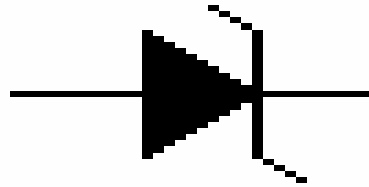
2. Khi v_i nhỏ, không thể bỏ qua V_γ . Diode chỉ dẫn điện trong khoảng thời gian $v_i > V_\gamma$, tại $\omega t = \pi/2$:

$$v_L(t) = \frac{v_i - V_\gamma}{r_i + R_L} \times R_L = \frac{(\sin\omega t - 0.2)}{10} \cdot 9 = 0.72V$$



2.9 Diode ổn áp (Zener)

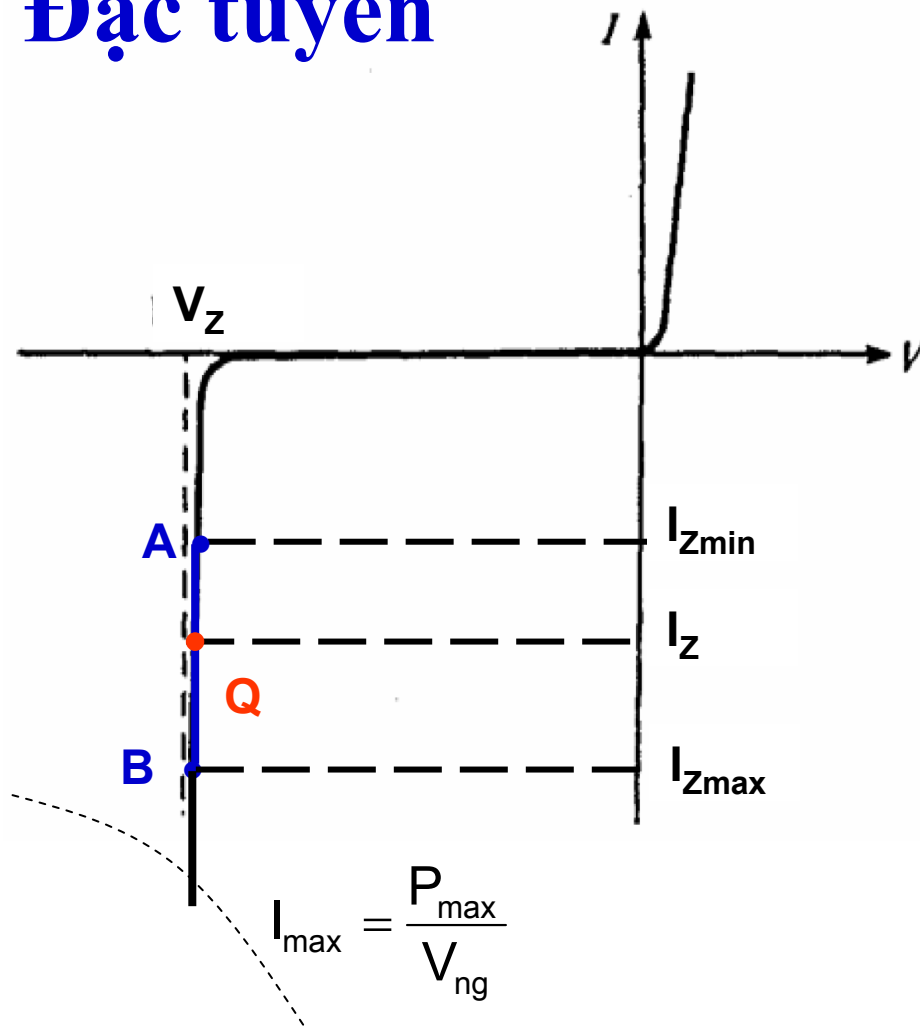
Ký hiệu:



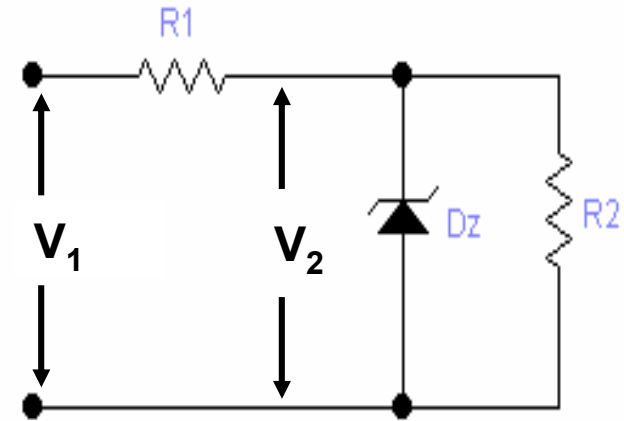
Đặc tính:

- Chế tạo bằng vật liệu chịu nhiệt và tỏa nhiệt tốt.
- Hoạt động ở chế độ phân cực ngược.
- Đoạn làm việc trên phần đặc tuyến song song với trục tung.

Đặc tuyến



Đặc tuyến V-A của diode Zener



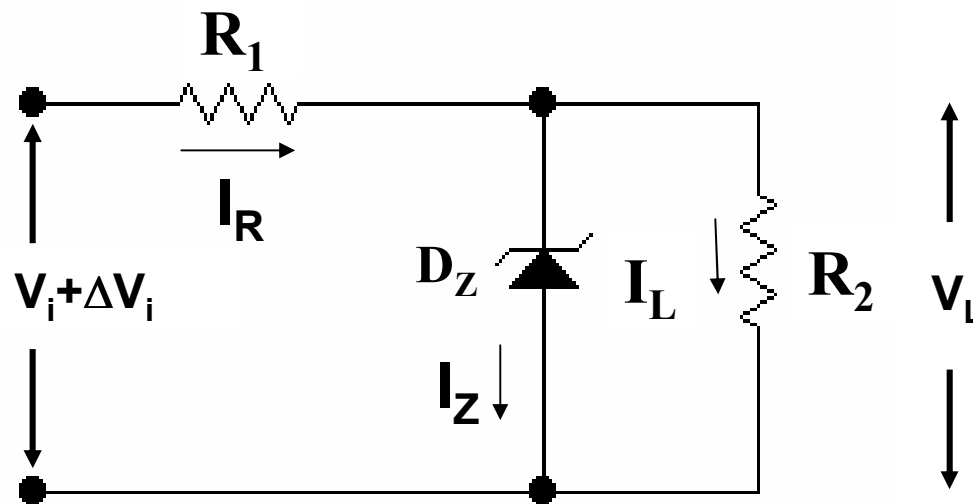
- V1:** điện áp 1 chiều chưa ổn định.
- V2:** điện áp lấy ra trên tải đã ổn định.
- R1:** điện trở hạn dòng cho diode, sao cho Q nằm trên đoạn AB.

Ví dụ: Cho mạch điện như hình vẽ

$$R_1 = 300\Omega; R_2 = 1200\Omega.$$

Xác định phạm vi thay đổi của V_i để có điện áp ra trên tải R_2 ổn định ở mức 10V.

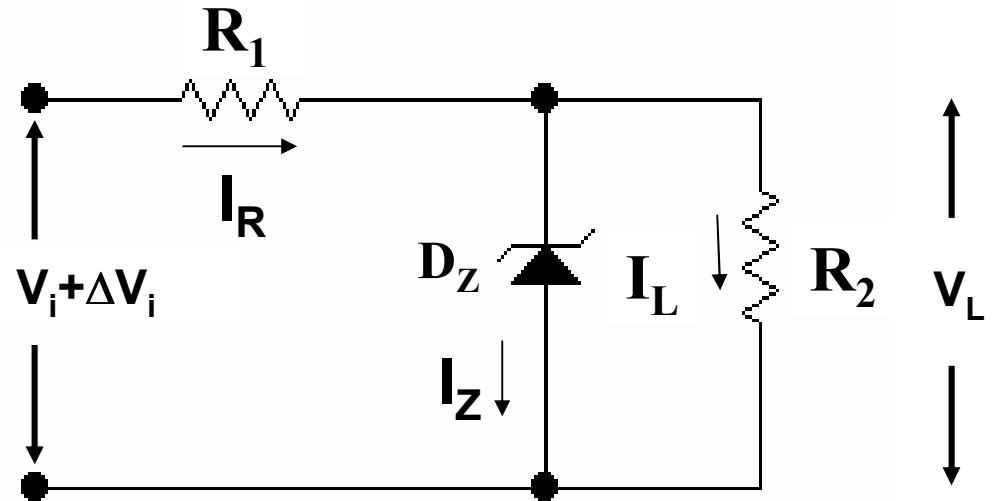
(Chọn loại diode Zener có $V_Z = 10V$, $I_{Zmin} = 10mA$, $I_{Zmax} = 30mA$.)



Hướng dẫn

- Dòng qua tải:

$$I_L = \frac{V_L}{R_2} = 8.3 \text{ (mA)}$$



- Áp dụng định luật Ohm:

$$V_i = I_R R_1 + V_Z = (I_Z + I_L) R_1 + V_Z$$

$$V_{i \min} = 15.5 \text{ V} \quad ; \quad V_{i \max} = 21.5 \text{ V}$$

Câu hỏi củng cố bài

- 1. Cấu tạo và ký hiệu của diode?**
- 2. Các tham số cơ bản của diode? Phân cực cho diode?**
- 3. Phân tích mạch DC của diode.**
- 4. Khái niệm về tín hiệu nhỏ và lớn? Đường tải DC và điểm làm việc? Phân tích mạch AC của diode?**
- 5. Khái niệm về chỉnh lưu? Đặc tính của mạch chỉnh lưu?**
- 6. Khái niệm về ổn áp? Đặc tính làm việc của diode Zener?**

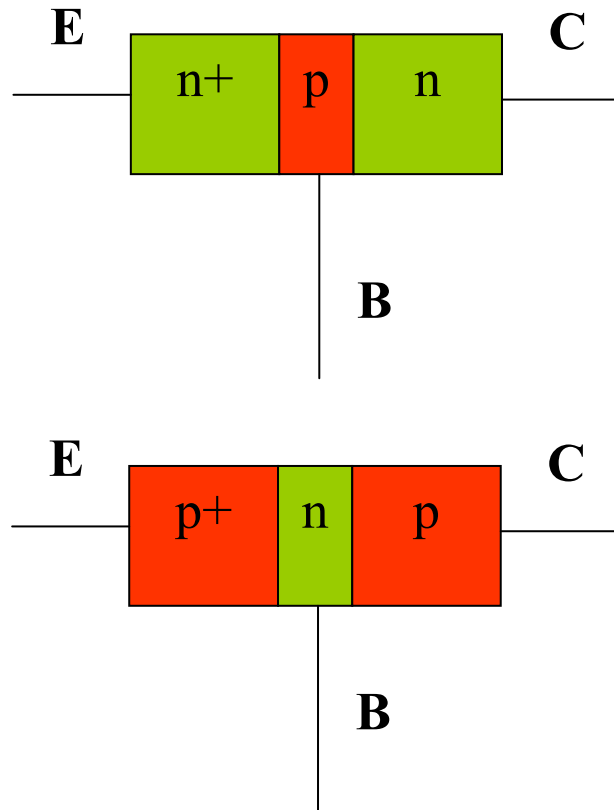
Chương 3

TRANSISTOR LƯỠNG CỰC (Bipolar Junction Transistor-BJT)

3.1 Giới thiệu

BJT là một loại linh kiện bán dẫn 3 cực có khả năng khuếch đại tín hiệu hoặc hoạt động như một khóa đóng mở, rất thông dụng trong ngành điện tử.

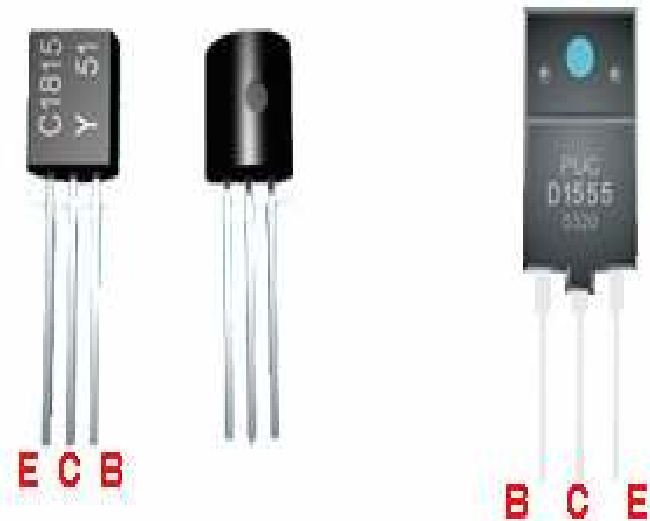
Cấu tạo và hình dáng



E: Emitter

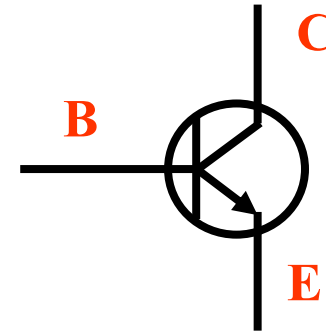
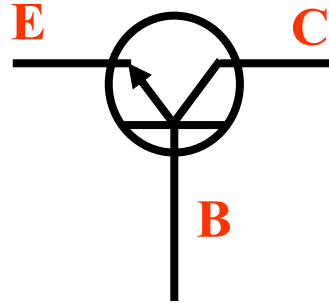
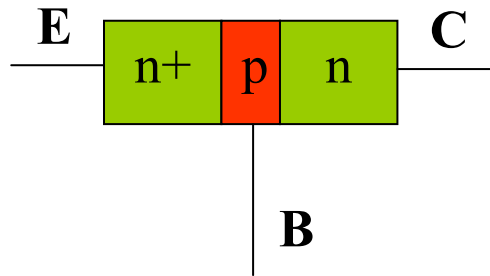
C: Collector

B: Base

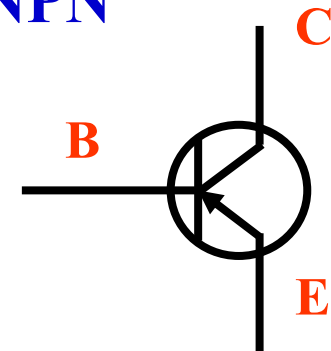
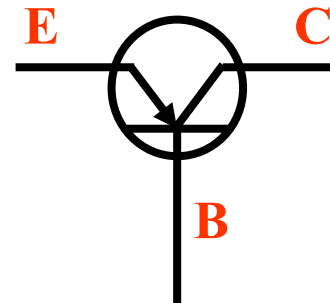
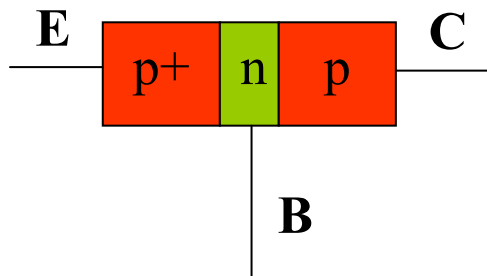


Hình dáng BJT

Ký hiệu của BJT



BJT loại NPN



BJT loại PNP

3. 2 Chế độ làm việc của BJT

Tùy theo cách phân cực cho transistor mà transistor sẽ có các chế độ làm việc khác nhau. Transistor có 3 chế độ làm việc cơ bản:

- Chế độ khuếch đại.**
- Chế độ khóa.**
- Chế độ dẫn bão hòa.**

Chế độ khuếch đại: J_E phân cực thuận và J_C phân cực ngược.

- J_E : tiếp xúc PN giữa cực phát (E) và cực nền (B).

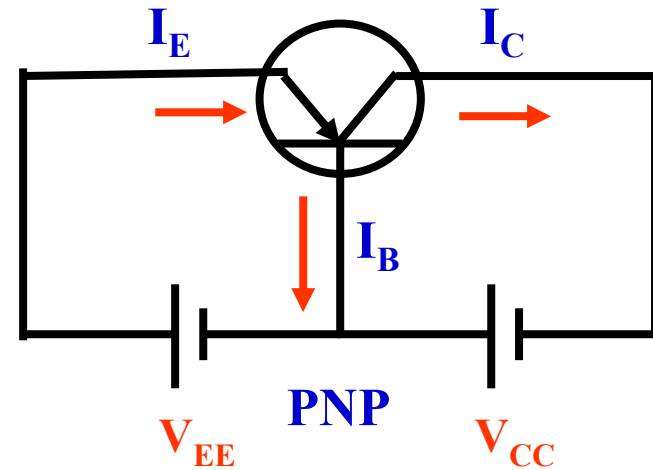
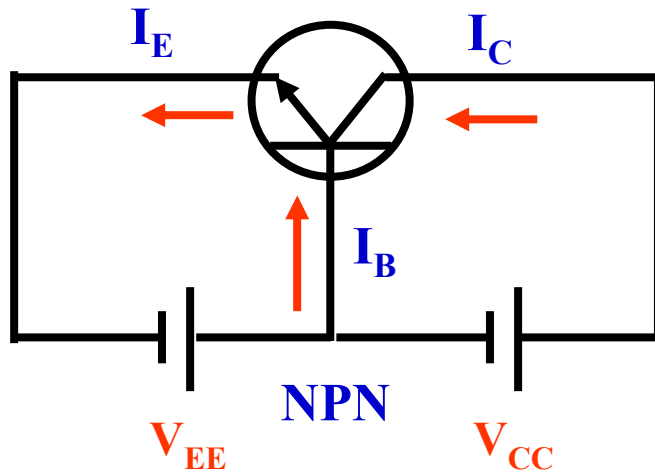
- J_C : tiếp xúc PN giữa cực thu (C) và cực nền (B).

Chế độ khóa (hay đóng mở): cả 2 chuyển tiếp J_E và J_C đều được phân cực ngược.

Chế độ dẫn bão hòa: cả 2 chuyển tiếp J_E và J_C đều được phân cực thuận.

* Chế độ khuếch đại

Qui ước về dòng trong BJT



Theo định luật Kirchhoff: $I_E = I_C + I_B$

$I_C = I_{C(INJ)} + I_{CBO}$; $I_{C(INJ)}$: dòng hạt dẫn đi qua miền nền.

Định nghĩa thông số α : $\alpha = \frac{I_{C(INJ)}}{I_E} \Rightarrow I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$

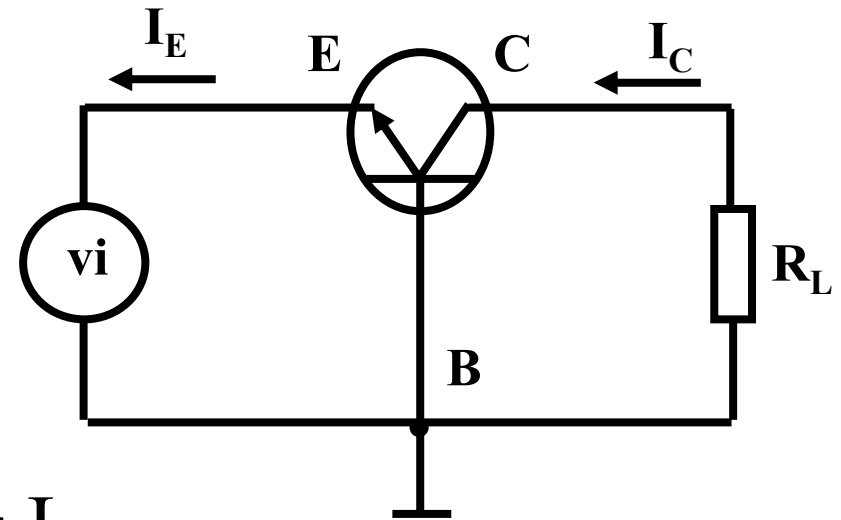
Vì I_{CBO} rất nhỏ, có thể bỏ qua: $\alpha \approx \frac{I_C}{I_E}$

3.3 Ba sơ đồ cơ bản của BJT

3.3.1 Mạch B chung (Common Base – CB)

Cực B là cực chung
cho mạch vào và ra.

- Dòng điện ngõ vào là dòng I_E .
- Dòng ngõ ra là dòng I_C .
- Điện áp ngõ vào là V_{EB} .
- Điện áp ngõ ra là V_{CB} .

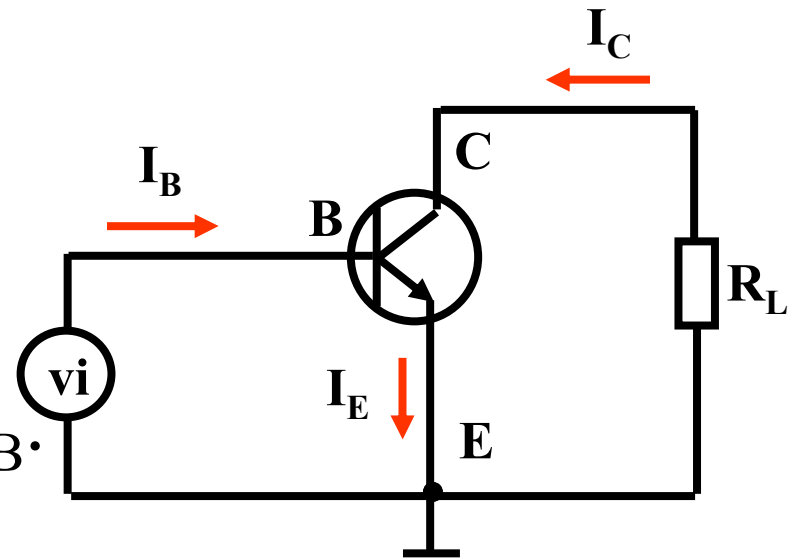


Mạch CB đơn giản hóa

3.3.2 Mạch E chung (Common Emitter – CE)

Cực E là cực chung cho mạch vào và ra.

- Dòng điện ngõ vào là dòng I_B .
- Dòng ngõ ra là dòng I_C .
- Điện áp ngõ vào là V_{BE} .
- Điện áp ngõ ra là V_{CE} .

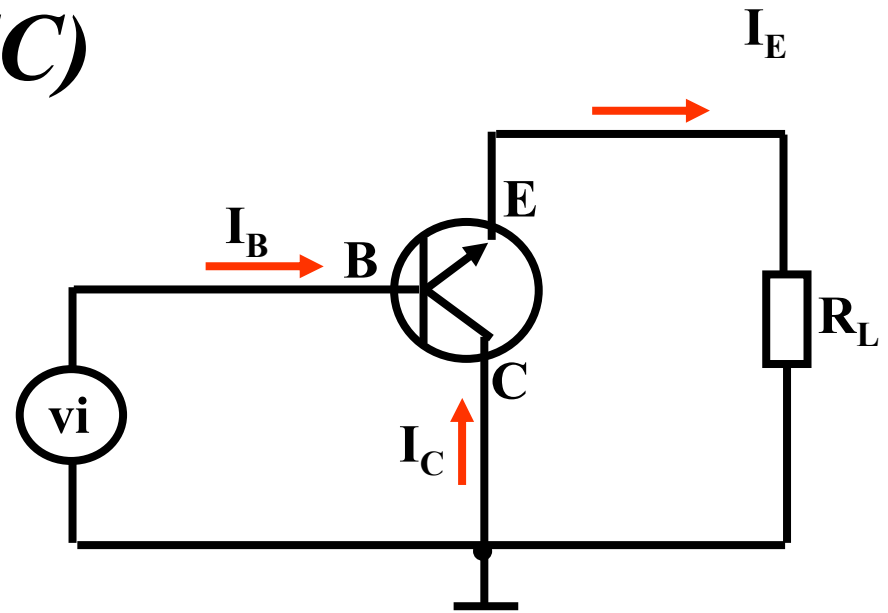


Mạch CE đơn giản hóa

3.3.3 Mạch C chung (Common Collector – CC)

Cực C là cực chung cho mạch vào và ra.

- Dòng điện ngõ vào là dòng I_B .
- Dòng ngõ ra là dòng I_E .
- Điện áp ngõ vào là V_{BC} .
- Điện áp ngõ ra là V_{EC} .



Mạch CC đơn giản hóa

3.4 Đặc tuyến Vôn - Ampe

Đồ thị diễn tả các mối tương quan giữa dòng điện và điện áp trên BJT được gọi là *đặc tuyến Vôn-Ampe* (hay *đặc tuyến tĩnh*).

Người ta thường phân biệt thành 4 loại đặc tuyến:

Đặc tuyến vào: nêu quan hệ giữa dòng điện và điện áp ở ngõ vào.

Đặc tuyến ra: quan hệ giữa dòng và áp ở ngõ ra.

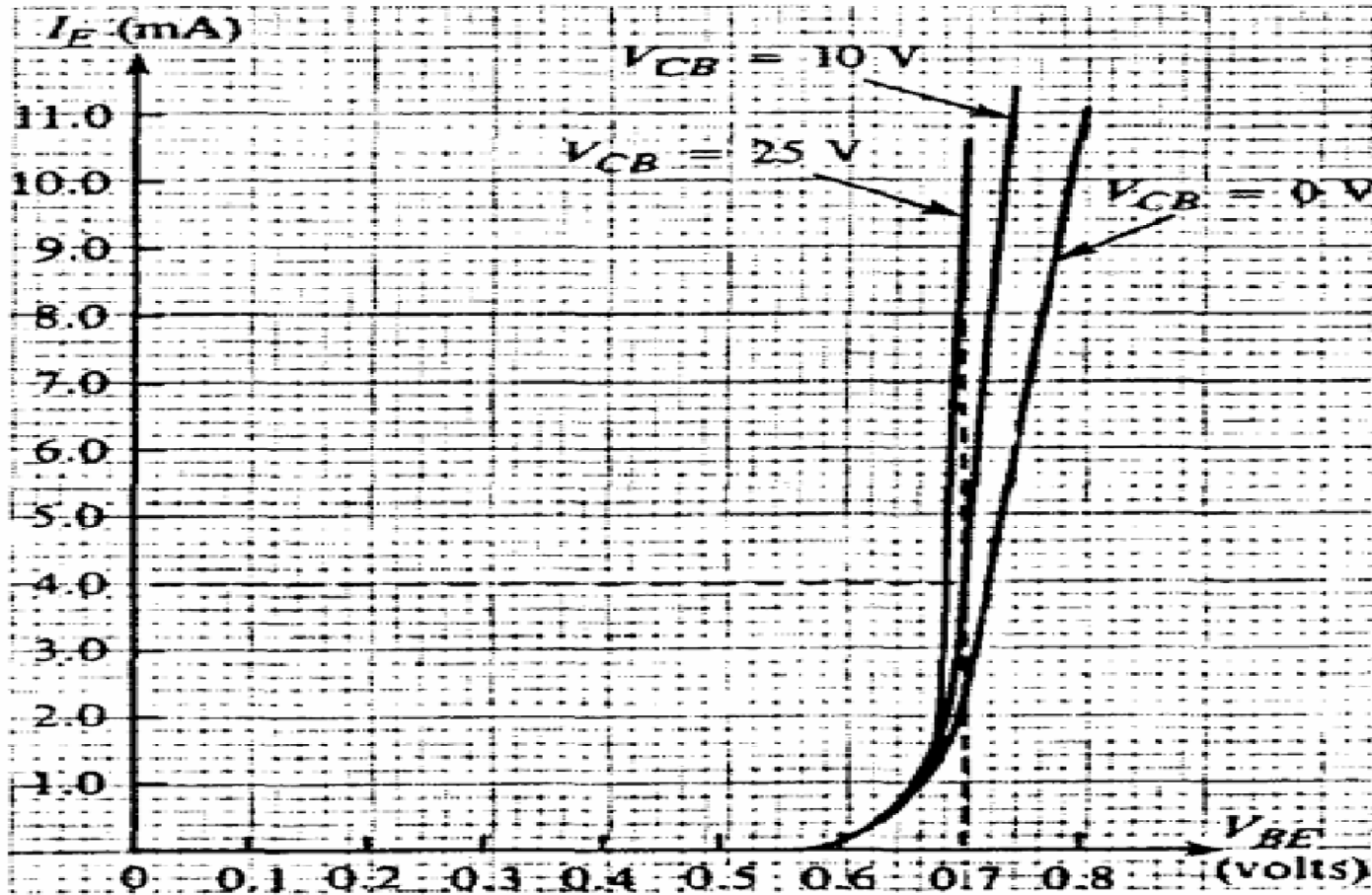
Đặc tuyến truyền đạt dòng điện: nêu sự phụ thuộc của dòng điện ra theo dòng điện vào.

Đặc tuyến hồi tiếp điện áp: nêu sự biến đổi của điện áp ngõ vào khi điện áp ngõ ra thay đổi.

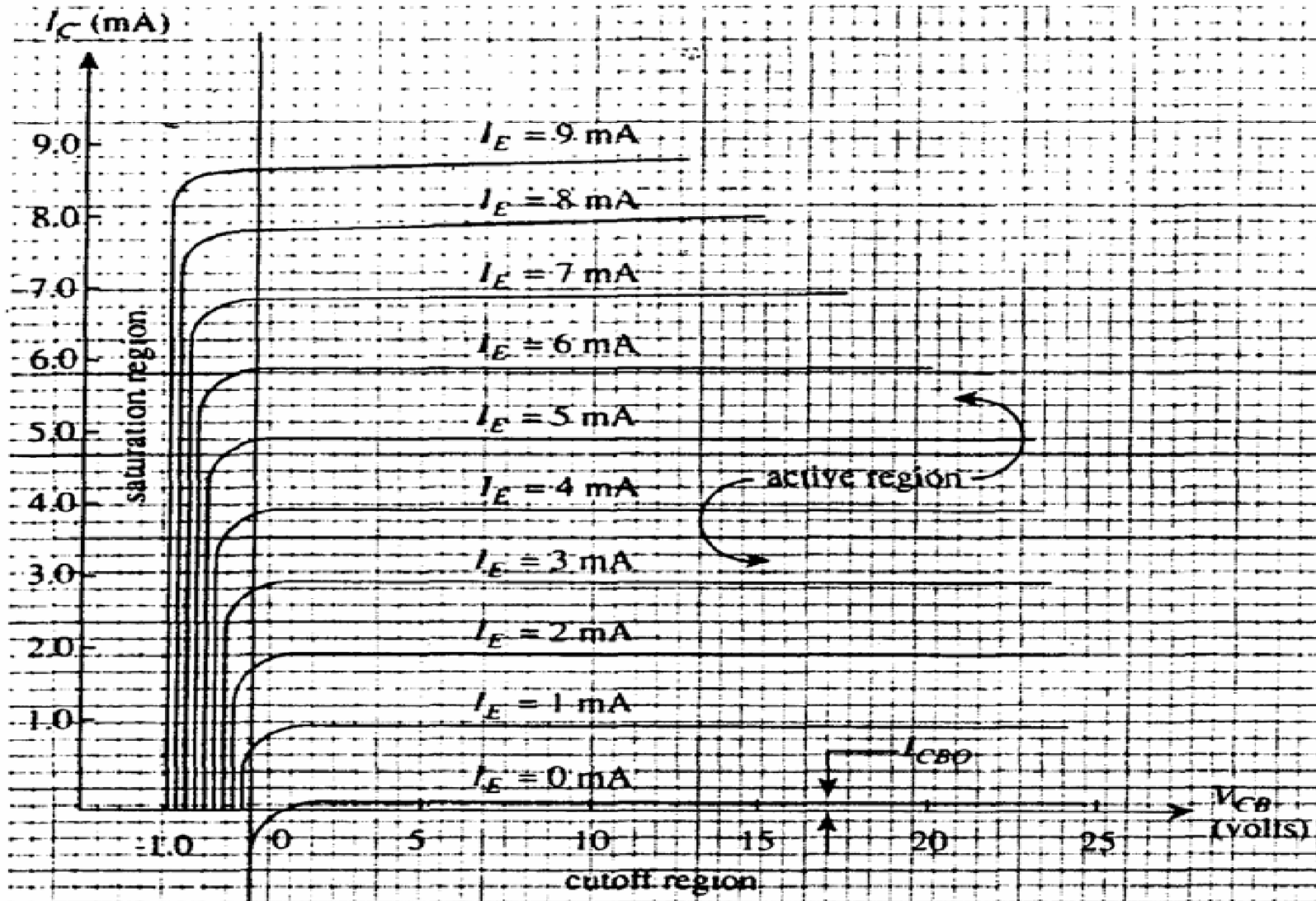
3.4.1 Đặc tính B chung

3.4.1.a Họ đặc tuyến ngõ vào B chung:

$$I_E = f(V_{BE}) \Big|_{V_{CB} = \text{const}}$$

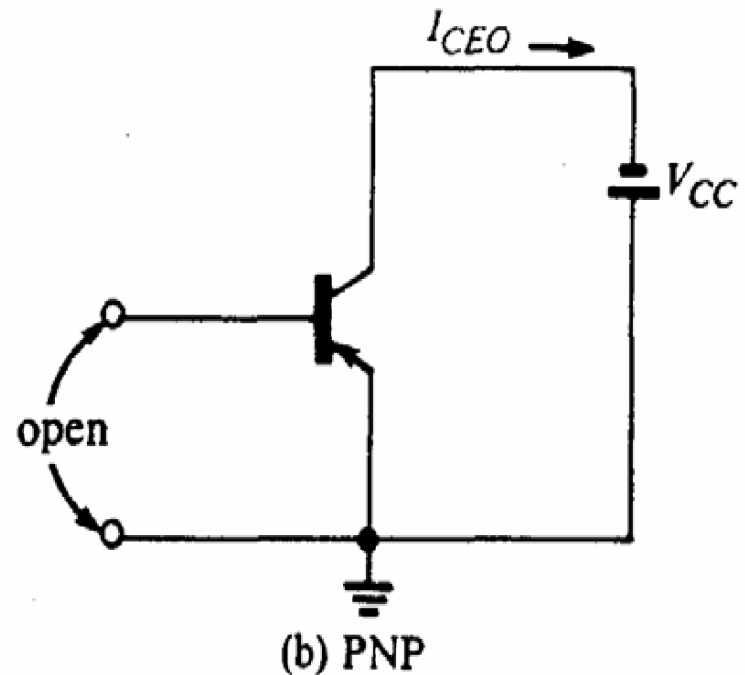
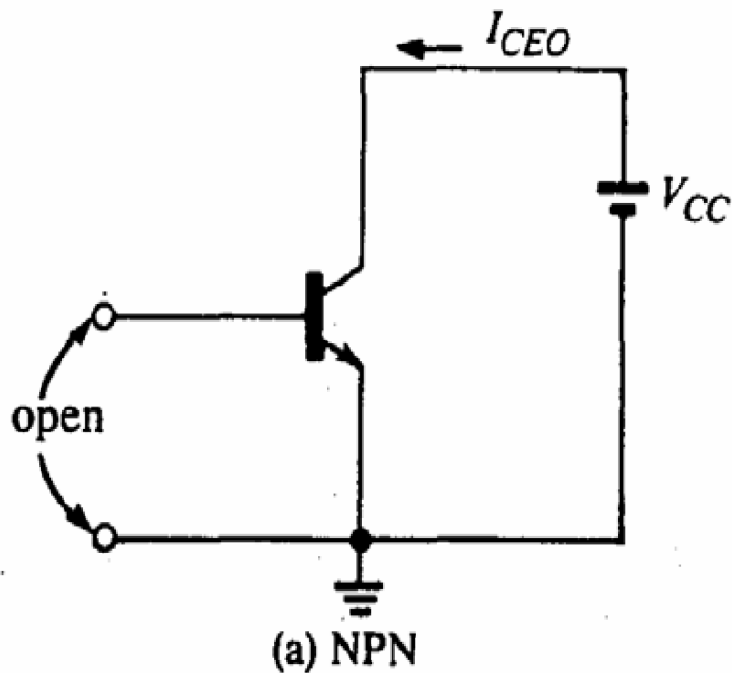


3.4.1.b Đặc tuyến ngõ ra B chung: $I_C = f(V_{CB})|_{I_E = \text{const}}$



3.4.2 Đặc tính E chung

3.4.2.a Dòng I_{CEO} và β



Dòng I_{CEO} là dòng ngược trên tiếp xúc J_C khi hở mạch ngõ vào.

Ta có: $I_C = \alpha I_E + I_{CBO} \Rightarrow \alpha I_E = I_C - I_{CBO}$

Chia 2 vế cho α , ta có:

$$\frac{I_C}{\alpha} - \frac{I_{CBO}}{\alpha} = I_E \Rightarrow \frac{I_C}{\alpha} - \frac{I_{CBO}}{\alpha} = I_B + I_C$$

$$\Rightarrow I_C = \frac{\alpha I_B}{1 - \alpha} + \frac{I_{CBO}}{1 - \alpha}$$

Khi V_{BE} hở mạch, ta có: $I_C = I_{CEO} = \frac{I_{CBO}}{1 - \alpha}$

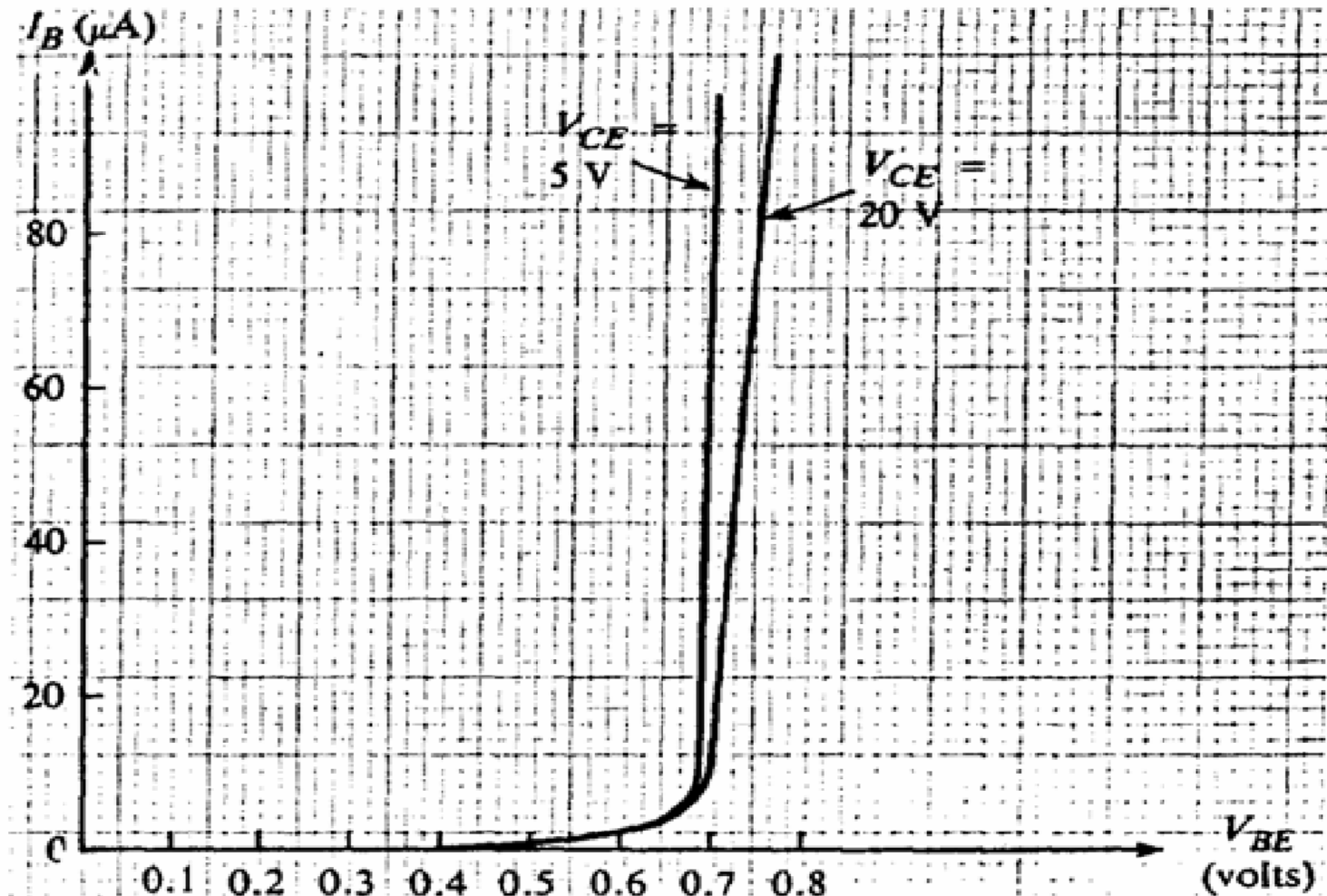
Đặt: $\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$

$$\Rightarrow I_C = \beta I_B + \frac{I_{CBO}}{1 - \alpha} = \beta I_B + I_{CEO}$$

Vì I_{CEO} là rất nhỏ: $I_C \approx \beta I_B$ (xem $I_{CEO} \approx 0$)

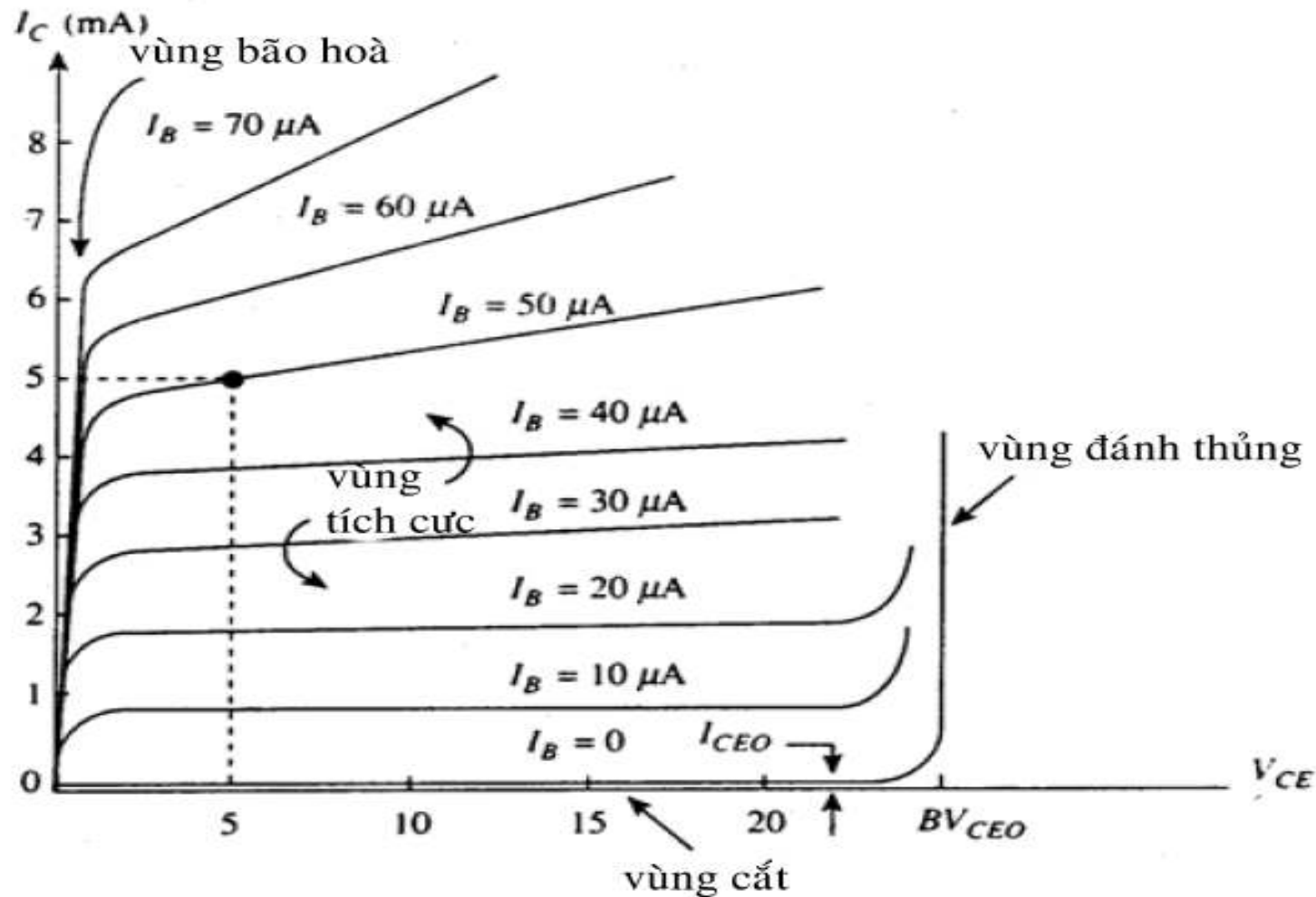
3.4.2.b Đặc tuyến ngõ vào E chung:

$$I_B = f(V_{BE}) \Big|_{V_{CE}=\text{const}}$$



3.4.2.b Đặc tuyến ngõ ra E chung:

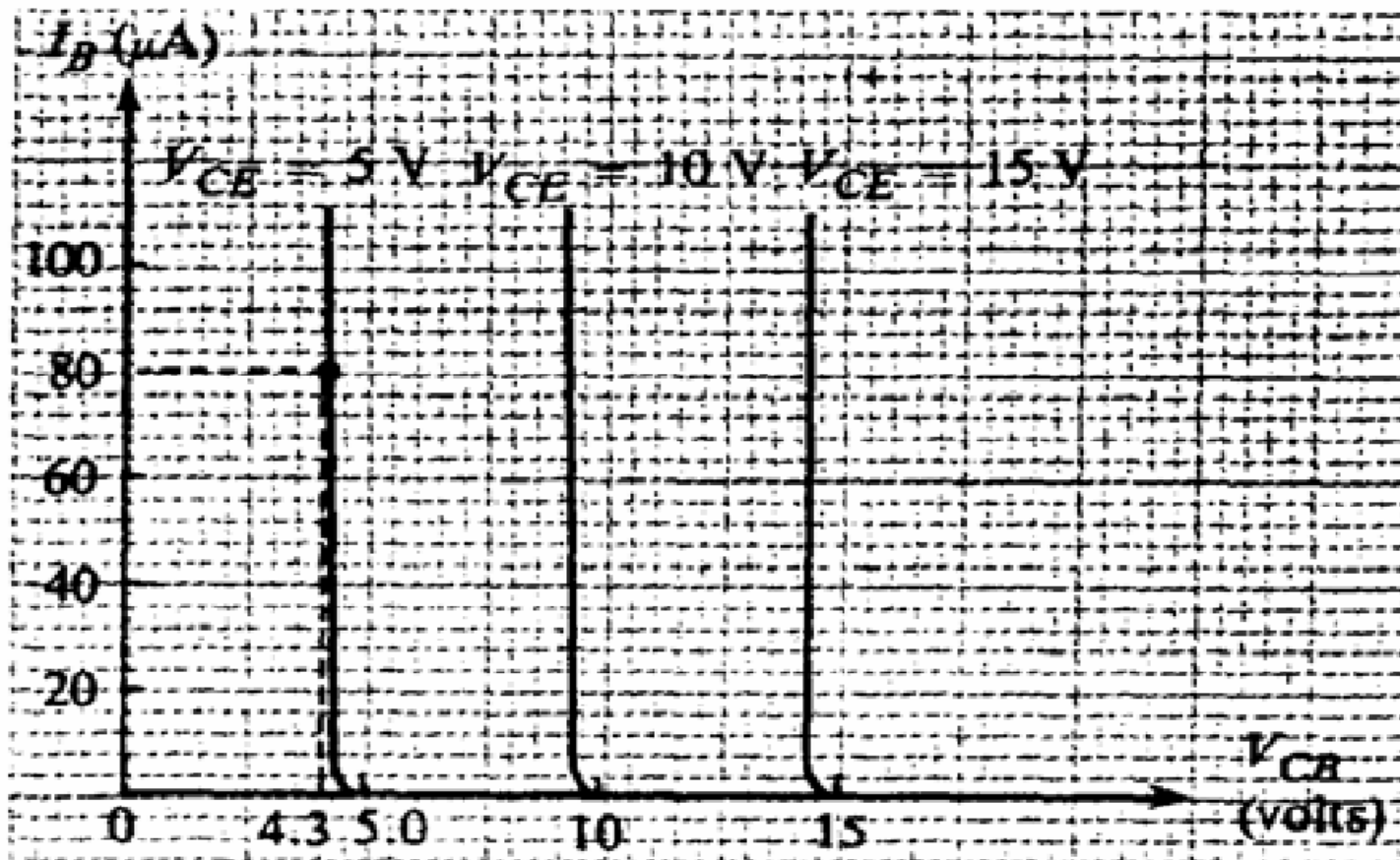
$$I_C = f(V_{CE}) \Big|_{I_B = \text{const}}$$



3.4.3 Đặc tính C chung

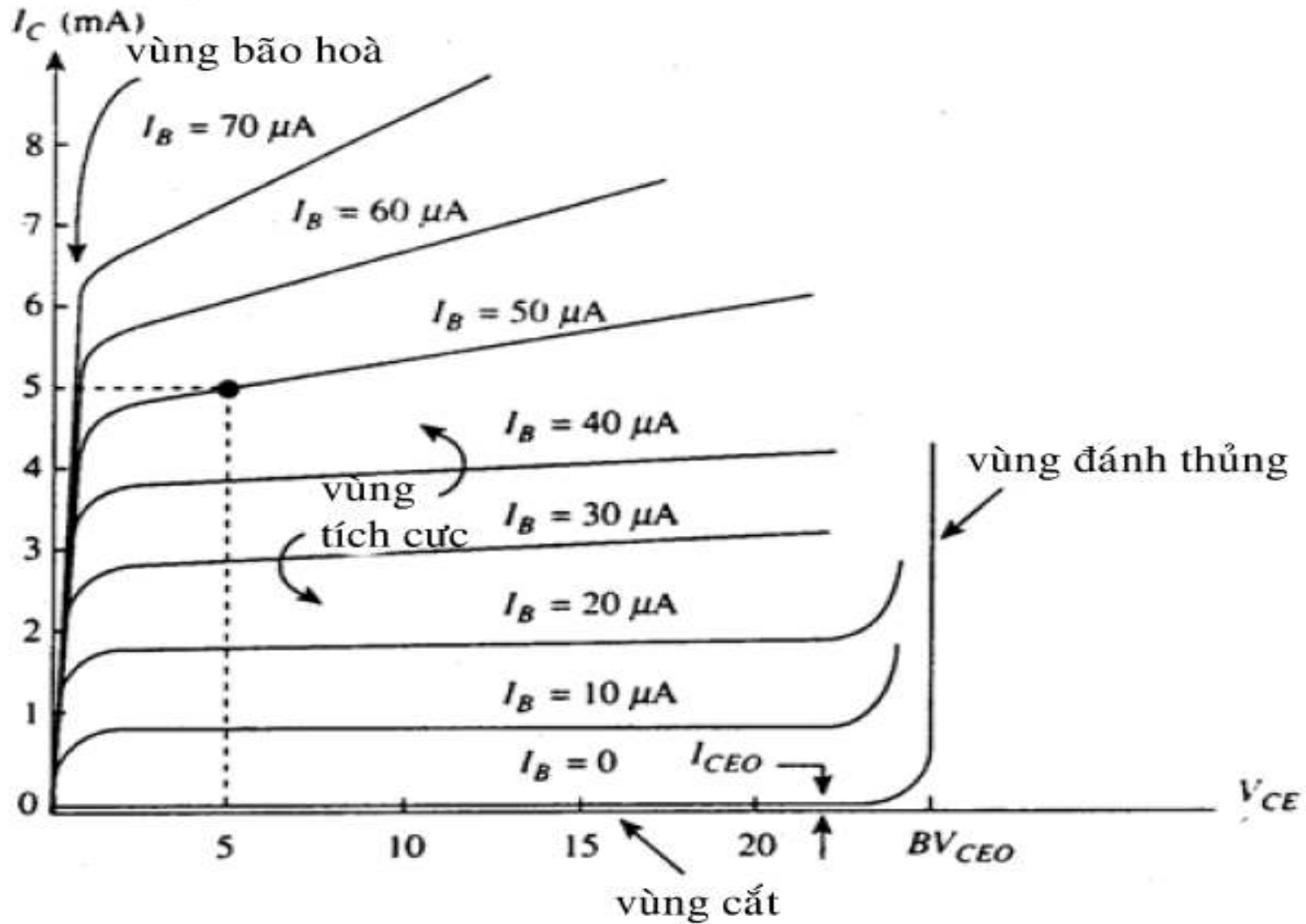
3.4.3.a Họ đặc tuyến ngõ vào C chung:

$$I_B = f(V_{CB}) \Big|_{V_{CE} = \text{const}}$$



3.4.3.b Họ đặc tuyến ngõ ra C chung:

$$I_E = f(V_{CE}) \Big|_{I_B = \text{const}}$$



3.5 Phân cực cho BJT

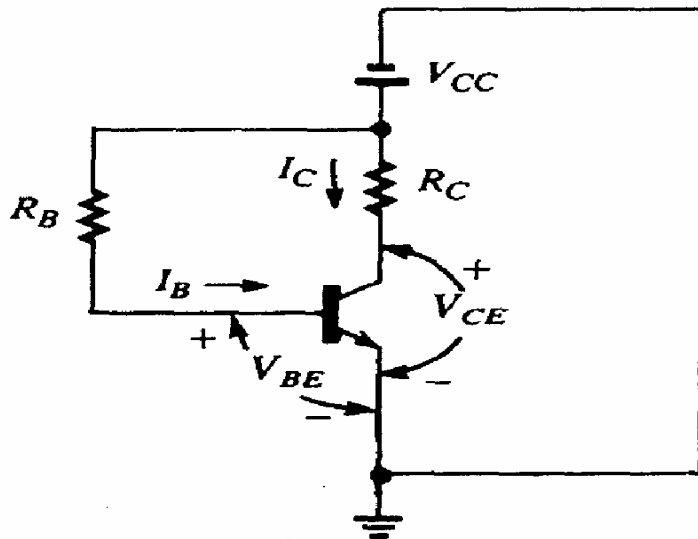
Điểm phân cực tĩnh (điểm làm việc tĩnh)

Là giao điểm của đường tải một chiều với đặc tuyến Vôn-Ampe.

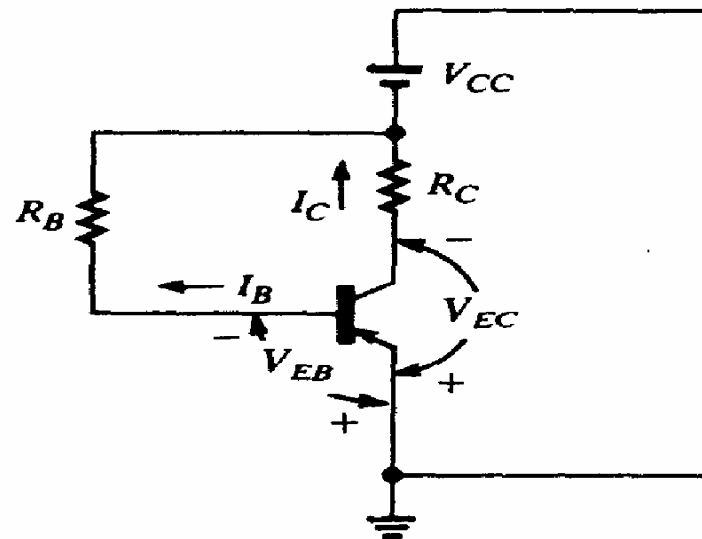
Điểm làm việc tĩnh ở ngõ vào: là giao điểm của đường tải một chiều và đặc tuyến Vôn-Ampe ở ngõ vào.

Điểm làm việc tĩnh ở ngõ ra: là giao điểm của đường tải một chiều và đặc tuyến Vôn-Ampe ở ngõ ra.

3.5.1 Phân cực kiểu định dòng base I_B



(a) NPN



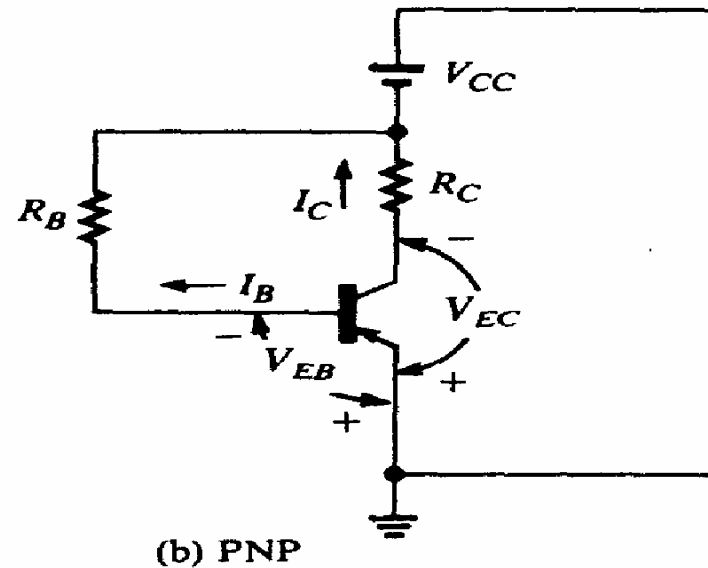
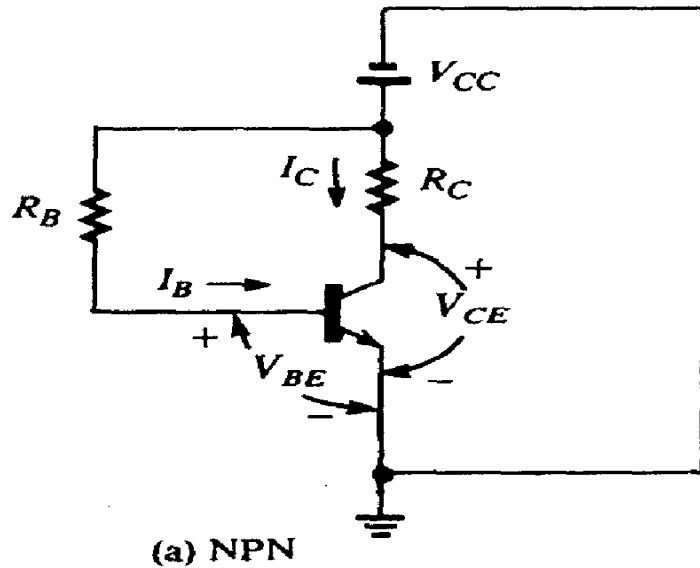
(b) PNP

Phương trình đường tải ở ngõ vào:

$$-V_{CC} + I_B R_B + V_{BE} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

$$V_{BE} = \begin{cases} 0.6 \div 0.7 & (\text{BJT} \text{ _ Si}) \\ 0.2 \div 0.3 & (\text{BJT} \text{ _ Ge}) \end{cases}$$

Phương trình đường tải ở ngõ ra:



$$-V_{CC} + I_C R_C + V_{CE} = 0 \quad \Leftrightarrow I_C = -\frac{1}{R_C} V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_C}$$

Điểm làm việc tĩnh ở ngõ ra: $Q(I_C, V_{CE})$

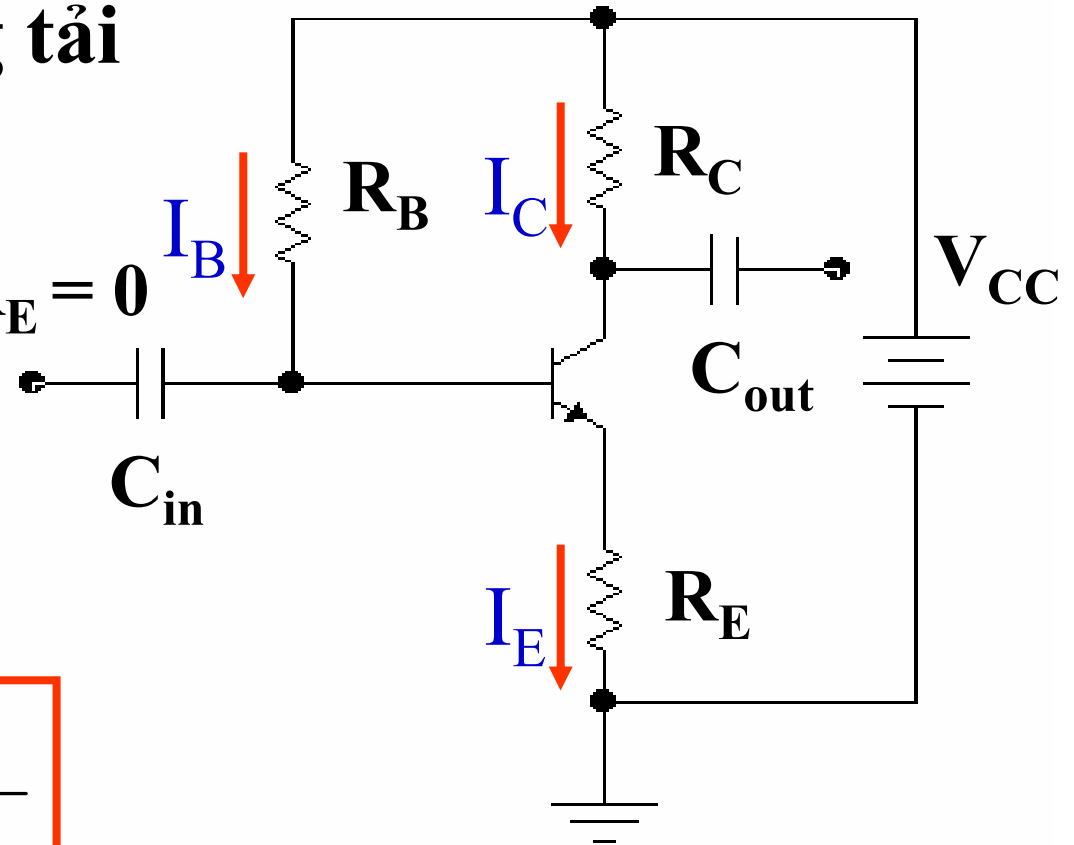
3.5.2 Phân cực kiểu định dòng base I_B và có thêm điện trở R_E

Phương trình đường tải ở ngõ vào:

$$-V_{CC} + I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E = 0$$

$$\begin{aligned} \text{Với: } I_E &= I_C + I_B \\ &= (\beta + 1)I_B \end{aligned}$$

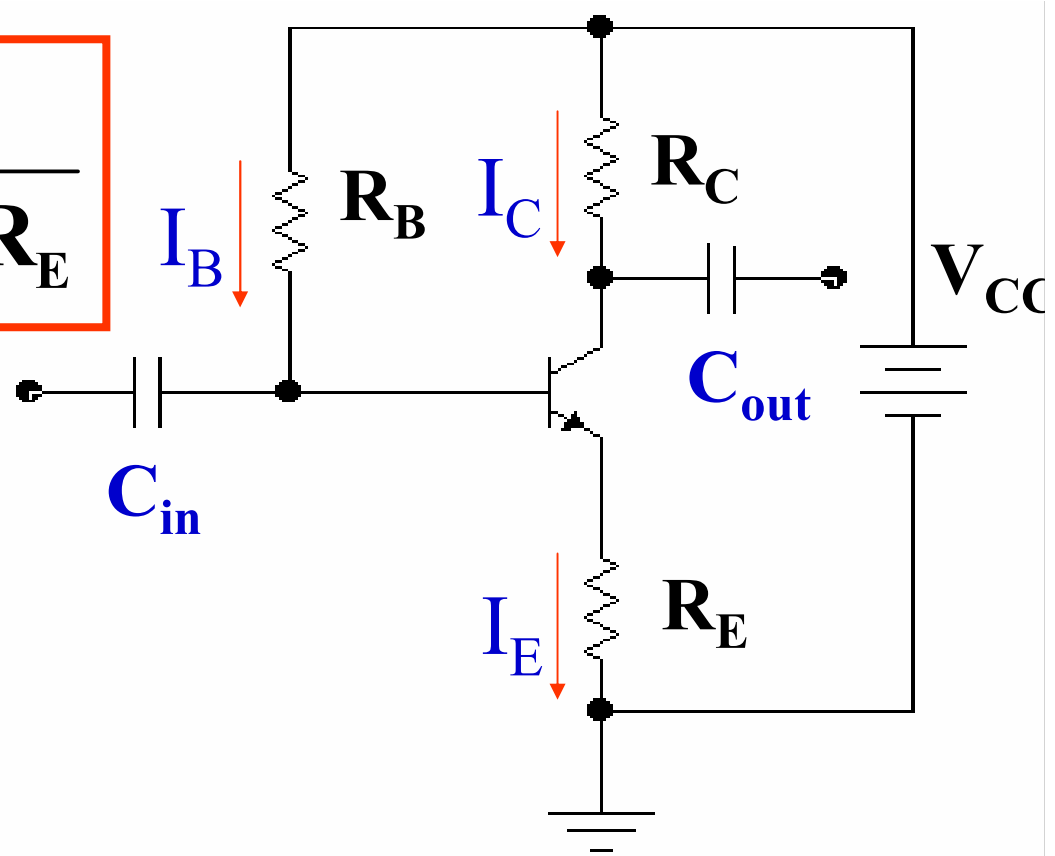
$$\Leftrightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$



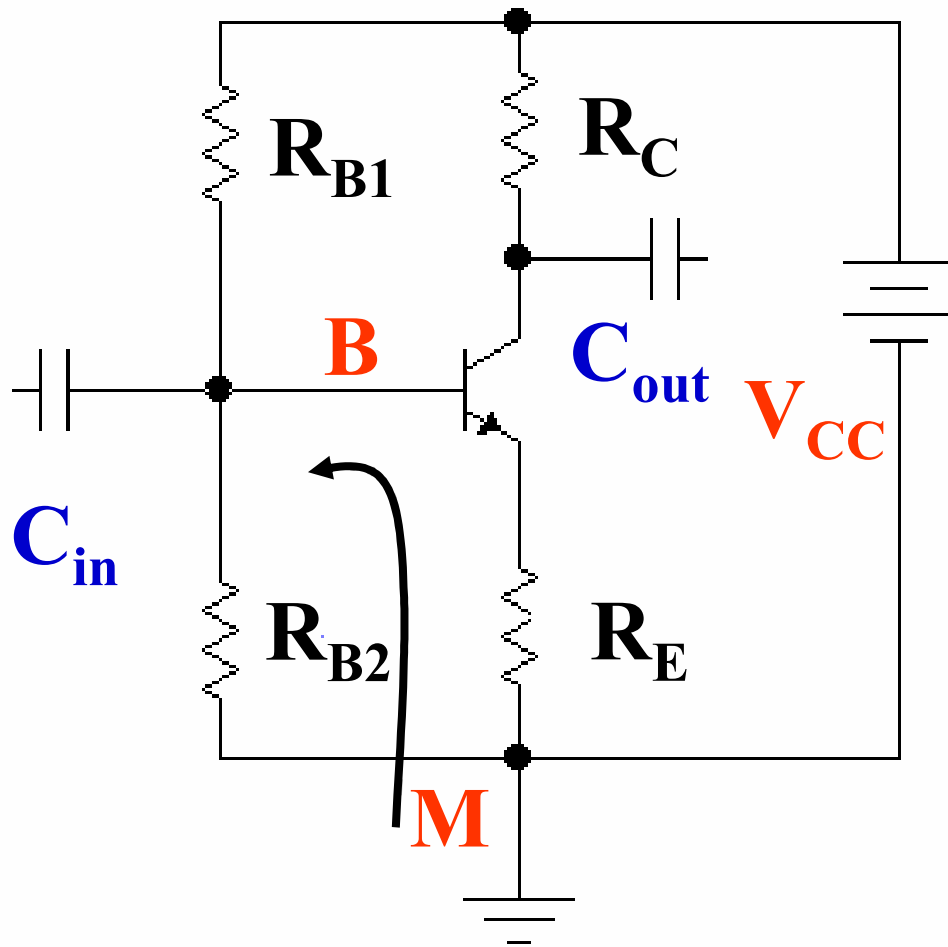
Phương trình đường tải ở ngõ ra:

$$-V_{CC} + I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E = 0$$

$$I_C = -\frac{V_{CE}}{R_C + R_E} + \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$



3.5.3 Phân cực kiểu phân áp



Biến đổi tương đương thành mạch Thevenin:

$$R_{BB} = \frac{R_{B1} \cdot R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$$
$$V_{BB} = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC}$$

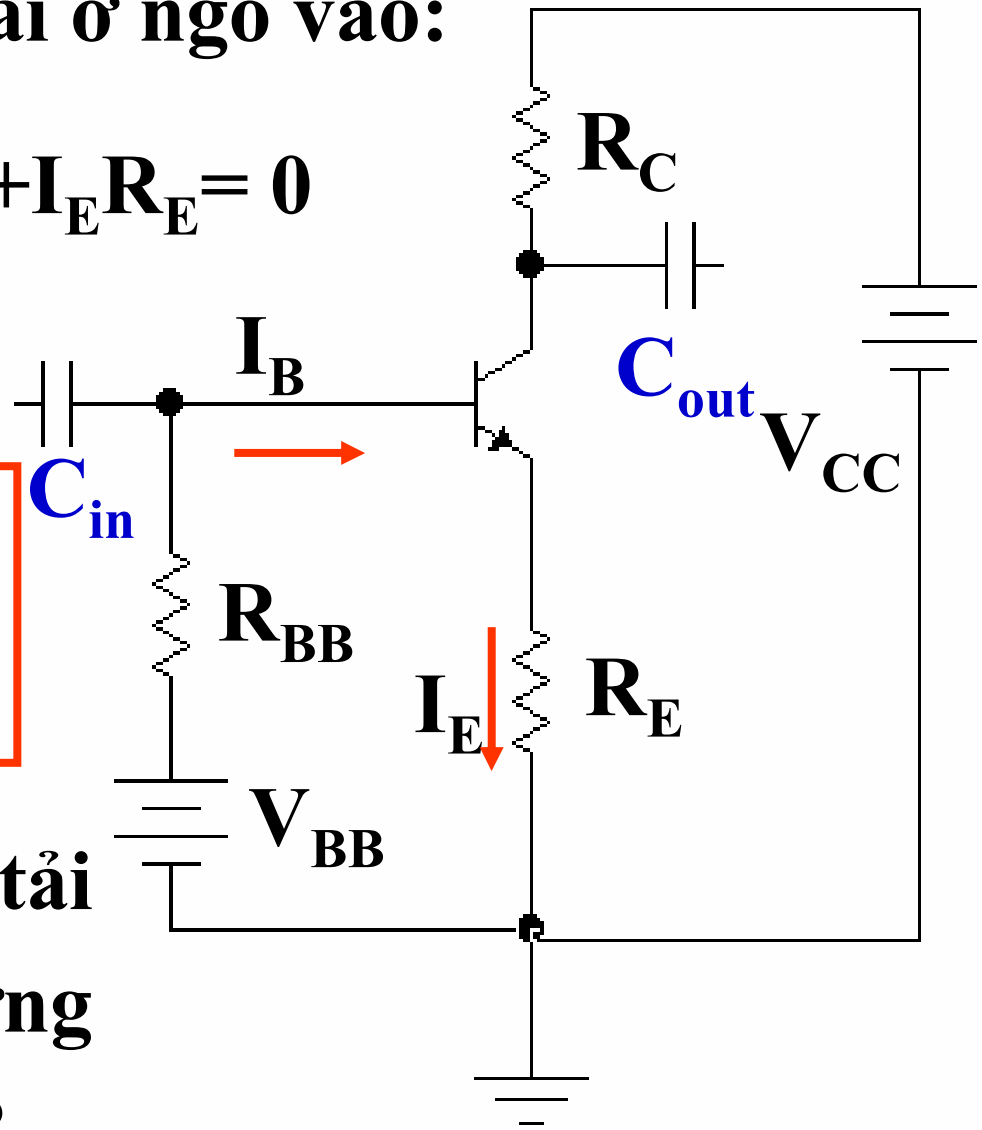
Phương trình đường tải ở ngõ vào:

$$-V_{BB} + I_B R_{BB} + V_{BE} + I_E R_E = 0$$

Với: $I_E = (\beta + 1)I_B$

$$\Leftrightarrow I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_{BB} + (\beta + 1)R_E}$$

Phương trình đường tải ở ngõ ra giống trường hợp định dòng I_B có R_E .



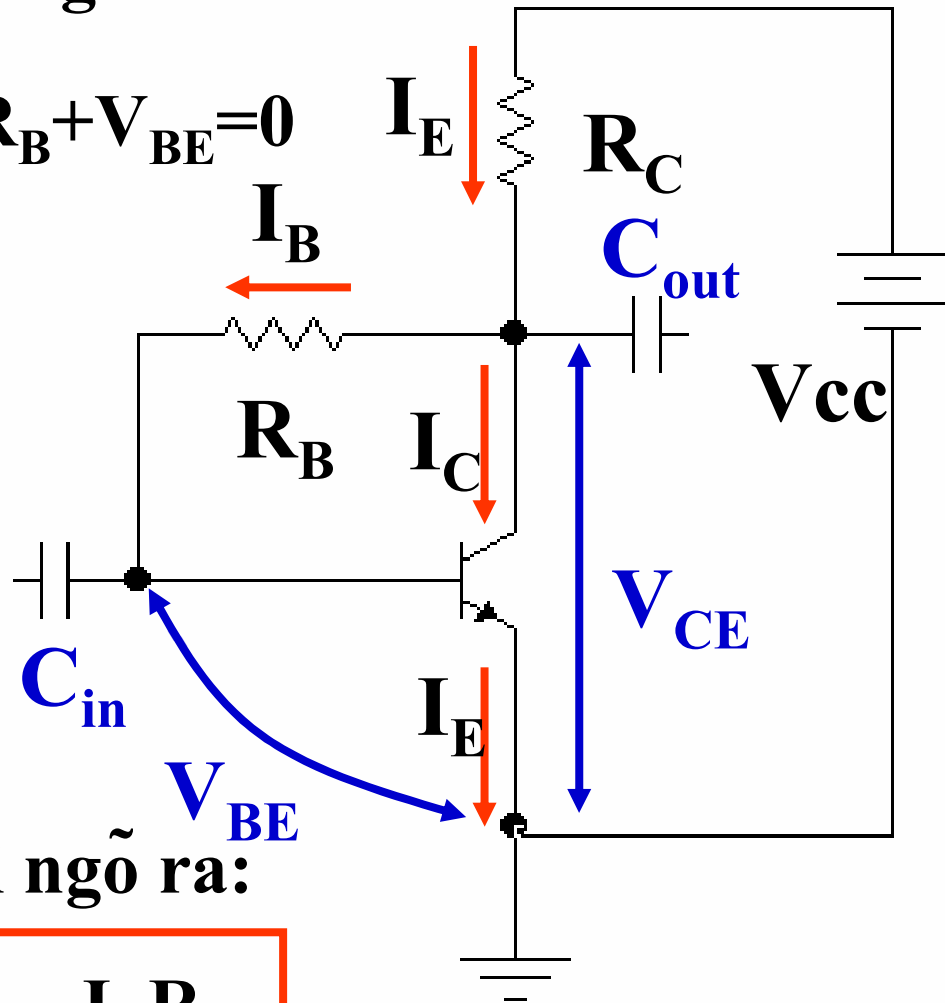
3.5.4 Phân cực nhờ hồi tiếp từ C

Phương trình đường tải ngõ vào:

$$\text{Ta có: } -V_{CC} + I_E R_C + I_B R_B + V_{BE} = 0$$

$$\text{Với: } I_E = (\beta + 1)I_B$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_C}$$



Phương trình đường tải ngõ ra:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_E R_C = V_{CC} - I_C R_C$$

3.6 Thiết kế mạch phân cực

Việc thiết kế được tính toán trên các giá trị nguồn cung cấp là cố định.

Từ yêu cầu về điểm làm việc ta phải xác định các giá trị điện trở trên mạch.

Vì trên thực tế các điện trở sẽ được chọn theo giá trị chuẩn, do đó khi chọn phải phù hợp với sai số cho phép.

Một số giá trị R chuẩn:

10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 43, 47, 51, 56, 68, 75, 82, 91.

Hướng dẫn

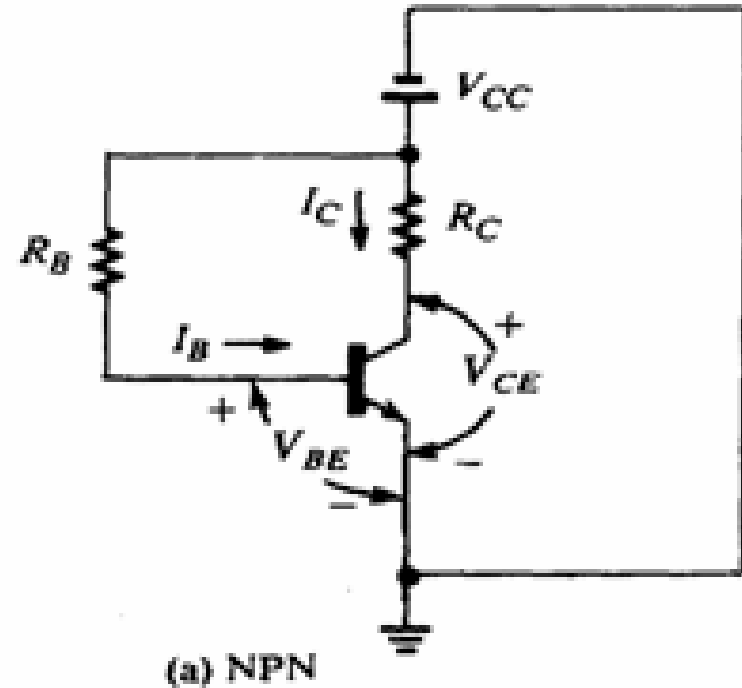
$$1. - V_{CC} + I_C R_C + V_{CE} = 0$$

$$- V_{CC} + I_B R_B + V_{BE} = 0$$

$$I_C = \beta I_B ; V_{BE} = 0.7V$$

$$\Rightarrow R_B = 565K\Omega ; R_C = 3K\Omega$$

$$\Rightarrow \text{chọn } 560 K\Omega \text{ và } 3K\Omega$$



2. Tính lại I_C theo sự thay đổi của β từ I_B ứng với R_B đã chọn. Từ đó tìm giới hạn của điểm phân cực.

Ví dụ cho thiết kế phân cực E chung

Một transistor silicon NPN có β tối ưu là 100, được sử dụng trong mạch phân cực CE định dòng I_B , với $V_{CC} = 12V$. Điểm phân cực là $I_C = 2mA$ và $V_{CE} = 6V$.

- 1. Thiết kế mạch dùng các điện trở chuẩn 5%.**
- 2. Tìm giới hạn có thể có của điểm phân cực nếu β của transistor thay đổi từ 50 đến 150 (một giới hạn thường gặp trong thực tế). Giả sử là các điện trở có giá trị tối ưu.**

3.7 BJT Inverter

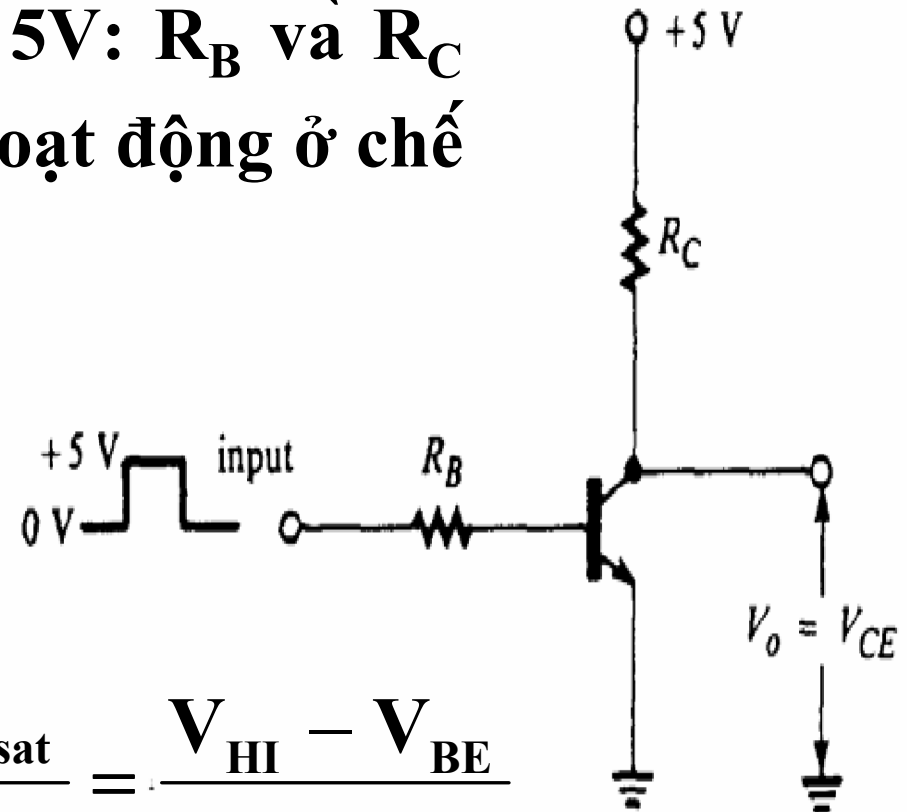
BJT được ứng dụng như một chức năng đảo trạng thái.

- Khi điện áp ở ngõ vào là 5V: R_B và R_C được thiết kế sao cho BJT hoạt động ở chế độ bão hòa.

- Khi đó $V_{CE} \approx 0$ (khoảng 0.1V) được gọi là V_{CEsat} (saturation), tương ứng:

$$I_C = I_{Csat} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

$$I_B = \frac{I_{Csat}}{\beta} = \frac{V_{HI} - V_{BE}}{R_B}$$



-Khi điện áp ở ngõ vào là 0V: BJT không dẫn

$$\Rightarrow V_{CE} = +5V.$$

Kết luận:

$$\left. \begin{array}{l} V_{in} = 5V \Rightarrow V_{out} = 0V. \\ V_{in} = 0V \Rightarrow V_{out} = 5V. \end{array} \right\} \text{Inverter}$$

Thiết kế Inverter

- Xác định giá trị của các điện trở R_B và R_C sao cho BJT hoạt động ở chế độ bão hòa.
- Sử dụng các công thức sau:

$$R_B = \frac{V_{HI} - V_{BE}}{I_B} = \frac{(V_{HI} - V_{BE})\beta R_C}{V_{CC}}$$

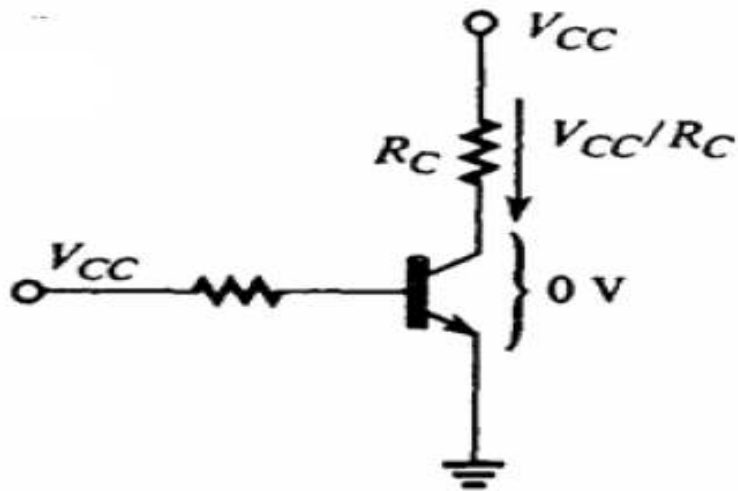
$$R_C = \frac{V_{CC} R_B}{\beta (V_{HI} - V_{BE})}$$

$$\beta = \beta_{\min}$$

3.8 Công tắc transistor

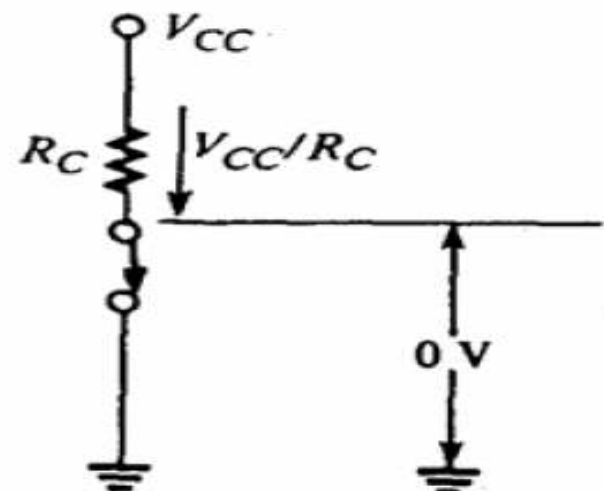
Một mạch Inverter dùng transistor được xem là một công tắc được điều khiển bởi điện áp ở ngõ vào.

Được gọi là công tắc transistor.

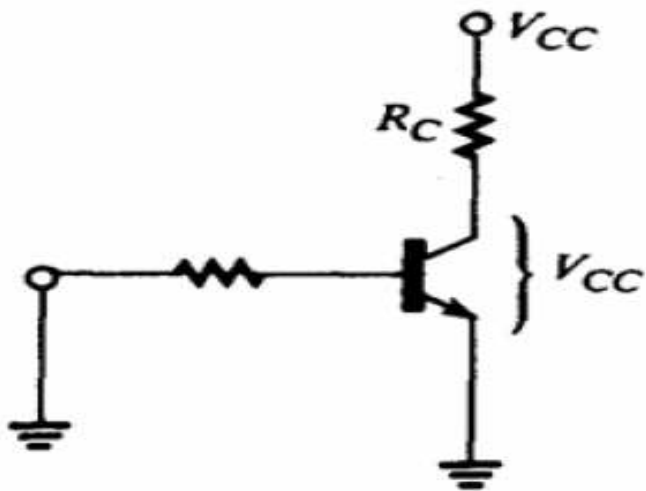


transistor bão hòa

=

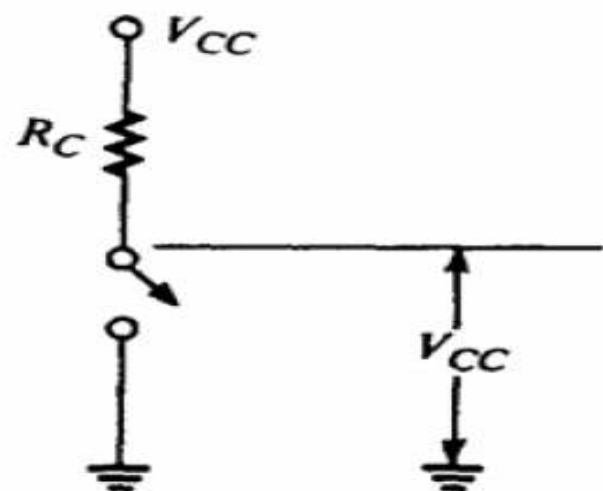


công tắc ON (đóng)



transistor tắt

=



công tắc OFF (mở)

Câu hỏi củng cố bài

- 1. Cấu tạo của BJT? Phân loại?**
- 2. Các chế độ làm việc của BJT?**
- 3. Các cách mắc cơ bản của BJT và các thông số ở ngõ vào và ngõ ra tương ứng?**
- 4. Các loại đặc tuyến của BJT?**
- 5. Các kiểu phân cực cho BJT trong mạch khuếch đại CE?**
- 6. Các công thức cần nhớ về quan hệ của các dòng trong BJT và các hệ số α , β ?**
- 7. Khái niệm về BJT inverter và thiết kế?**
- 8. Khái niệm về công tắc BJT?**

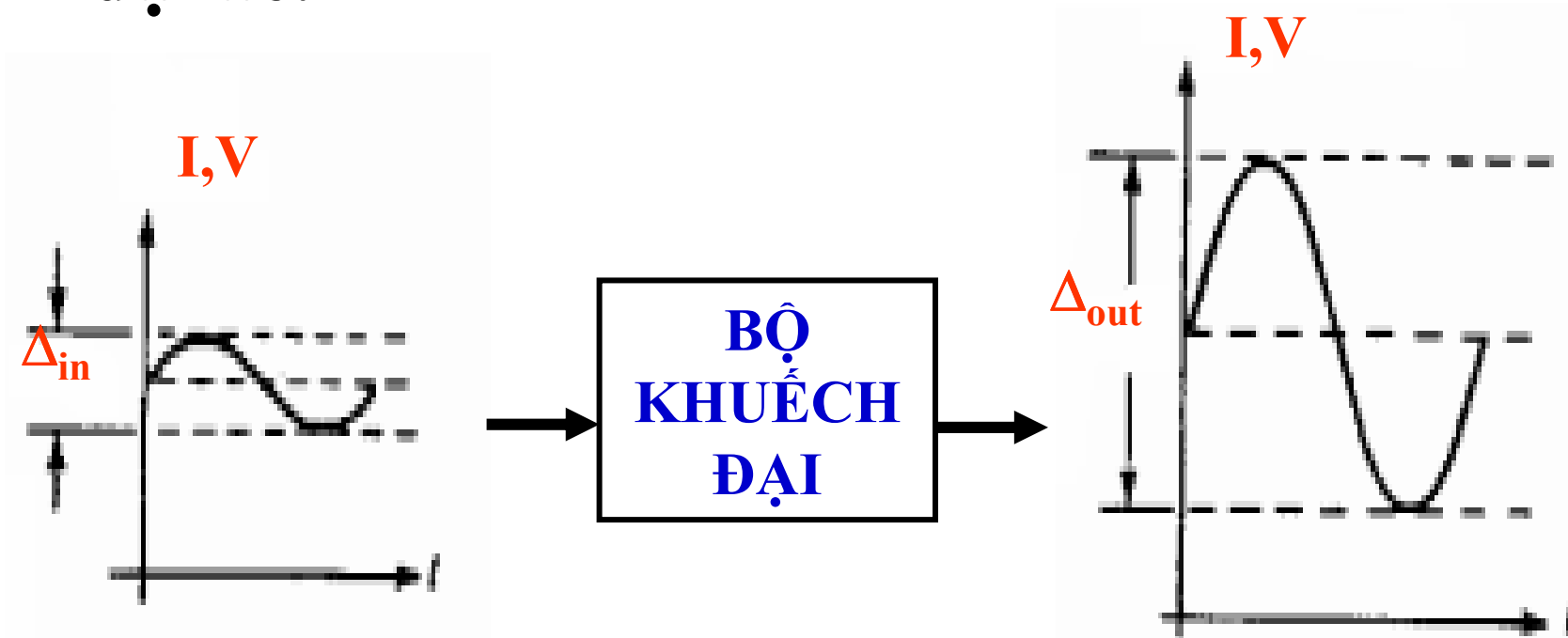
Chương 4

MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ DÙNG BJT

I. ĐỊNH NGHĨA

- *Khuếch đại* là quá trình biến đổi một đại lượng (**dòng điện** hoặc **điện áp**) từ biên độ nhỏ thành biên độ lớn mà không làm thay đổi dạng của nó.

Khi xét BJT hoạt động dưới điều kiện tín hiệu nhỏ (sự thay đổi của tín hiệu vào đủ nhỏ) thì có thể xem BJT như một bộ khuếch đại ac.



- **Độ lợi** là tỉ số của một lượng tín hiệu (dòng điện hoặc điện áp) thay đổi ở ngõ ra và ngõ vào.

Ký hiệu là A_i hoặc A_v .

+ **Độ lợi dòng:**
$$A_i = \frac{\Delta I_{\text{out}}}{\Delta I_{\text{in}}} = \frac{i_o(\text{rms})}{i_i(\text{rms})}$$

+ **Độ lợi áp:**
$$A_v = \frac{\Delta V_{\text{out}}}{\Delta V_{\text{in}}} = \frac{v_o(\text{rms})}{v_i(\text{rms})}$$

+ **Độ lợi công suất:** $A_P = \frac{P_{out}}{P_{in}} = A_v \cdot A_i$

$A > 1$: bộ khuếch đại tín hiệu.

$A < 1$: bộ suy giảm tín hiệu.

Nhắc lại:

+ giá trị *rms*: trị hiệu dụng (để tính cho tín hiệu ac).

+ giá trị *amp*: trị biên độ (hoặc đỉnh – peak).

$$(\text{rms}) = \frac{(\text{amp})}{\sqrt{2}}$$

Điện trở ngõ vào của một bộ khuếch đại là tổng trở tương đương tại các đầu ngõ vào của nó.

$$\mathbf{R}_{\text{in}} = \frac{\mathbf{V}_{\text{in}}}{\mathbf{I}_{\text{in}}} \text{ (DC)}$$

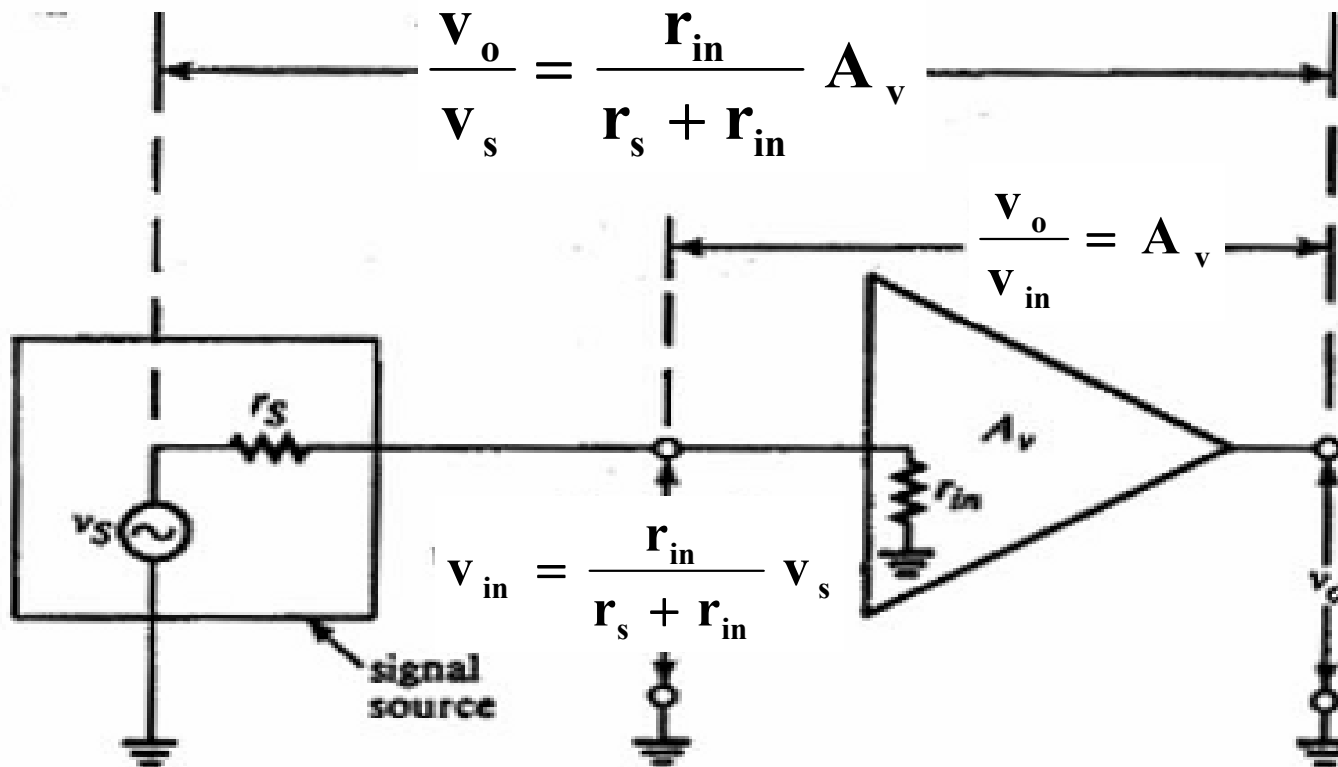
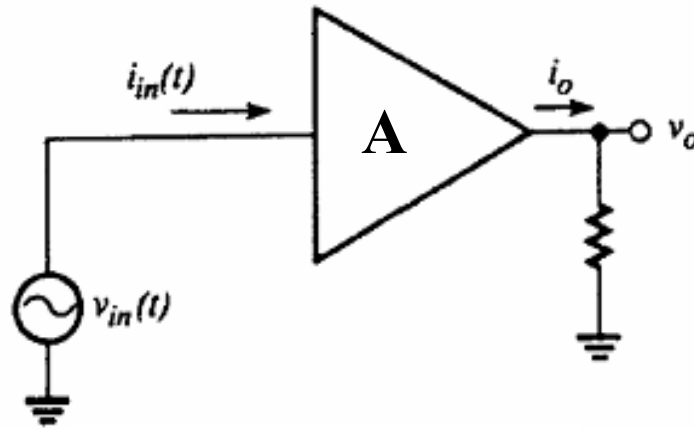
$$\mathbf{r}_{\text{in}} = \frac{\mathbf{v}_{\text{in}}}{\mathbf{i}_{\text{in}}} \text{ (ac)}$$

Công suất ngõ vào ac

$$\begin{aligned} P_{in} &= v_{in}(\text{rms}) * i_{in}(\text{rms}) \\ &= \frac{v_{in}^2(\text{rms})}{r_{in}} \\ &= i_{in}^2(\text{rms}) * r_{in} \end{aligned}$$

Định nghĩa tương tự cho điện trở và công suất ngõ ra.

Ảnh hưởng của điện trở nguồn đối với mạch khuếch đại



* *Khuếch đại áp*

- *Điện áp vào bộ KĐ:*

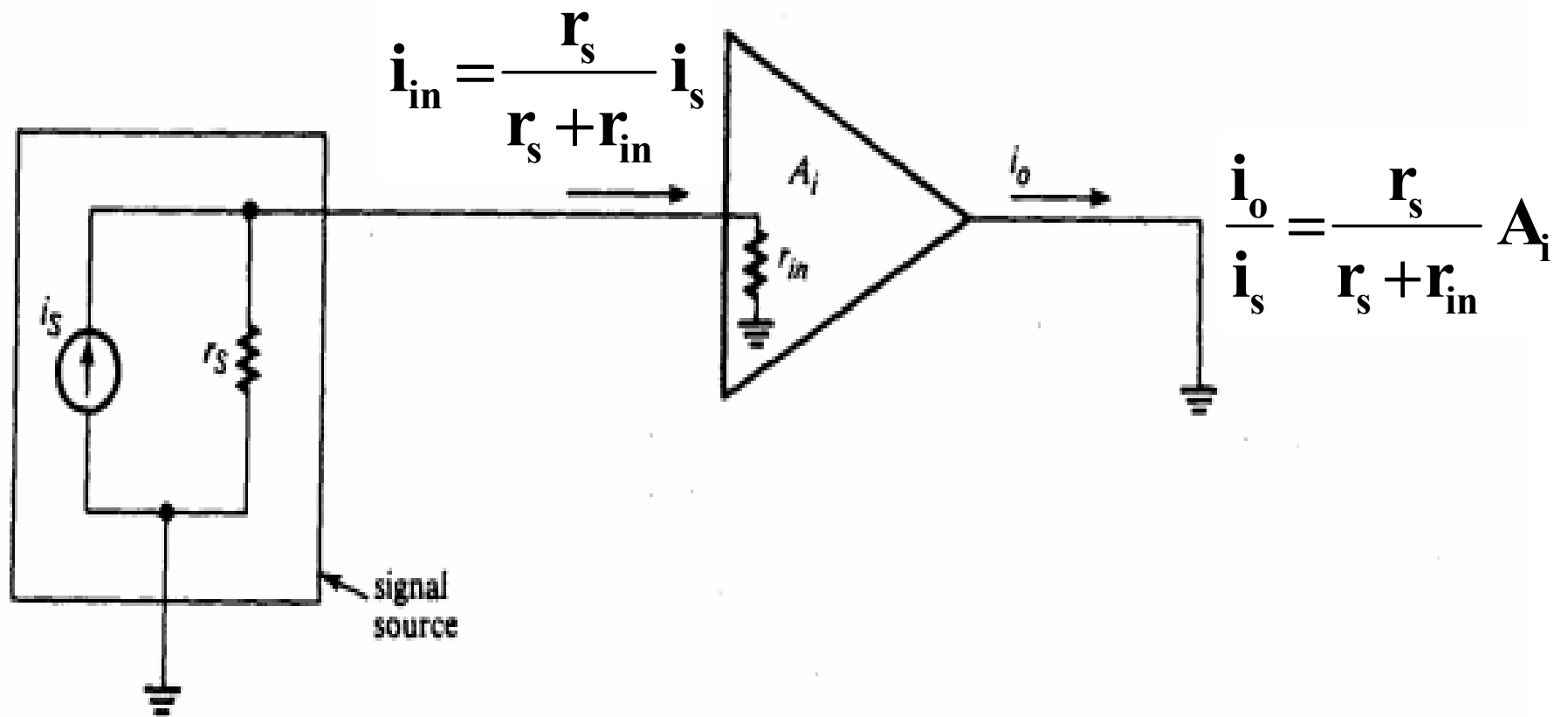
$$\mathbf{V}_{\text{in}} = \left(\frac{\mathbf{r}_{\text{in}}}{\mathbf{r}_{\text{s}} + \mathbf{r}_{\text{in}}} \right) \cdot \mathbf{V}_{\text{s}}$$

\Rightarrow *Điện áp ra :*

$$\mathbf{V}_{\text{out}} = \mathbf{A}_{\text{v}} \cdot \mathbf{V}_{\text{in}} = \mathbf{A}_{\text{v}} \cdot \left(\frac{\mathbf{r}_{\text{in}}}{\mathbf{r}_{\text{s}} + \mathbf{r}_{\text{in}}} \right) \cdot \mathbf{V}_{\text{s}}$$

\Rightarrow *Để có độ lợi áp là A_v càng lớn thì $r_{\text{in}} \gg r_{\text{s}}$.*

* *Khuếch đại dòng*



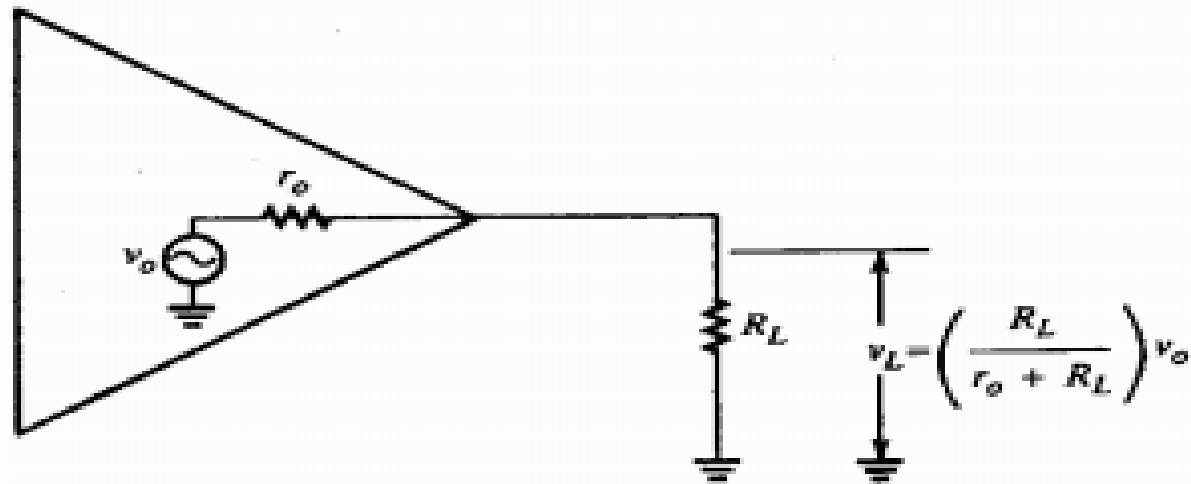
- Dòng ngõ vào bộ KĐ:
$$\mathbf{i}_{in} = \left(\frac{\mathbf{r}_s}{\mathbf{r}_s + \mathbf{r}_{in}} \right) \cdot \mathbf{i}_s$$

\Rightarrow Dòng ngõ ra :

$$\mathbf{i}_{out} = \mathbf{A}_i \cdot \mathbf{i}_{in} = \mathbf{A}_i \cdot \left(\frac{\mathbf{r}_s}{\mathbf{r}_s + \mathbf{r}_{in}} \right) \cdot \mathbf{i}_s$$

\Rightarrow Để có độ lợi dòng là A_i càng lớn thì $r_s \gg r_{in}$.

Ảnh hưởng của điện trở tải



- Một bộ khuếch đại ac dùng để cung cấp **áp, dòng** hoặc/và **công suất** cho một tải ở ngõ ra.
- Tải có thể là loa, anten, còi, động cơ điện hoặc bất kỳ 1 thiết bị hữu ích nào.
- Khi phân tích mạch này, ta thay thế bằng 1 điện trở tải R_L .

Áp ra trên tải:
$$\mathbf{V}_L = \left(\frac{\mathbf{r}_L}{\mathbf{r}_o + \mathbf{r}_L} \right) \cdot \mathbf{V}_{\text{out}}$$

\Rightarrow để có áp rơi tối đa trên tải thì $r_L \gg r_o$.

Xét cả ảnh hưởng của nguồn thì độ lợi áp từ nguồn đến tải:

$$\frac{\mathbf{V}_L}{\mathbf{V}_s} = \mathbf{A}_V \cdot \left(\frac{\mathbf{r}_{\text{in}}}{\mathbf{r}_s + \mathbf{r}_{\text{in}}} \right) \cdot \left(\frac{\mathbf{r}_L}{\mathbf{r}_o + \mathbf{r}_L} \right)$$

Một cách tương tự khi xét đến bộ khuếch đại dòng, ta có:

Dòng trên tải:
$$\mathbf{i}_L = \left(\frac{\mathbf{r}_o}{\mathbf{r}_o + \mathbf{r}_L} \right) \cdot \mathbf{i}_{out}$$

Độ lợi dòng tổng:

$$\frac{\mathbf{i}_L}{\mathbf{i}_s} = \mathbf{A}_i \cdot \left(\frac{\mathbf{r}_s}{\mathbf{r}_s + \mathbf{r}_{in}} \right) \cdot \left(\frac{\mathbf{r}_o}{\mathbf{r}_o + \mathbf{r}_L} \right)$$

\Rightarrow để có dòng tối đa trên tải thì $r_o \gg r_L$.

Để truyền công suất cực đại thì cần có sự phối hợp trở kháng:

- Từ nguồn tín hiệu đến bộ khuếch đại:

$$r_s = r_{in}$$

- Từ bộ khuếch đại đến tải: $r_{out} = r_L$.

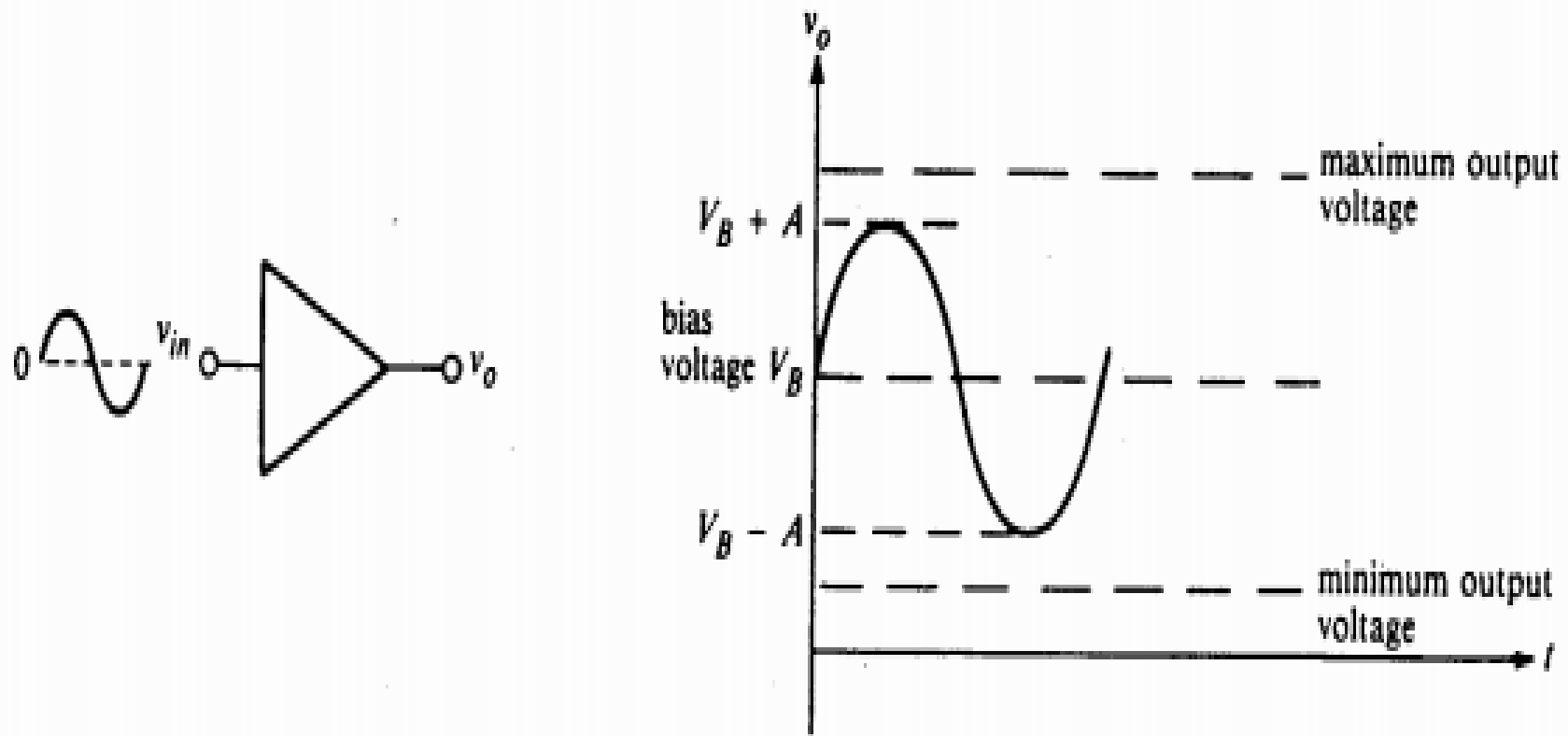
Mục đích phân cực DC

Khi thiết kế phân cực cho BJT đồng thời cũng là chọn điểm làm việc cho BJT.

Khi đó, dạng sóng ở ngõ ra sẽ phụ thuộc vào giá trị điểm phân cực và sự thay đổi của tín hiệu ở ngõ vào.

$$v_o(t) = V_B + v_{in}$$

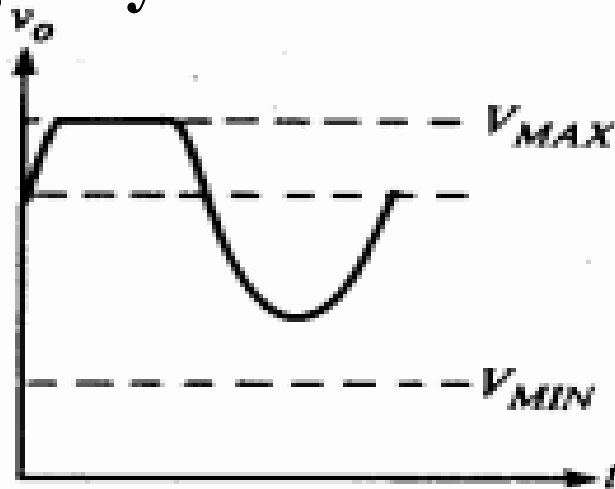
V_B : áp phân cực tĩnh



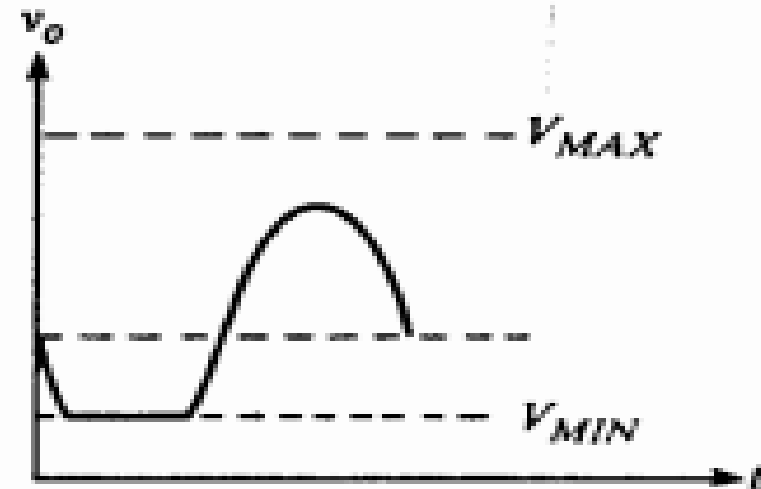
V_{max} (maximum output voltage): là giá trị max ở ngõ ra khi BJT không dẫn gọi là áp cắt (cutoff), thường bằng áp nguồn cung cấp.

V_{min} (minimum output voltage): là giá trị min ở ngõ ra khi BJT dẫn bão hòa.

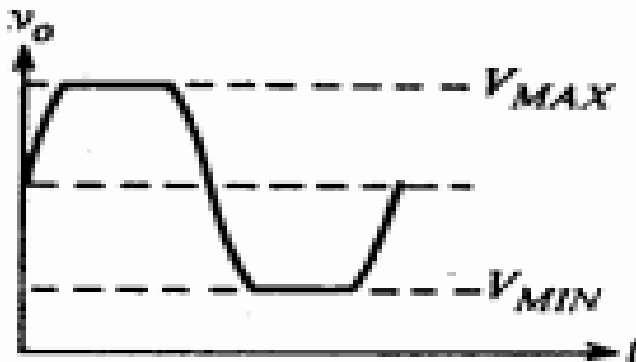
Tùy thuộc vào giá trị của V_B mà điện áp ra sẽ có những thay đổi như sau:



(a) Positive clipping.
 V_B too large.



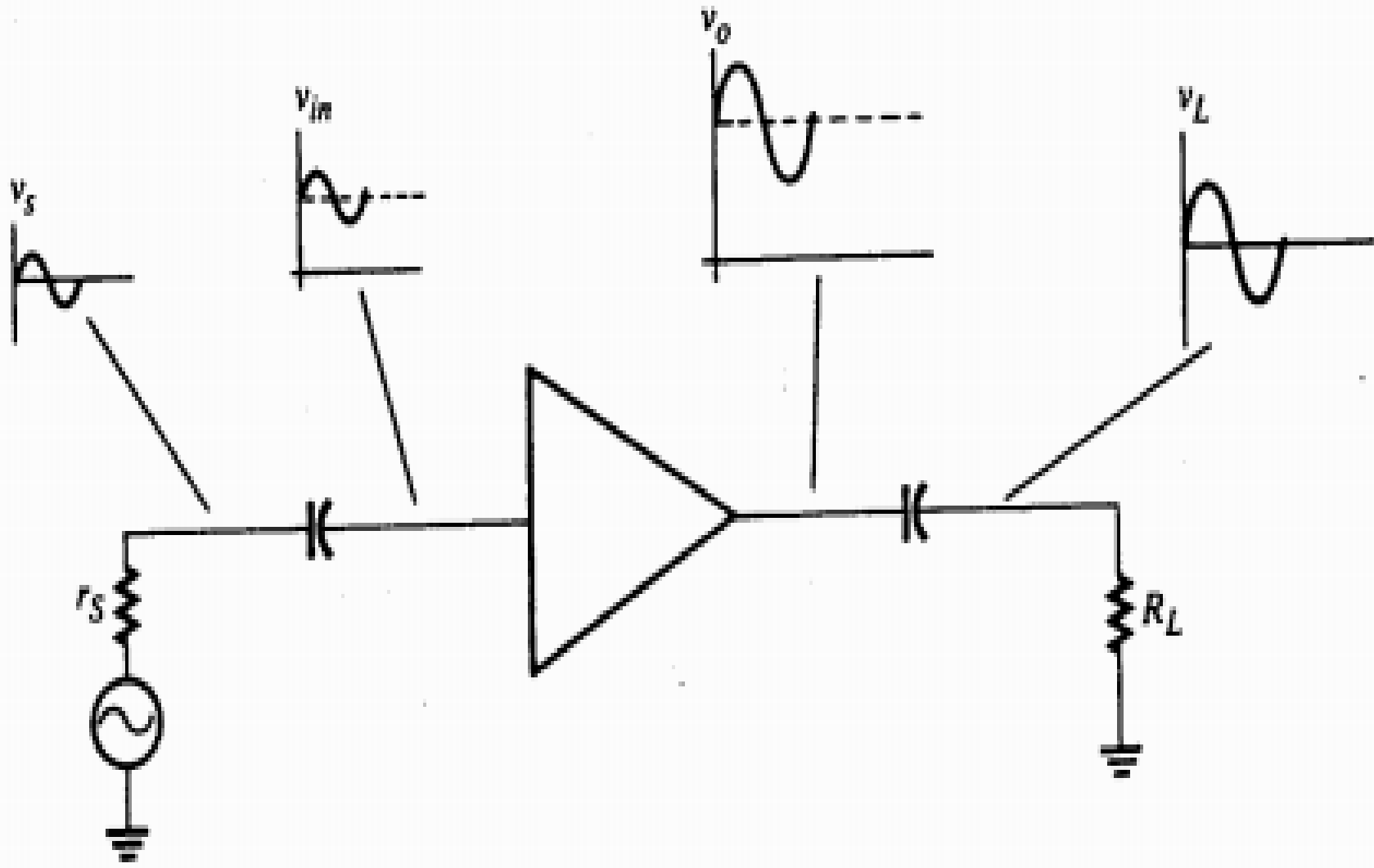
(b) Negative clipping.
 V_B too small.



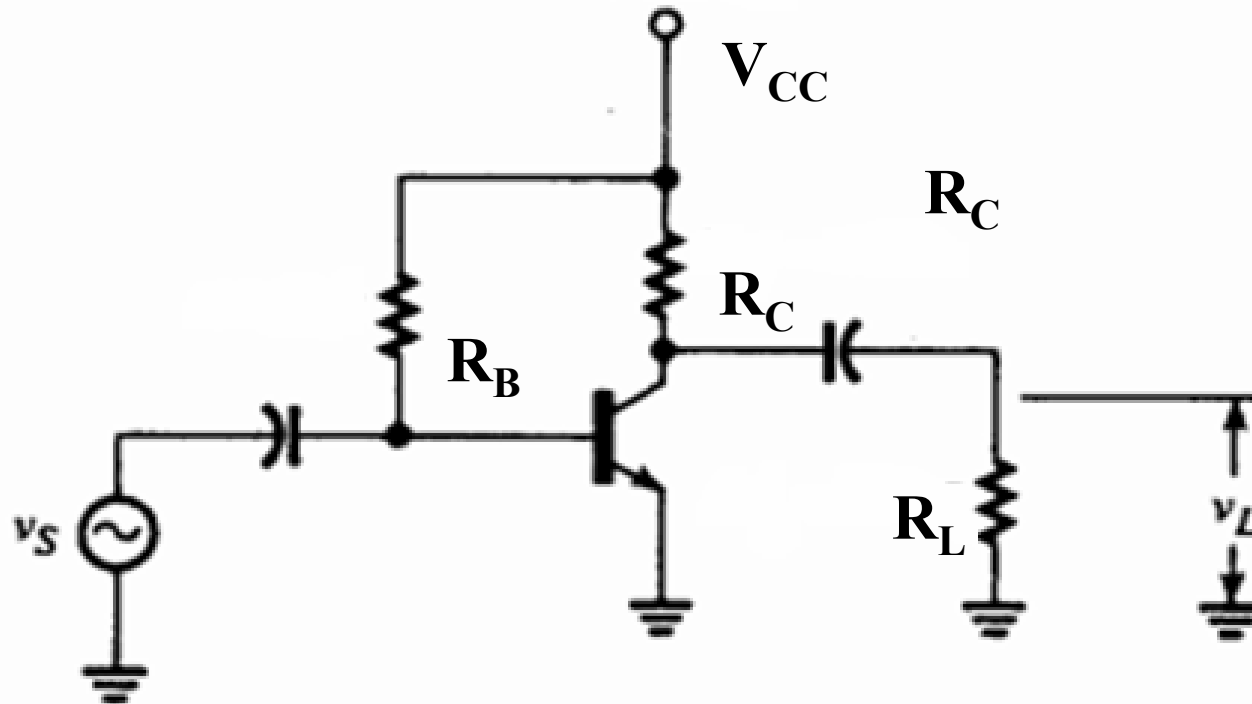
(c) Positive and negative clipping.
The amplitude A of the signal is too large.

Tụ ghép

- Tính chất của tụ là ngăn tín hiệu DC, thông thường tụ sẽ được dùng để ngăn ảnh hưởng của tín hiệu DC đối với nguồn hoặc tải.**
- Các tụ này phải đủ lớn để có tổng trở thật nhỏ đối với tín hiệu AC.**
- Các tụ này được gọi là tụ ghép (coupling capacitor) hoặc tụ chặn (blocking capacitor).**



Đường tải một chiều và đường tải xoay chiều



Xét mạch khuếch đại CE:

- Điện trở tải DC: $R_L = R_C$.

- Điện trở tải AC: $r_L = R_L // R_C$.

- ***Đường tải DC*** là tập hợp tất cả các điểm làm việc tĩnh $Q(I_C, V_{CE})$, khi chưa có tín hiệu AC.

- ***Đường tải AC*** là tập hợp tất cả các điểm (i_C, v_{CE}) , bao gồm cả điểm Q.

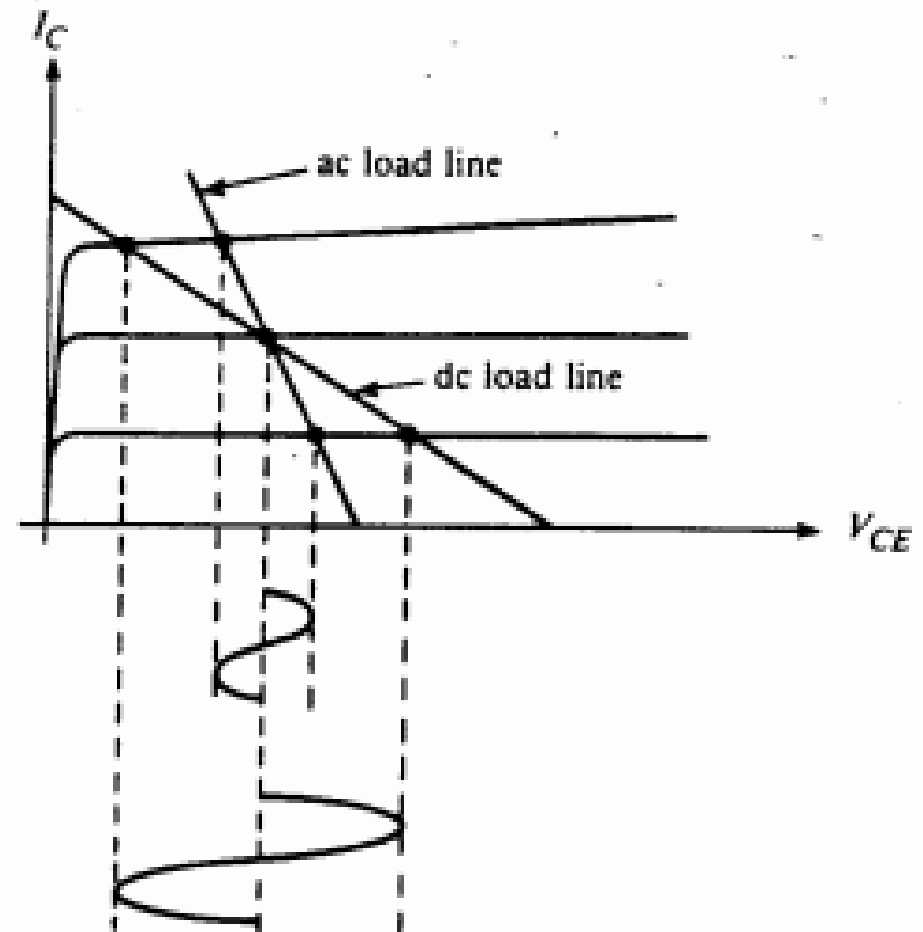
- Phương trình đường tải AC:

$$i_o = \frac{V_Q}{r_L} + I_Q$$

$$v_o = V_Q + I_Q r_L$$

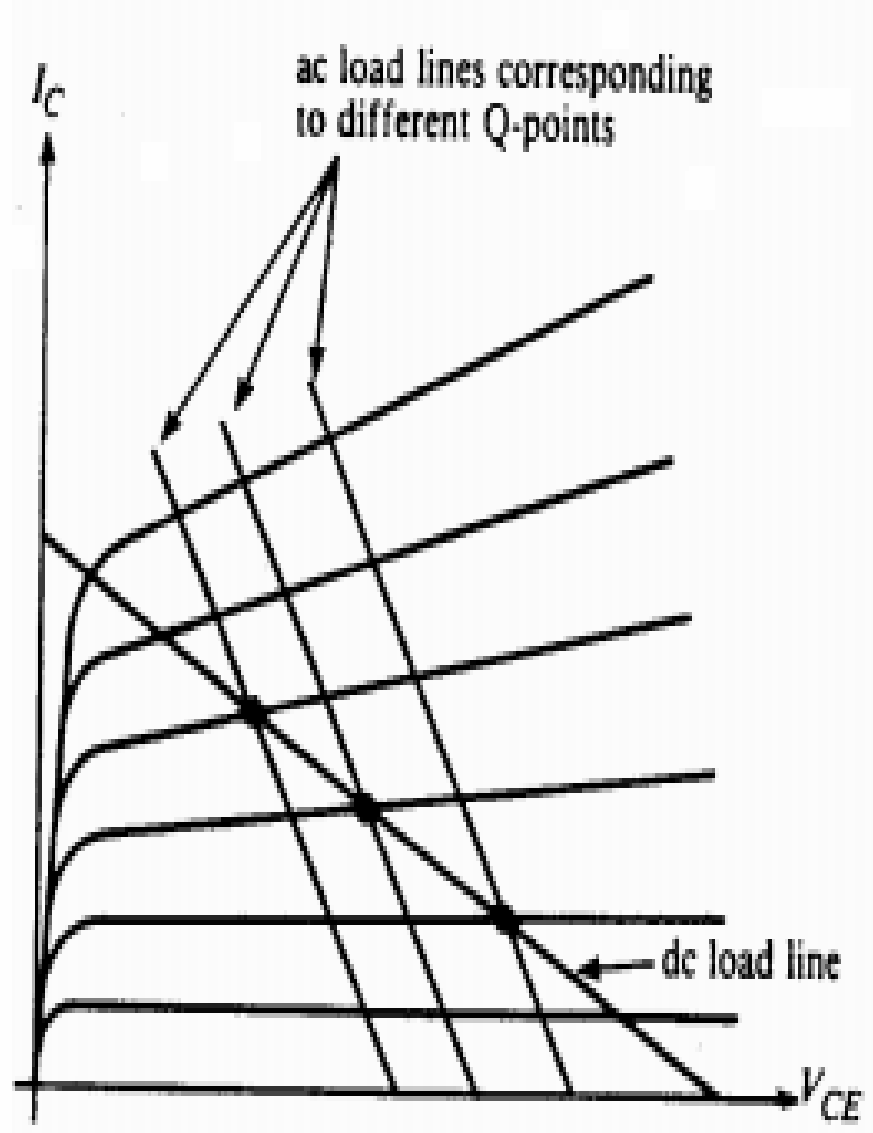
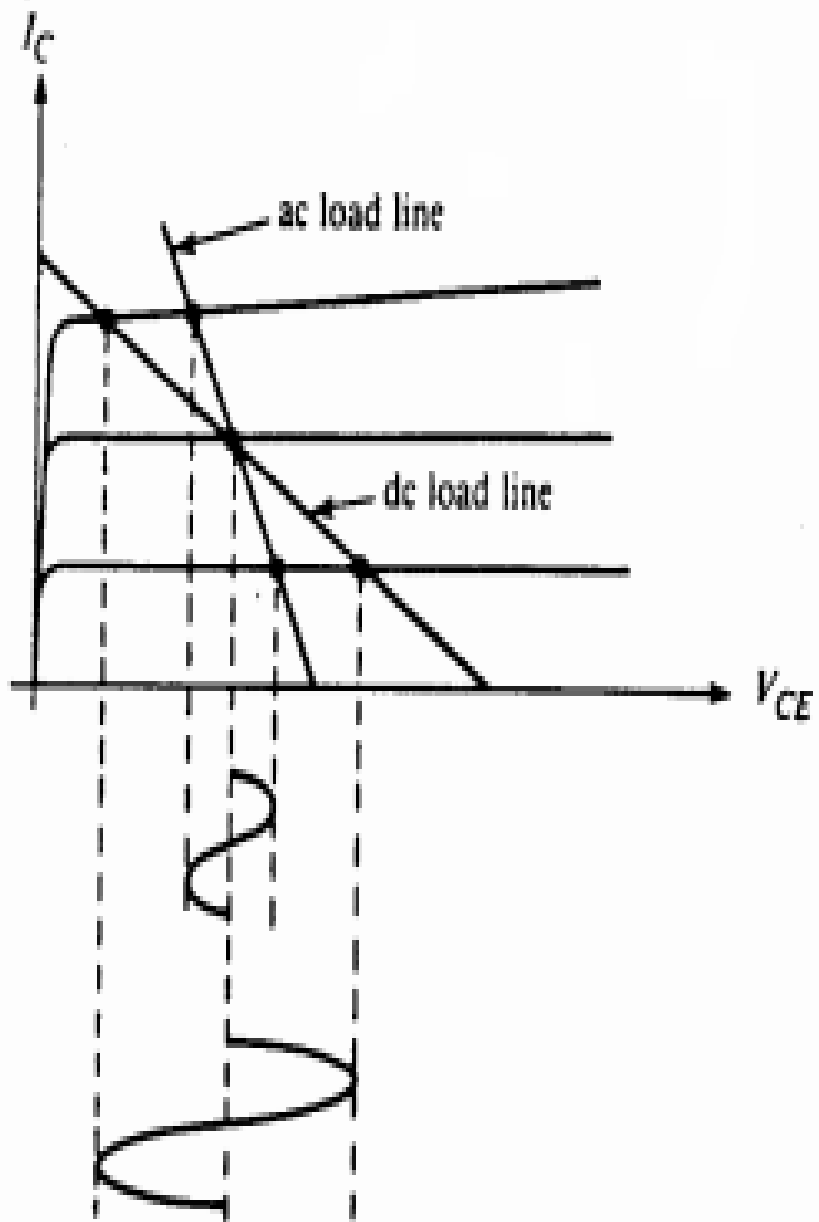
$$I_Q, V_Q = Q(I_C, V_{CE})$$

i_o, v_o : giá trị i_C và v_{CE} của đường tải AC.



Nhận xét

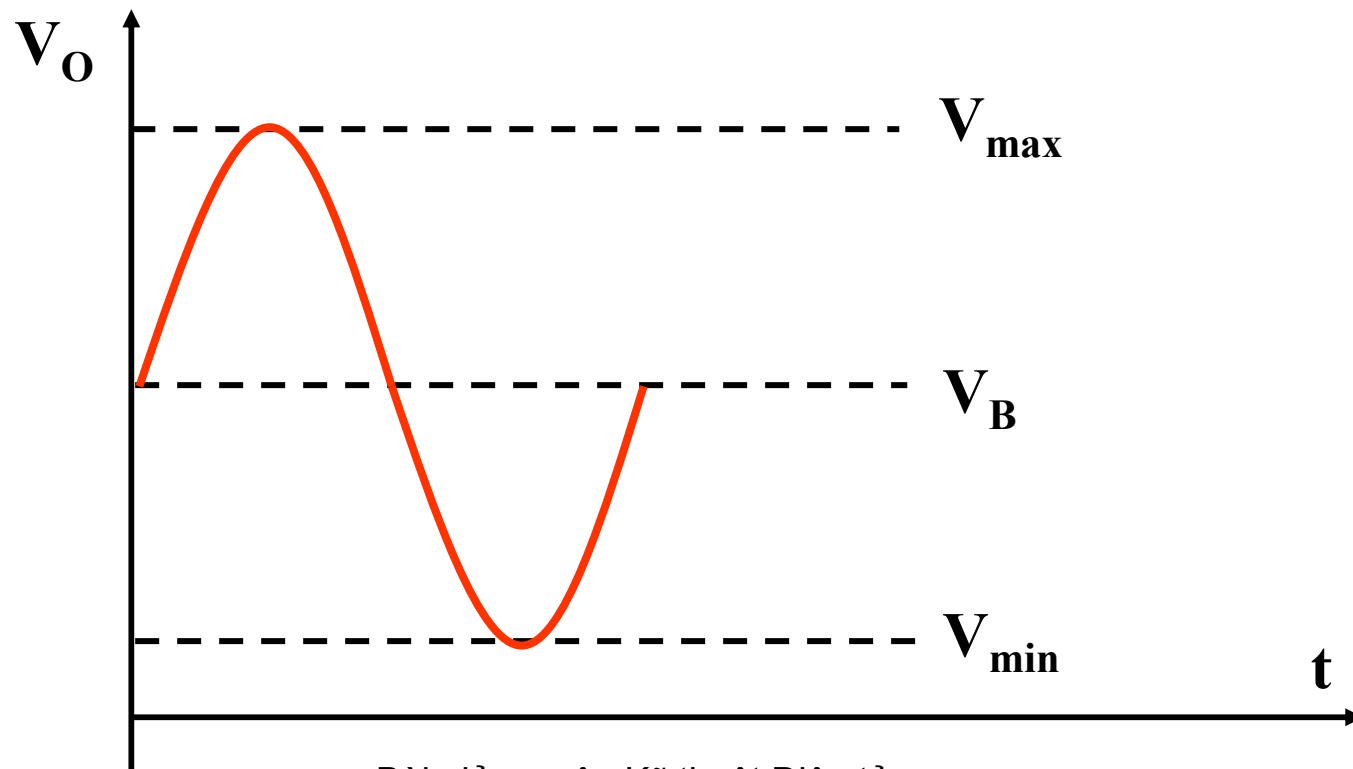
- Đường tải AC có độ dốc ($\text{tg}\delta = -\frac{1}{r_L}$) lớn hơn đường tải DC ($\text{tg}\theta = -\frac{1}{R_L}$).
- Áp ngõ ra được quyết định bởi đường tải AC sẽ nhỏ hơn nếu được quyết định bởi đường tải DC.
- Nếu Q dịch trên đường tải DC thì đường tải AC sẽ dịch song song.

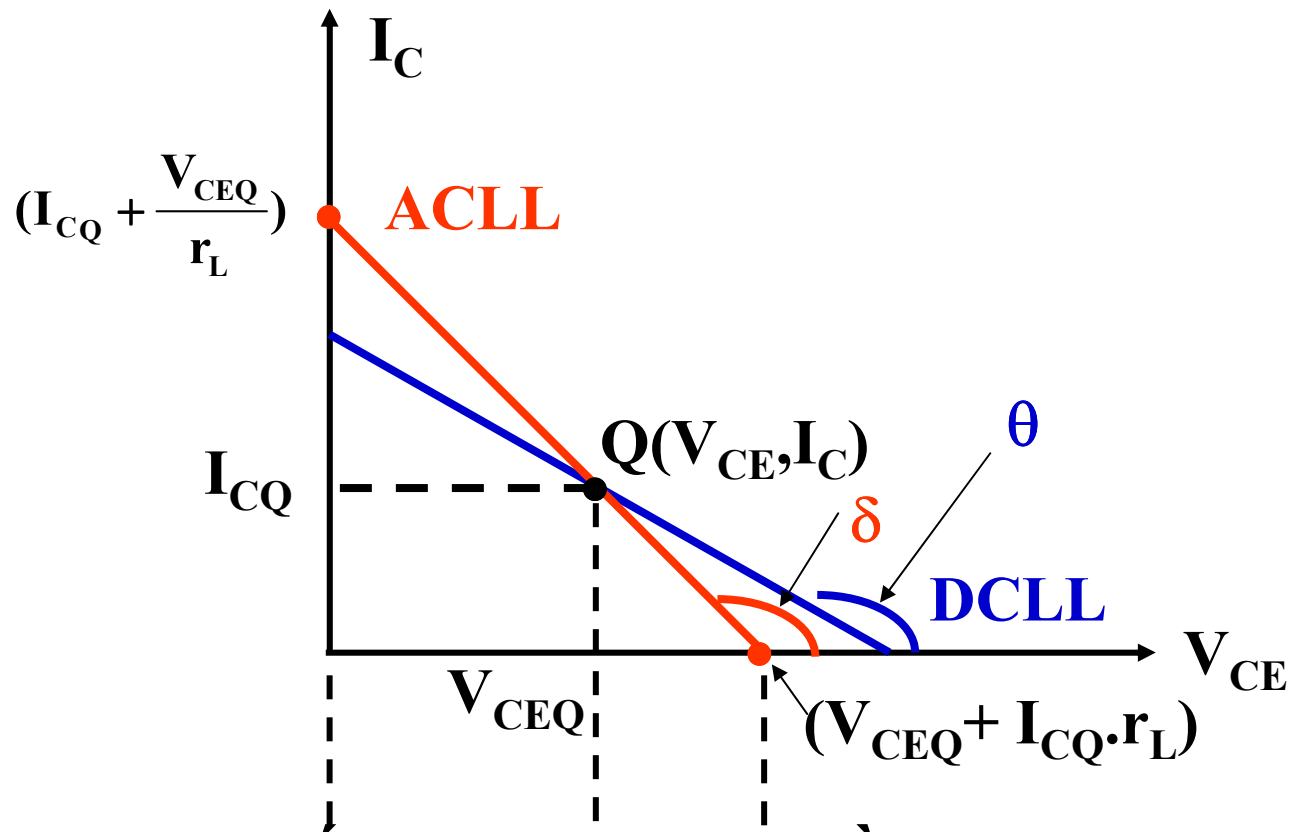


Chế độ Maxswing

Là chế độ hoạt động khi áp ngõ ra đạt giá trị tối đa mà không bị méo dạng tín hiệu.

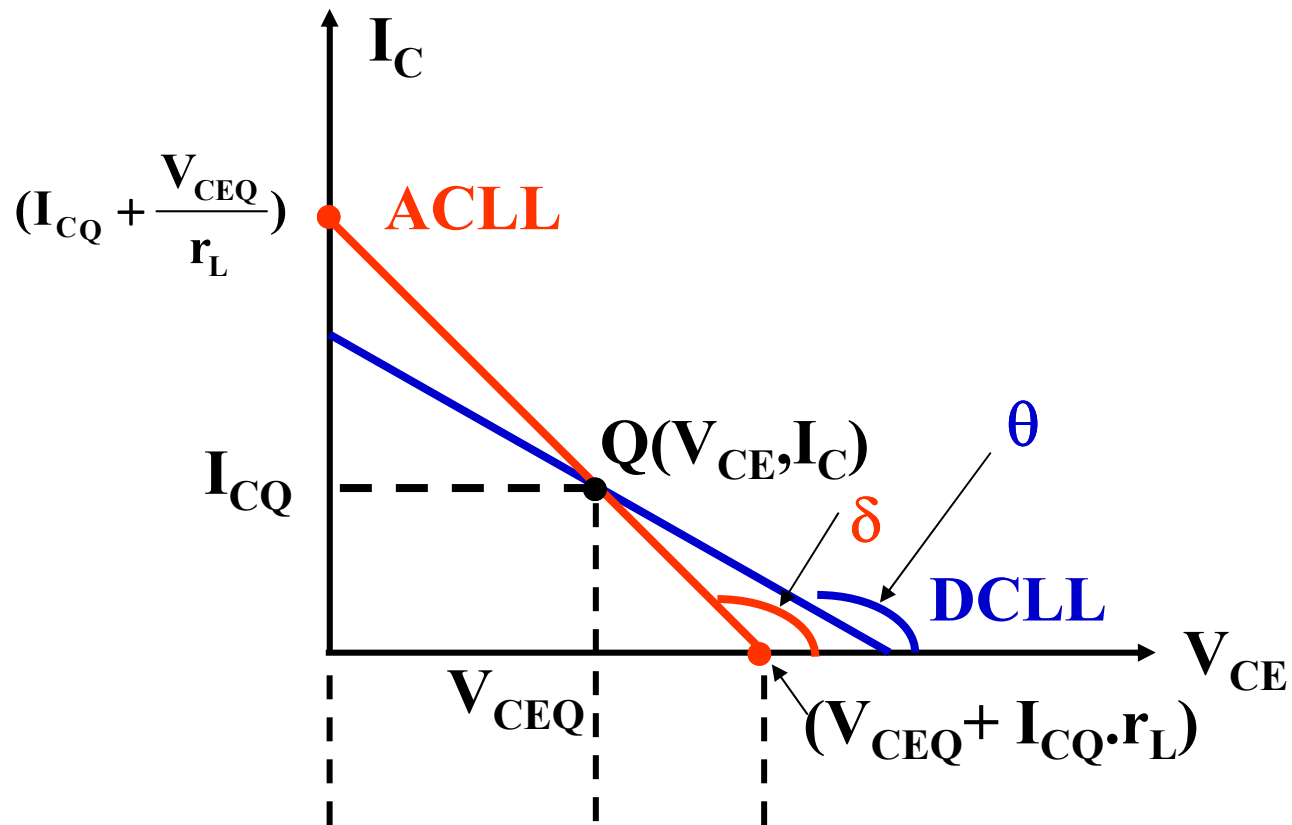
Để đạt được chế độ này thì điểm phân cực tĩnh phải được chọn nằm ở giữa giá trị $V_{\min} \div V_{\max}$.





Để v_{out} đạt giá trị maxswing thì phải chọn điểm Q:

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{R_C + r_L}, \quad V_{CEQ} = I_{CQ} r_L = V_{CC} - \frac{V_{CC}}{R_C + r_L} R_C$$



Đối với bài toán đã thiết kế sẵn thì giá trị maxswing(lý tưởng) của v_{out} là:

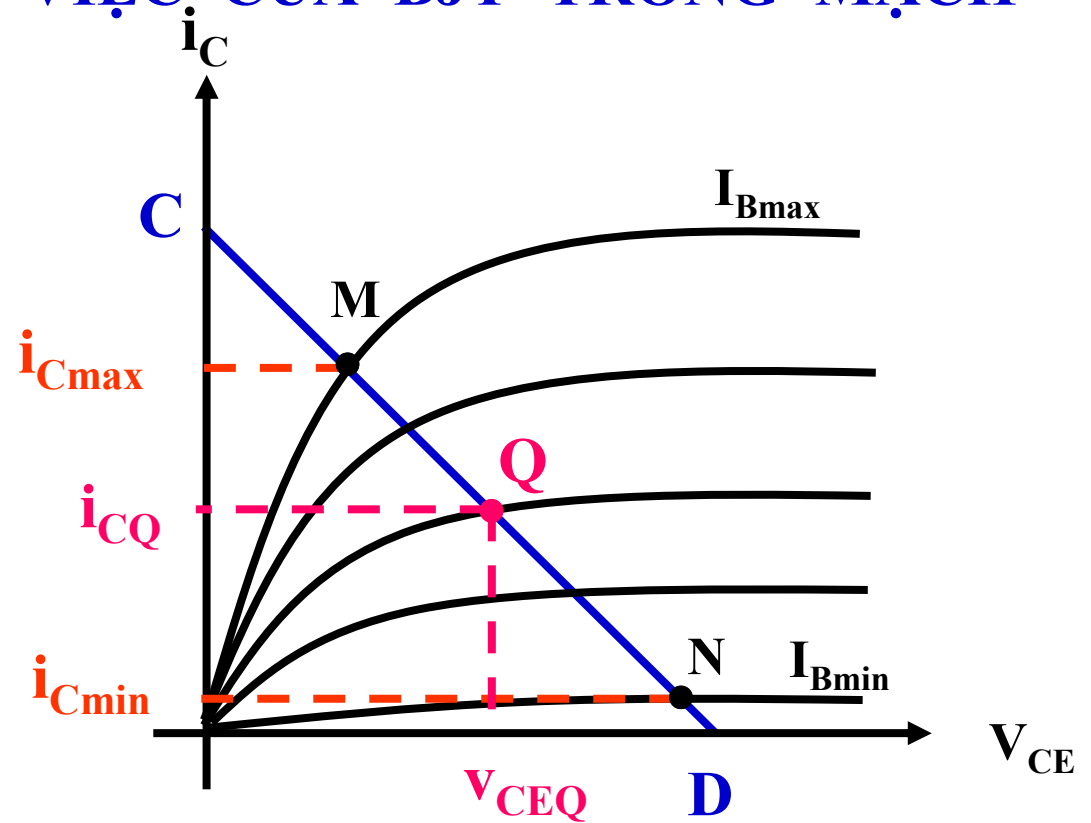
$$v_{out} = \min[(0 \div V_{CEQ}), (V_{CEQ} \div V_{CEQ} + I_{CQ} r_L)]$$

$$v_{out} = \min[V_{CEQ}, I_{CQ} r_L]$$

II. CÁC CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC CỦA BJT TRONG MẠCH KHUẾCH ĐẠI

Chế độ A (Lớp A)

Khi chọn điểm Q nằm khoảng giữa đoạn MN trên đường tải xoay chiều, ta nói phần tử KĐ làm việc ở chế độ A. Đặc điểm của chế độ này là:



- *Khuếch đại trung thực, ít méo phi tuyến.*

- *Dòng và áp tĩnh luôn khác không. Biên độ dòng và áp xoay chiều lấy ra tối đa chỉ bằng dòng và áp tĩnh. Do đó hiệu suất thấp (25%).*

Định nghĩa hiệu suất η : đo bằng tỷ số giữa công suất của tín hiệu xoay chiều đưa ra trên tải và tổng công suất tầng khuếch đại tiêu thụ của nguồn cung cấp.

Chế độ A thường dùng trong các tầng khuếch đại tín hiệu nhỏ.

Chế độ B (Lớp B)

Khi chọn điểm Q nằm trùng với D (hoặc N) thì phần tử khuếch đại làm việc ở chế độ B lý tưởng (hoặc thực tế). Đặc điểm của chế độ này là:

- *Méo phi tuyến trầm trọng.*
- *Hiệu suất cao. ($\eta_{Bmax} = 78.5\%$).*
- *Thường dùng trong các tầng khuếch đại công suất (tầng cuối của các thiết bị khuếch đại). Để khắc phục méo phi tuyến, đòi hỏi mạch phải có 2 vé đối xứng thay phiên làm việc trong 2 nửa chu kỳ (gọi là mạch “đẩy kéo”).*

Thực tế, người ta còn dùng **chế độ AB** (*trung gian giữa chế độ A và B*): điểm Q chọn ở phía trên điểm N và gần điểm này. Lúc đó phát huy được ưu điểm của mỗi chế độ, giảm bớt méo phi tuyến, nhưng hiệu suất kém hơn chế độ B.

Chế độ khóa hay chế độ đóng ngắt (lớp D)

BJT có thể làm việc ở chế độ đóng ngắt (Switch BJT).

Tùy theo giá trị điện áp vào mà BJT có thể làm việc ở 2 trạng thái đối lập:

- Trạng thái khóa (tắt): khi Q nằm ở phía dưới điểm N.
- Trạng thái dẫn bão hòa (mở): khi Q nằm ở phía trên điểm M (gần điểm C).

III. CÁC THÔNG SỐ TÍN HIỆU NHỎ CỦA BJT

- α : tỉ số dòng AC cực thu và dòng AC cực phát với V_{CB} cố định.

$$\alpha = \left. \frac{i_c}{i_e} \right|_{V_{CB} = \text{const}}$$

- β : tỉ số dòng AC cực thu và dòng AC cực nền với V_{CE} cố định.

$$\beta = \left. \frac{i_c}{i_b} \right|_{V_{CE} = \text{const}}$$

- Điện trở cực phát r_e :

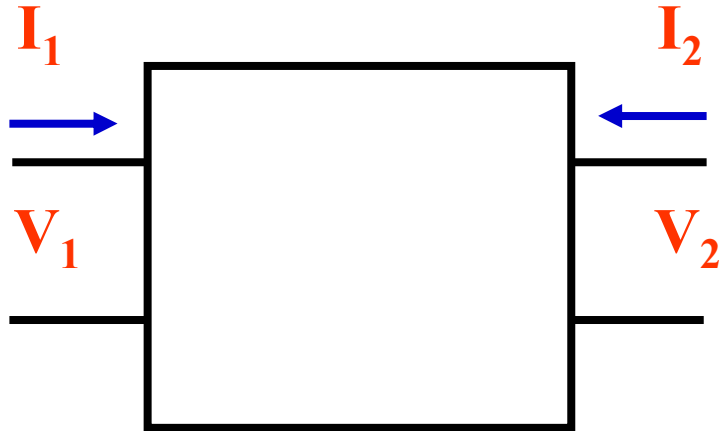
$$r_e = \left. \frac{V_{be}}{i_e} \right|_{V_{CE}=\text{const}} \approx \frac{0.026}{I_E} (\Omega) \quad (\text{Nhiệt độ phòng})$$

- Điện trở cực thu r_c :

$$r_c = \left. \frac{V_{cb}}{i_c} \right|_{i_E=\text{const}} (\Omega)$$

IV. SƠ ĐỒ TƯƠNG ĐƯƠNG CỦA BJT

- Mục đích của việc chuyển về sơ đồ tương đương là làm cho mạch tính toán đơn giản và dễ dàng hơn.
- Khi sự biến thiên ở tín hiệu vào đủ nhỏ để tạo sự thay đổi về dòng và áp ở ngõ ra nằm trong đặc tính giới hạn của BJT, ta có thể xem BJT là một phần tử 4 cực *tuyến tính*:



$I_1, V_1(i_1, v_1)$: dòng và áp ở ngõ vào.

$I_2, V_2(i_2, v_2)$: dòng và áp ở ngõ ra.

Tham số xoay chiều của BJT

Tùy theo từng sơ đồ cụ thể của BJT (BC, EC hay CC) thì các đại lượng trên sẽ là những điện áp hay dòng điện trên các cực tương ứng, đồng thời tùy theo loại BJT(NPN hay PNP) mà chúng có dấu hoặc chiều thích hợp.

Tùy theo việc chọn biến và hàm để mô tả mối quan hệ giữa các ngõ vào và ra của BJT mà ta có các loại tham số đặc trưng cho BJT.

Biến	I_1, I_2	V_1, V_2	I_1, V_2	V_1, I_2	V_2, I_2	V_1, I_1
Hàm	V_1, V_2	I_1, I_2	V_1, I_2	I_1, V_2	V_1, I_1	V_2, I_2

Tham số z **Tham số y** **Tham số h**

Bộ tham số h

$$\begin{cases} V_1 = f(I_1, V_2) \\ I_2 = f(I_1, V_2) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} dV_1 = \frac{\partial V_1}{\partial I_1} dI_1 + \frac{\partial V_1}{\partial V_2} dV_2 \\ dI_2 = \frac{\partial I_2}{\partial I_1} dI_1 + \frac{\partial I_2}{\partial V_2} dV_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_1 = h_{11}i_1 + h_{12}v_2 \\ i_2 = h_{21}i_1 + h_{22}v_2 \end{cases}$$

Ý nghĩa của từng tham số

$$h_{11}(\text{hi}) = \left. \frac{V_1}{i_1} \right|_{V_2=0}$$

Trở kháng vào của BJT khi áp xoay chiều ở ngõ ra bị ngắn mạch.

$$h_{21}(\text{hf}) = \left. \frac{i_2}{i_1} \right|_{V_2=0}$$

Hệ số khuếch đại dòng điện (độ lợi dòng) của BJT khi áp xoay chiều ở ngõ ra bị ngắn mạch.

$$h_{22}(\text{ho}) = \left. \frac{i_2}{V_2} \right|_{I_1=0}$$

Điện dẫn ra của BJT khi dòng xoay chiều ở ngõ vào bị hở mạch.

$$h_{12}(\text{hr}) = \left. \frac{V_1}{V_2} \right|_{I_1=0}$$

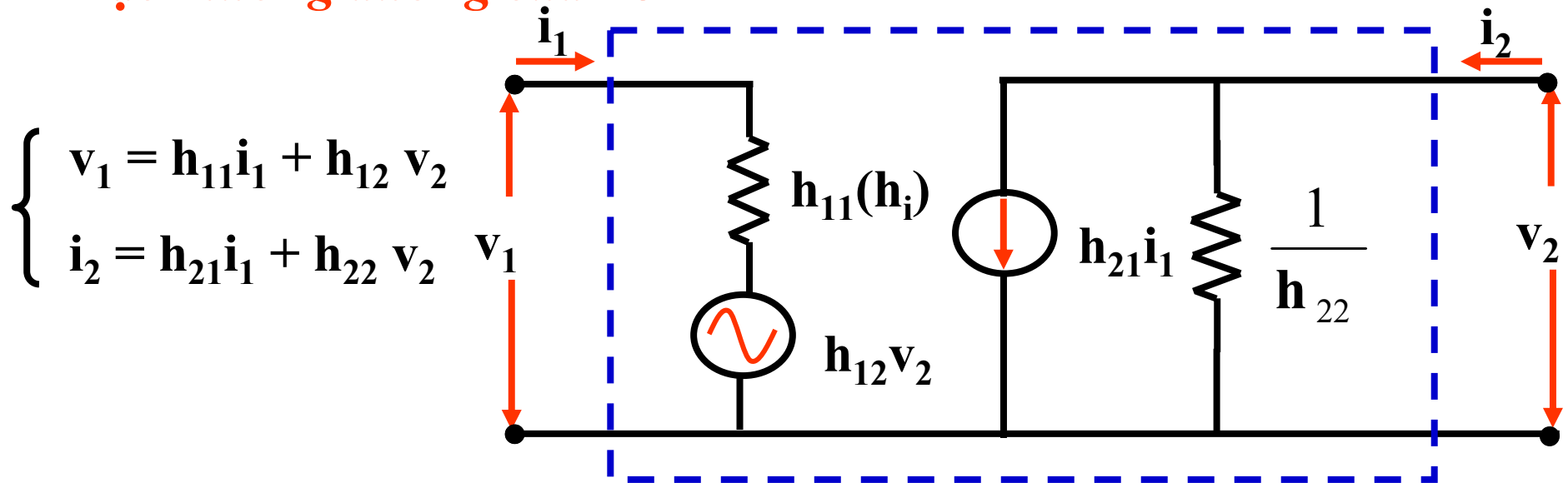
Hệ số truyền ngược về điện áp (hồi tiếp điện áp) của BJT khi dòng xoay chiều ở ngõ vào bị hở mạch.

- Vì vậy, phẩm chất, tính năng của BJT sẽ thể hiện giá trị các tham số h_{ij} của chúng.
- Các h_{ij} được gọi là các *tham số xoay chiều (hoặc tham số vi phân)* của BJT.
- Về đơn vị đo:
 - h_{11} (hoặc h_i): điện trở (Ω).
 - h_{22} (hoặc h_o): điện dẫn (mho (S) hoặc siemient).
 - h_{12} (hoặc h_r) và h_{21} (hoặc h_f) chỉ là các hệ số nên không có thứ nguyên.

Do đó, bộ tham số h_{ij} còn được gọi là *tham số hỗn hợp (hybrid)*.

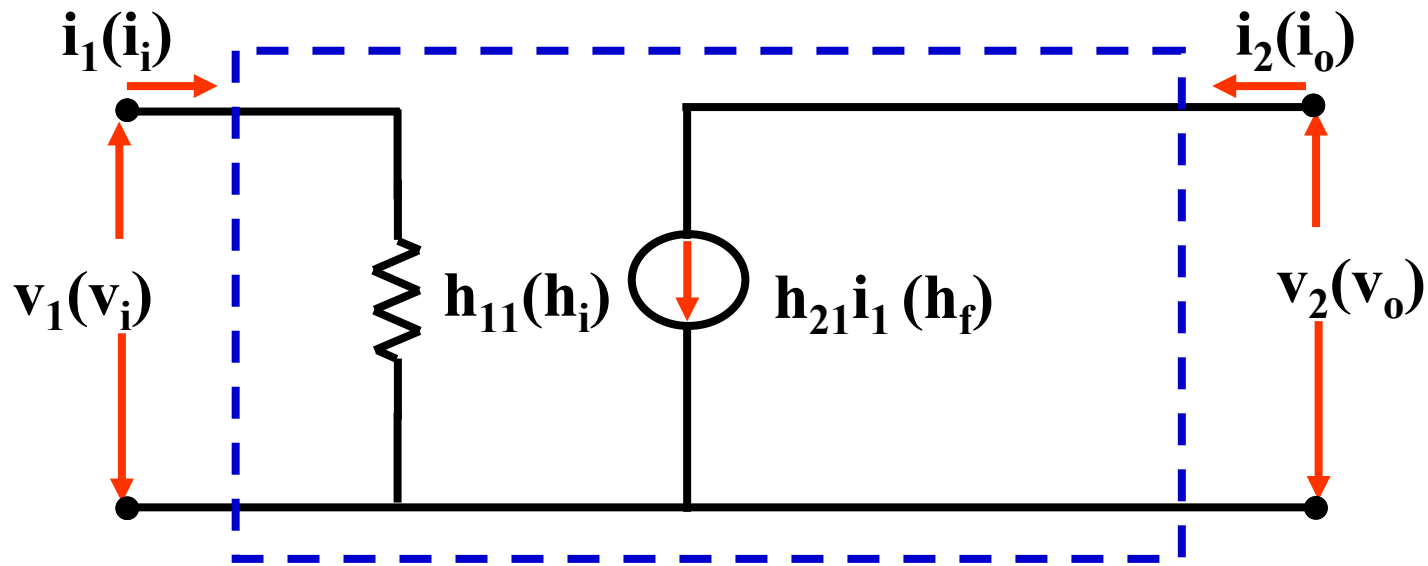
- Tùy theo BJT mắc theo kiểu nào (BC, EC hay CC) mà các tham số có thêm chỉ số tương ứng.

Mạch tương đương của BJT



- Điện trở vào h_{11} (hoặc h_i).
- Nguồn điện áp $h_{12}v_2$ (hoặc $h_r v_o$): thể hiện sự hồi tiếp điện áp nội bộ của BJT. Thực tế h_{12} (hay h_r) có giá trị rất bé ($10^{-3} \div 10^{-4}$), vì vậy đại lượng $h_{12}v_2$ có thể bỏ qua.
- Nguồn dòng điện $h_{21}i_1$ (hoặc h_{f_i}): phản ánh khả năng khuếch đại dòng.
- Điện dẫn ra h_{22} (hoặc h_o), thực tế giá trị này rất bé, nên điện trở ra sẽ vô cùng lớn và có thể bỏ qua.

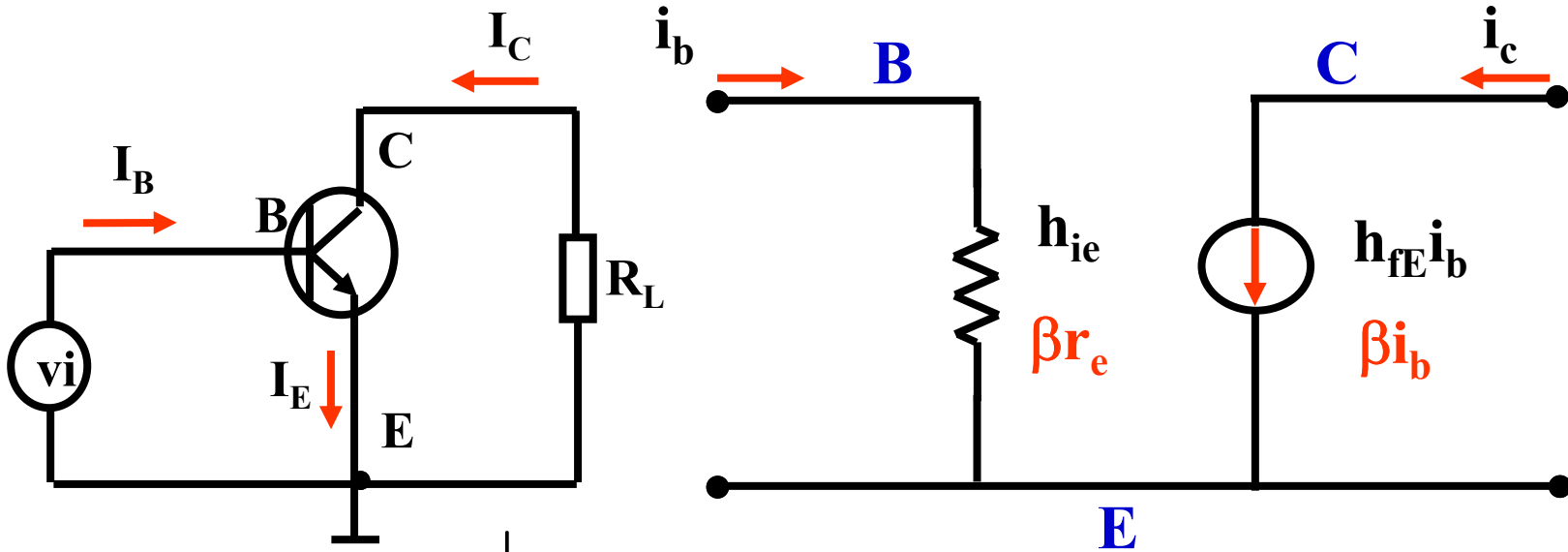
Mạch tương đương đơn giản hóa của BJT (toán học)



$$h_{11}(h_i) = \left. \frac{v_1}{i_1} \right|_{v_2=0}$$

$$h_{21}(h_f) = \left. \frac{i_2}{i_1} \right|_{v_2=0}$$

Mạch tương đương của BJT mắc kiểu CE

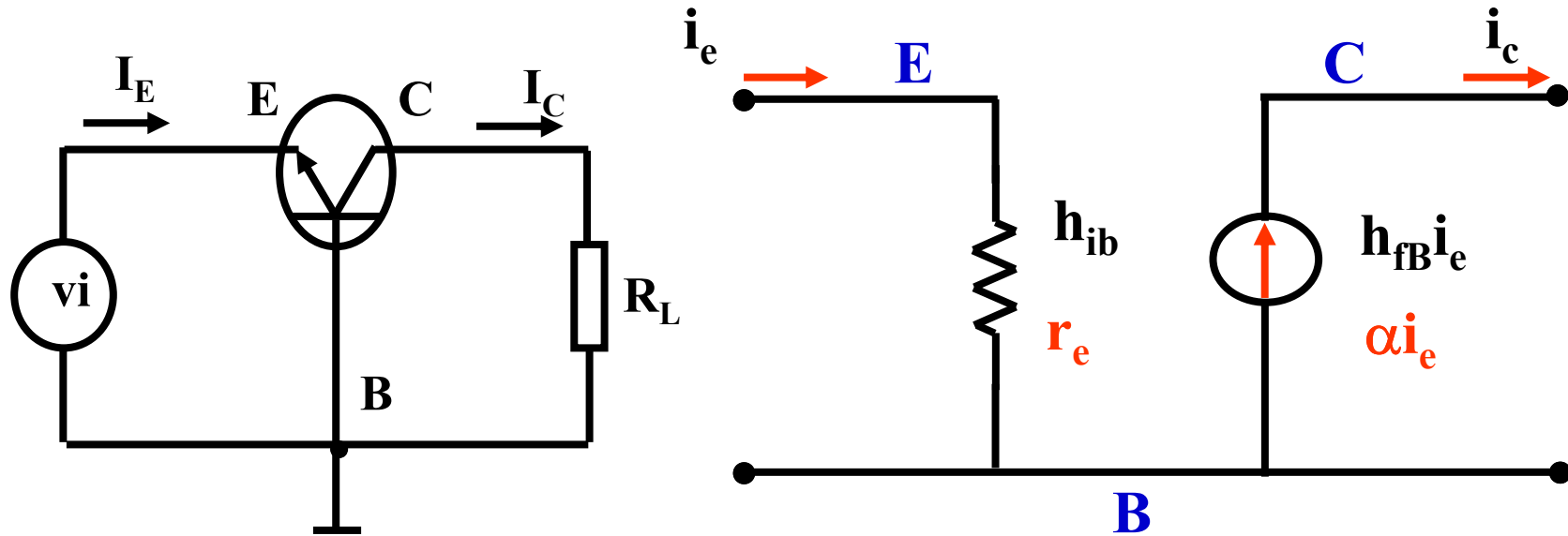


$$h_{iE} = r_{in} = \left. \frac{V_1}{i_1} \right|_{V_2=0} = \frac{V_{be}}{i_B} = (\beta + 1) \frac{V_{be}}{i_E} \cong \beta r_e$$

$$r_e = \frac{0.026 \text{ [mV]}}{I_E \text{ [mA]}} \cong \frac{0.026 \text{ [mV]}}{I_C \text{ [mA]}} \text{ (nhiệt độ phòng)}$$

$$h_{fE} = \left. \frac{i_2}{i_1} \right|_{V_2=0} = \frac{i_c}{i_b} = \beta$$

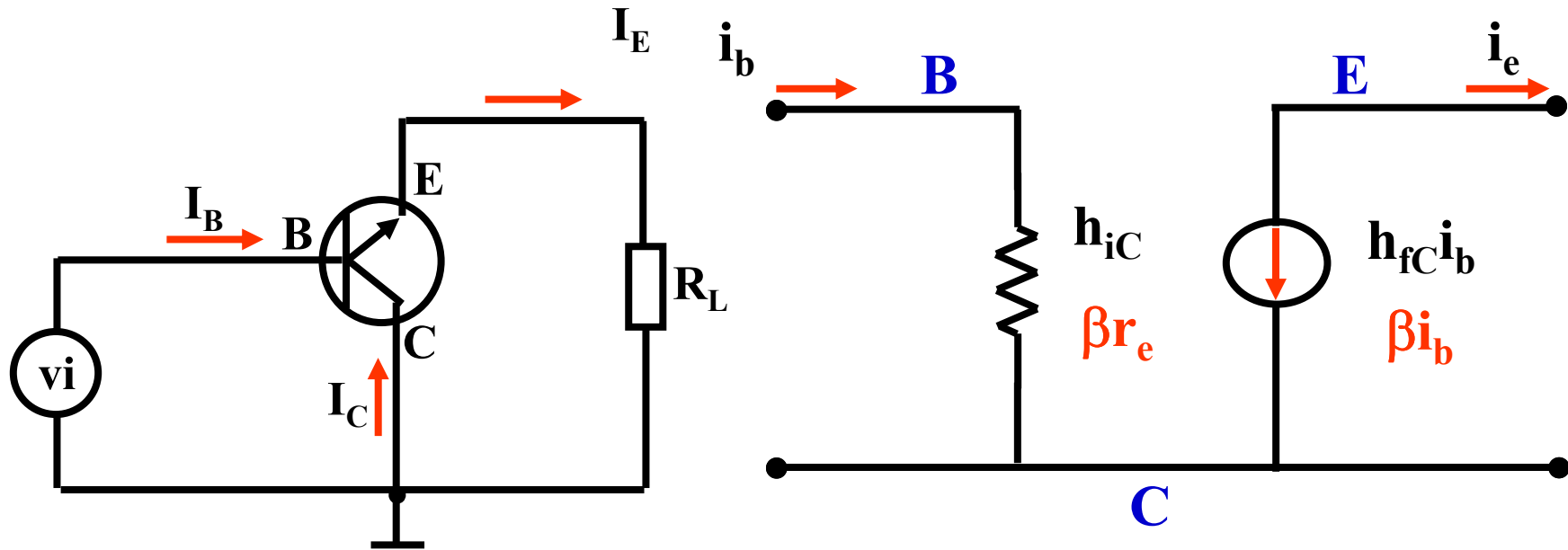
Mạch tương đương của BJT mắc kiểu CB



$$h_{iB} = r_{in} = \left. \frac{V_1}{i_1} \right|_{V_2=0} = \frac{V_{be}}{i_e} = r_e$$

$$h_{fB} = \left. \frac{i_2}{i_1} \right|_{V_2=0} = \frac{i_c}{i_e} = \alpha$$

Mạch tương đương của BJT mắc kiểu CC

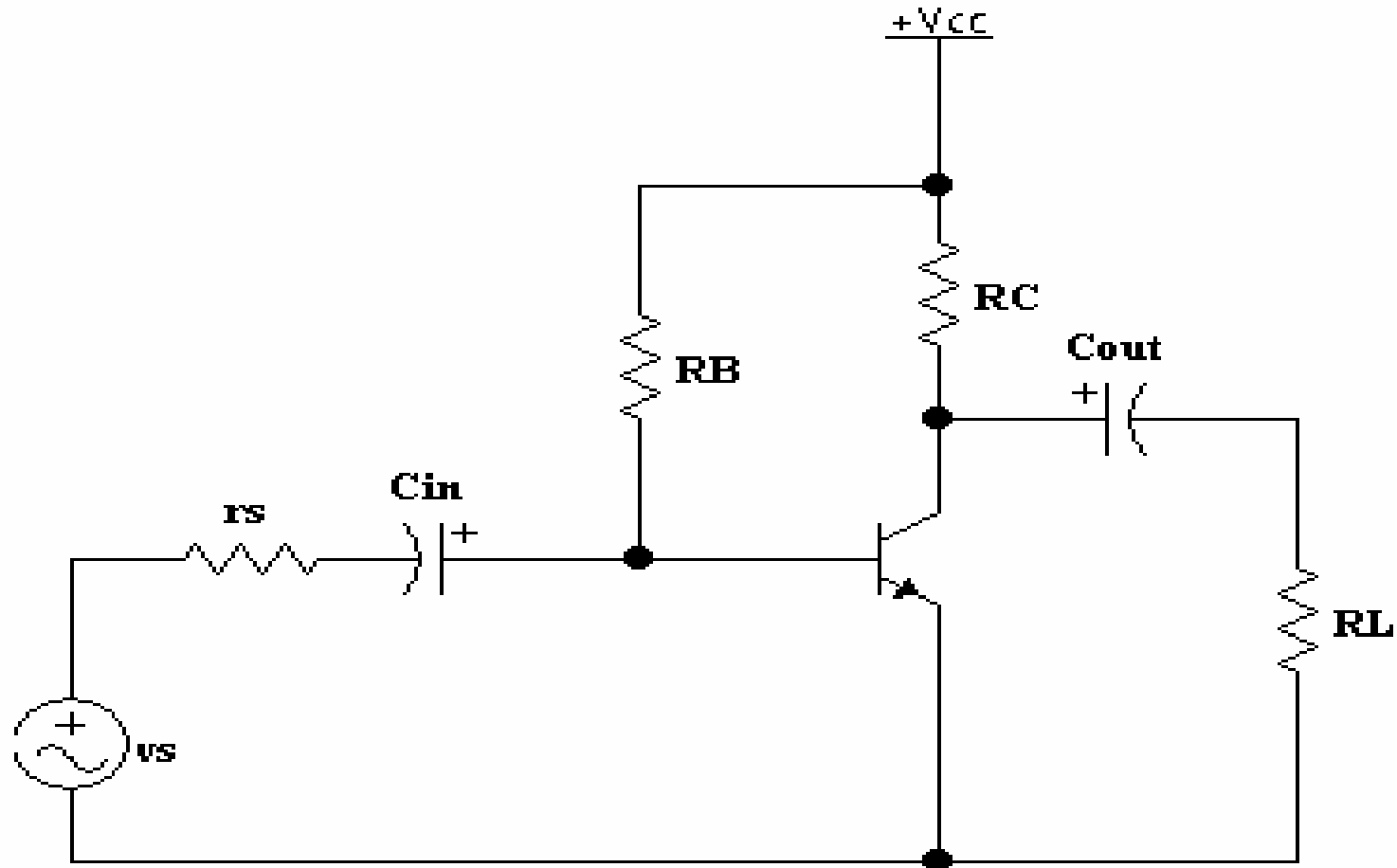


$$h_{iC} = r_{in} = \left. \frac{V_1}{i_1} \right|_{V_2=0} = \frac{V_{be}}{i_b} = (\beta + 1) \frac{V_{be}}{i_e} \cong \beta r_e$$

$$h_{fC} = \left. \frac{i_2}{i_1} \right|_{V_2=0} = \frac{i_e}{i_b} = (\beta + 1) \cong \beta$$

IV. PHÂN TÍCH MẠCH KHUẾCH ĐẠI TÍN HIỆU NHỎ

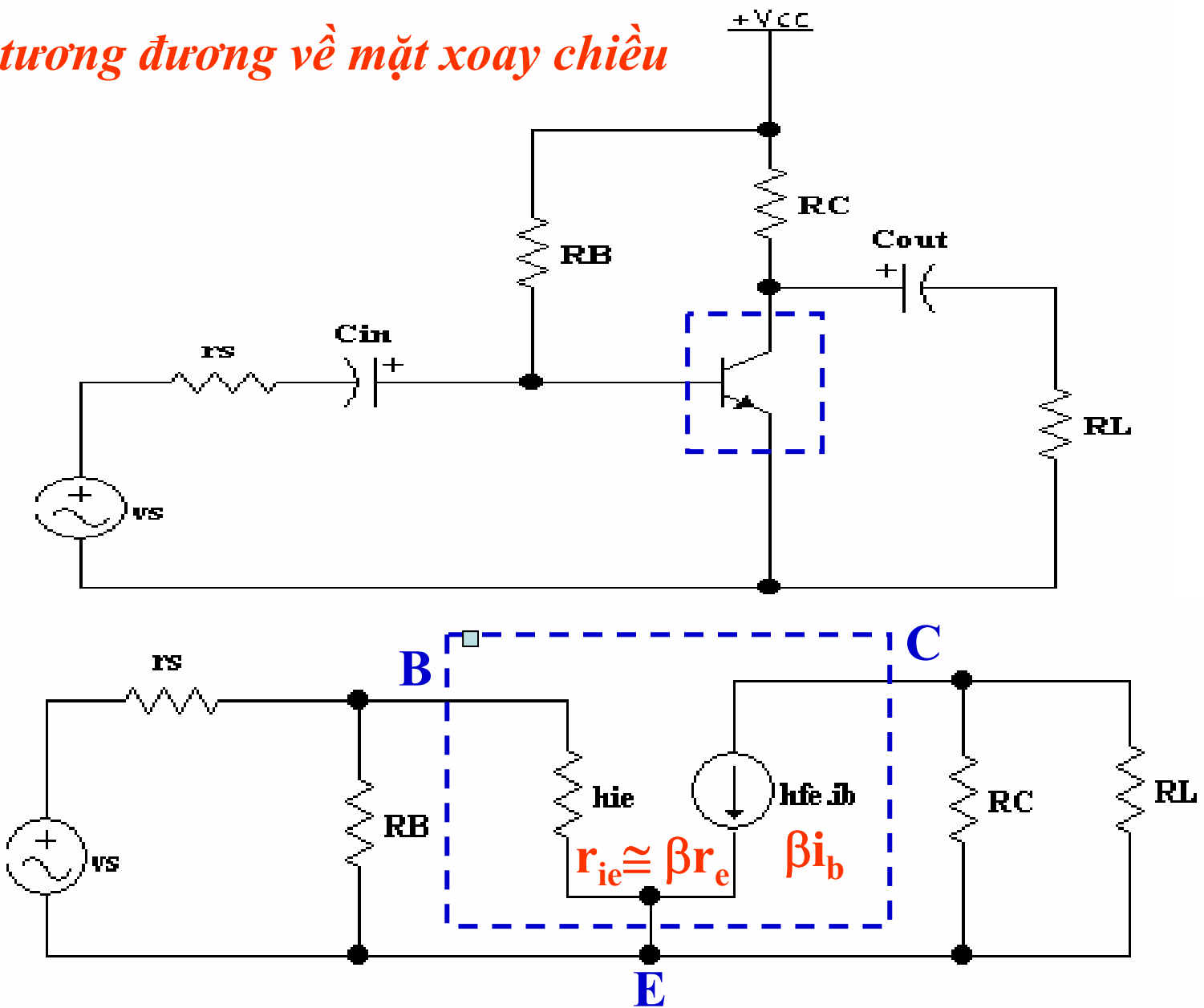
1. Mạch khuếch đại mắc E chung



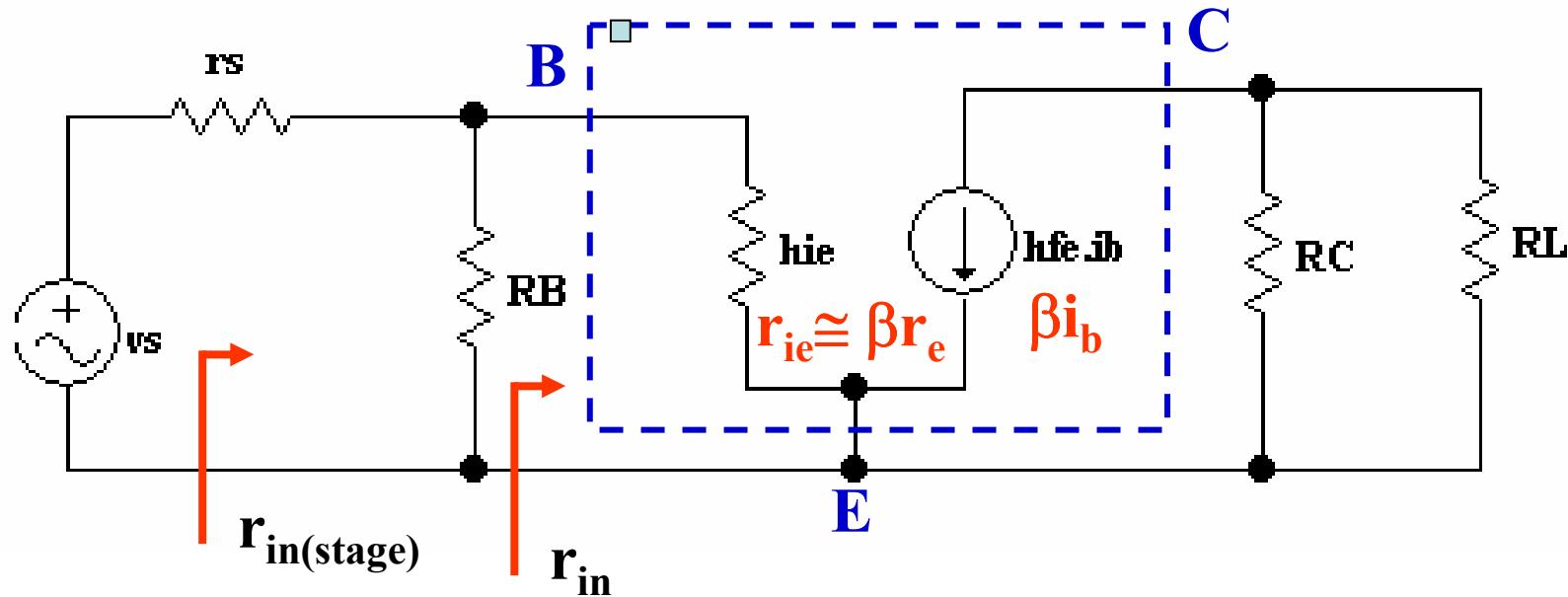
Các thông số của mạch khuếch đại đối với tín hiệu xoay chiều:

- Điện trở vào .
- Điện trở ra.
- Độ lợi áp.
- Độ lợi dòng.

Sơ đồ tương đương về mặt xoay chiều



Điện trở vào

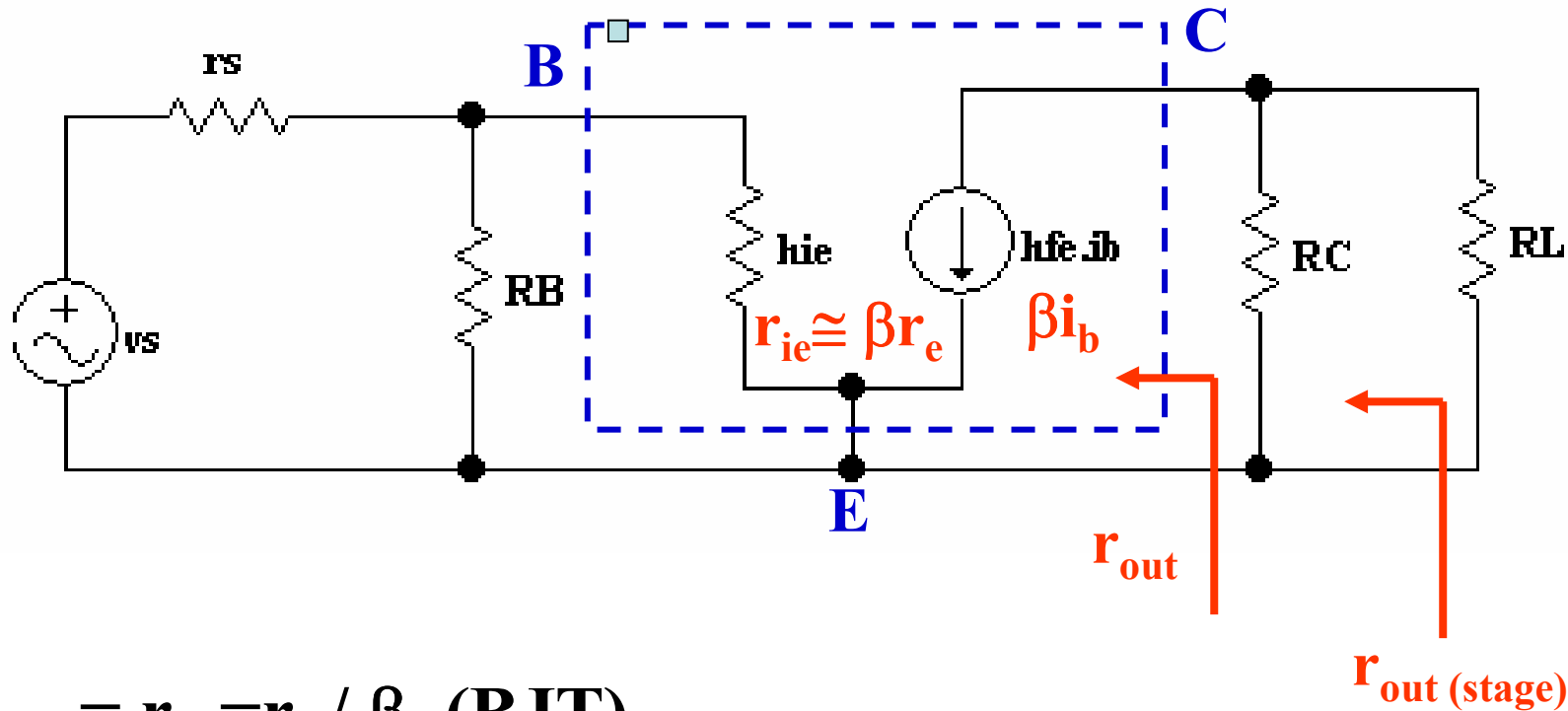


- $r_{in} = r_{ie} = (\beta + 1) r_E \cong \beta r_E$. (BJT)

- $r_{in(stage)} = R_B // h_{iE} = R_B // \beta r_E$. (tầng khuếch đại)

Với: $r_E = \frac{0.026 [V]}{I_E [A]}$

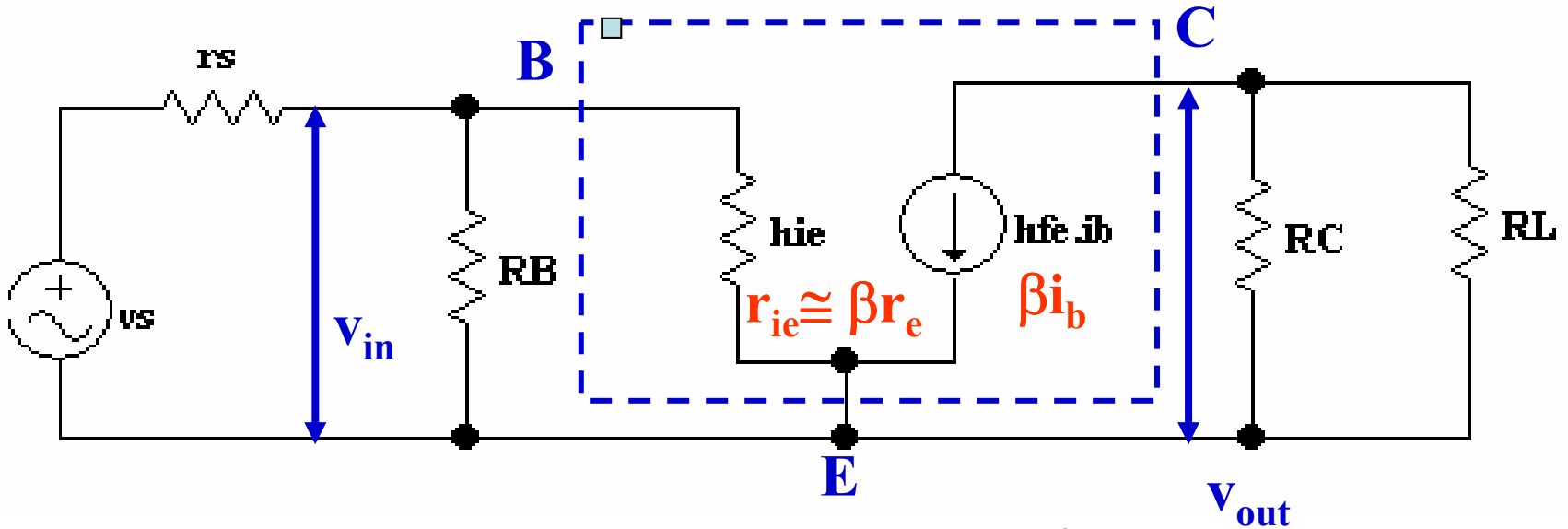
- Điện trở ra:



- $r_{out} = r_{oe} = r_c / \beta$. (BJT)

- $r_{out (stage)} = R_C // (r_c / \beta) \cong R_C$. (tầng khuếch đại)

- **Độ lợi áp** : $A_{VE} = v_{out}/v_{in}$



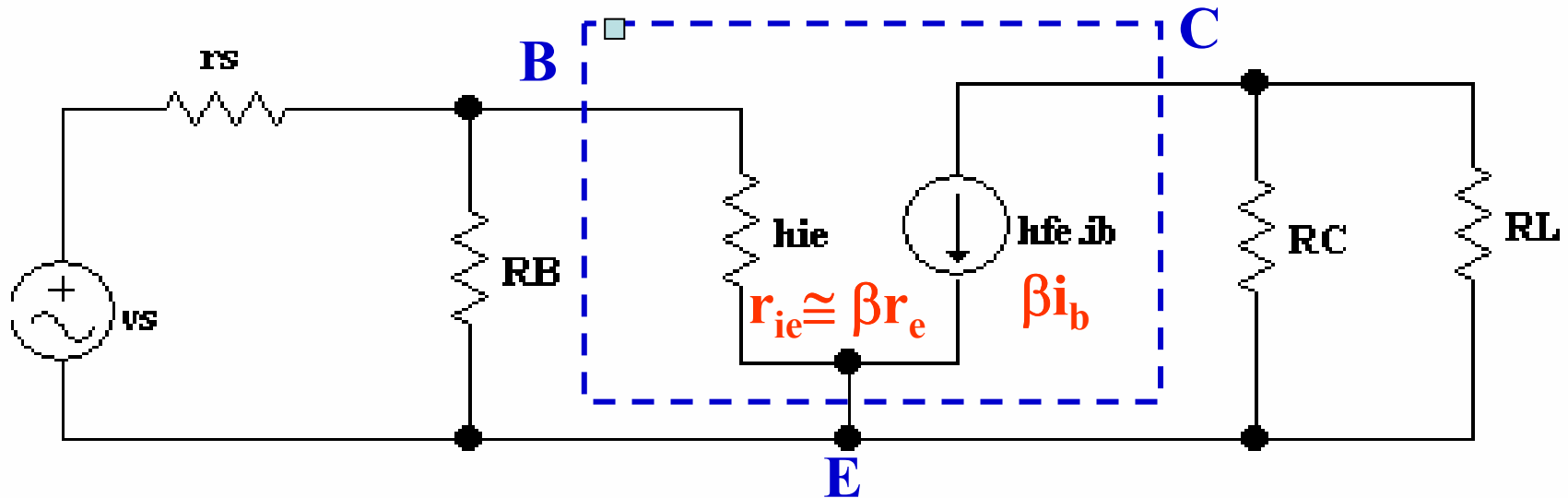
- **Khi không có tải (ngõ ra xem như hở mạch):**

$$v_{out} = i_c \cdot r_o(\text{stage}) = \beta i_b R_C ; v_{in} = i_b (\beta r_e)$$

$$\Rightarrow A_{VE} = -\frac{R_C}{r_e}$$

Nhận xét: *Áp ra ngược pha với áp vào.*

- **Độ lợi áp toàn phần** : $A_{VETP} = v_L/v_S$



$$v_L = \beta i_b (R_L // R_C) = \beta i_b \frac{R_C R_L}{R_L + R_C} = v_{out} \frac{R_L}{R_L + R_C}$$

$$v_{in} = \frac{r_{in}}{r_s + r_{in}} v_s \Rightarrow v_s = \frac{r_s + r_{in}}{r_{in}} v_{in} \quad (r_{in} : r_{in(stage)})$$

$$\Rightarrow A_{VETP} = \frac{v_L}{v_s} = \frac{v_{out}}{v_{in}} \frac{R_L}{R_L + R_C} \frac{r_{in}}{r_{in} + r_s}$$

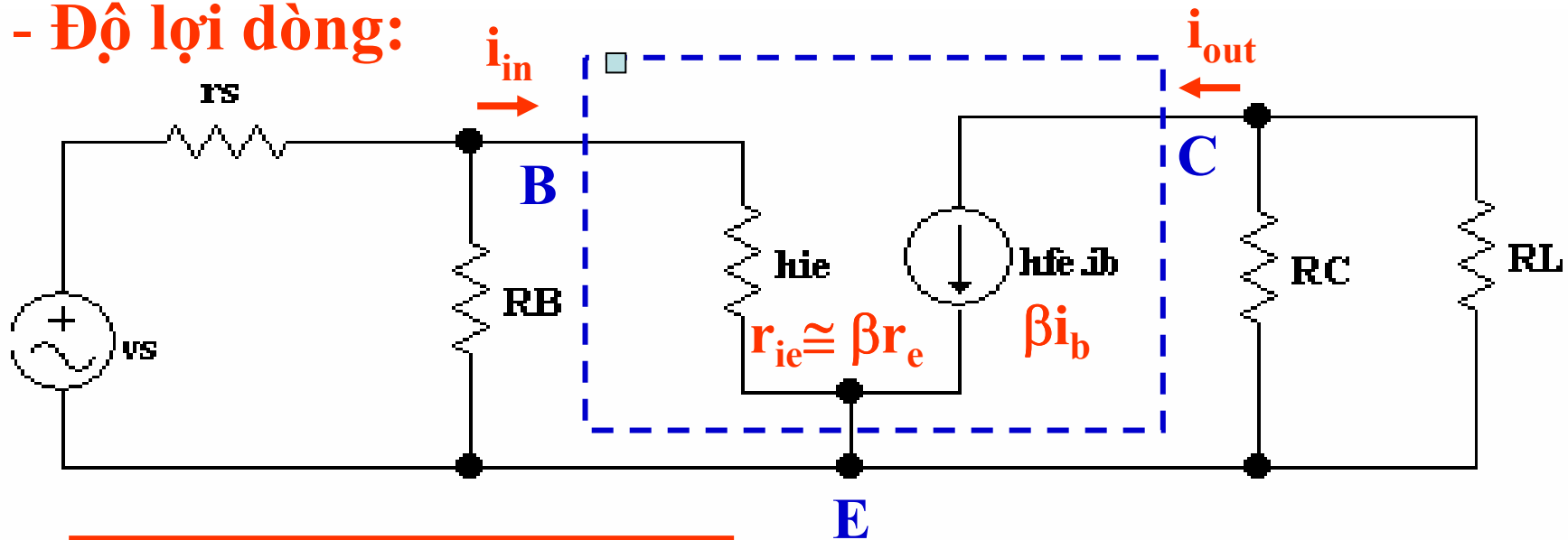
$$\Rightarrow \mathbf{A}_{\text{VETP}} = \mathbf{A}_V \frac{\mathbf{r}_{\text{in}}}{\mathbf{r}_{\text{in}} + \mathbf{r}_s} \frac{\mathbf{R}_L}{\mathbf{R}_L + \mathbf{R}_C}$$

Với:
$$\mathbf{A}_{\text{VE}} = -\frac{\mathbf{R}_C}{\mathbf{r}_e}$$

$$\mathbf{r}_{\text{in}} = \mathbf{R}_B // \beta \mathbf{r}_e.$$

$$\Rightarrow \mathbf{A}_{\text{VETP}} = -\frac{\mathbf{R}_C}{\mathbf{r}_e} \frac{\mathbf{R}_B // \beta \mathbf{r}_e}{\mathbf{r}_s + (\mathbf{R}_B // \beta \mathbf{r}_e)} \frac{\mathbf{R}_L}{\mathbf{R}_L + \mathbf{R}_C}$$

- Độ lợi dòng:



$$A_{iE} = \frac{i_{out}}{i_{in}} = \frac{i_c}{i_b} = \beta$$

$$i_{in} = \frac{r_s}{r_s + r_{in}} i_s \Rightarrow i_s = \frac{r_s + r_{in}}{r_s} i_{in} ; i_s = \frac{v_s}{r_s}$$

$$i_{out} (R_L // R_C) = i_L R_L \Rightarrow i_L = \frac{R_C}{R_L + R_C} i_{out}$$

Độ lợi dòng tổng:

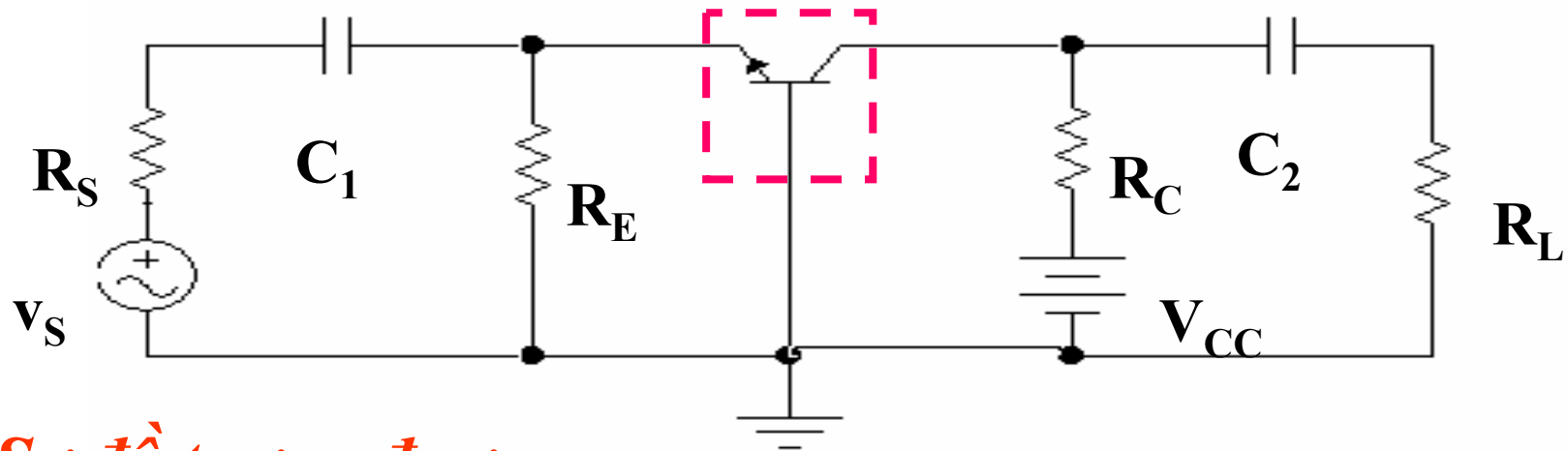
$$\frac{\mathbf{i}_L}{\mathbf{i}_s} = \frac{\mathbf{i}_{\text{out}}}{\mathbf{i}_{\text{in}}} \frac{\mathbf{r}_s}{\mathbf{r}_s + \mathbf{r}_{\text{in}}} \frac{\mathbf{R}_C}{\mathbf{R}_L + \mathbf{R}_C}$$

$$\frac{\mathbf{i}_L}{\mathbf{i}_s} = \mathbf{A}_i \frac{\mathbf{r}_s}{\mathbf{r}_s + \mathbf{r}_{\text{in}}} \frac{\mathbf{R}_C}{\mathbf{R}_L + \mathbf{R}_C}$$

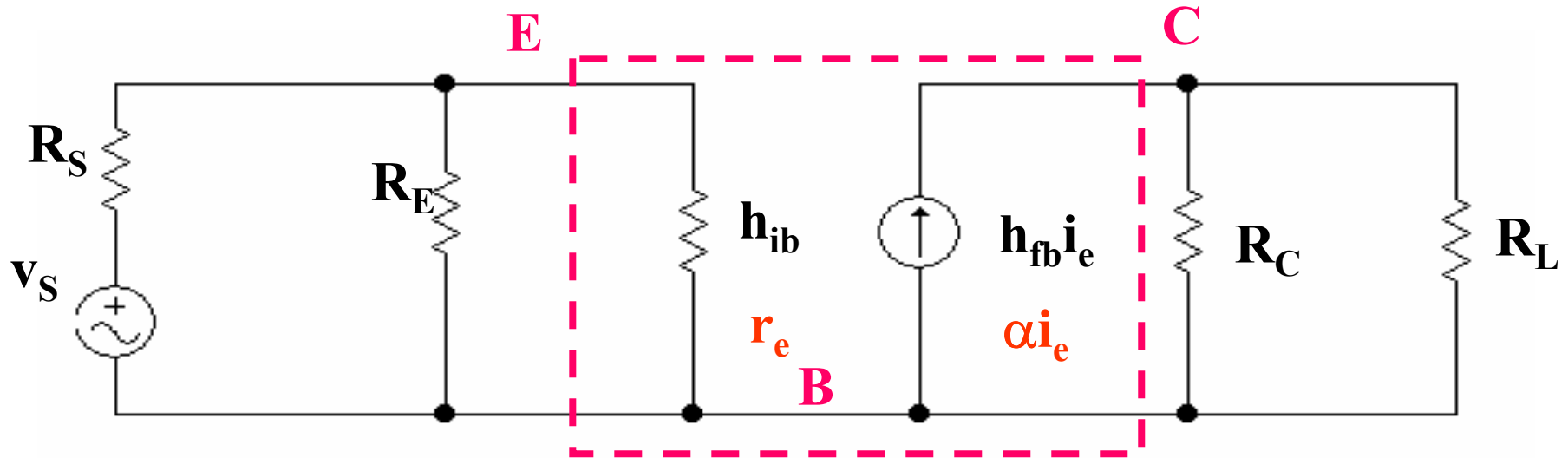
Với: $\mathbf{A}_i = \beta$ $\mathbf{r}_{\text{in}} = \mathbf{R}_B // \beta \mathbf{r}_e$.

$$\frac{\mathbf{i}_L}{\mathbf{i}_s} = \beta \frac{\mathbf{r}_s}{\mathbf{r}_s + (\mathbf{R}_B // \beta \mathbf{r}_e)} \frac{\mathbf{R}_C}{\mathbf{R}_L + \mathbf{R}_C}$$

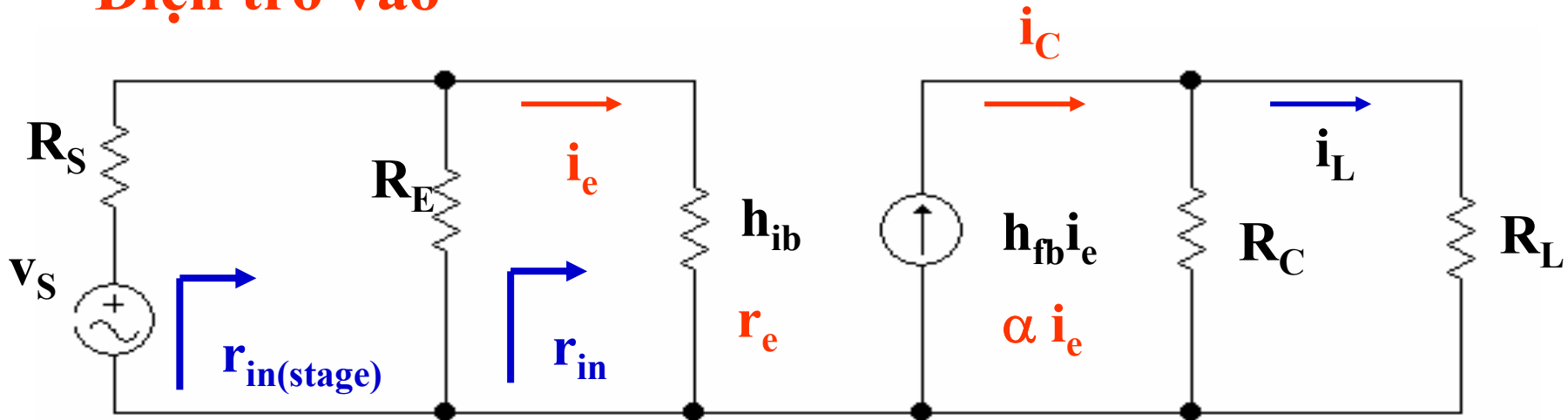
2. Mạch khuếch đại mắc B chung



Sơ đồ tương đương



Điện trở vào

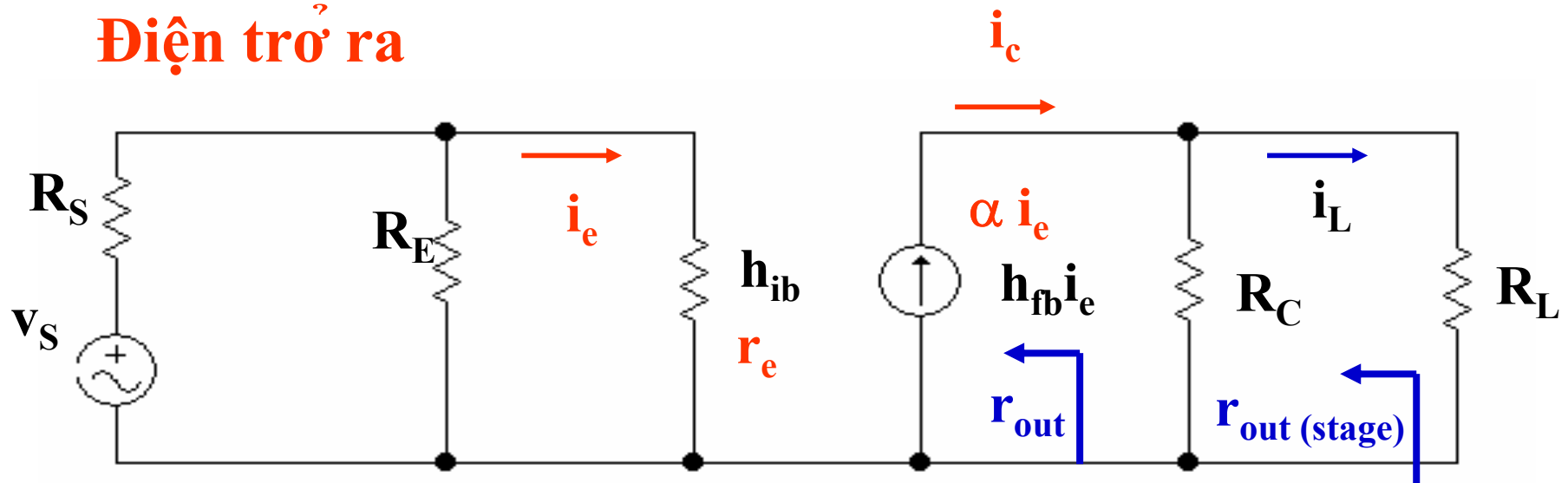


- $r_{in} = r_{ib} = r_e$. (BJT)

- $r_{in (stage)} = R_E // r_e \cong r_e$ (tầng khuếch đại)

Thông thường giá trị r_e rất nhỏ (khoảng vài chục Ω). Vì vậy mạch khuếch đại B chung có điện trở vào rất bé.

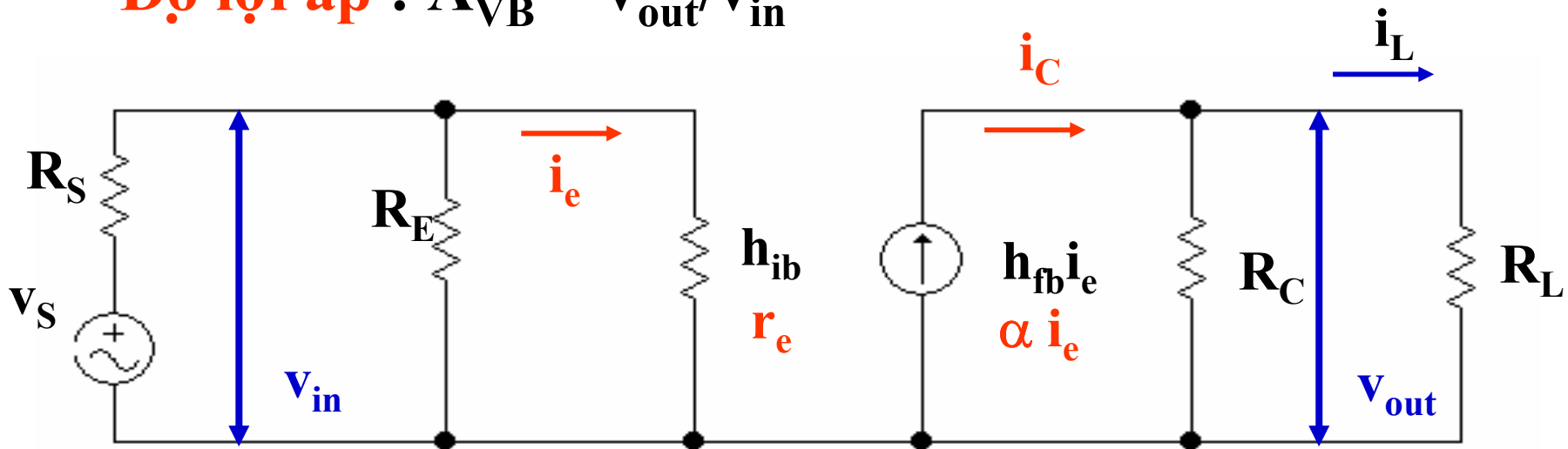
Điện trở ra



- $r_{out} = r_{ob} = r_c$. (BJT)

- $r_{out(stage)} = r_c // R_C \cong R_C$. (tầng khuếch đại)

- **Độ lợi áp** : $A_{vB} = v_{out}/v_{in}$



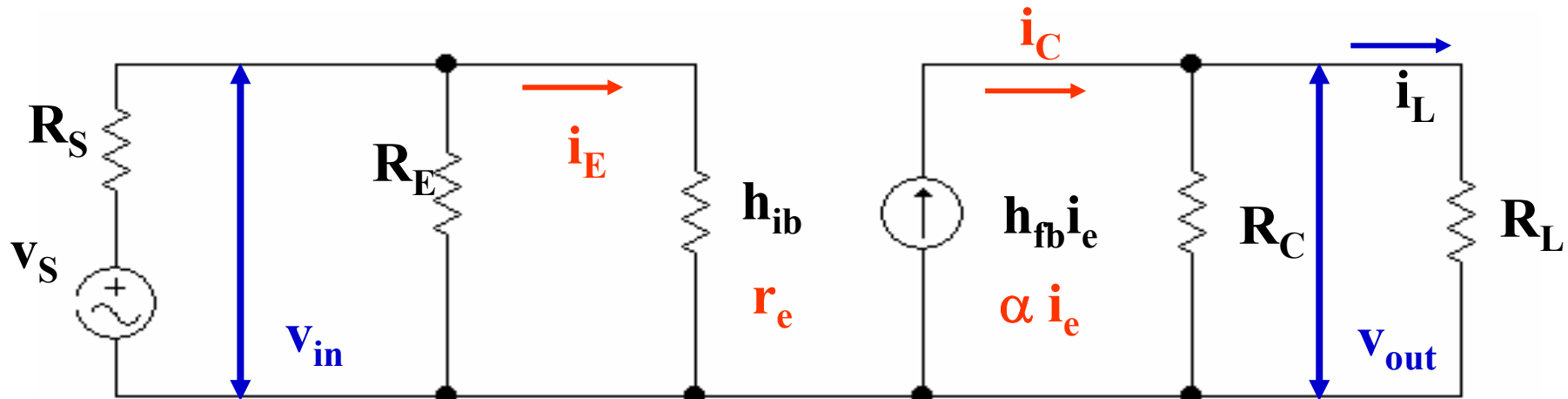
- **Khi không có tải (ngõ ra xem như hở mạch):**

$$v_{out} = i_c R_C ; v_{in} = i_e r_e$$

$$\Rightarrow A_{vB} = \frac{i_c R_C}{i_e r_e} = \frac{R_C}{r_e}$$

Nhận xét: Áp ra đồng pha với áp vào.

- **Độ lợi áp toàn phần** : $A_{VBTP} = V_L/V_S$



$$V_L = i_e (R_L // R_C) = \frac{i_e R_C R_L}{R_C + R_L} = v_{out} \frac{R_L}{R_C + R_L}$$

$$V_{in} = \frac{r_{in}}{r_{in} + r_s} V_S \Rightarrow V_S = \frac{r_{in} + r_s}{r_{in}} V_{in}$$

$$\Rightarrow \mathbf{A}_{\mathbf{VBTP}} = \frac{\mathbf{V}_L}{\mathbf{V}_s} = \frac{\mathbf{V}_{\text{out}}}{\mathbf{V}_{\text{in}}} \frac{\mathbf{r}_{\text{in}}}{\mathbf{r}_{\text{in}} + \mathbf{r}_s} \frac{\mathbf{R}_L}{\mathbf{R}_L + \mathbf{R}_C}$$

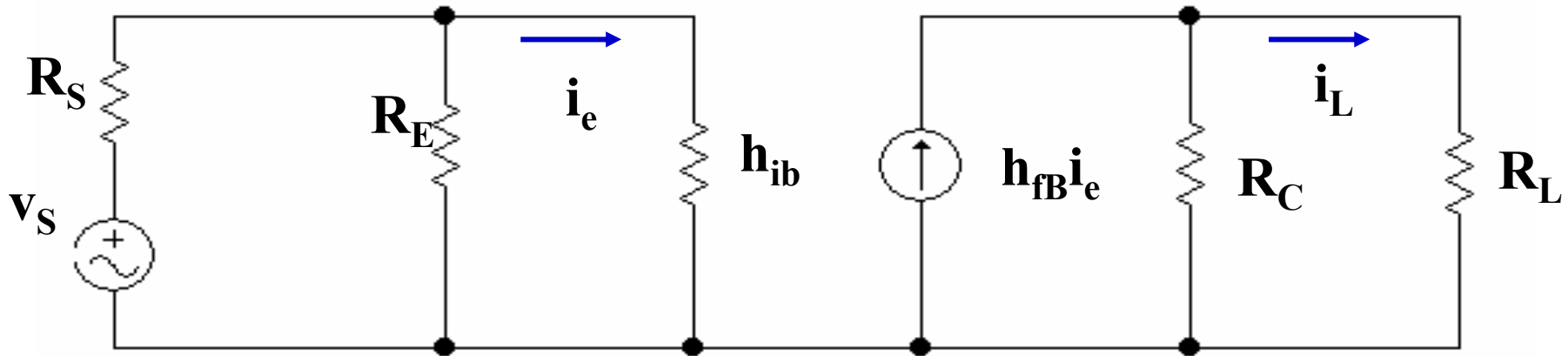
$$\Rightarrow \mathbf{A}_{\mathbf{VBTP}} = \frac{\mathbf{V}_L}{\mathbf{V}_s} = \mathbf{A}_V \frac{\mathbf{r}_{\text{in}}}{\mathbf{r}_{\text{in}} + \mathbf{r}_s} \frac{\mathbf{R}_L}{\mathbf{R}_L + \mathbf{R}_C}$$

Với: $\mathbf{A}_{\mathbf{VB}} = \frac{\mathbf{R}_C}{\mathbf{r}_e}$

$$\mathbf{r}_{\text{in}} = \mathbf{R}_E // \mathbf{r}_e \cong \mathbf{r}_e.$$

$$\Rightarrow \mathbf{A}_{\mathbf{VBTP}} \cong \frac{\mathbf{R}_C}{\mathbf{r}_e} \frac{\mathbf{r}_e}{\mathbf{r}_s + \mathbf{r}_e} \frac{\mathbf{R}_L}{\mathbf{R}_L + \mathbf{R}_C}$$

- **Độ lợi dòng tổng: $A_{iB} = i_L/i_S$**



$$A_i = \frac{i_{out}}{i_{in}} = \frac{i_c}{i_e} = \alpha \cong 1$$

$$i_{in} = \frac{r_s}{r_s + r_{in}} i_s \Rightarrow i_s = \frac{r_s + r_{in}}{r_s} i_{in}$$

$$i_{out} (R_L // R_C) = i_L R_L \Rightarrow i_L = \frac{R_C}{R_L + R_C} i_{out}$$

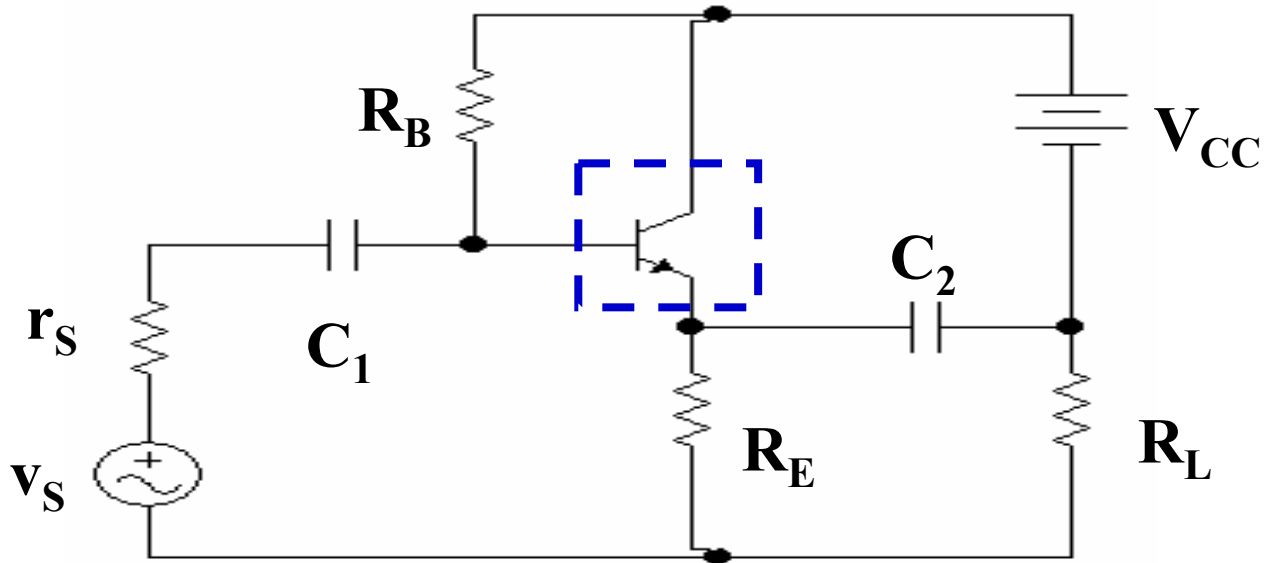
$$\Rightarrow A_{iB} = \frac{i_L}{i_s} = \frac{i_{out}}{i_{in}} \frac{r_s}{r_{in} + r_s} \frac{R_C}{R_C + R_L}$$

$$A_{iB} = A_i \frac{r_s}{r_s + r_{in}} \frac{R_C}{R_L + R_C}$$

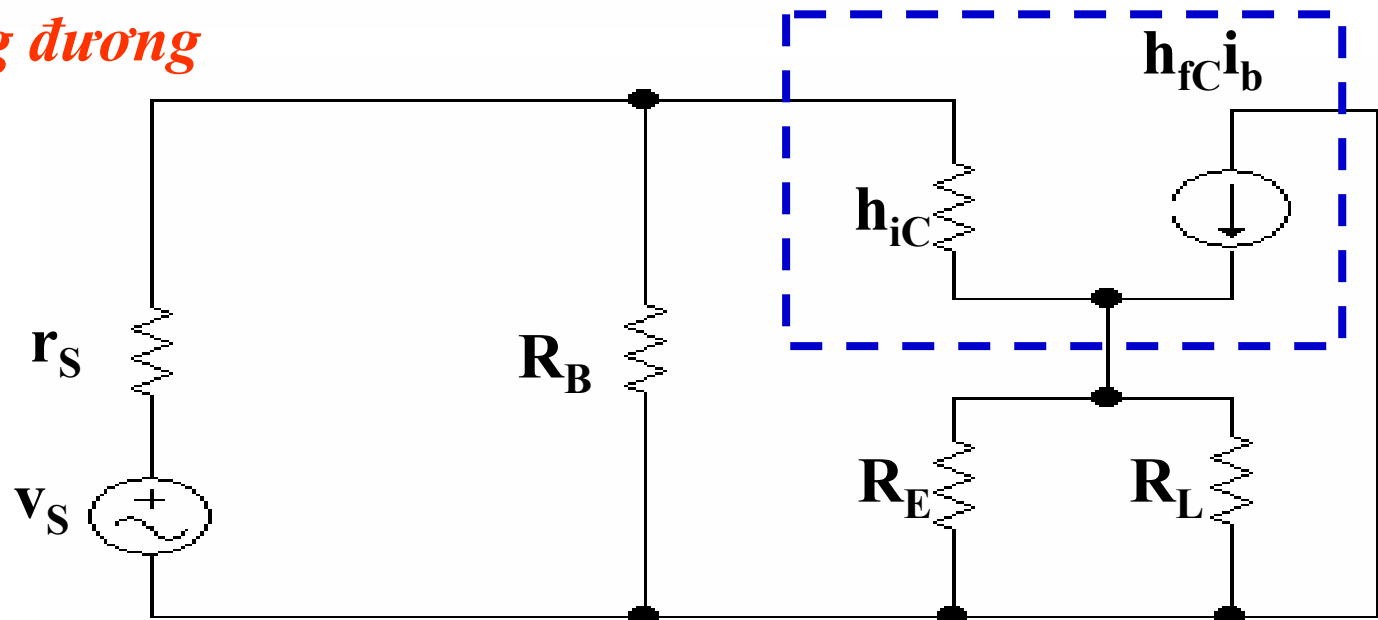
Với: $A_i = \alpha$ $r_{in} = R_E // r_e \cong r_e$

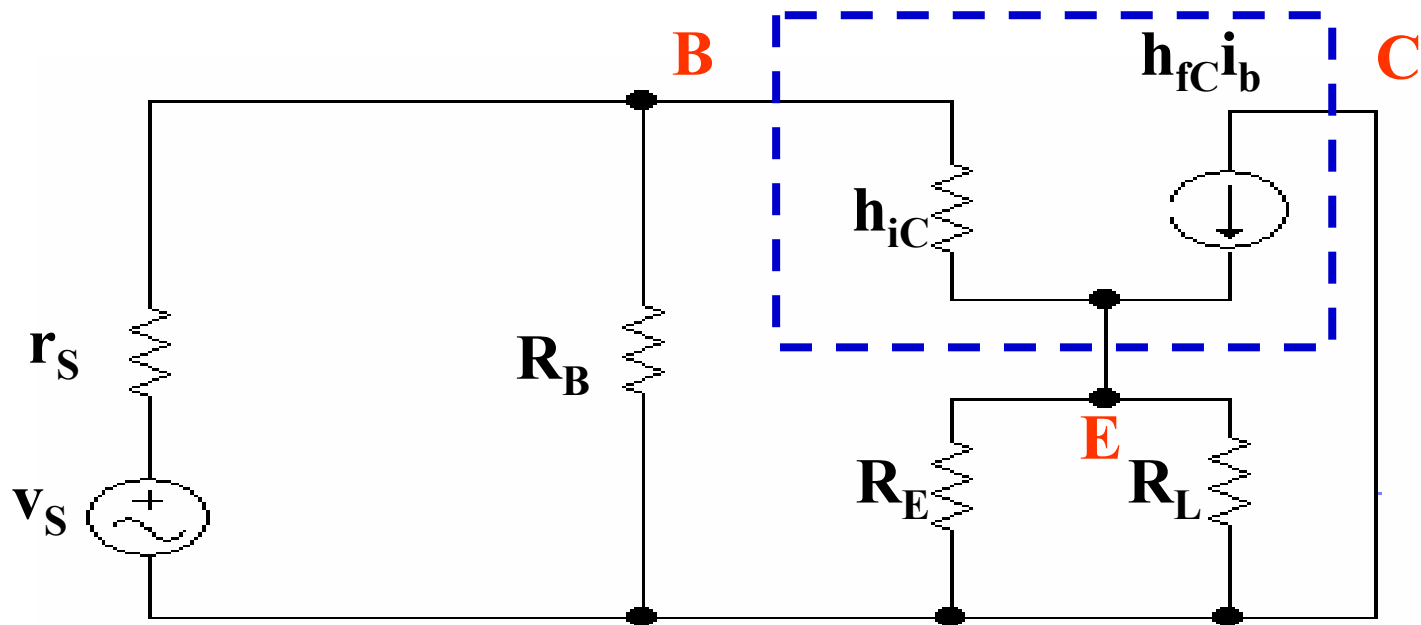
$$\frac{i_L}{i_s} \cong \alpha \frac{r_s}{r_s + r_e} \frac{R_C}{R_L + R_C}$$

3. Mạch khuếch đại mắc C chung

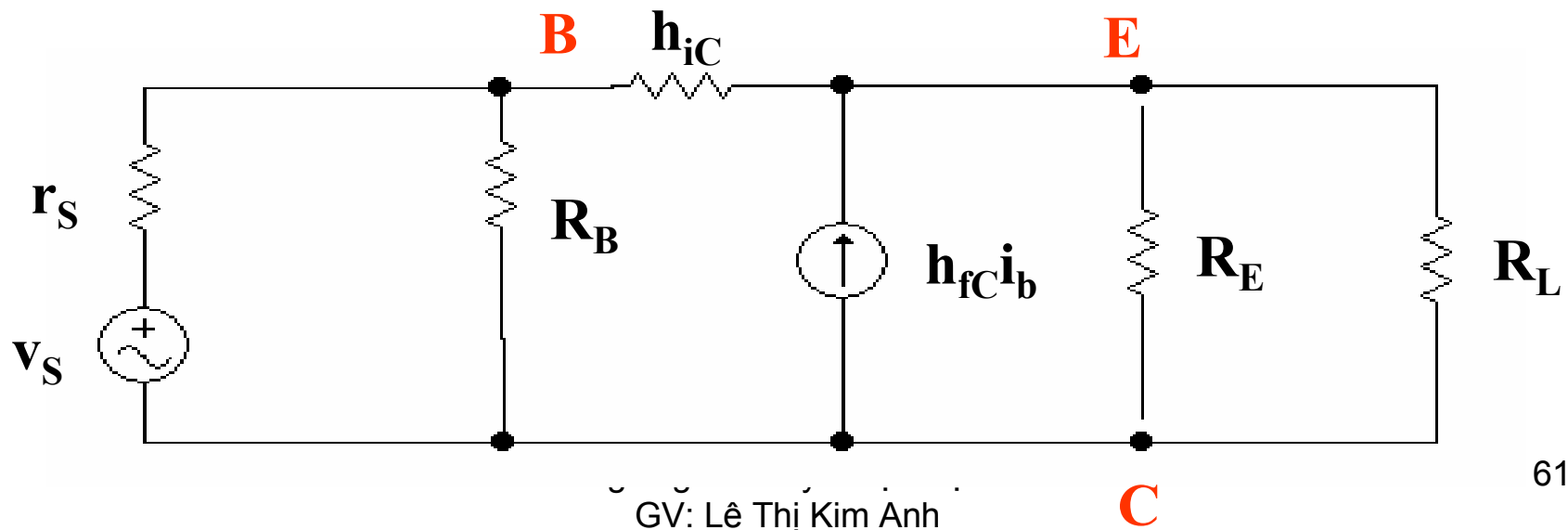


Sơ đồ tương đương



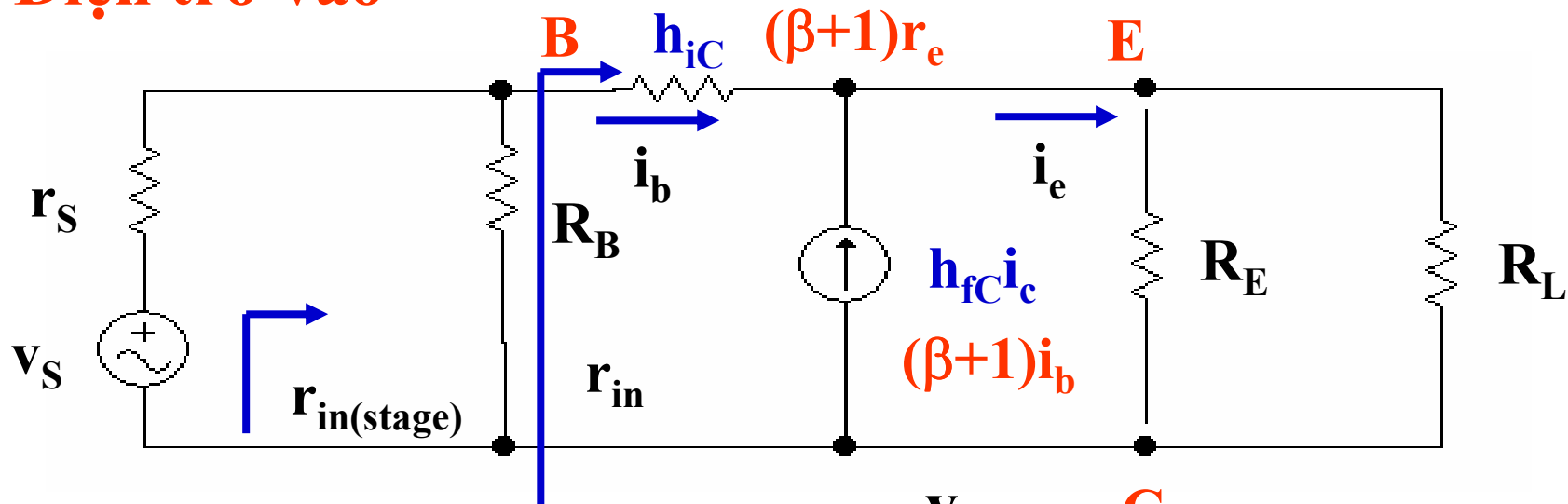


Vẽ lại sơ đồ tương đương



GV: Lê Thị Kim Anh

Điện trở vào



$$r_{in(stage)} = R_B // r_{in} \quad ; \quad r_{in} = \frac{V_{BC}}{i_b}$$

$$V_{BC} = V_{BE} + V_{EC}$$

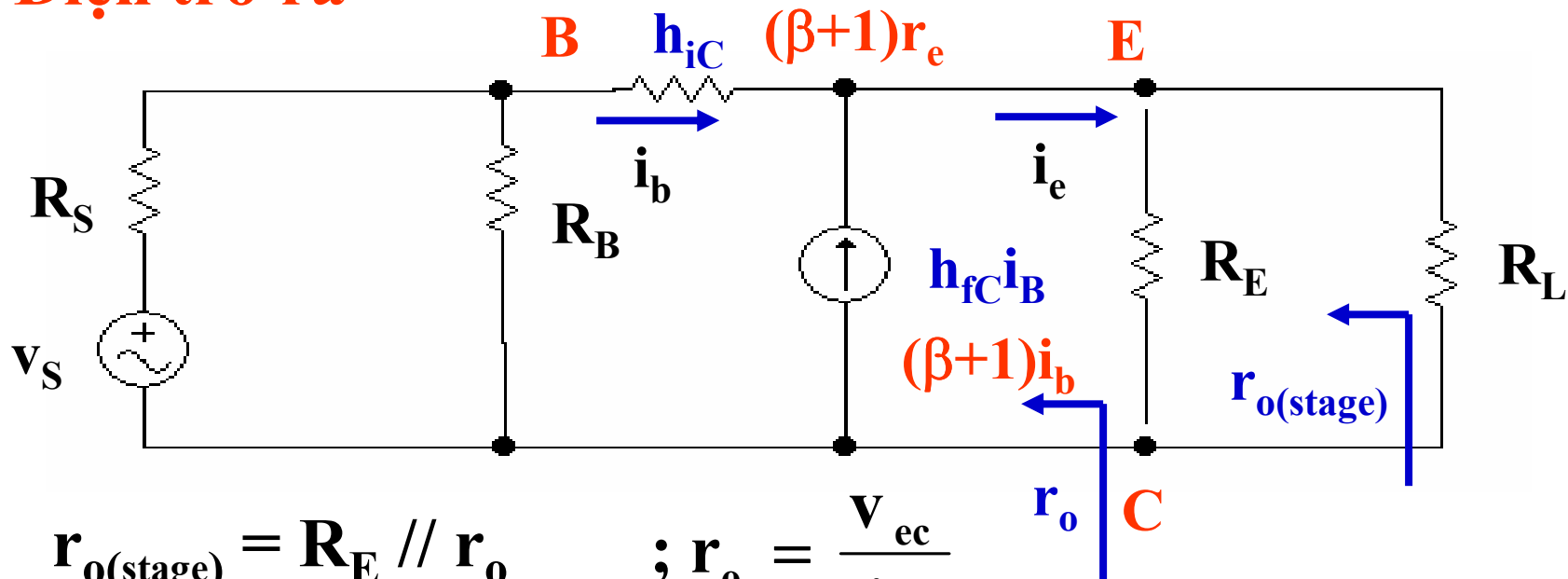
$$V_{BC} = i_B \cdot h_{ie} + i_E \cdot r_L \quad (r_L = R_E // R_L) \quad ; \quad h_{ie} = (\beta + 1)r_e$$

$$V_{BC} = i_B \cdot h_{ie} + (h_{fc} + 1)i_B \cdot r_L \quad ; \quad h_{fc} = (\beta + 1) \cong \beta$$

$$r_{in} = \frac{V_{BC}}{i_B} = h_{ie} + (h_{fc} + 1)r_L = (\beta + 1)(r_e + R_L) \quad (\text{hàng trăm } K\Omega)$$

$$\Rightarrow r_{in(tăng)} \cong R_B$$

Điện trở ra



$$r_{o(\text{stage})} = R_E // r_o \quad ; \quad r_o = \frac{V_{ec}}{i_e}$$

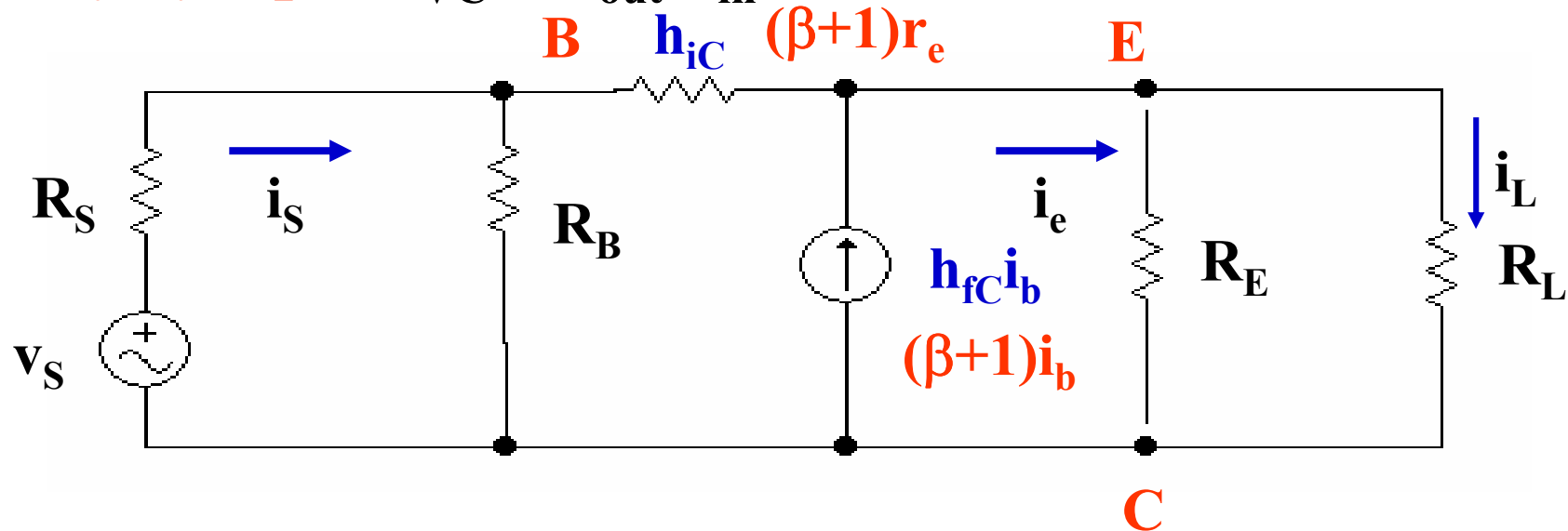
$$V_{EC} = i_B \cdot h_{iC} + i_B \cdot (r_s // R_B)$$

$$r_o = \frac{V_{EC}}{i_E} = \frac{h_{iC} i_B + (r_s // R_B) i_B}{i_E} = \frac{h_{iC} + (r_s // R_B)}{h_{fC} + 1}$$

$$\Rightarrow r_o \cong r_e + \frac{r_s // R_B}{\beta + 1} \quad (\text{rất nhỏ})$$

$$\Rightarrow r_{o(\text{tầng})} \cong r_o \quad (\text{khoảng vài chục } \Omega)$$

- **Độ lợi áp** : $A_{VC} = v_{out}/v_{in}$



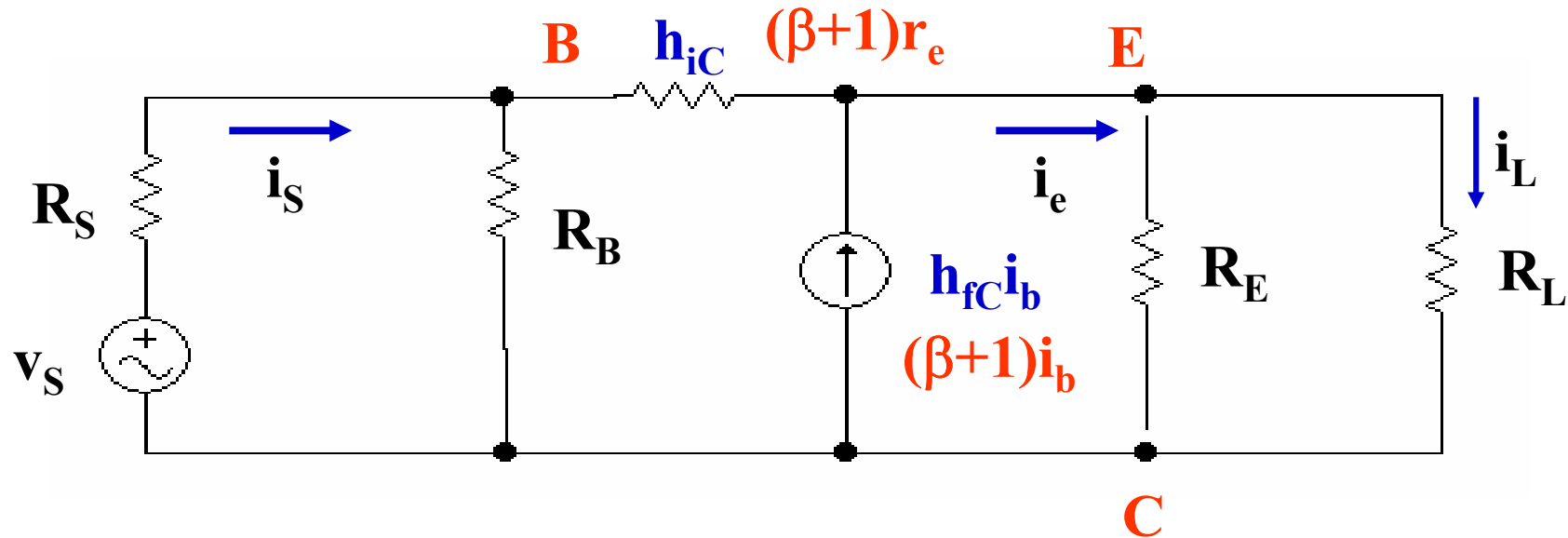
- **Khi không có tải (ngõ ra xem như hở mạch):**

$$v_{out} = i_e R_E = (\beta + 1) i_b R_E$$

$$v_{in} = (\beta + 1) i_b (r_e + R_E)$$

$$\Rightarrow A_{VC} = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{R_E + r_e}{R_E}$$

- Độ lợi dòng: $A_{iC} = i_{out}/i_{in}$



$$A_{iC} = \frac{i_{out}}{i_{in}} = \frac{i_e}{i_b} = \beta + 1 \cong \beta$$

Nhận xét chung:

- Mạch khuếch đại E chung có tín hiệu ở ngõ ra ngược pha với tín hiệu ngõ vào. Có khả năng khuếch đại dòng và áp.
- Mạch khuếch đại B chung có tổng trở vào nhỏ (vài chục ohm), tổng trở ra lớn (vài trăm $K\Omega$), không khuếch đại dòng ($A_i \cong 1$).
- Mạch khuếch đại C chung có tổng trở vào lớn (vài trăm $K\Omega$), tổng trở ra nhỏ (vài chục ohm), không khuếch đại áp ($A_v \cong 1$).
- Cả hai mạch khuếch đại B và C chung có tín hiệu ở ngõ ra đồng pha với tín hiệu ở ngõ vào.

Câu hỏi củng cố bài

- 1. Các khái niệm về mạch khuếch đại, công thức tính độ lợi dòng, áp và công suất, điện trở ngõ vào, ngõ ra?**
- 2. Phân cực DC trong mạch khuếch đại?**
- 3. Khái niệm về đường tải một chiều và xoay chiều, chế độ maxswing?**
- 4. Các chế độ làm việc của BJT trong mạch khuếch đại?**
- 5. Các thông số của mạch khuếch đại tín hiệu nhỏ?**
- 6. Các mô hình tương đương (toán học, vật lý) của BJT theo từng cách mắc?**
- 7. Cách tính các thông số của mạch khuếch đại: điện trở ngõ vào và ra, độ lợi dòng và áp?**

Chương 5

CÁC MẠCH ỨNG DỤNG KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN (OPERATIONAL AMPLIFIER – OP AMP)

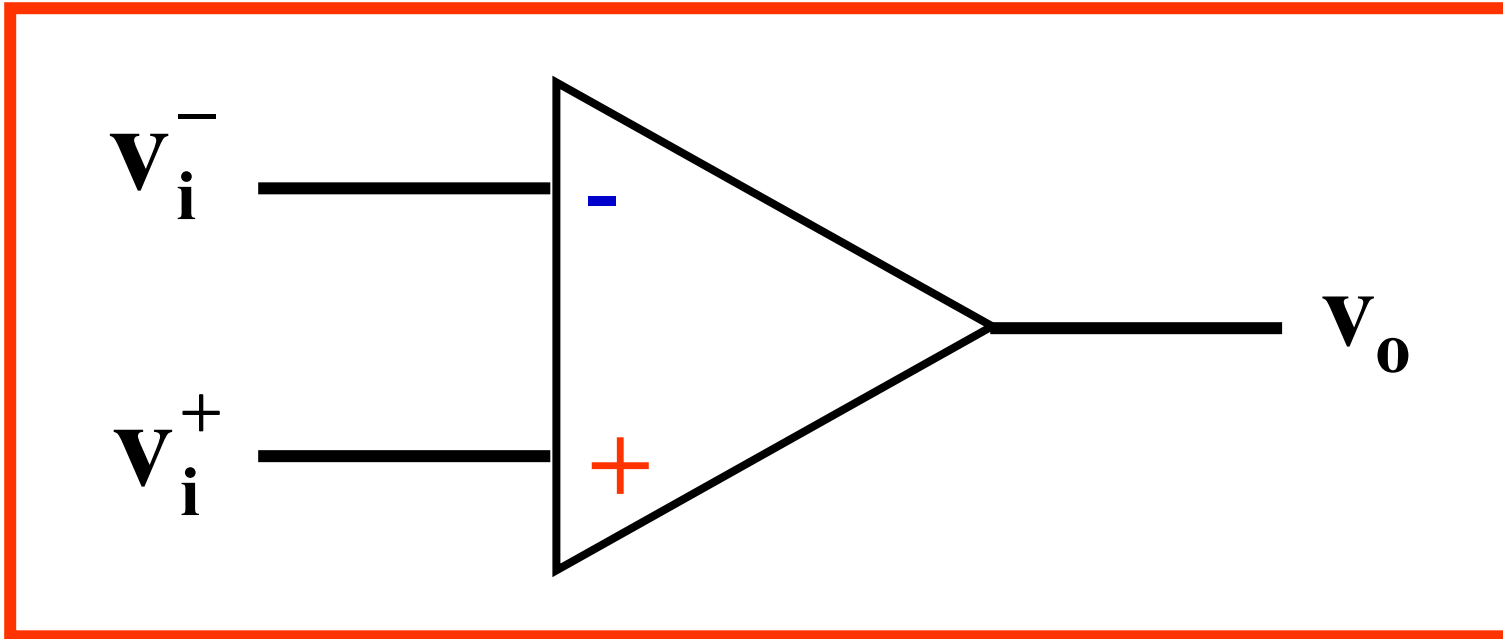
I. ĐỊNH NGHĨA VÀ KÝ HIỆU

- *Khuếch đại* là quá trình biến đổi một đại lượng (**dòng điện** hoặc **điện áp**) từ biên độ nhỏ thành biên độ lớn mà không làm thay đổi dạng của nó.

Khuếch đại thuật toán (OP-AMP) cũng có những tính chất của một mạch khuếch đại. OP-AMP có 2 ngõ vào – đảo và không đảo – và một ngõ ra, một OP-AMP lý tưởng sẽ có những tính chất sau:

- + Hệ số khuếch đại (vòng hở) là vô cùng.
- + Trở kháng ngõ vào là vô cùng.
- + Trở kháng ngõ ra là 0.

Ký hiệu



V_i^- : Ngõ vào đảo

V_i^+ : Ngõ vào không đảo

V_o : Ngõ ra

II. MẠCH KHUẾCH ĐẠI ĐẢO (NGƯỢC PHA)

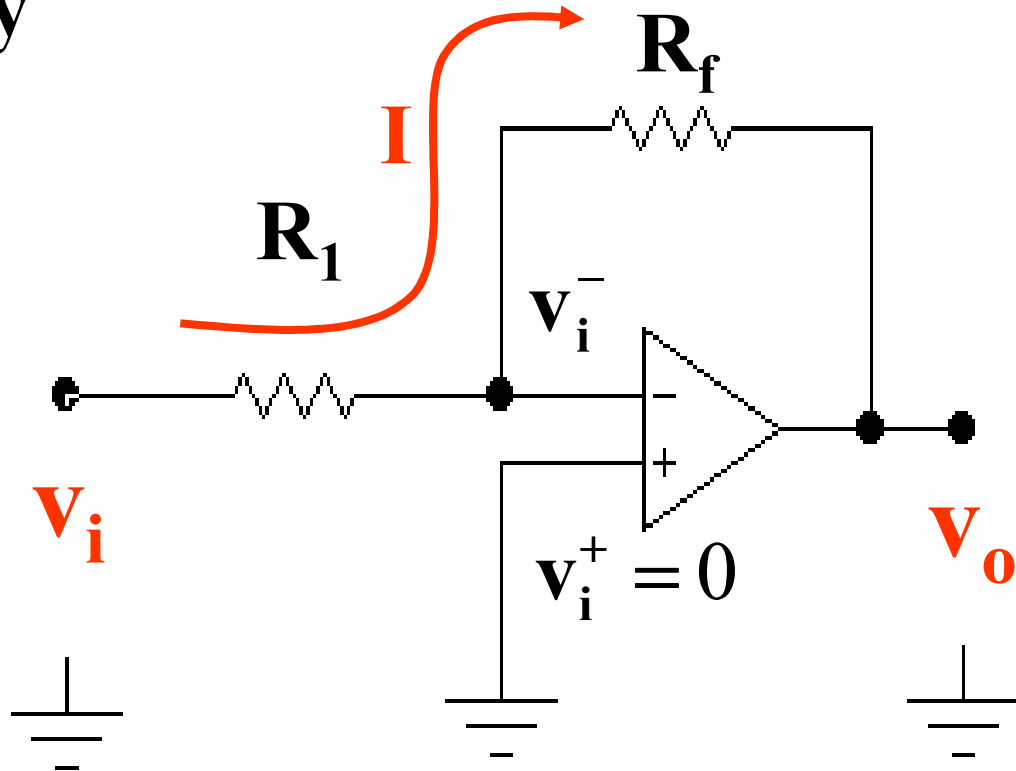
Xét mạch OPAMP lý tưởng:

$R_i = \infty, I_i = 0$ nên:

$$v_i^- = v_i^+ \approx 0$$

Dòng qua R_1 :

$$I = \frac{v_i}{R_1} = -\frac{v_o}{R_f}$$



Hệ số khuếch đại vòng kín:

$$\mathbf{A}_v = \frac{\mathbf{v}_o}{\mathbf{v}_i} = - \frac{\mathbf{R}_f}{\mathbf{R}_1}$$

\Rightarrow

$$\mathbf{v}_o = - \frac{\mathbf{R}_f}{\mathbf{R}_1} \mathbf{v}_i$$

Tổng trở vào: $\mathbf{Z}_i = \frac{\mathbf{v}_i}{\mathbf{i}_i} = \mathbf{R}_1$

III. MẠCH KHUẾCH ĐẠI KHÔNG ĐẢO (ĐỒNG PHA)

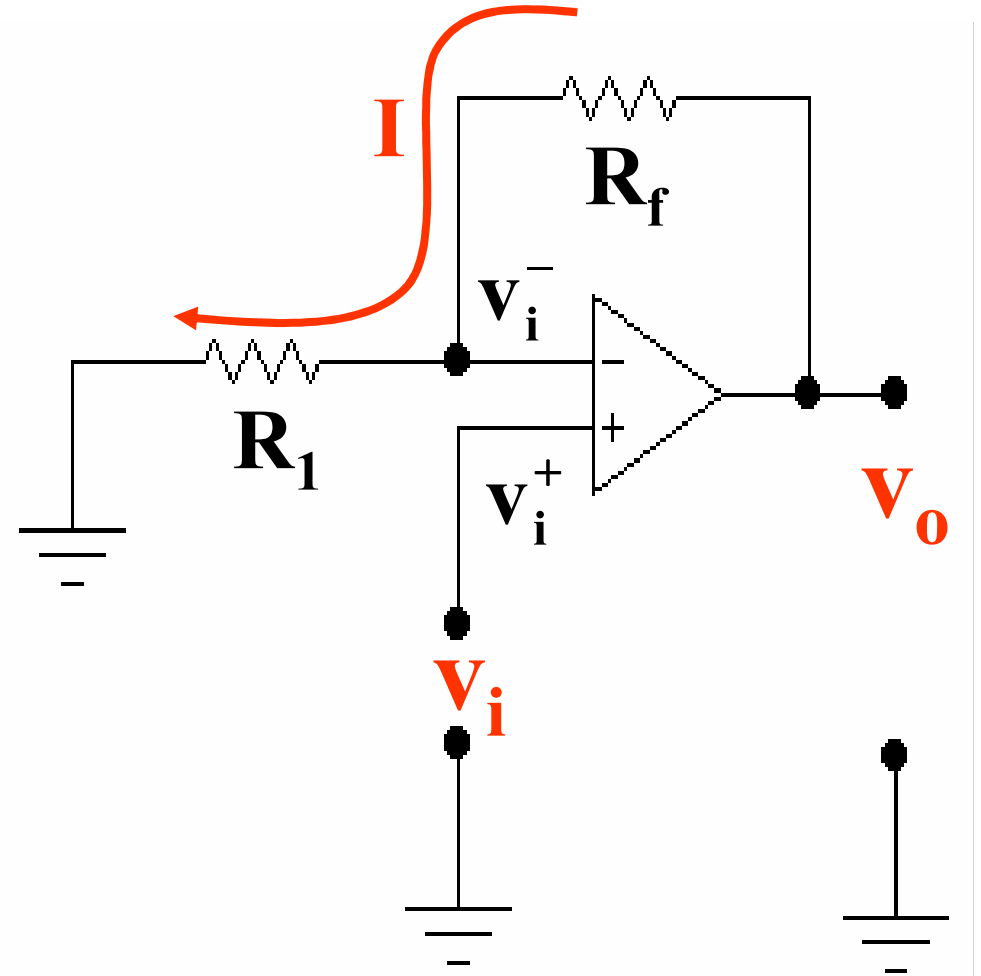
Xét mạch OPAMP lý tưởng:

$R_i = \infty, I_i = 0$ nên:

$$V_i^- = V_i^+ \approx 0$$

Dòng qua R_1 :

$$I = \frac{V_i^-}{R_1} = \frac{V_o}{R_1 + R_f}$$



Mặt khác, coi : $v_i^- = v_i^+ \approx v_i$

Ta có hệ số khuếch đại vòng kín:

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

$$\Rightarrow v_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right) v_i$$

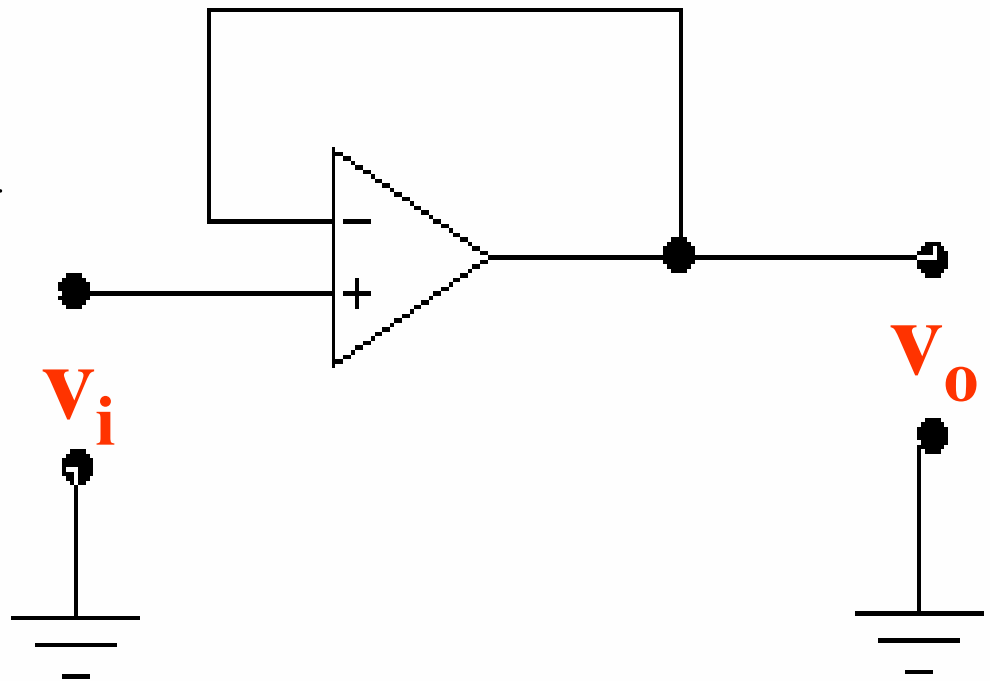
* MẠCH ĐỆM (MẠCH THEO ĐIỆN ÁP)

Đây là trường hợp đặc biệt của mạch khuếch đại không đảo, với: $R_f = 0$ và $R_1 = \infty$

Áp dụng công thức:

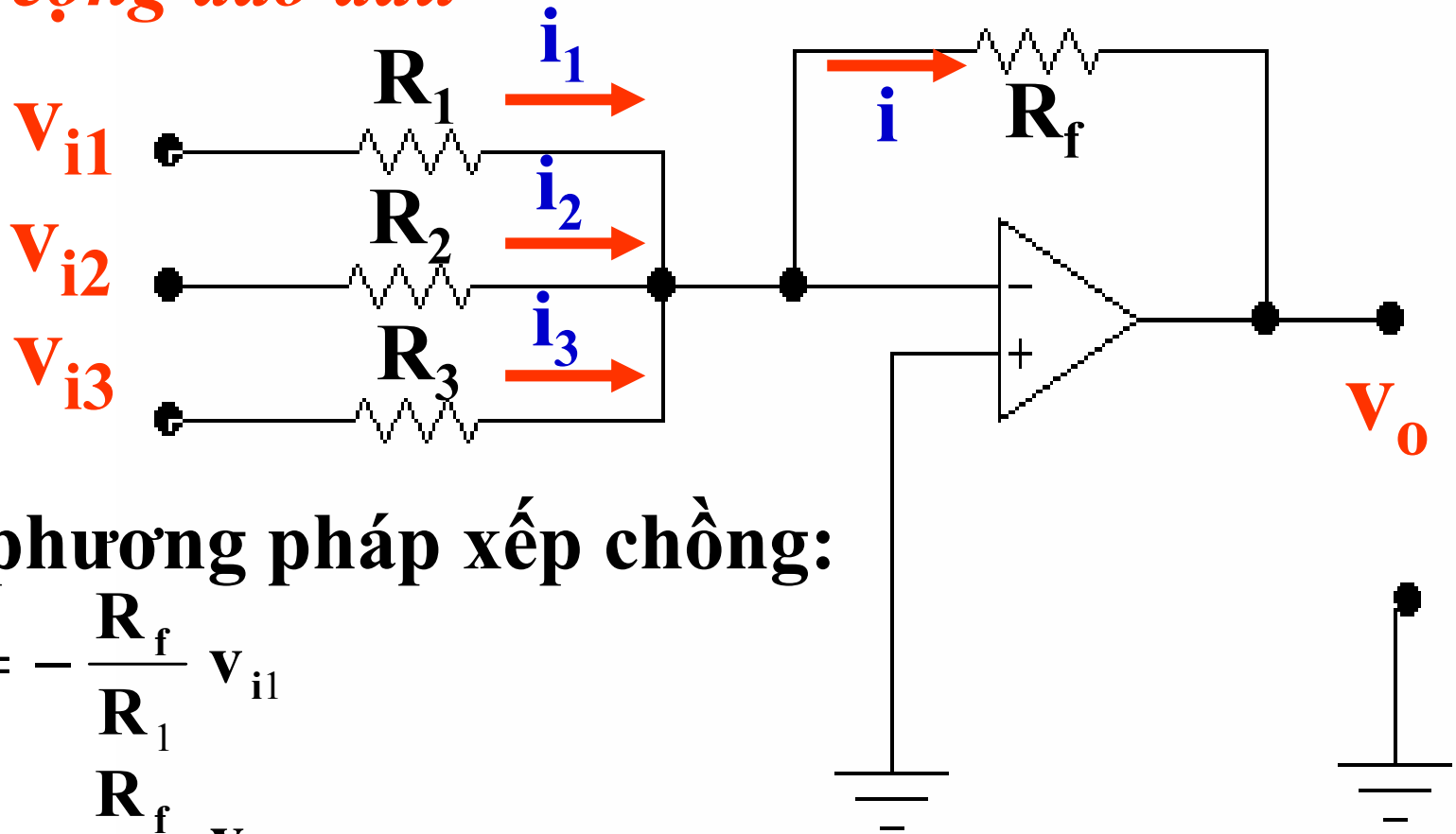
$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{R_1 + R_f}{R_1} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

$$\Rightarrow A_v = 1$$



IV. MẠCH CỘNG

* Mạch cộng đảo dấu



Dùng phương pháp xếp chồng:

$$V_{o1} = -\frac{R_f}{R_1} V_{i1}$$

$$V_{o2} = -\frac{R_f}{R_2} V_{i2}$$

$$V_{o3} = -\frac{R_f}{R_3} V_{i3}$$

Điện áp ở ngõ ra:

$$\mathbf{V}_o = \mathbf{V}_{o1} + \mathbf{V}_{o2} + \mathbf{V}_{o3}$$

$$\Rightarrow \mathbf{v}_o = - \left(\frac{\mathbf{R}_f}{\mathbf{R}_1} \mathbf{v}_{i1} + \frac{\mathbf{R}_f}{\mathbf{R}_2} \mathbf{v}_{i2} + \frac{\mathbf{R}_f}{\mathbf{R}_3} \mathbf{v}_{i3} \right)$$

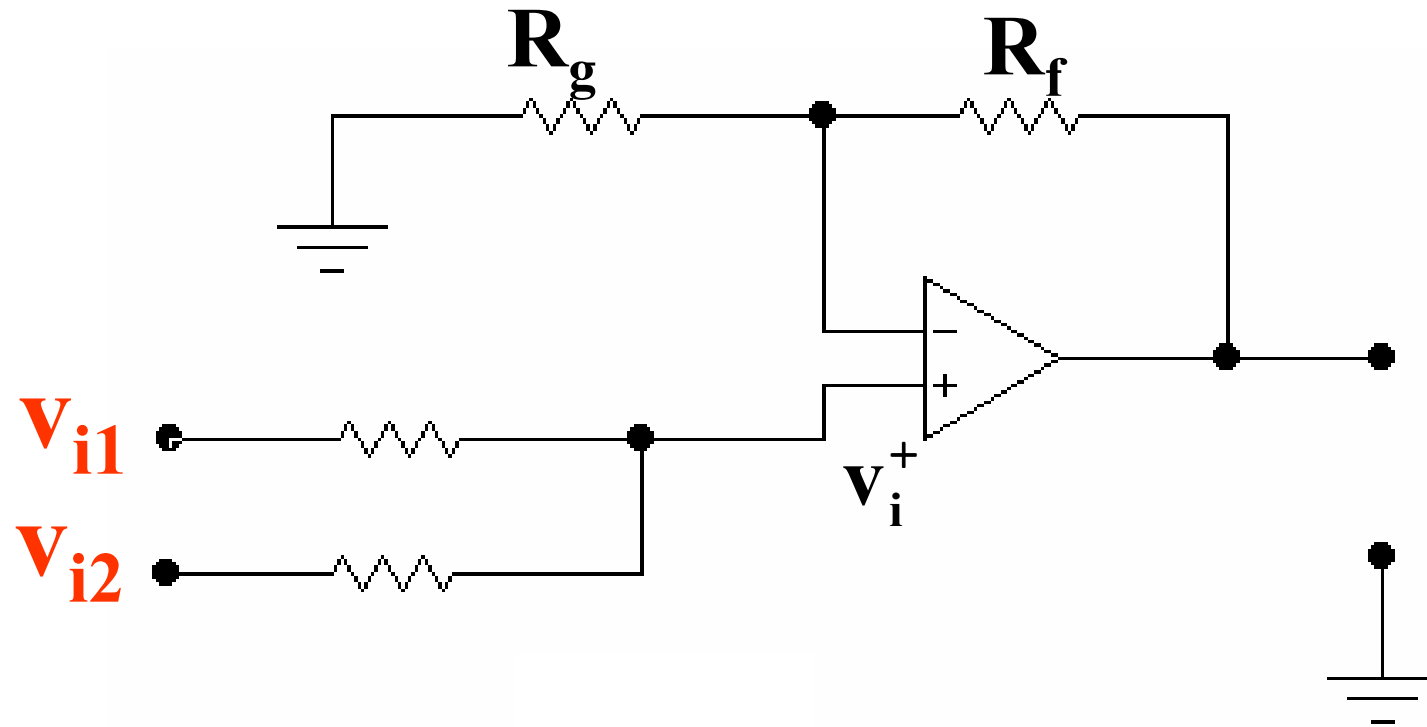
Nếu chọn $\mathbf{R}_1 = \mathbf{R}_2 = \mathbf{R}_3 = \mathbf{R}$, ta có:

$$\mathbf{v}_o = - \frac{\mathbf{R}_f}{\mathbf{R}} (\mathbf{v}_{i1} + \mathbf{v}_{i2} + \mathbf{v}_{i3})$$

Và nếu $\mathbf{R}_f = \mathbf{R}$, ta có:

$$\mathbf{v}_o = - (\mathbf{v}_{i1} + \mathbf{v}_{i2} + \mathbf{v}_{i3})$$

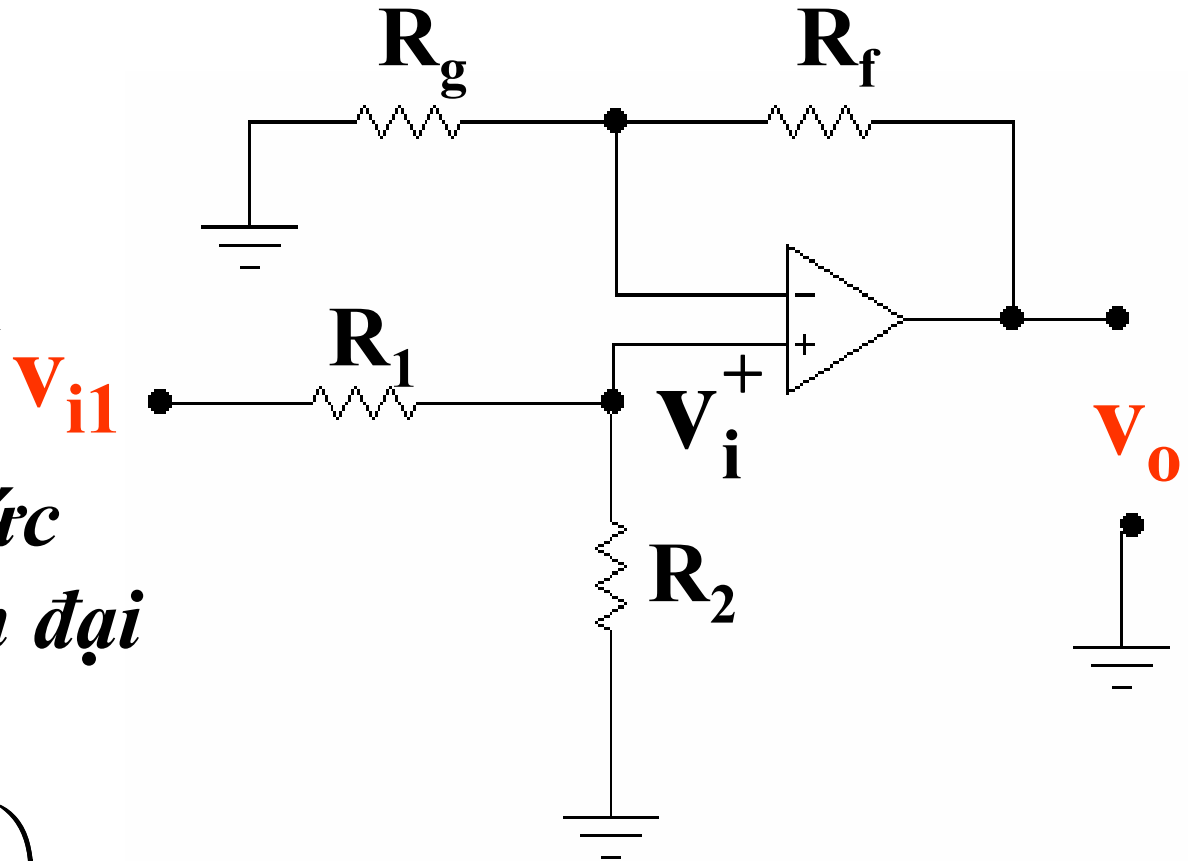
* Mạch cộng không đảo dấu



Dùng phương pháp xếp chồng

Khi $v_{i2} = 0$:

$$v_i^+ = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) v_{i1}$$



Áp dụng công thức của mạch khuếch đại không đảo: :

$$v_{o1} = \left(1 + \frac{R_f}{R_g} \right) v_i^+$$

$$\Rightarrow v_{o1} = \left(1 + \frac{R_f}{R_g}\right) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) v_{i1}$$

Tương tự, khi cho $v_{i1} = 0$

$$v_{o2} = \left(1 + \frac{R_f}{R_g}\right) \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) v_{i2}$$

Điện áp ở ngõ ra: $v_o = v_{o1} + v_{o2}$

$$\Rightarrow v_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_g}\right) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} v_{i1} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_{i2}\right)$$

Nếu chọn $R_1 = R_2 = R$, ta có:

$$\mathbf{v}_o = \left(1 + \frac{\mathbf{R}_f}{\mathbf{R}} \right) \left(\frac{\mathbf{v}_{i1} + \mathbf{v}_{i2}}{2} \right)$$

Và nếu $R_f = R$, ta có:

$$\mathbf{v}_o = (\mathbf{v}_{i1} + \mathbf{v}_{i2})$$

V. MẠCH TRỪ (MẠCH KHUẾCH ĐẠI VI SAI)

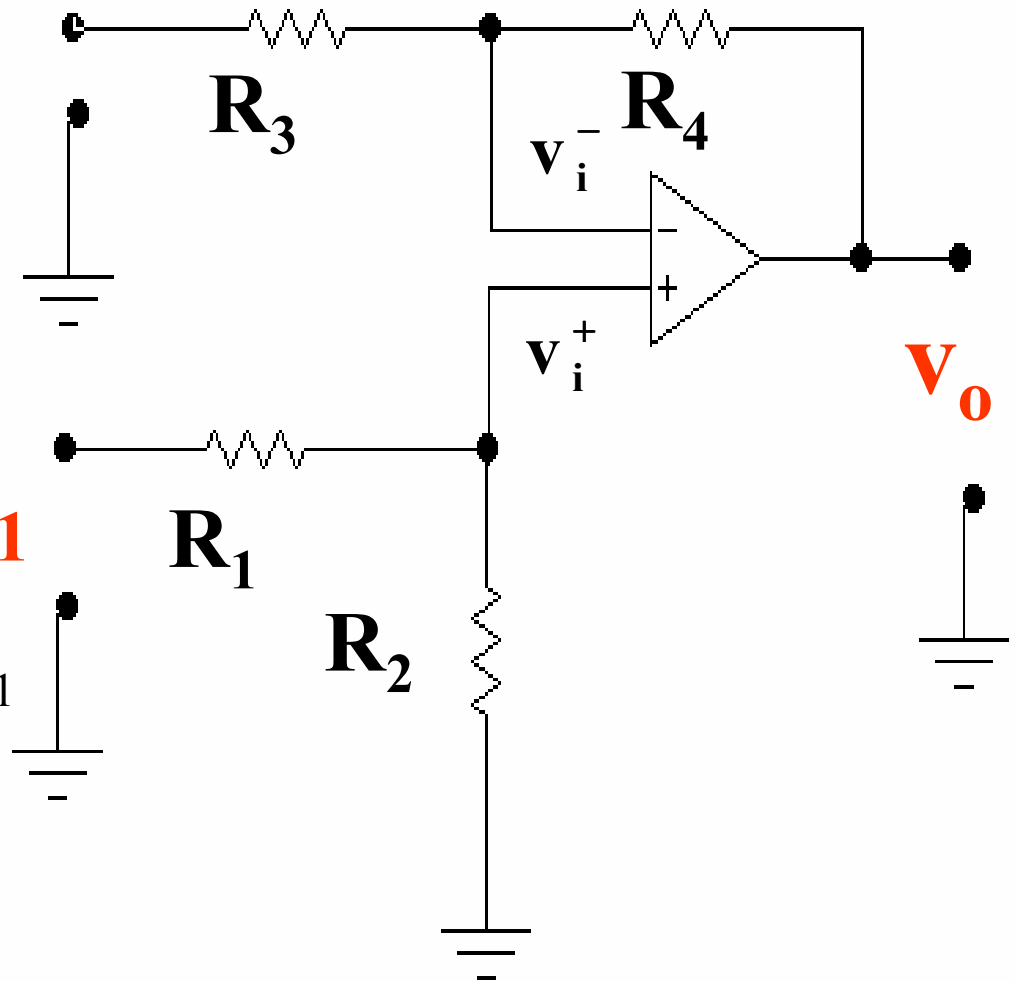
* Khi $v_{i2} = 0$

$$v_i^+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_{i1}$$

$$\Rightarrow v_{o1} = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) v_{i1}$$

* Khi $v_{i1} = 0$

$$v_{o2} = -\frac{R_4}{R_3} v_{i2}$$



Điện áp ở ngõ ra: $V_o = V_{i1} + V_{i2}$

$$\Rightarrow v_o = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) v_{i1} - \frac{R_4}{R_3} v_{i2}$$

v_o có dạng: $V_o = a_1 v_{i1} - a_2 v_{i2}$, với:

$$a_1 = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) ; a_2 = \frac{R_4}{R_3}$$

$$\text{Hay : } a_1 = (1 + a_2) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) ; a_2 = \frac{R_4}{R_3}$$

⇒ Điều kiện để thực hiện được mạch này:

$$(1 + a_2) > a_1$$

Nếu chọn $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$, ta có:

$$\mathbf{V_o = V_{i1} - V_{i2}}$$

VI. MẠCH TÍCH PHÂN

Dòng đi qua tụ được tính: R

$$i_C = C \frac{dv}{dt}$$

$$\Rightarrow i = -C \frac{dV_o}{dt}$$

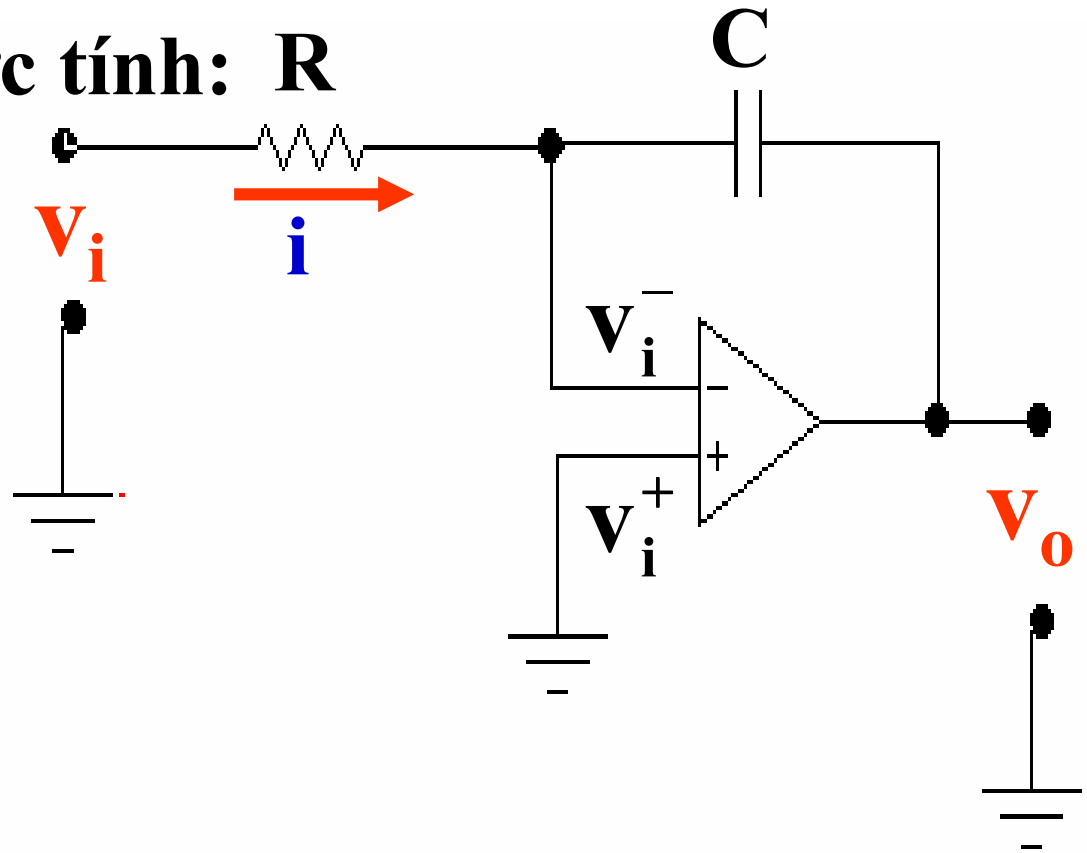
$$\Rightarrow dv_o = -\frac{1}{C} i dt$$

$$\Rightarrow v_o = -\frac{1}{C} \int i dt$$

Mặt khác:

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

$$\Rightarrow v_o = -\frac{1}{R C} \int v_i dt$$



VII. MẠCH VI PHÂN

Dòng đi qua tụ:

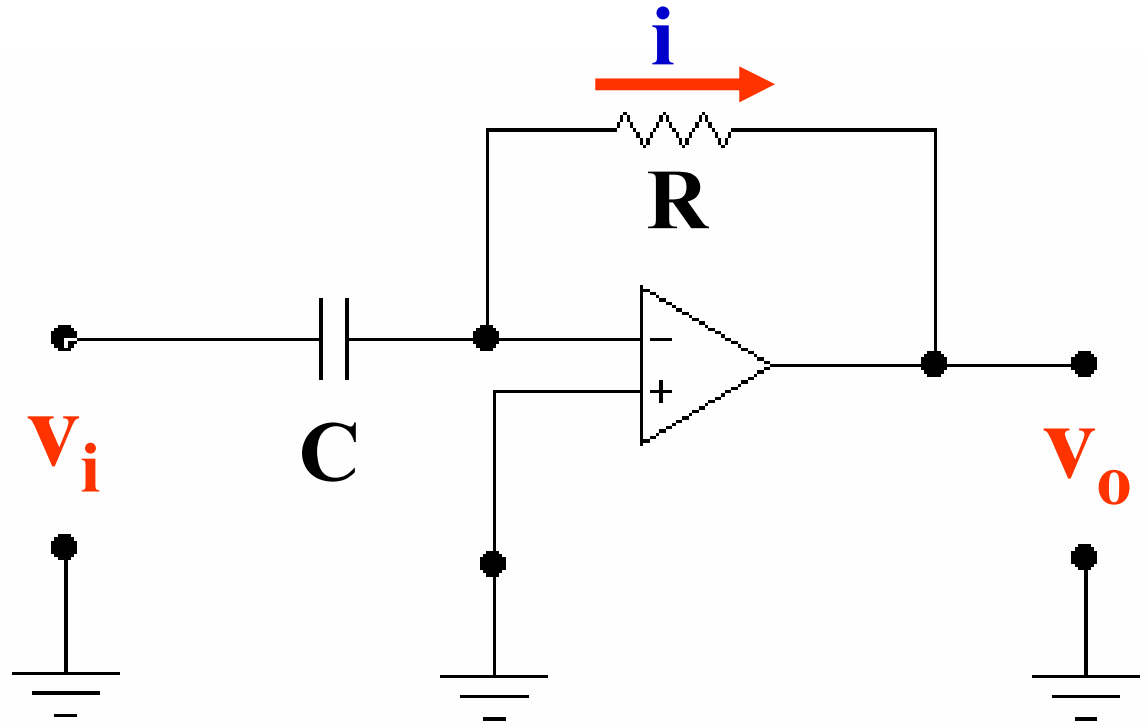
$$i = C \frac{dV_i}{dt}$$

Mặt khác:

$$i = -\frac{V_o}{R}$$

$$\Rightarrow C \frac{dV_i}{dt} = -\frac{V_o}{R}$$

$$\Rightarrow v_o = -RC \frac{dV_i}{dt}$$



CÁC MẠCH XUNG

I. MẠCH LỘC RC

$$V_i = V_C + V_R \quad (1)$$

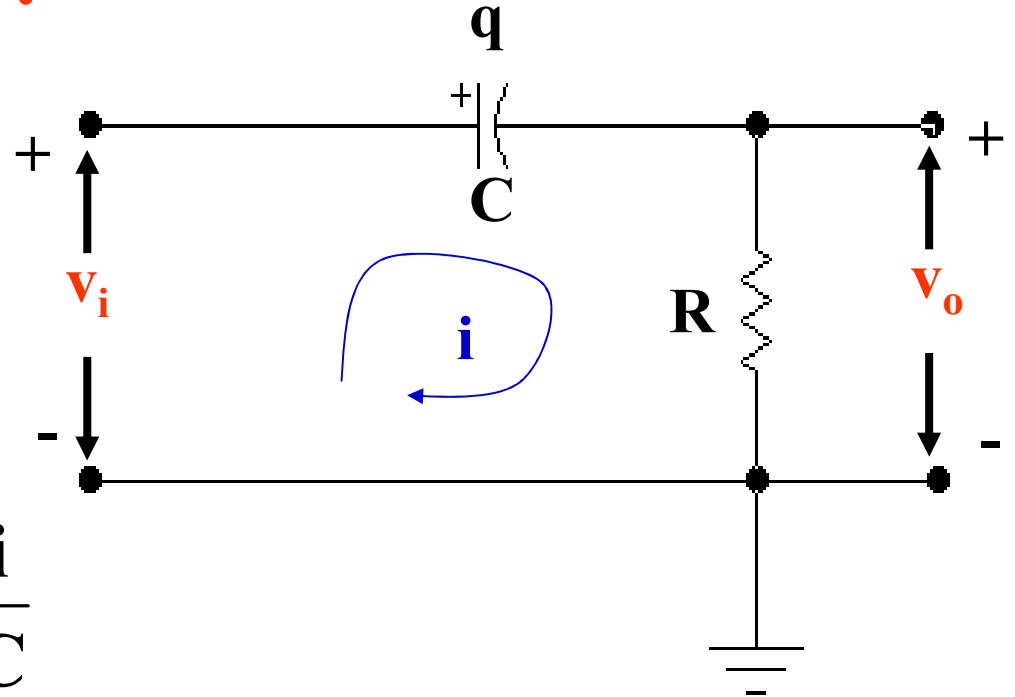
$$\Rightarrow \frac{dv_i}{dt} = \frac{dv_C}{dt} + \frac{dv_R}{dt}$$

Mà:

$$i = C \frac{dv_C}{dt} \Rightarrow \frac{dv_C}{dt} = \frac{i}{C}$$

Mặt khác: $i = \frac{v_R}{R} \Rightarrow \frac{dv_C}{dt} = \frac{v_R}{RC}$

$$(1) \Rightarrow \frac{dv_i}{dt} = \frac{dv_R}{dt} + \frac{v_R}{RC}$$



Đây là phương trình vi phân đối với v_R , khi RC rất nhỏ sẽ có nghiệm gần đúng:

$$v_R(t) = \tau \frac{dv_i}{dt} \quad \tau = RC: \text{thời hằng}$$

Phương trình (1) có thể viết dưới dạng:

$$v_i = iR + v_C$$

Mà:
$$i = C \frac{dv_C}{dt} \Rightarrow v_i = RC \frac{dv_C}{dt} + v_C$$

Đây là phương trình vi phân đối với v_C , khi RC rất lớn sẽ có nghiệm gần đúng:

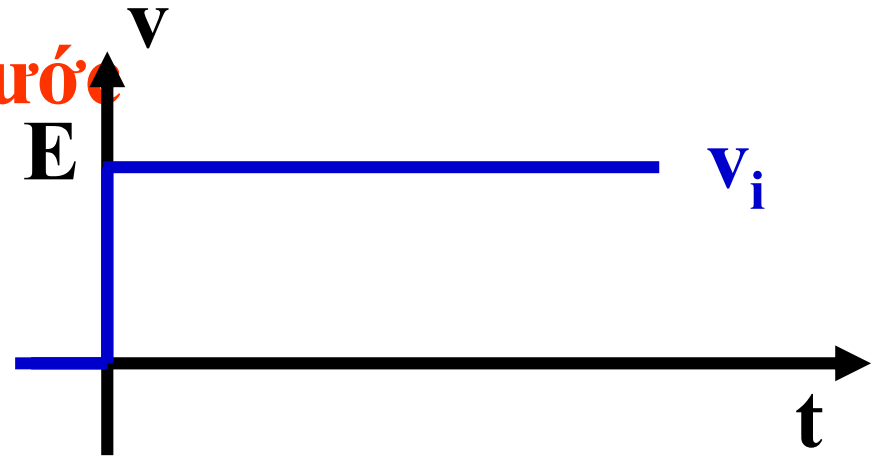
$$v_C(t) = \frac{1}{\tau} \int v_i dt$$

$\tau = RC$: thời hằng

* Đáp ứng của mạch lọc thông cao

a. Ngõ vào là điện áp bước

$$v_i = \begin{cases} - 0 & \text{khi } t < 0 \\ - E & \text{khi } t \geq 0 \end{cases}$$



Điện áp ra sẽ có dạng:

$$v_o = v_R = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

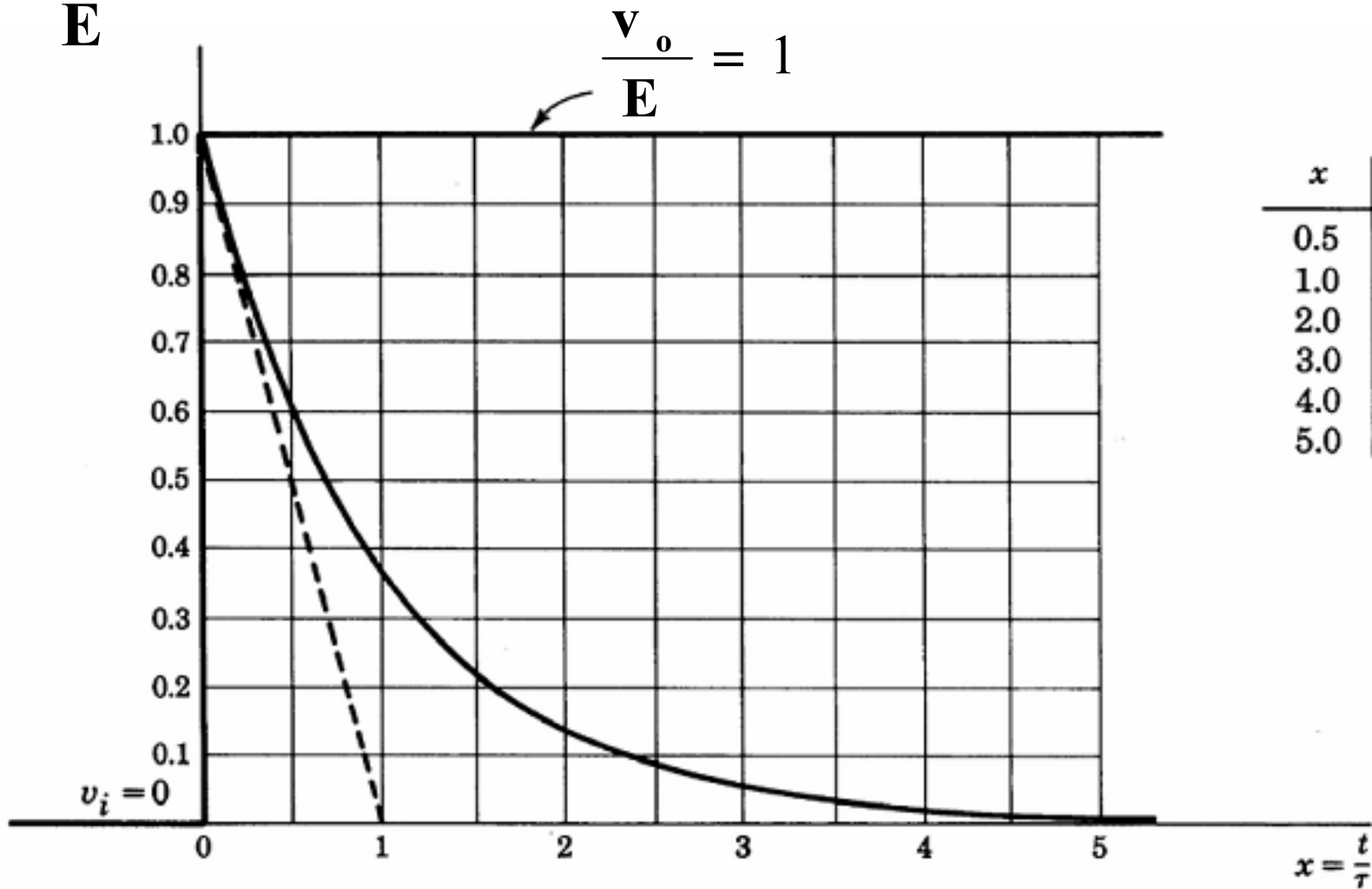
Với: $\tau = RC$

Sau khoảng thời gian 3τ được gọi là thời gian quá độ: ngõ ra đạt khoảng 95% giá trị cuối cùng.

Tần số cắt thấp:

$$f_1 = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$\frac{v_o}{E} = e^{-\frac{t}{\tau}} = e^{-x}$$



Đáp ứng điện áp bước của mạch RC thông cao

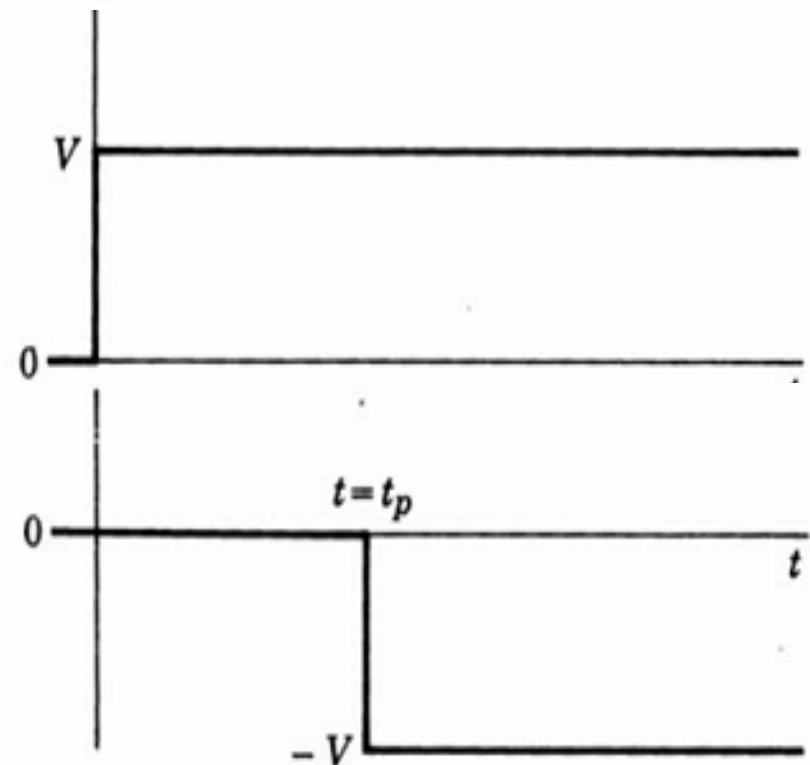
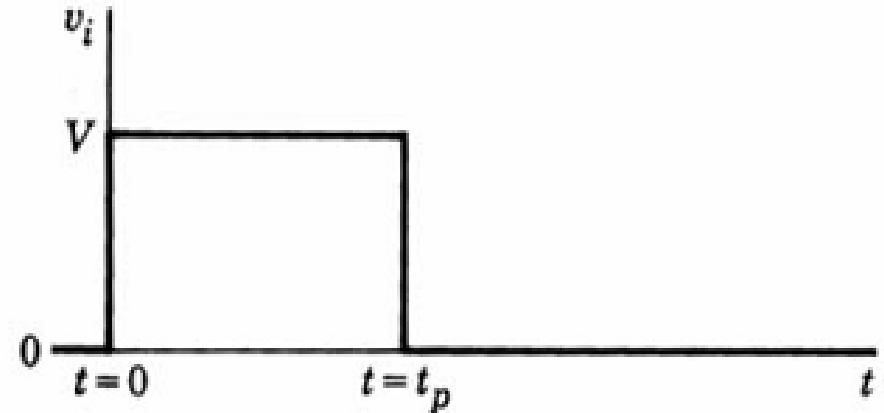
b. Ngõ vào là xung vuông

$$v_i = \begin{cases} 0 & \text{khi } t < 0, t > t_p \\ -V & \text{khi } 0 \leq t \leq t_p \end{cases}$$

Với t_p : độ rộng xung

Có thể phân tích v_i thành tổng của 2 điện áp bước:

- Một điện áp là $+V$ tại $t = 0$.
- Một điện áp là $-V$ tại $t = t_p$.



Ta có thể phân tích đáp ứng của ngõ ra theo 2 khoảng thời gian:

*** $0 \leq t \leq t_p$:**

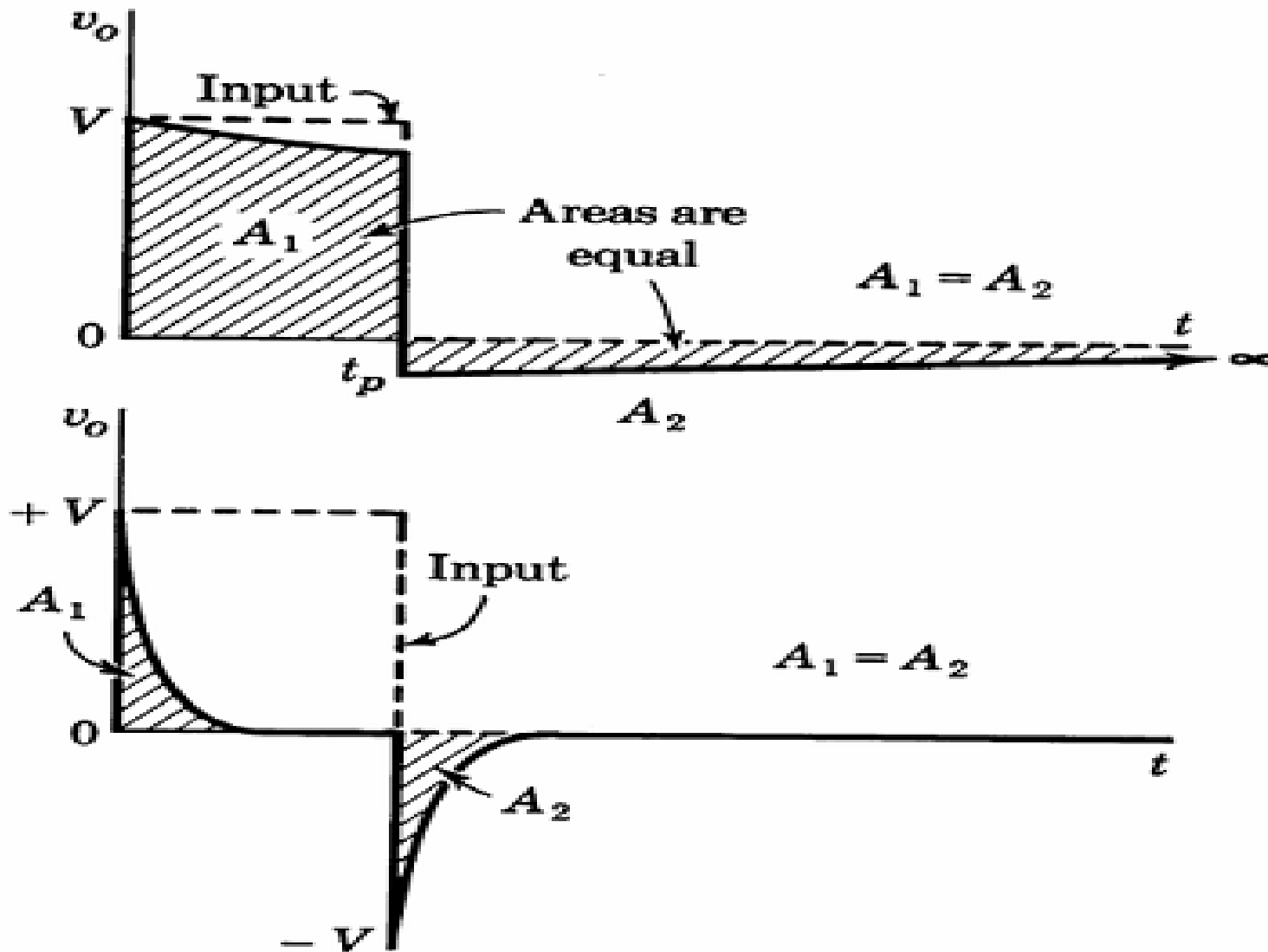
Ngõ ra chỉ có tác động của một điện áp bước với biên độ $+V$.

$$v_o = V \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

* $t > t_p$:

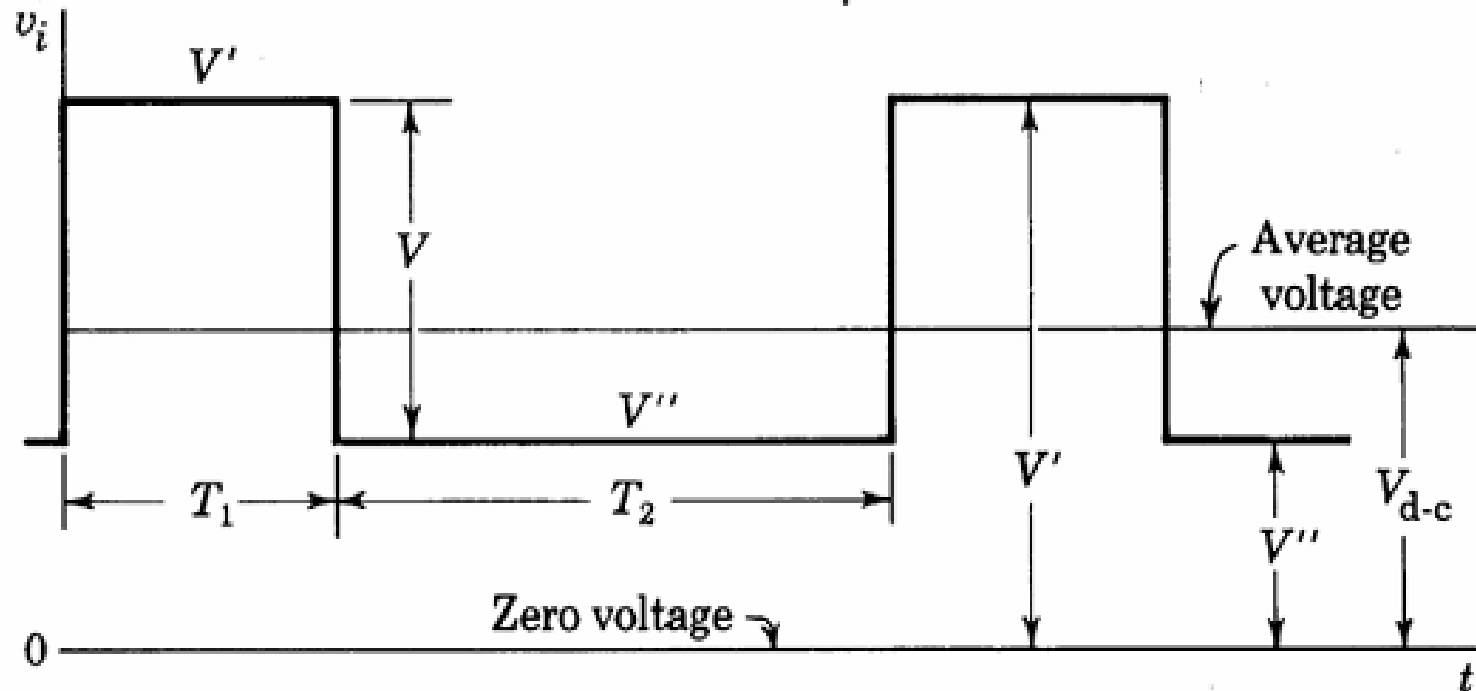
**Ngõ ra sẽ là tổng đáp ứng của 2 điện áp bước:
+V và -V**

$$v_o = V \cdot e^{-\frac{t_p}{\tau}} - V \cdot e^{-\frac{t-t_p}{\tau}} = V \left(e^{-\frac{t_p}{\tau}} - 1 \right) \cdot e^{-\frac{t-t_p}{\tau}}$$



Đáp ứng xung vuông của mạch RC thông cao

c. Ngõ vào là chuỗi xung vuông (sóng vuông)

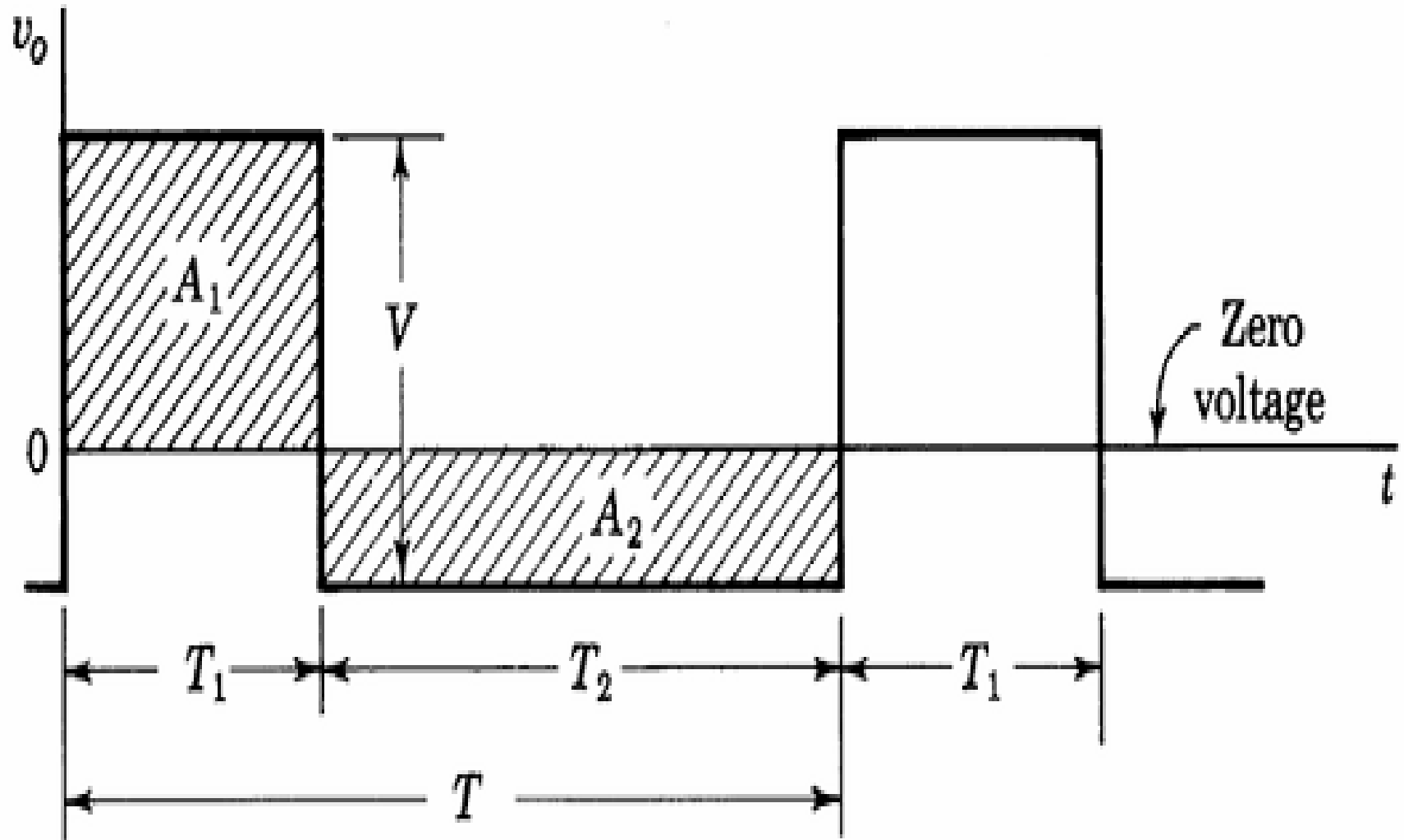


Có thể xem v_i là một dạng sóng tuần hoàn với chu kỳ:

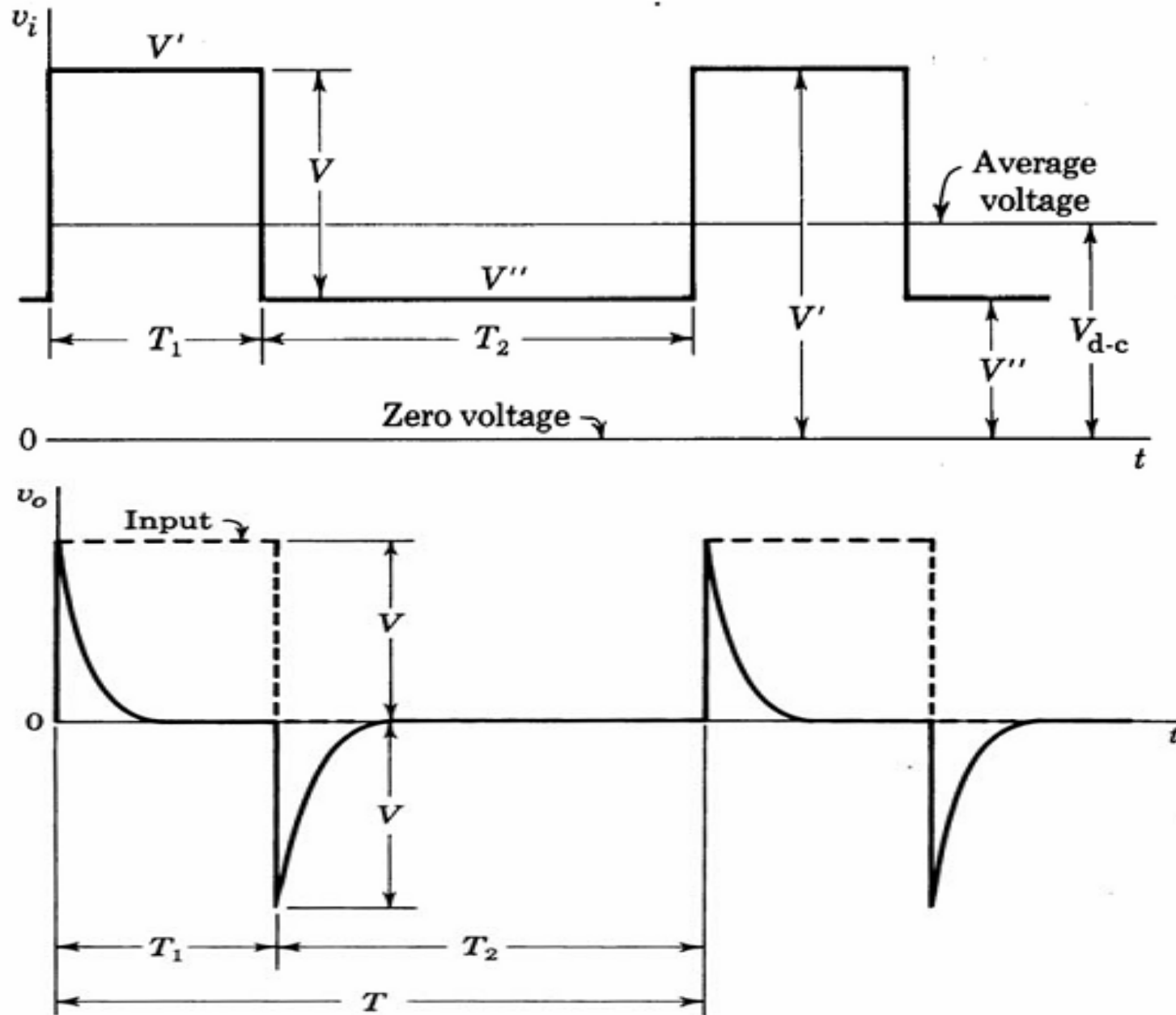
$$T = T_1 + T_2$$

Dạng sóng ở ngõ ra có các tính chất sau:

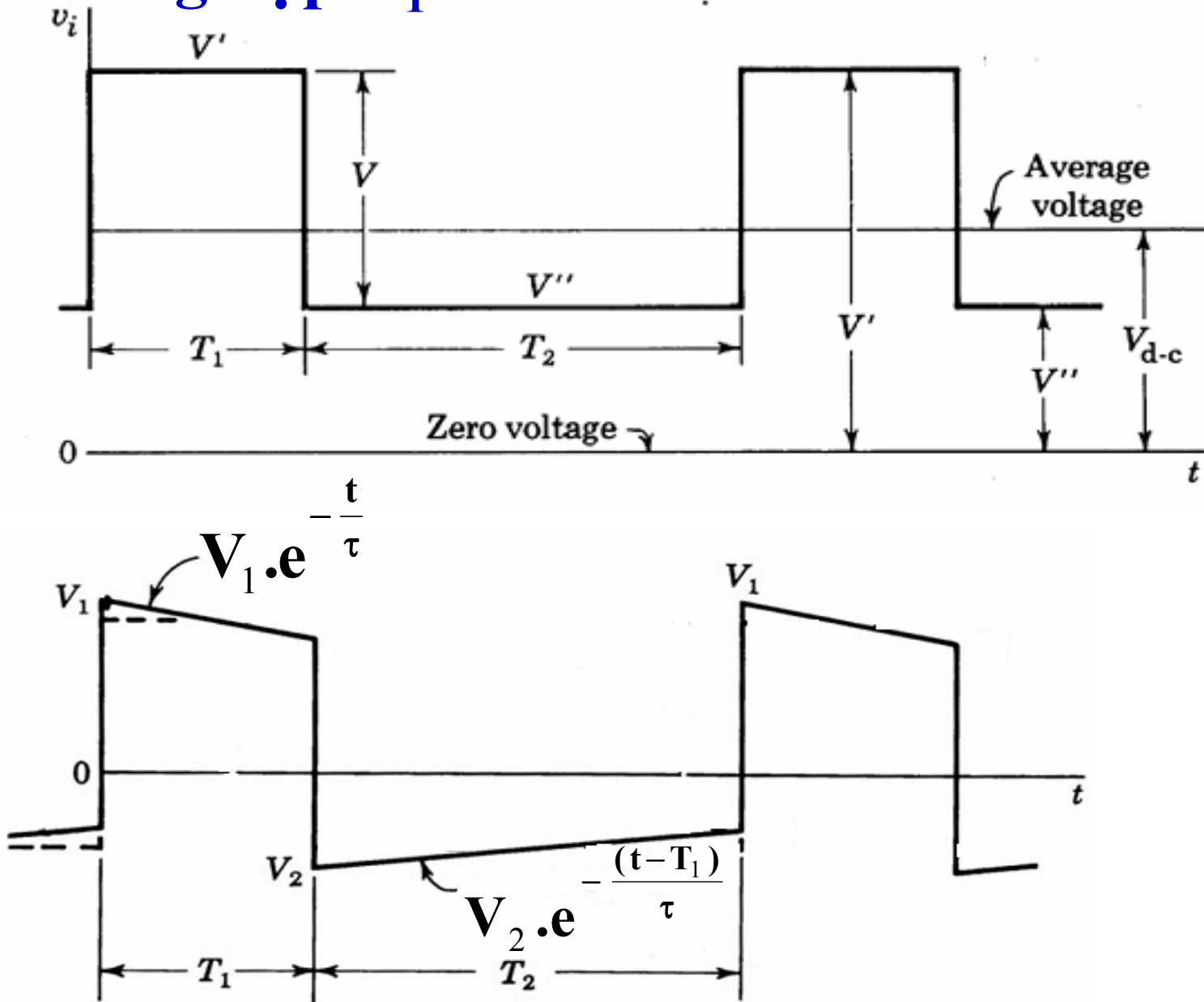
- **Mức DC của tín hiệu ra luôn bằng 0 và bao gồm 2 phần dương và âm có điện tích bằng nhau.**
- **Khi có một biến đổi điện áp là V ở ngõ vào thì ngõ ra cũng biến đổi một lượng V và cùng hướng với ngõ vào.**
- **Trong một khoảng thời gian xác định bất kỳ, nếu ngõ vào là 1 hằng số, ngõ ra sẽ luôn suy giảm về không theo hàm mũ.**



* Trường hợp $T_1 \gg \tau$



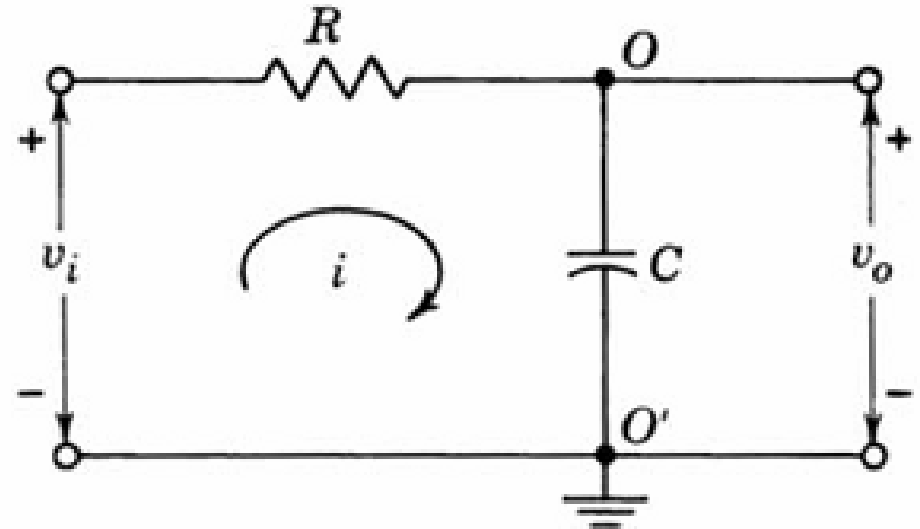
* Trường hợp $T_1 \ll \tau$



* Đáp ứng của mạch lọc thông thấp

a. Ngõ vào là điện áp b

$$v_i = \begin{cases} 0 & \text{khi } t < 0 \\ E & \text{khi } t \geq 0 \end{cases}$$



Điện áp ra sẽ có dạng:

$$v_o = v_C = E \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

Với: $\tau = RC$

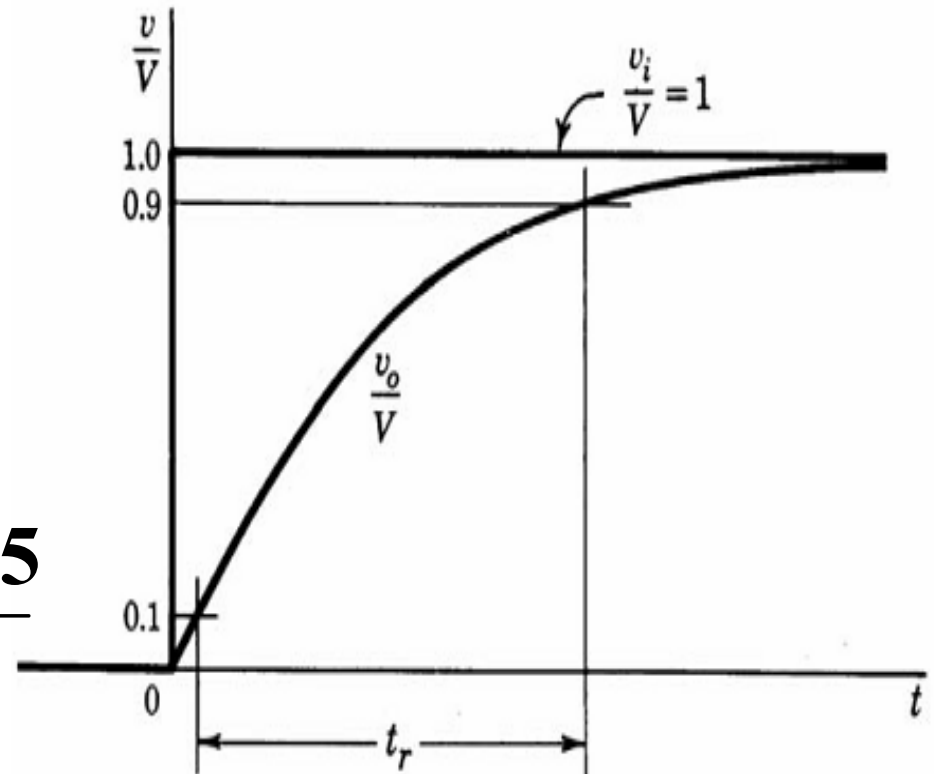
Thời gian lên t_r :

khoảng thời gian mà điện áp ra đạt 90% giá trị cuối cùng.

$$t_r = 2.2 \tau = 2.2 RC = \frac{2.2}{2\pi f_2} = \frac{0.35}{f_2}$$

Tần số cắt cao:

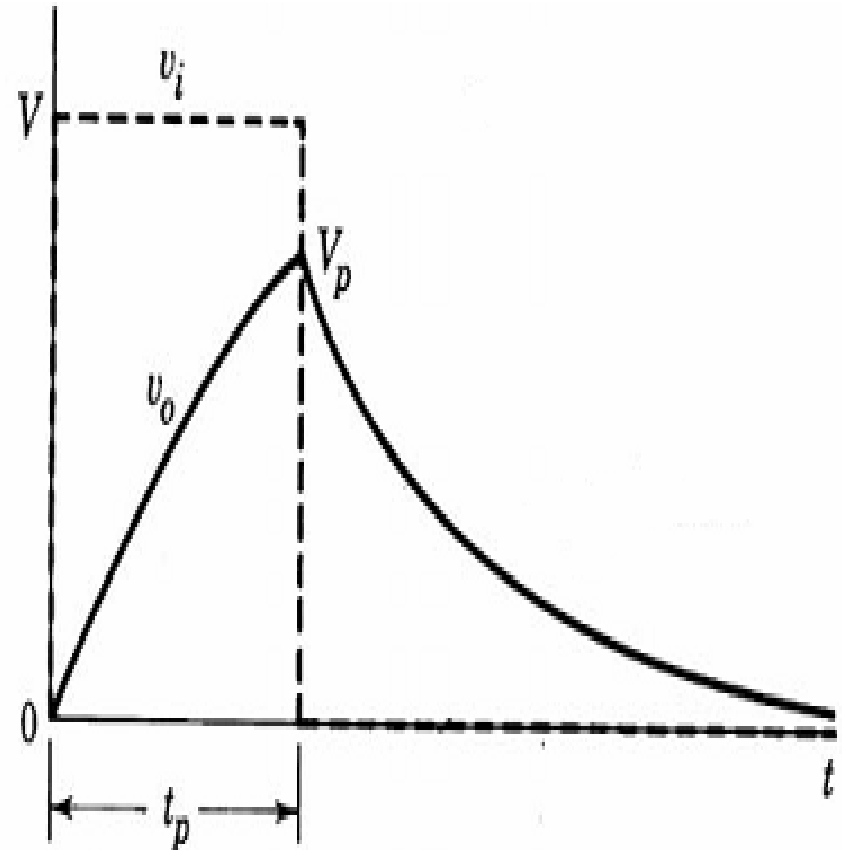
$$f_2 = \frac{1}{2\pi RC}$$



b. Ngõ vào là xung vuông:

Đáp ứng ở ngõ ra:

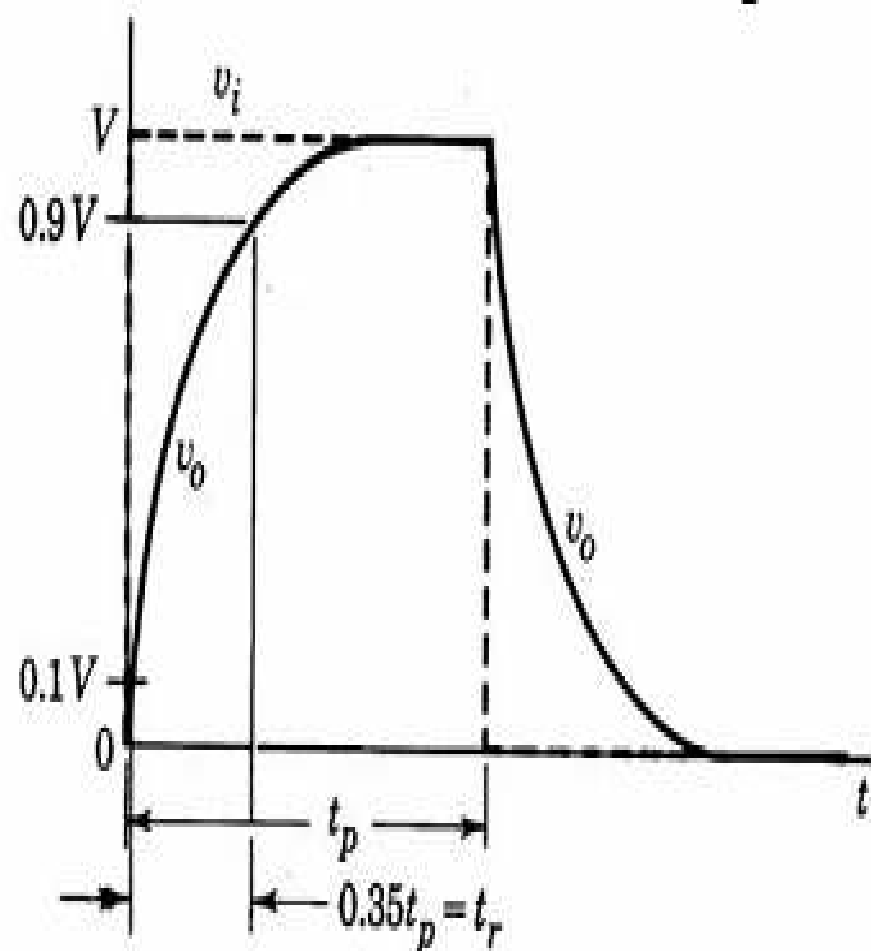
- Ở thời điểm nhỏ hơn độ rộng xung thì mạch giống với trường hợp ngõ vào là điện áp bước.
- Sau khi đạt giá trị là V_p , ngõ ra sẽ giảm dần về giá trị 0.



Để giảm tối thiểu sự méo dạng ở ngõ ra:

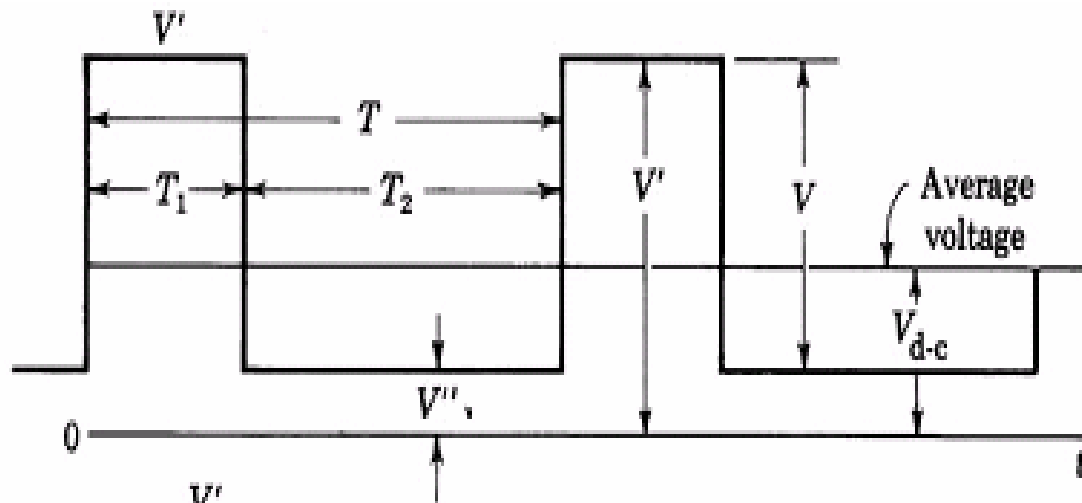
- Chọn thời gian lên phải đủ nhỏ khi so sánh với độ rộng xung.

**- Chọn $f_2 = 1 / t_p$
 $\Rightarrow t_r = 0.35 t_p$.**

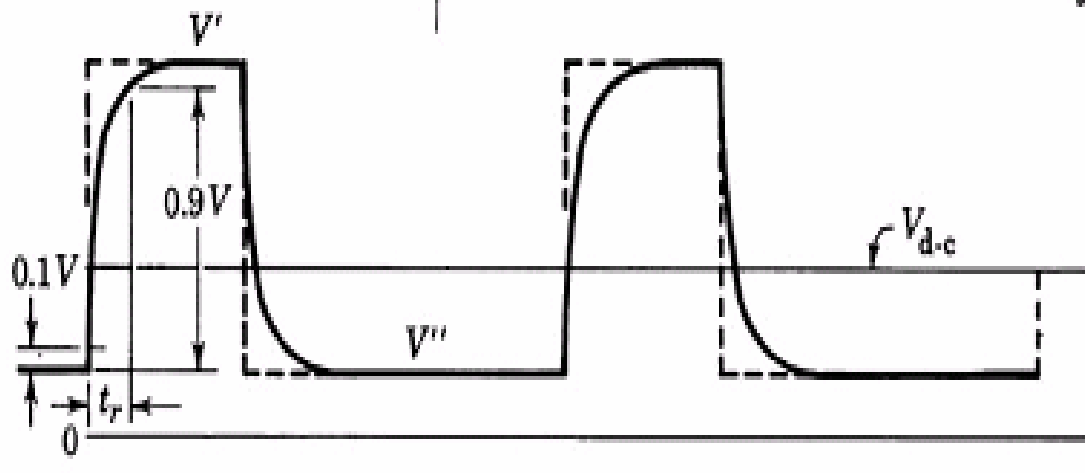


c. Ngõ vào là chuỗi xung vuông (sóng vuông):

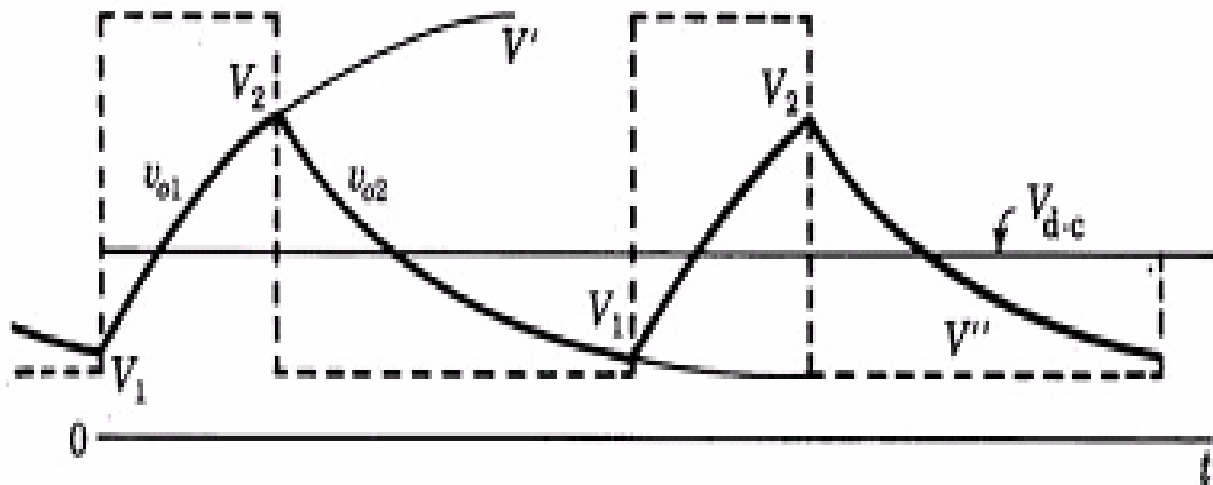
Dạng sóng ở ngõ ra sẽ phụ thuộc vào giá trị của τ và độ rộng xung t_p .



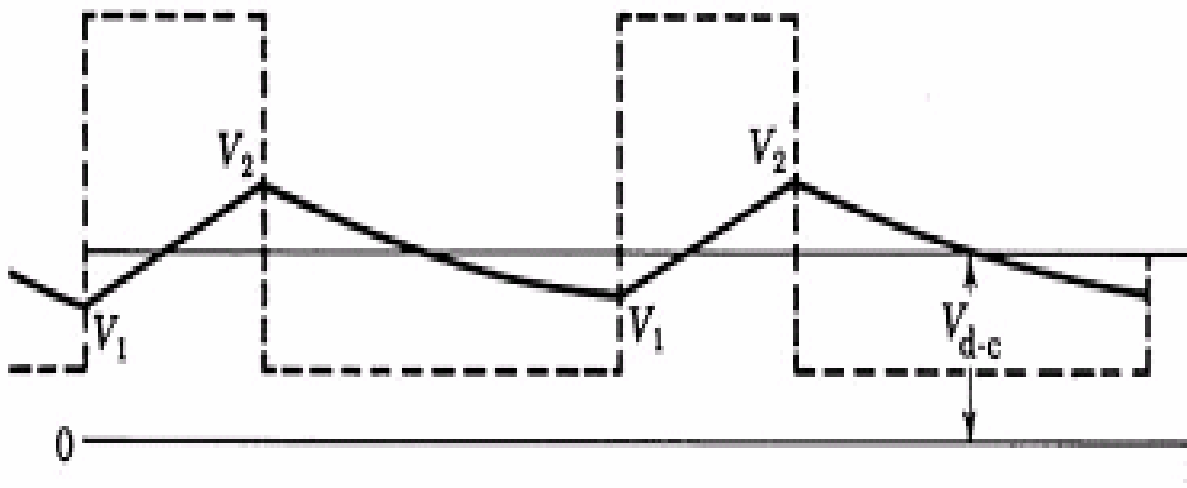
(a) Sóng ngõ vào



(b) τ nhỏ nhất



(c) τ bình thường



(d) τ lớn nhất

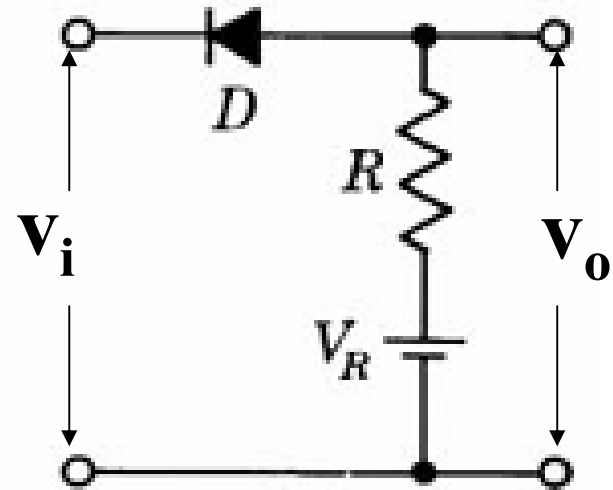
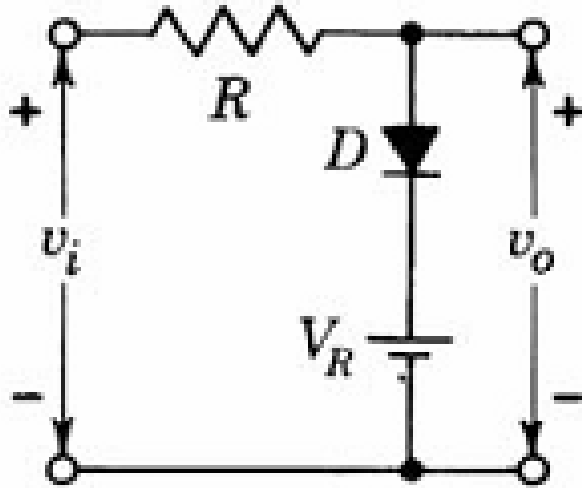
II. MẠCH XÉN

- Mạch xén còn gọi là mạch giới hạn biên độ tín hiệu.
- Tín hiệu ra v_o luôn tỉ lệ với tín hiệu vào v_i khi v_i chưa vượt quá một giá trị ngưỡng cho trước V_R . Ngược lại, nếu vượt quá ngưỡng v_o luôn giữ giá trị không đổi.
- Các linh kiện tích cực được sử dụng trong mạch xén thường là diode, transistor, đèn điện tử...

Mạch xén dùng diode

- Tùy theo cách mắc diode nối tiếp hay song song với tải, người ta phân biệt thành mạch *xén nối tiếp* hay *xén song song*.
- Cũng có thể phân loại theo chức năng: *xén ở mức trên* hay *xén ở mức dưới*.

* Mạch xén ở mức trên

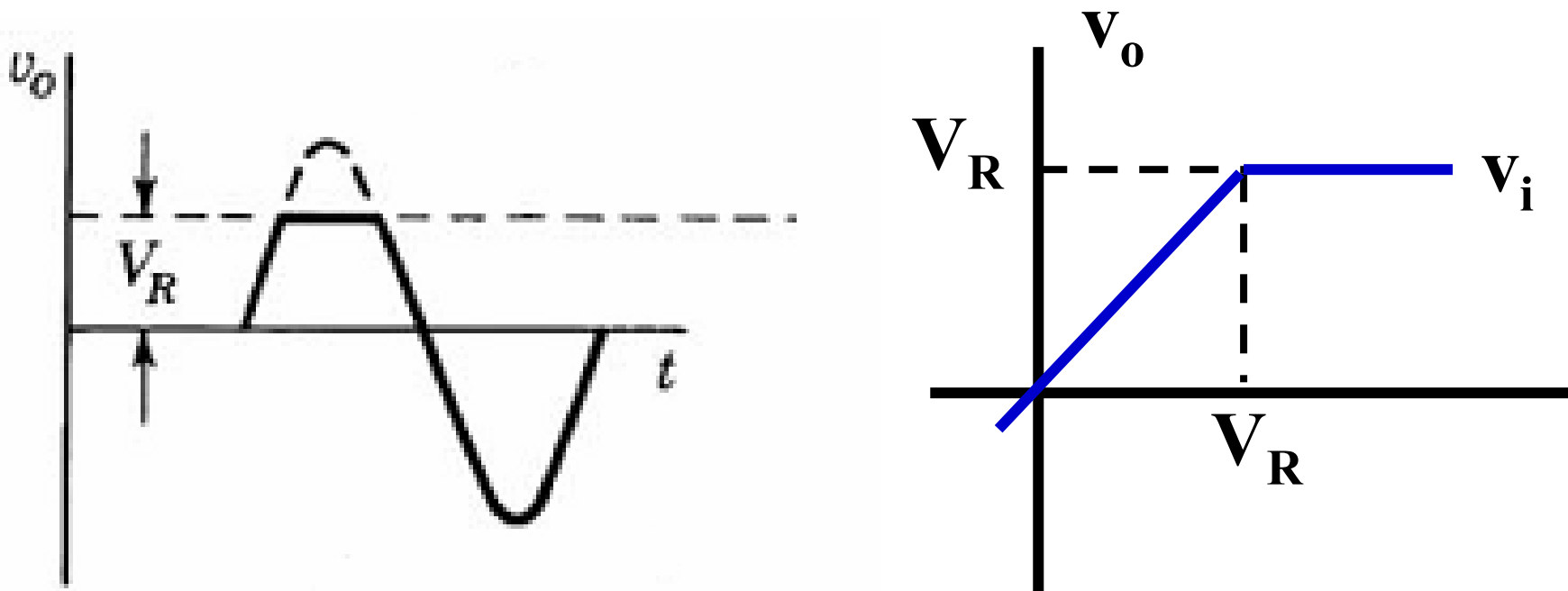


Xét hoạt động của mạch xén song song trên:

- Khi $v_i < V_R$: diode tắt $\Rightarrow v_o = v_i$.
- Ngược lại, diode dẫn $\Rightarrow v_o = V_R$.

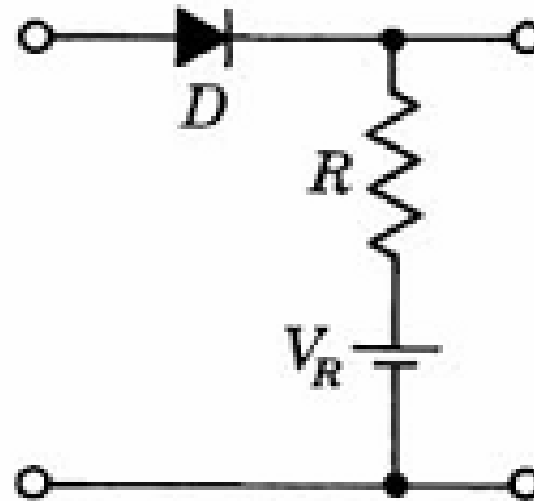
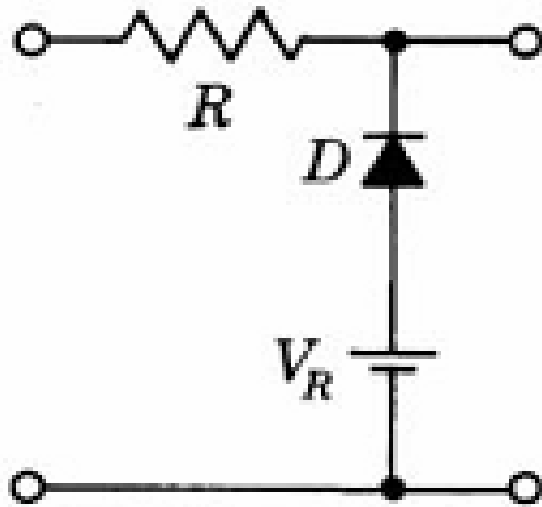
(Xem diode lý tưởng: $V_\gamma = 0$)

Đối với mạch xén nối tiếp cũng thực hiện chức năng xén trên nhưng hoạt động khác với mạch xén song song.

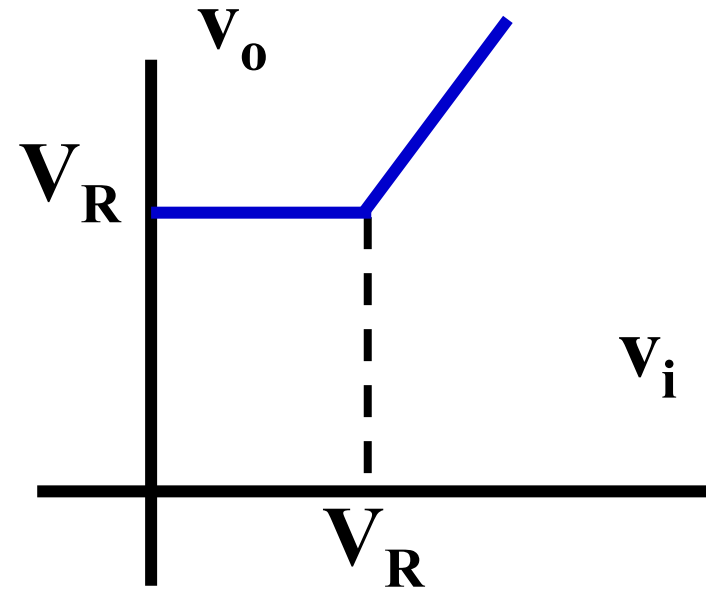
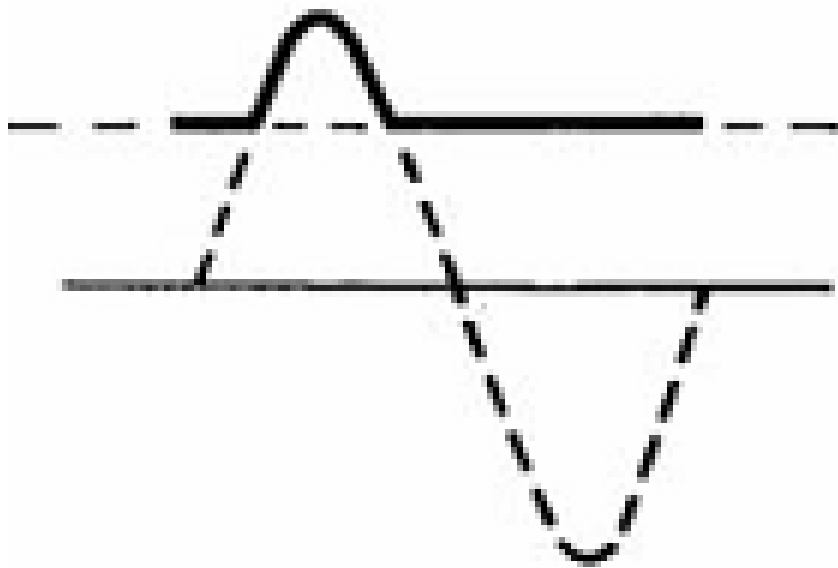


Dạng sóng ở ngõ ra và đặc tuyến truyền đạt của mạch

* Mạch xén ở mức dưới



Hoạt động của 2 mạch xén này được giải thích một cách tương tự.



*Dạng sóng ở ngõ ra và đặc tuyến truyền đạt
của mạch xén dưới*

Chương 7

HỆ THỐNG SỐ CƠ BẢN

I. BIỂU DIỄN SỐ:

Một số trong hệ thống số được tạo ra từ một hay nhiều *ký số (digit)*, có thể bao gồm 2 phần: phần nguyên và phần lẻ, được phân cách nhau bằng dấu chấm *cơ số (radix)*.

Trọng số (Weight) của mỗi ký số phụ thuộc vào vị trí của ký số đó.

$$\text{Trọng số} = \text{Cơ số}^{\text{Vị trí}}$$

Vị trí của ký số được đánh thứ tự từ 0 cho ký số hàng đơn vị, thứ tự này được tăng lên 1 cho ký số bên trái và giảm đi 1 cho ký số bên phải.

Giá trị của số được tính bằng tổng của các tích ký số với trọng số.

$$\text{Giá trị} = \sum \text{Ký số} \cdot \text{Trọng số}$$

Ký số ở tận cùng bên trái được gọi là ký số có trọng số lớn nhất (***Most Significant Digit – MSD***), ký số ở tận cùng bên phải được gọi là ký số có trọng số nhỏ nhất (***Least Significant Digit – LSD***).

HỆ THỐNG SỐ THẬP PHÂN (DECIMAL - DEC)

Hệ thập phân có cơ số là 10, sử dụng 10 ký số là 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9.

Ví dụ:

	2	1	0	.	-1	-2	-3
	2	4	7	.	6	2	5
	10^2	10^1	10^0	.	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}

Giá trị :

$$2 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 7 \times 10^0 + 6 \times 10^{-1} + 2 \times 10^{-2} + 5 \times 10^{-3} = \underline{\underline{247.625}}$$

Để phân biệt số thập phân với số của các hệ thống số khác, ta thêm ký hiệu D (decimal) hoặc 10 ở dạng chỉ số dưới vào đằng sau.

HỆ THỐNG SỐ NHỊ PHÂN (BINARY-BIN)

Hệ nhị phân có cơ số là 2, sử dụng 2 ký số là 0 và 1.

Nguyên tắc tạo ra số nhị phân, cách tính trọng số và giá trị của số nhị phân tương tự với cách đã thực hiện đối với số thập phân.

Số nhị phân được ký hiệu bởi ký tự B (binary) hoặc số 2 ở dạng chỉ số dưới.

Mỗi ký số trong hệ nhị phân được gọi là 1 bit (binary digit).

Bit nằm tận cùng bên trái được gọi là bit có trọng số lớn nhất (Most Significant Bit –MSB).

Bit nằm tận cùng bên phải được gọi là bit có trọng số nhỏ nhất (Least Significant Bit –LSB).

Số nhị phân được dùng để biểu diễn các tín hiệu trong mạch số.

	2	1	0	.	-1	-2	-3
Ví dụ:	1	0	1	.	0	1	1
	2^2	2^1	2^0	.	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}

Giá trị : $1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = \underline{\underline{5.375}}$

HỆ THỐNG THẬP LỤC PHẦN (HEX)

Cơ số là 16. Biểu diễn bởi 16 ký tự 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F.

Hexadecimal	Decimal	Binary
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111

Hexadecimal	Decimal	Binary
8	8	1000
9	9	1001
A	10	1010
B	11	1011
C	12	1100
D	13	1101
E	14	1110
F	15	1111

II. CHUYỂN ĐỔI CƠ SỐ:

a. Chuyển từ các hệ thống số khác sang hệ thập phân

Bằng cách tính giá trị của số cần chuyển đổi

Ví dụ: Đổi số 1001.01B sang hệ thập phân

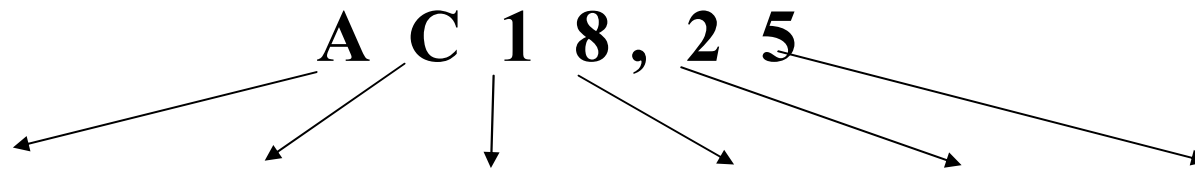
$$\begin{array}{cccccc} & 3 & 2 & 1 & 0 & -1 & -2 \\ & 1 & 0 & 0 & 1 & , & 0 & 1 \\ \swarrow & & \swarrow & \downarrow & \swarrow & & \swarrow & \searrow \\ 1 \times 2^3 & + & 0 \times 2^2 & + & 0 \times 2^1 & + & 1 \times 2^0 & + & 0 \times 2^{-1} & + & 1 \times 2^{-2} \end{array}$$

Kết quả:

$$1001,01B = 9.25D$$

Ví dụ: Đổi số AC18.25H sang hệ thập phân

3 2 1 0 -1 -2



$$10 \times 16^3 + 12 \times 16^2 + 1 \times 16^1 + 8 \times 16^0 + 2 \times 16^{-1} + 5 \times 16^{-2}$$

Kết quả:

$$AC18.25H = 44056.28125D$$

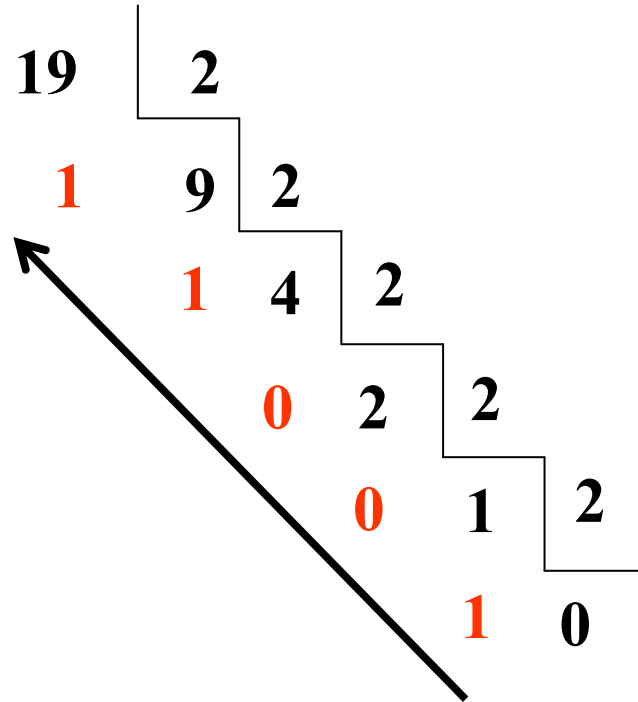
b. Chuyển từ hệ thập phân sang các hệ thống số với cơ số r

+ ***Phần nguyên***: chia liên tiếp cho r đến khi có kết quả của phép chia là 0 rồi lấy các số dư theo thứ tự từ dưới lên.

+ ***Phần lẻ***: nhân liên tiếp với r , sau mỗi lần nhân lấy đi số phần nguyên, tiếp tục cho đến khi kết quả là 0 hoặc đến khi đạt độ chính xác cần thiết. Kết quả là lấy các số nguyên đi theo thứ tự từ trên xuống.

Ví dụ : đổi số 19.8125D sang hệ nhị phân

Phần nguyên



Phần lẻ

$0,8125 \times 2$	$= 1,625$	\rightarrow lấy bit 1
$0,625 \times 2$	$= 1,25$	\rightarrow lấy bit 1
$0,25 \times 2$	$= 0,5$	\rightarrow lấy bit 0
$0,5 \times 2$	$= 1,0$	\rightarrow lấy bit 1

Kết quả:

19.8125 D = 10011.1101 B

Ví dụ : đổi số 1480.4296875D sang hệ thập lục phân

$$1480 : 16 = 92 \text{ dư } 8 \text{ (LSD)}$$

$$92 : 16 = 5 \text{ dư } 12$$

$$5 : 16 = 0 \text{ dư } 5$$

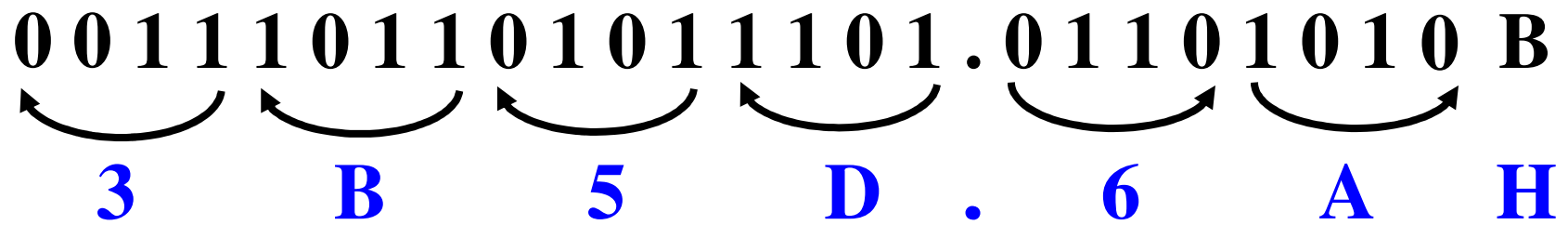
5 C 8 .6 E H

$$0.4296875 \times 16 = 6.875 \text{ phần nguyên } 6$$

$$0.875 \times 16 = 14.0 \text{ phần nguyên } 14$$

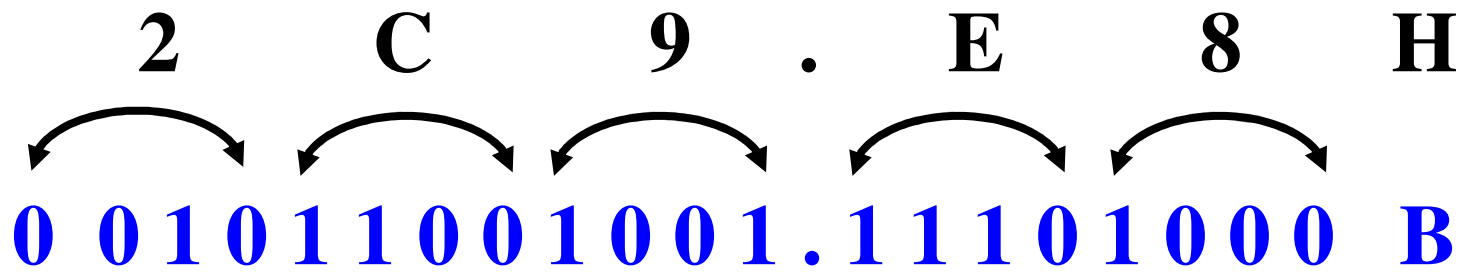
c. Từ nhị phân sang thập lục phân:

Nhóm 4 bit nhị phân thành 1 số thập lục phân



d. Từ thập lục phân sang nhị phân :

Mỗi ký số thập lục phân tương ứng với 4 bit nhị phân.



III. SỐ NHỊ PHÂN:

a. Một số tính chất của số nhị phân

- Số nhị phân n bit có tầm giá trị từ $0 \div 2^n - 1$.
- Số nhị phân chẵn (chia hết cho 2) có **LSB = 0**.
- Số nhị phân lẻ (không chia hết cho 2) có **LSB = 1**.
- Bit còn được dùng làm đơn vị đo lường thông tin.
- Các bội số của bit là:
 - 1 byte = 8 bit
 - 1 KB = 2^{10} byte = 1024 byte
 - 1MB = 2^{10} KB
 - 1GB = 2^{10} MB
 - 1TB = 2^{10} GB

b. Các phép toán số học trên số nhị phân

a. Phép cộng:

0	+	0	=	0
0	+	1	=	1
1	+	0	=	1
1	+	1	=	0 nhớ 1

$$\begin{array}{r} \\ \\ + \\ \\ \hline 1 \end{array}$$

b. Phép trừ:

0	-	0	=	0
0	-	1	=	1 mượn 1
1	-	0	=	1
1	-	1	=	0

$$\begin{array}{r} \\ \\ - \\ \\ \\ \hline 1 \end{array}$$

c. Mã nhị phân

Mã nhị phân cho số thập phân (BCD)

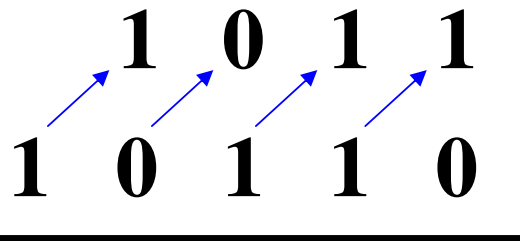
Số thập phân	BCD (8 4 2 1)	BCD (2 4 2 1)	BCD quá 3	Mã 1 trong 10
0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 1 1	0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 1 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
2	0 0 1 0	0 0 1 0	0 1 0 1	0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
3	0 0 1 1	0 0 1 1	0 1 1 0	0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
4	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 1 1	0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
5	0 1 0 1	1 0 1 1	1 0 0 0	0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
6	0 1 1 0	1 1 0 0	1 0 0 1	0 0 0 1 0 0 0 0 0 0
7	0 1 1 1	1 1 0 1	1 0 1 0	0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
8	1 0 0 0	1 1 1 0	1 0 1 1	0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
9	1 0 0 1	1 1 1 1	1 1 0 0	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Mã Gray

Mã Gray là loại mã không có trọng số, được tạo ra từ mã nhị phân theo nguyên tắc sau:

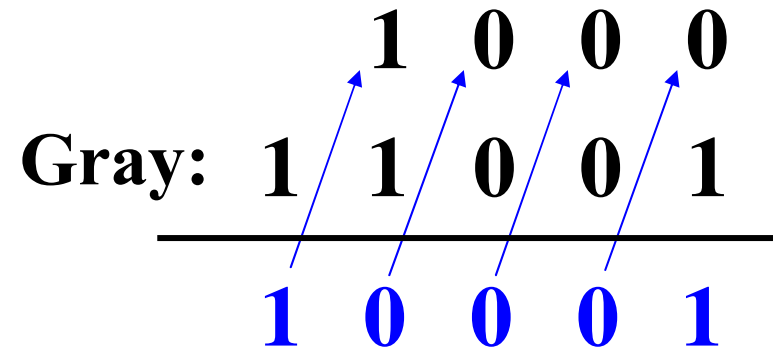
- MSB của số mã Gray và mã nhị phân là giống nhau.**
- Cộng MSB của số nhị phân vào bit bên phải và ghi tổng (bỏ qua số nhớ).**
- Tiếp tục như vậy cho đến LSB.**
- Số mã Gray luôn cùng bit với số nhị phân.**

Đổi từ Binary sang Gray



Gray: 1 1 1 0 1

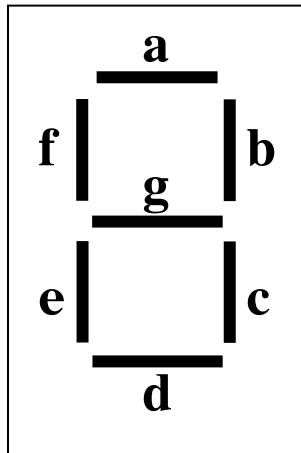
Đổi từ Gray sang Binary



Nhận xét: Có thể tạo ra mã Gray từ mã nhị phân theo cách sau: tính từ bên trái, bit đi sau bit 0 (của số nhị phân) được giữ nguyên, bit đi sau bit 1 thì bị đảo.

	(MSB)							(LSB)
Nhị phân	0	1	1	1	0	0	1	
Mã Gray	0	1	0	0	1	0	1	

d. Mã led 7 đoạn



Giá trị	a	b	c	d	e	f	g
0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	1	0	0	0	0
2	1	1	0	1	1	0	1
3	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	1	0	0	1	1
5	1	0	1	1	0	1	1
6	1	0	1	1	1	1	1
7	1	1	1	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	0	1	1

e. Mã 1 trong n:

Là mã nhị phân n bit, mỗi từ mã chỉ có 1 bit là 1 (hoặc 0) và n-1 bit còn lại là 0 (hoặc 1)

Mã 1 trong 3: 0 0 1 1 1 0
 0 1 0 *Hoặc* 1 0 1
 1 0 0 0 1 1

f. Mã ký tự ASCII:

		(Cột) $b_6 b_5 b_4$							
(Hàng)		0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1
$b_3 b_2 b_1 b_0$	Hex	0	1	2	3	4	5	6	7
0 0 0 0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0 0 0 1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0 0 1 0	2	STX	DC2	”	2	B	R	b	r
0 0 1 1	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0 1 0 0	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0 1 0 1	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0 1 1 0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0 1 1 1	7	BEL	ETB	,	7	G	W	g	w
1 0 0 0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1 0 0 1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1 0 1 0	A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1 0 1 1	B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1 1 0 0	C	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1 1 0 1	D	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1 1 1 0	E	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1 1 1 1	F	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

IV. BIỂU DIỄN SỐ NHỊ PHÂN CÓ DẤU:

1. Biểu diễn số có dấu:

a. Số có dấu theo biên độ (Signed Magnitude):

- Bit MSB là bit dấu: 0 là số dương và 1 là số âm, các bit còn lại biểu diễn giá trị độ lớn.

+ 13 : **0 1 1 0 1**

- 13 : **1 1 1 0 1**

- Tầm biểu diễn:

$$\boxed{- (2^{n-1} - 1) \div + (2^{n-1} - 1)}$$

b. Biểu diễn số có dấu theo số bù 1 (1's Complement)

Số bù 1: bù 1 của số nhị phân N có chiều dài n bit:

$$\text{Bù}_1(N) = 2^n - 1 - N$$

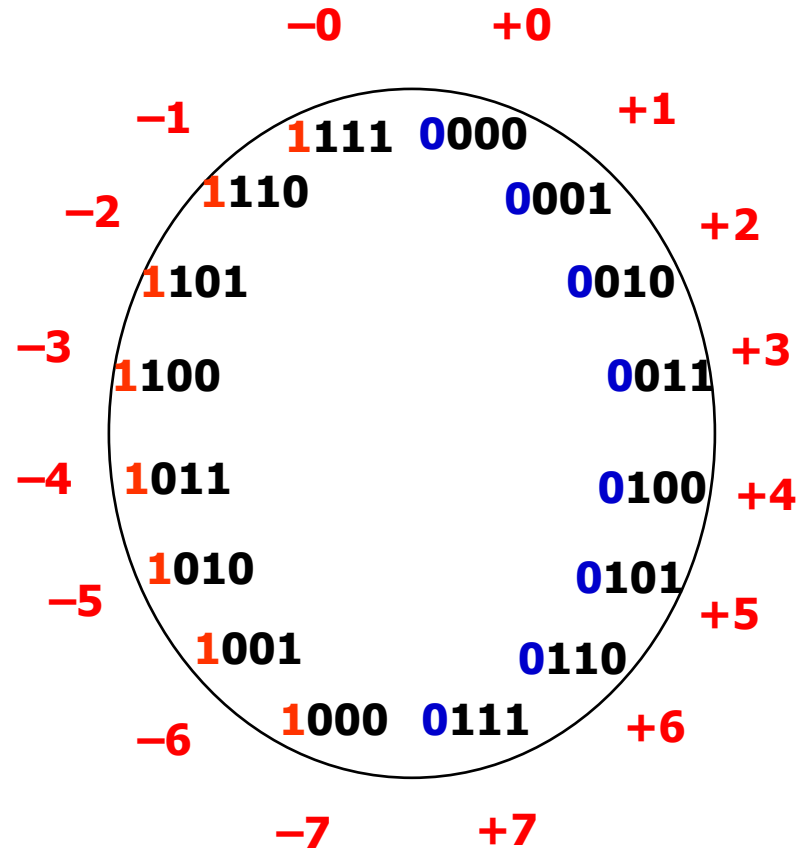
$$\begin{aligned}\text{Bù}_1(1001) &= 2^4 - 1 - 1001 \\ &= 1111 - 1001 \\ &= 0110\end{aligned}$$

Có thể lấy bù 1 của số nhị phân bằng cách đảo từng bit của nó (0 thành 1 và 1 thành 0).

Biểu diễn theo số bù 1

- MSB là bit dấu: 0 biểu diễn cho số dương và 1 biểu diễn cho số âm.
- Các bit còn lại: nếu là số dương thì biểu diễn bằng độ lớn tương ứng, nếu là số âm thì biểu diễn bởi số bù 1 của số dương tương ứng.
- Số 0 có 2 cách biểu diễn.
- Tầm biểu diễn:

$$-(2^{n-1} - 1) \div + (2^{n-1} - 1)$$



c. Biểu diễn số có dấu theo số bù 2 (2's Complement)

Số bù 2: bù 2 của số nhị phân N có n bit được tính

$$\mathbf{B\grave{u}_2(N) = 2^n - N = B\grave{u}_1(N) + 1}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{B\grave{u}_2(1\ 0\ 0\ 1)} &= \mathbf{2^4 - 1\ 0\ 0\ 1} \\ &= \mathbf{1\ 0\ 0\ 0\ 0 - 1\ 0\ 0\ 1} \\ &= \mathbf{0\ 1\ 1\ 1} \end{aligned}$$

Hoặc

$$\begin{aligned} \mathbf{B\grave{u}_2(1\ 0\ 0\ 1)} &= \mathbf{B\grave{u}_1(1\ 0\ 0\ 1) + 1} \\ &= \mathbf{0\ 1\ 1\ 0 + 1} \\ &= \mathbf{0\ 1\ 1\ 1} \end{aligned}$$

Biểu diễn theo số bù 2

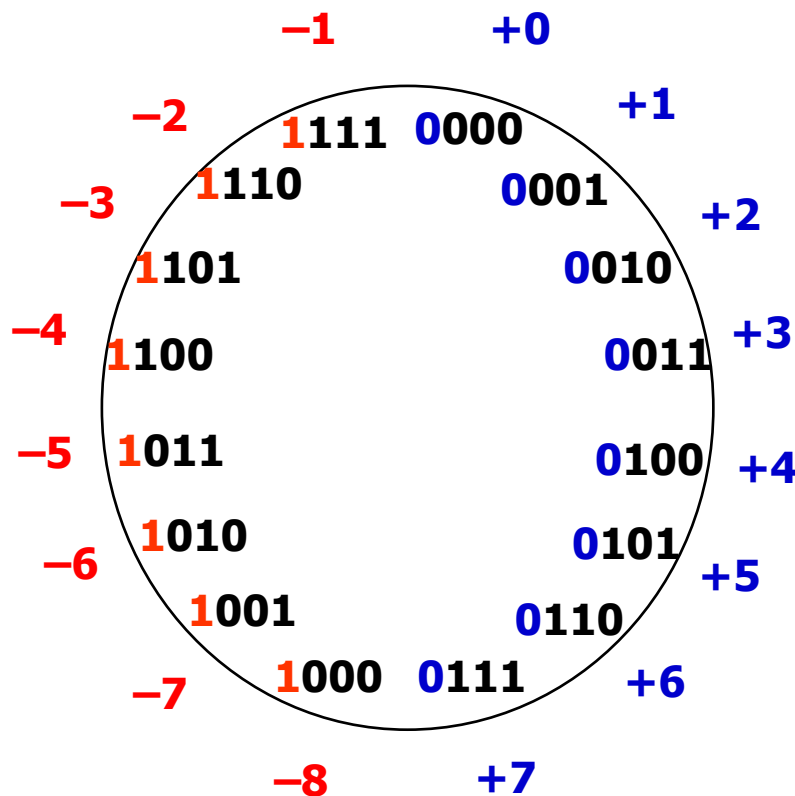
MSB là bit dấu: 0 biểu diễn cho số dương và 1 biểu diễn cho số âm.

- Các bit còn lại: nếu là số dương thì biểu diễn bằng độ lớn tương ứng, nếu là số âm thì biểu diễn bởi số bù 2 của số dương tương ứng.

- Số 0 có 1 cách biểu diễn.

- Tầm biểu diễn:

$$-(2^{n-1}) \div +(2^{n-1} - 1)$$



- Để tìm được giá trị của số âm ta lấy bù 2 tương ứng để có được độ lớn.

Số âm 1 1 0 0 0 1 có giá trị : ...-.15

Bù 2 (1 1 0 0 0 1) = 0 0 1 1 1 1 \Rightarrow Độ lớn: 15

- Mở rộng chiều dài bit của số có dấu: thêm vào phía trước các bit 0 nếu là số dương và các bit 1 nếu là số âm.

$$-3 : 101 = 11101$$

- Lấy bù_2 hai lần của 1 số thì bằng chính số đó.

- Giá trị -1 được biểu diễn là 1 ... 11 (*n bit 1*)

- Giá trị -2^n được biểu diễn là 1 0 0 ... 0 0 (*n bit 0*)

$$-32 = -2^5 : 100000$$

2. Các phép toán cộng trừ số có dấu

- Thực hiện giống như số không dấu.
- Thực hiện trên toán hạng có cùng chiều dài bit, và kết quả cũng có cùng số bit.
- Kết quả đúng nếu nằm trong phạm vi biểu diễn số có dấu. Nếu kết quả sai thì cần mở rộng chiều dài bit.

$$\begin{array}{r} \begin{array}{r} -6 : 1010 \\ +3 : 0011 \\ \hline -3 : 1101 \end{array} \\ \begin{array}{r} +4 : 0100 \\ +5 : 0101 \\ \hline -7 : 1001 \end{array} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{---} \longrightarrow \\ \text{---} \longrightarrow \end{array} \quad \begin{array}{r} \begin{array}{r} -2 : 1110 \\ -5 : 1011 \\ \hline -7 : 1001 \end{array} \\ \begin{array}{r} 00100 \\ 00101 \\ \hline 01001 : +9 \end{array} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{(Kq sai)} \\ \text{(Kq đúng)} \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 -6 : 1010 \\
 -2 : 1110 \\
 \hline
 -4 : 1100
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 +2 : 0010 \\
 -5 : 1011 \\
 \hline
 +7 : 0111
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 -7 : 1001 \longrightarrow 11001 \\
 +5 : 0101 \longrightarrow 00101 \\
 \hline
 +4 : 0100 \text{ (Kq sai)} \qquad 10100 : -12 \text{ (Kq đúng)}
 \end{array}$$

** Thực hiện phép trừ bằng cách cộng với số bù 2:*

$$A - B = A + \text{Bù}_2(B)$$

** Trừ với số không có dấu*

$$\begin{array}{r}
 6 : 0110 \longrightarrow \\
 -13 : 1101 \xrightarrow{\text{bù}_2:} \\
 \hline
 -7 : \\
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 +0110 \\
 +0011 \\
 \hline
 1001
 \end{array}$$

** Trừ với số có dấu*

$$\begin{array}{r}
 -6 : 1010 \longrightarrow \\
 -3 : 1101 \xrightarrow{\text{bù}_2:} \\
 \hline
 -3 : \\
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 +1010 \\
 +0011 \\
 \hline
 1101
 \end{array}$$

V. CẤU TRÚC ĐẠI SỐ BOOLE

- Đại số Boole là đại số dùng để mô tả các hoạt động logic.
- Các biến Boole là các biến logic, chỉ mang giá trị 0 hoặc 1 (đôi khi gọi là True hoặc False).
- Hàm Boolean là hàm của các biến Boole, chỉ mang giá trị 0 hoặc 1.
- Đại số Boole gồm các phép toán cơ bản: Đảo (NOT), Giao hay Nhân (AND), Hợp hay Cộng (OR).

Các tiên đề của đại số Boole

1. Giao hoán

$$A + B = B + A$$

$$A * B = B * A$$

2. Phối hợp

$$A + (B + C) = (A + B) + C$$

$$A * (B * C) = (A * B) * C$$

3. Phân bố

$$A * (B + C) = A * B + A * C$$

$$A + (B * C) = (A + B) * (A + C)$$

4. \exists hai phần tử trung hòa được ký hiệu là 0 và 1

$$\mathbf{A + 0 = A}$$

$$\mathbf{A * 1 = A}$$

5. $\forall A \in X, \exists$ phần tử bù của A, được ký hiệu là \overline{A} :

$$\mathbf{A + \overline{A} = 1}$$

$$\mathbf{A * \overline{A} = 0}$$

Tập $(X, +, *, 0, 1, \text{NOT})$ thỏa 5 tiên đề sẽ hình thành nên cấu trúc đại số Boole.

VI. CÁC ĐỊNH LÝ

Định lý 1 (Định lý đối ngẫu)

Một mệnh đề được gọi là đối ngẫu với một mệnh đề khác khi ta thay thế:

$$0 \leftrightarrow 1; (+) \leftrightarrow (.)$$

Phát biểu định lý: khi một mệnh đề đúng thì mệnh đề đối ngẫu của nó cũng đúng.

Định lý DeMorgan

Bù của một tổng bằng tích các bù: $\overline{A+B+\dots} = \bar{A} * \bar{B} \dots$

Bù của một tích bằng tổng các bù: $\overline{A*B*\dots} = \bar{A} + \bar{B} + \dots$

Định lý 3: (luật phủ định của phủ định)

$$\overline{\overline{A}} = A$$

Định lý 4:

$$A + 1 = 1$$

$$A \cdot 0 = 0$$

Tổng quát:

$$A + B + C + \dots + 1 = 1$$

$$A \cdot B \cdot C \cdot \dots \cdot 0 = 0$$

Định lý 5: (luật đồng nhất)

$$A + A = A$$

$$A \cdot A = A$$

Tổng quát:

$$A + A + A + \dots + A = A$$

$$A \cdot A \cdot A \cdot \dots \cdot A = A$$

Định lý 6: (luật hấp thu hay luật nuốt)

$$\mathbf{A + (A \cdot B) = A}$$

$$\mathbf{A \cdot (A + B) = A}$$

Định lý 7: (luật dán)

$$\mathbf{A \cdot (\bar{A} + B) = A B}$$

$$\mathbf{A + \bar{A} \cdot B = A + B}$$

VII. CÁC PHƯƠNG PHÁP BIỂU DIỄN HÀM BOOLE

1. Phương pháp đại số

Hàm Boole được biểu diễn dưới dạng một biểu thức đại số của các biến boole (biến nhị phân), quan hệ với nhau bởi các phép toán cộng(OR), nhân (AND) hay phép lấy bù (NOT).

Với các giá trị cho trước của các biến, hàm Boole có thể có giá trị 1 hoặc 0.

Ví dụ :

$$F(x,y,z) = \bar{x}y + xz$$

↑
MSB

2. Phương pháp bảng chân trị

Để biểu diễn hàm Boole dưới dạng bảng chân trị, ta liệt kê một danh sách 2^n tổ hợp các giá trị 0 và 1 của các biến Boole và một cột chỉ ra giá trị của hàm F.

Ví dụ:

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

3. Phương pháp dạng chính tắc và dạng chuẩn

Minterm (Tích chuẩn): là tích số của đầy đủ các biến ở dạng bù hay không bù. Nếu giá trị của biến là 0 thì biến sẽ ở dạng bù, còn nếu giá trị của biến là 1 thì biến sẽ ở dạng không bù.

Với n biến có thể tạo ra 2^n minterm.

Minterm được ký hiệu là m_i , với i là tổ hợp nhị phân tạo bởi giá trị các biến.

Ví dụ:

A	B	minterm	
		<i>Biểu thức</i>	<i>Ký hiệu</i>
0	0	$\overline{A} \overline{B}$	m_0
0	1	$\overline{A} B$	m_1
1	0	$A \overline{B}$	m_2
1	1	$A B$	m_3

Maxterm (tổng chuẩn): là tổng số của đầy đủ các biến ở dạng bù hay không bù. Nếu giá trị của biến là 1 thì biến sẽ ở dạng bù, còn nếu giá trị của biến là 0 thì biến sẽ ở dạng không bù.

Với n biến có thể tạo ra 2^n Maxterm.

Maxterm được ký hiệu là M_i , với i là tổ hợp nhị phân tạo bởi giá trị các biến.

Ví dụ:

A	B	Maxterm	
		<i>Biểu thức</i>	<i>Ký hiệu</i>
0	0	$A + B$	M_0
0	1	$A + \overline{B}$	M_1
1	0	$\overline{A} + B$	M_2
1	1	$\overline{A} + \overline{B}$	M_3

Dạng chính tắc 1: là dạng tổng của các tích chuẩn (SOP – Standard Sum-Of-Products) làm cho hàm Boole có giá trị 1.

x	y	z	F
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

$$\begin{aligned}
 F(x, y, z) &= \bar{x}\bar{y}z + \bar{x}y\bar{z} + x\bar{y}z + x\bar{y}\bar{z} + xyz \\
 &= m_1 + m_2 + m_5 + m_6 + m_7 \\
 &= \Sigma m(1, 2, 5, 6, 7) \\
 &= \Sigma(1, 2, 5, 6, 7)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F(x, y, z) &= (x + y + z)(x + \bar{y} + \bar{z})(\bar{x} + y + z) \\
 &= M_0 \cdot M_3 \cdot M_4 \\
 &= \Pi M(0, 3, 4) = \Pi(0, 3, 4)
 \end{aligned}$$

Dạng chính tắc 2: là dạng tích của các tổng chuẩn (POS – Standard Product-Of-Sums) làm cho hàm Boole có giá trị 0.

Dạng chuẩn (Standard Form):

a. *Dạng chuẩn 1*: là dạng tổng các tích (S.O.P – Sum of Product)

$$F(x, y, z) = xy + z$$

$$\begin{aligned} * F(x, y, z) &= xy + z \\ &= xy(\bar{z} + z) + (\bar{x} + x)(\bar{y} + y)z \\ &= xy\bar{z} + xyz + \bar{x}\bar{y}z + \bar{x}yz + x\bar{y}z + \cancel{xyz} \\ &= m_6 + m_7 + m_1 + m_5 + m_3 \\ &= \Sigma(1, 3, 5, 6, 7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * F(x, y, z) &= xy + z \\ &= (x + z)(y + z) \\ &= (x + \bar{y}y + z)(\bar{x}x + y + z) \\ &= (x + \bar{y} + z)(x + y + z)(\bar{x} + y + z) \cancel{(x + y + z)} \\ &= M_2 \cdot M_0 \cdot M_4 \\ &= \Pi(0, 2, 4) \end{aligned}$$

b. Dạng chuẩn 2: là dạng tích các tổng (P.O.S – Product of Sum)

$$F(x, y, z) = (x + \bar{z}) \bar{y}$$

$$\begin{aligned}
 * F(x, y, z) &= (x + \bar{z}) \bar{y} = x \bar{y} + \bar{y} \bar{z} \\
 &= x \bar{y} (\bar{z} + z) + (\bar{x} + x) \bar{y} \bar{z} \\
 &= x \bar{y} \bar{z} + x \bar{y} z + \bar{x} \bar{y} \bar{z} + \cancel{x \bar{y} \bar{z}} \\
 &= m_4 + m_5 + m_0 \\
 &= \Sigma(0, 4, 5)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 * F(x, y, z) &= (x + \bar{z}) \bar{y} \\
 &= (x + \bar{y} y + \bar{z}) (\bar{x} x + \bar{y} + \bar{z} z) \\
 &= (x + \bar{y} + \bar{z}) (x + y + \bar{z}) \\
 &\quad (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z})(\bar{x} + \bar{y} + z) \cancel{(x + \bar{y} + \bar{z})} (x + \bar{y} + z) \\
 &= M_3 \cdot M_1 \cdot M_7 \cdot M_6 \cdot M_2 \\
 &= \Pi(1, 2, 3, 6, 7)
 \end{aligned}$$

Ghi chú: Bù của minterm là Maxterm và ngược lại.

$$\overline{m}_i = M_i \quad \overline{M}_i = m_i$$

Ví dụ chứng minh:

m7 của hàm 3 biến: ABC

$$\begin{aligned}\overline{m}_7 &= \overline{ABC} \\ &= \overline{A} + \overline{B} + \overline{C} \\ &= M_7\end{aligned}$$

TRƯỜNG HỢP TÙY ĐỊNH

Trong thực tế có những trường hợp một vài tổ hợp nhị phân của các biến là không xảy ra. Do đó, giá trị của hàm tương ứng với những tổ hợp nhị phân này có thể là 0 hay 1 đều được, người ta gọi đó là những trường hợp tùy định (don't care, viết tắt là d). Khi điền vào bảng chân trị những trường hợp tùy định, ta dùng ký hiệu X.

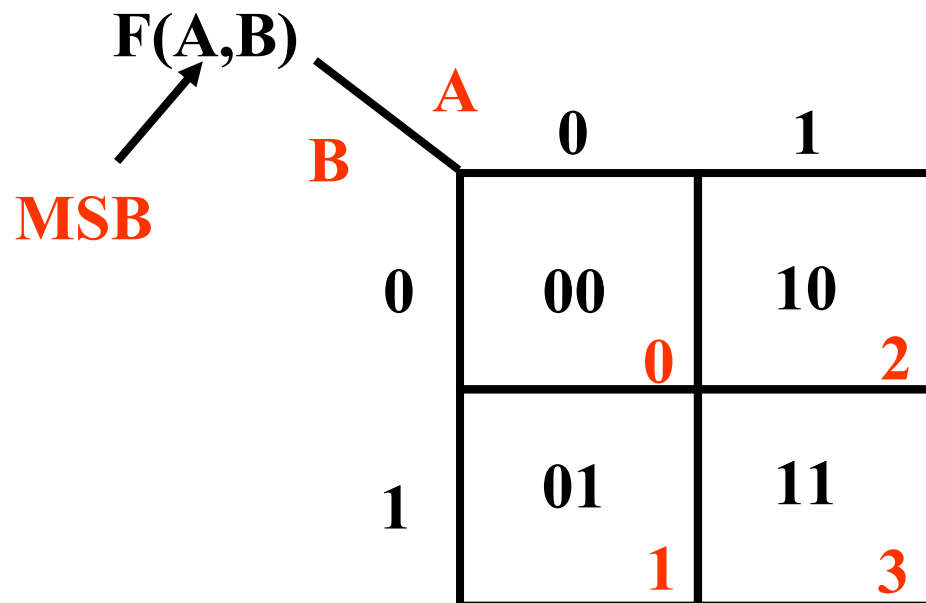
Ví dụ:

$$F(A, B) = \sum(0, 2) + d(1)$$

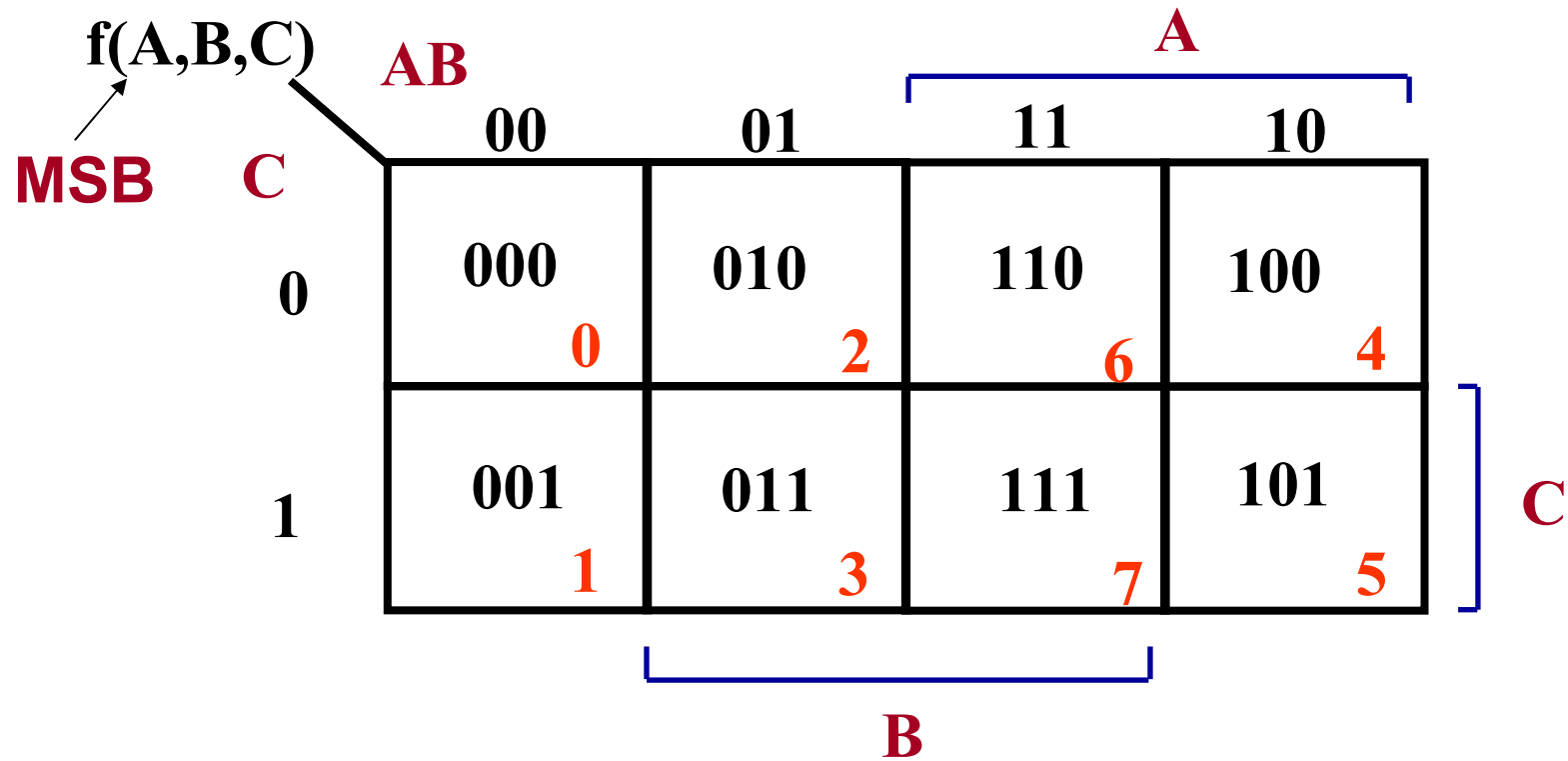
A	B	F
0	0	1
0	1	X
1	0	1
1	1	0

4. Phương pháp bìa KARNAUGH

Bìa K cho hàm 2 biến



Bìa K cho hàm 3 biến



Bìa K cho hàm 4 biến

$f(A,B,C,D)$

CD		AB			
		00	01	11	10
C	00	0	4	12	8
	01	1	5	13	9
	11	3	7	15	11
	10	2	6	14	10

Diagram annotations: Brackets labeled **A**, **B**, and **D** indicate groupings of columns, columns, and rows respectively. A diagonal line connects the **CD** label to the top-left cell.

Bìa K cho hàm 5 biến

F BC		A = 0				A = 1			
		00	01	11	10	10	11	01	00
DE	00	0	4	12	8	24	28	20	16
	01	1	5	13	9	25	29	21	17
	11	3	7	15	11	27	31	23	19
	10	2	6	14	10	26	30	22	18

Cách điền vào bìa K

1. Nếu hàm F được biểu diễn dưới dạng chính tắc 1 (dạng Σ) thì ta điền giá trị 1 vào các ô có số thứ tự tương ứng với các minterm (tích chuẩn), điền X vào các ô ứng với các trường hợp tùy định và điền 0 vào các ô còn lại.

Ta có thể chỉ điền vào bìa K hai ký hiệu 0 và X, hoặc 1 và X. Các ô bỏ trống được ngầm hiểu.

Ví dụ:
$$F(A, B, C) = \sum (0, 1, 3, 6) + d(4, 7)$$

		AB			
		00	01	11	10
C	0	1 0	0 2	1 6	X 4
	1	1 1	1 3	X 7	0 5

2. Nếu hàm F được biểu diễn dưới dạng chính tắc 2 (dạng Π) thì ta điền giá trị 0 vào các ô có số thứ tự tương ứng với các Maxterm (tổng chuẩn), điền X vào các ô ứng với các trường hợp tùy định và điền 1 vào các ô còn lại.

Ta có thể chỉ điền vào bìa K hai ký hiệu 0 và X, hoặc 1 và X. Các ô bỏ trống được ngầm hiểu.

Ví dụ: $F(A,B,C,D) = \prod (3,4,6,12,14,15).D(1,7,11)$

F		AB			
		00	01	11	10
CD	00	1	0	0	1
	01	X	1	1	1
	11	0	X	0	X
	10	1	0	0	1

3. Nếu hàm F được biểu diễn dưới dạng bảng chân trị thì ta điền 0, 1 hoặc X vào các ô có tổ hợp nhị phân trùng với tổ hợp nhị phân của bảng chân trị.

Ví dụ:

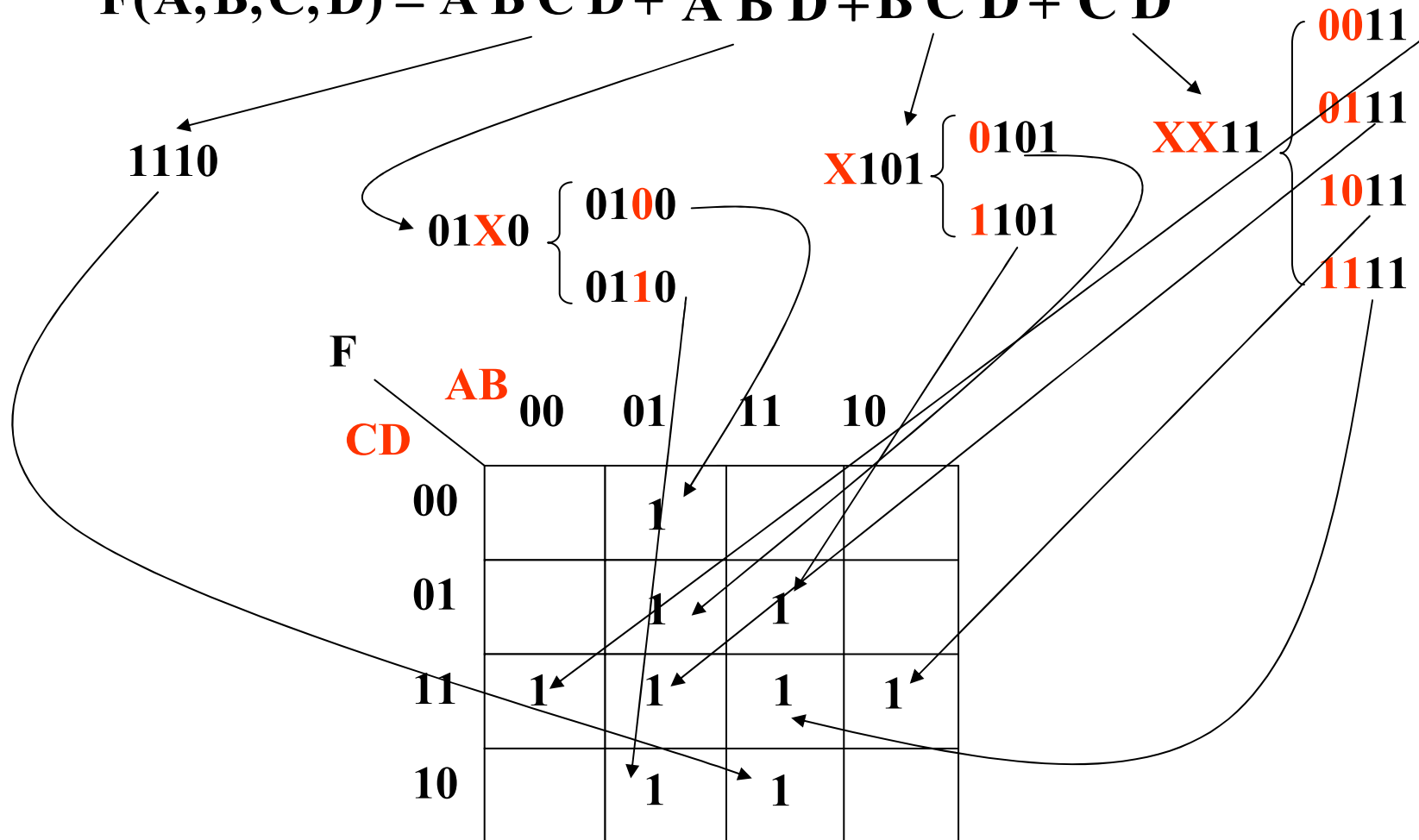
A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	X
0	1	0	X
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

		AB			
		00	01	11	10
C	0	1	X		1
	1	X		1	

		AB			
		00	01	11	10
C	0		X	0	
	1	X	0		0

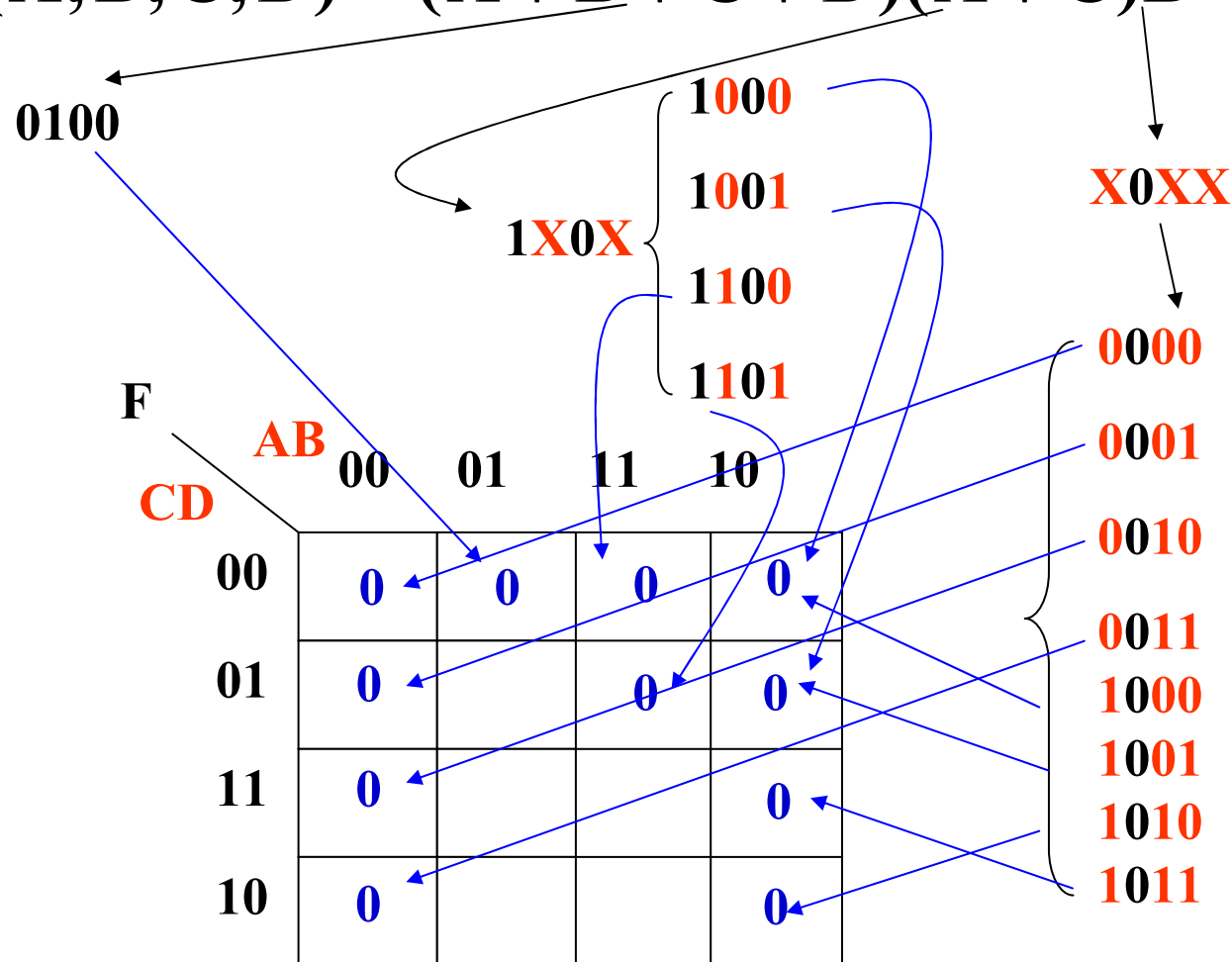
4. Nếu hàm Boole được cho dưới dạng chuẩn 1.

$$F(A,B,C,D) = A B C \bar{D} + \bar{A} B \bar{D} + B \bar{C} D + C D$$



5. Nếu hàm Boole được cho dưới dạng chuẩn 2.

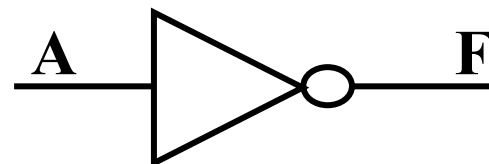
$$F(A, B, C, D) = (A + \bar{B} + C + D)(\bar{A} + C)B$$



VIII. GIỚI THIỆU CÁC CÔNG LOGIC

1. Công NOT (Đảo, Inverter)

Ký hiệu công:



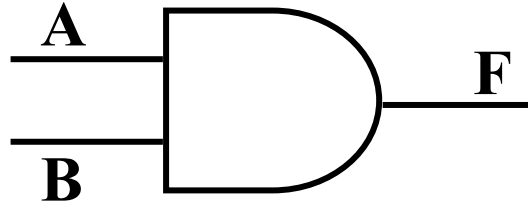
Hàm logic: $F = \overline{A}$

Bảng chân trị:

A	F
0	1
1	0

2. Cổng AND

Ký hiệu cổng:



Hàm logic:

$$F = A \bullet B \quad F = A \wedge B \quad F = A \& B \quad F = AB$$

Bảng chân trị:

A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

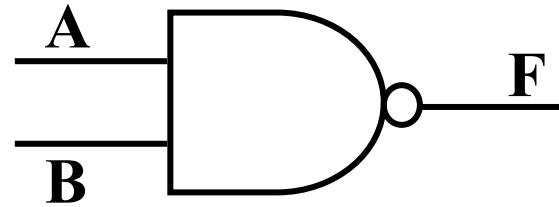
Tổng quát

Cổng AND có n ngõ vào

$$F = X_1 X_2 \dots X_n$$

3. Cổng NAND

Ký hiệu cổng:



Hàm logic:

$$F = \overline{A \bullet B}$$

Bảng chân trị:

A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

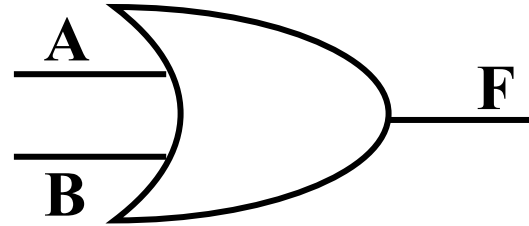
Tổng quát

Cổng NAND có n ngõ vào

$$F = \overline{X_1 X_2 \dots X_n}$$

4. Cổng OR

Ký hiệu cổng:



Hàm logic:

$$F = A + B \quad F = A \vee B \quad F = A | B$$

Bảng chân trị:

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

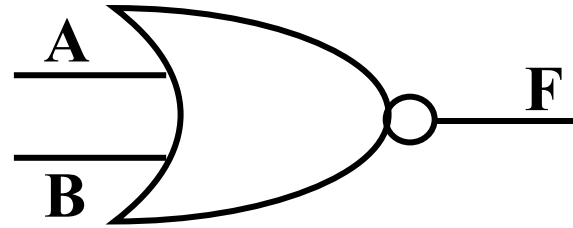
Tổng quát

Cổng OR có n ngõ vào

$$F = X_1 + X_2 + \dots + X_n$$

5. Cổng NOR

Ký hiệu cổng:



Hàm logic:

$$F = \overline{A + B}$$

Bảng chân trị:

A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

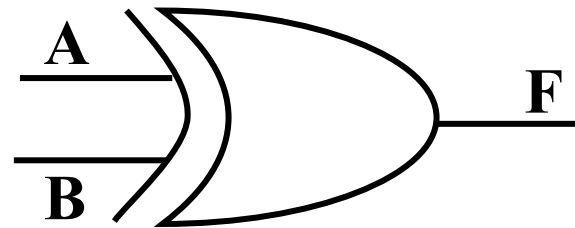
Tổng quát

Cổng NOR có n ngõ vào

$$F = \overline{X_1 + X_2 + \dots + X_n}$$

6. Cổng EXOR (XOR – Exclusive OR)

Ký hiệu cổng:



Hàm logic:

$$F = A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B}$$

Bảng chân trị:

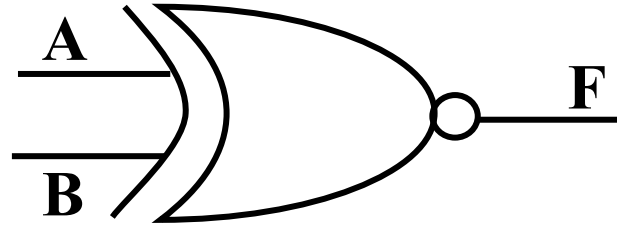
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Lưu ý

Cổng XOR chỉ có 2 ngõ vào

7. Cổng EXNOR (XNOR – Exclusive NOR)

Ký hiệu cổng:



Hàm logic:

$$F = A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B}$$

Bảng chân trị:

A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

IX. RÚT GỌN HÀM BOOLE

Rút gọn (tối thiểu hóa) hàm Boole nghĩa là đưa hàm Boole về dạng biểu diễn đơn giản nhất, sao cho:

- Biểu thức có chứa ít nhất các thừa số và mỗi thừa số chứa ít nhất các biến.**
- Mạch logic thực hiện có chứa ít nhất các vi mạch số.**

IX.1 RÚT GỌN HÀM BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐẠI SỐ

Sử dụng các định lý và tiên đề để rút gọn.

Ví dụ:

$$\begin{aligned}F(A, B, C) &= \Sigma(1, 2, 3, 5, 7) \\&= \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}BC + A\bar{B}C + ABC \\&= \bar{A}B(C + \bar{C}) + \bar{B}C(A + \bar{A}) + BC(A + \bar{A}) \\&= \bar{A}B + \bar{B}C + BC \\&= \bar{A}B + C(\bar{B} + B) \\&= \bar{A}B + C\end{aligned}$$

IX.2 RÚT GỌN HÀM BOOLE BẰNG BÌA KARNAUGH

1. Định nghĩa các ô kế cận

Hai ô được gọi là kế cận nhau, nếu chúng ứng với 2 tích chuẩn (minterm) hoặc 2 tổng chuẩn (Maxterm), chỉ khác nhau ở 1 biến.

F	AB	00	01	11	10
CD					
00				1	1
01					
11					
10					

F	AB	00	01	11	10
CD					
00				0	
01					
11					
10				0	

Bốn ô kế cận: gồm 2 nhóm 2 ô kế cận

F	AB	00	01	11	10
CD	00	1	1	1	1
	01				
	11				
	10				

F	AB	00	01	11	10
CD	00				
	01	1	1		
	11	1	1		
	10				

F	AB	00	01	11	10
CD	00			1	1
	01				
	11				
	10			1	1

F	AB	00	01	11	10
CD	00				
	01	1			1
	11	1			1
	10				

Bốn ô kế cận: gồm 2 nhóm 2 ô kế cận

F	CD \ AB	00	01	11	10
		00	01	11	10
	00	0	0	0	0
	01				
	11				
	10				

F	CD \ AB	00	01	11	10
		00	01	11	10
	00				
	01	0	0		
	11	0	0		
	10				

F	CD \ AB	00	01	11	10
		00	01	11	10
	00			0	0
	01				
	11				
	10			0	0

F	CD \ AB	00	01	11	10
		00	01	11	10
	00				
	01	0			0
	11	0			0
	10				

Bốn ô kế cận: gồm 2 nhóm 2 ô kế cận

F	CD \ AB	00	01	11	10
		00			
	01	1	1	1	1
	11				
	10				

F	CD \ AB	00	01	11	10
		00	1	1	
	01	1	1		
	11				
	10				

F	CD \ AB	00	01	11	10
		00	1		
	01				
	11				
	10	1			1

F	CD \ AB	00	01	11	10
		00	1		
	01	1			1
	11				
	10				

Bốn ô kế cận: gồm 2 nhóm 2 ô kế cận

F	AB	00	01	11	10
CD					
	00				
	01	0	0	0	0
	11				
	10				

F	AB	00	01	11	10
CD					
	00	0	0		
	01	0	0		
	11				
	10				

F	AB	00	01	11	10
CD					
	00	0			0
	01				
	11				
	10	0			0

F	AB	00	01	11	10
CD					
	00	0			0
	01	0			0
	11				
	10				

Tám ô kế cận: gồm 2 nhóm 4 ô kế cận

F	CD \ AB	00	01	11	10
		00	01	11	10
	00	1	1	1	1
	01	1	1	1	1
	11				
	10				

F	CD \ AB	00	01	11	10
		00	01	11	10
	00	0	0		
	01	0	0		
	11	0	0		
	10	0	0		

F	CD \ AB	00	01	11	10
		00	01	11	10
	00	1	1	1	1
	01				
	11				
	10	1	1	1	1

F	CD \ AB	00	01	11	10
		00	01	11	10
	00				
	01	0	0	0	0
	11	0	0	0	0
	10				

Việc gom các ô kế cận

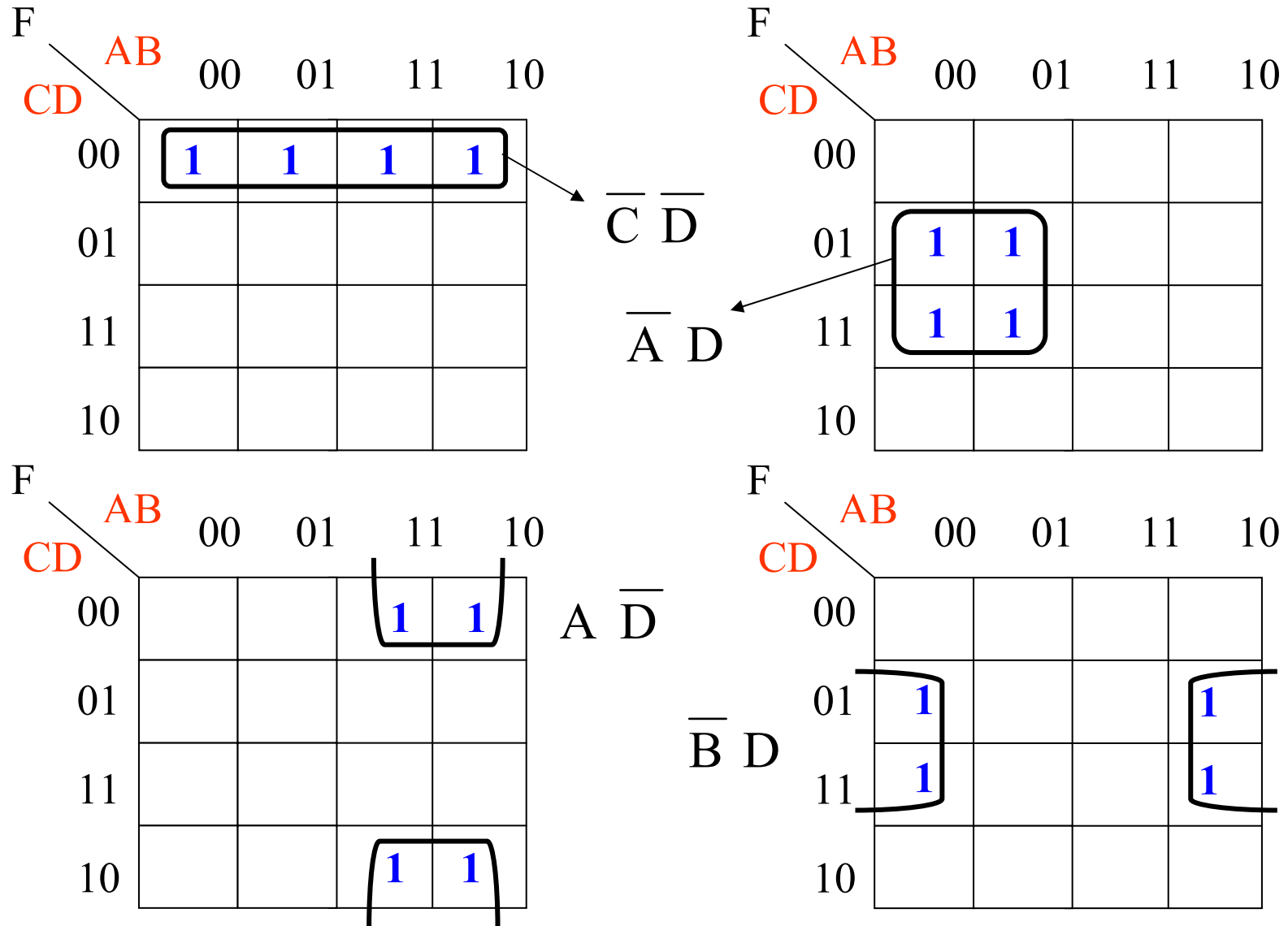
- Khi gom 2^n ô kế cận có cùng giá trị 1, ta được 1 tích.
- Gom 2^n ô ta loại được n biến.
- Các biến giống nhau còn lại được ghi dưới dạng bù, nếu nó có giá trị bằng 0, ngược lại sẽ được ghi dưới dạng không bù.
- Khi gom 2^n ô kế cận có cùng giá trị 0, ta được 1 tổng. Các biến sẽ được ghi theo qui ước ngược lại với dạng tích.

F		AB			
		00	01	11	10
CD	00		1	1	
	01				
	11				
	10			0	0

$B \bar{C} \bar{D}$

$\bar{A} + \bar{C} + D$

Một số ví dụ



F

AB

CD

	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01				
11				
10				

$C + D$

F

AB

CD

	00	01	11	10
00				
01	0	0		
11	0	0		
10				

$A + \bar{D}$

F

AB

CD

	00	01	11	10
00			0	0
01				
11				
10			0	0

$\bar{A} + D$

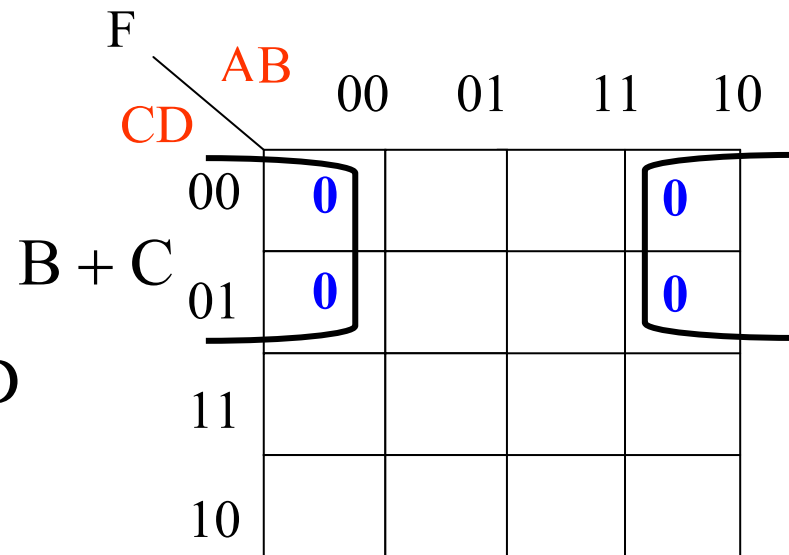
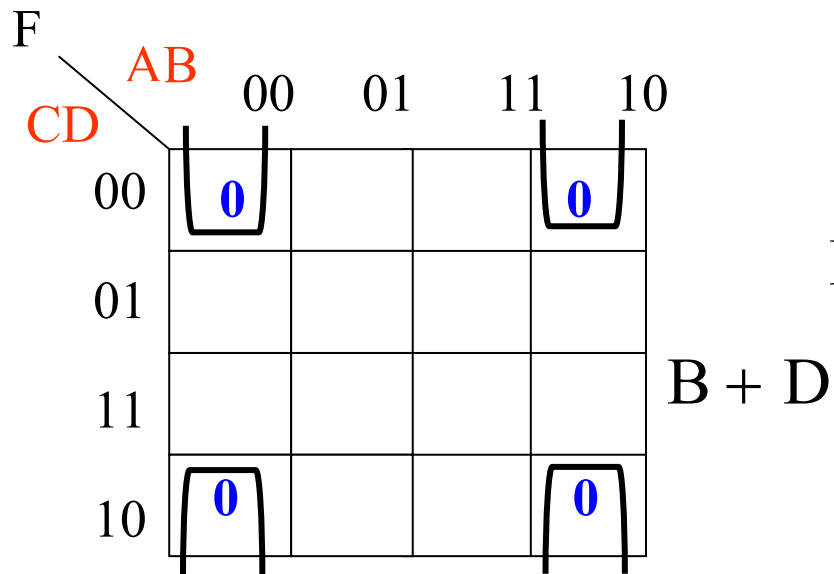
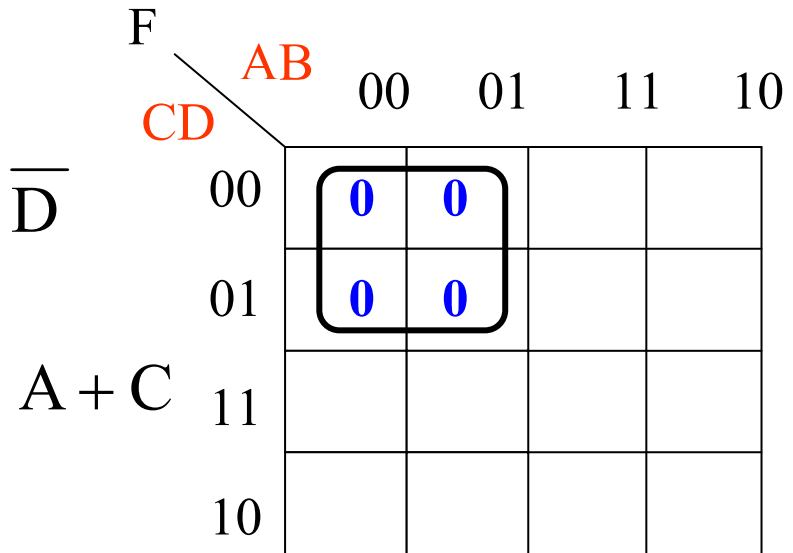
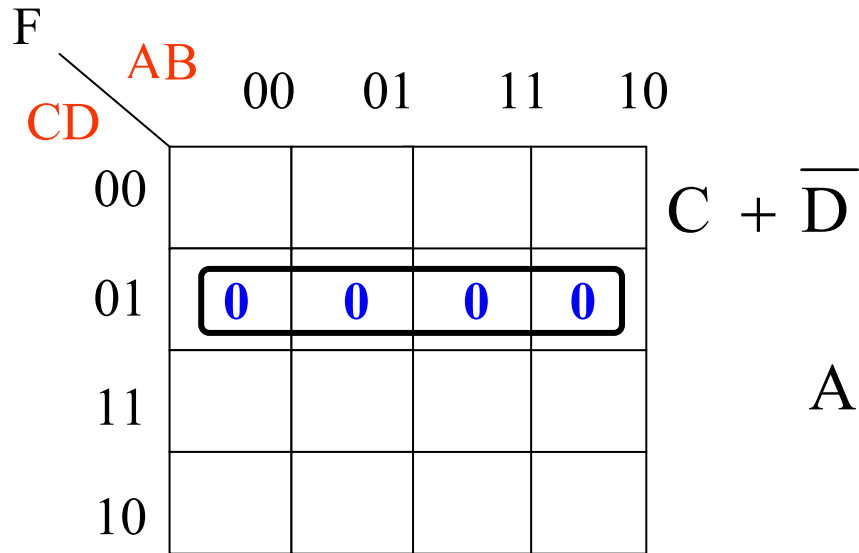
F

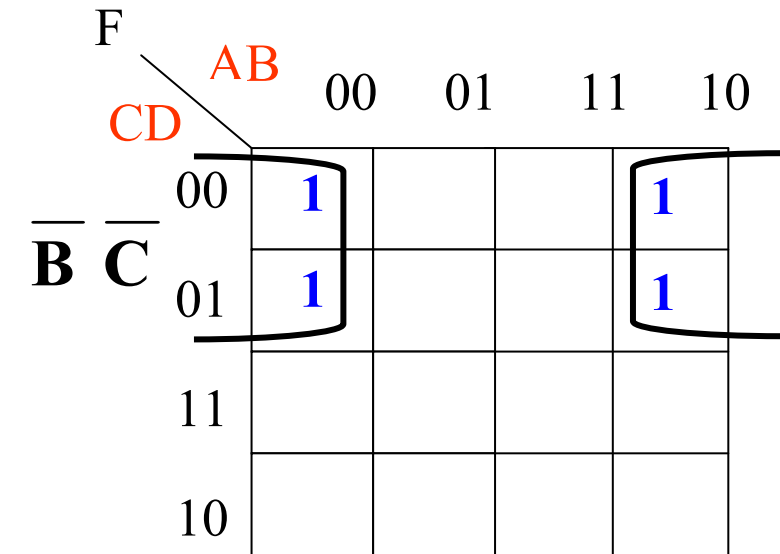
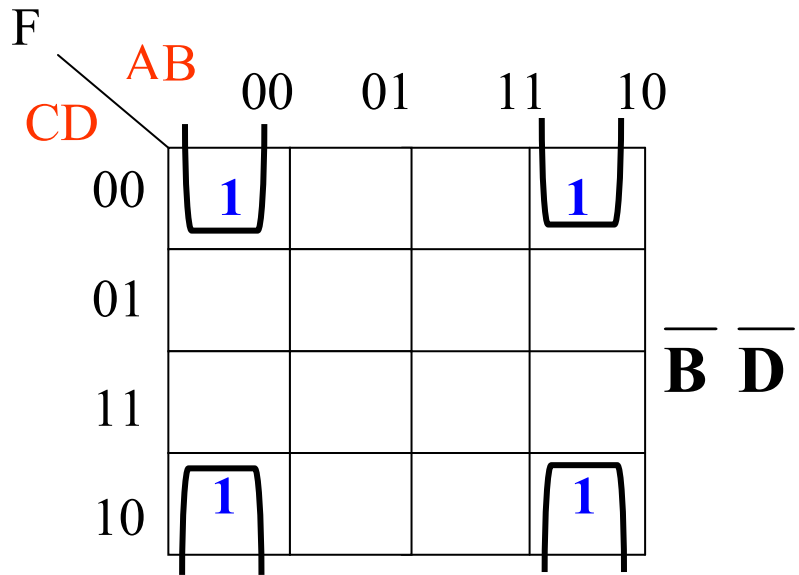
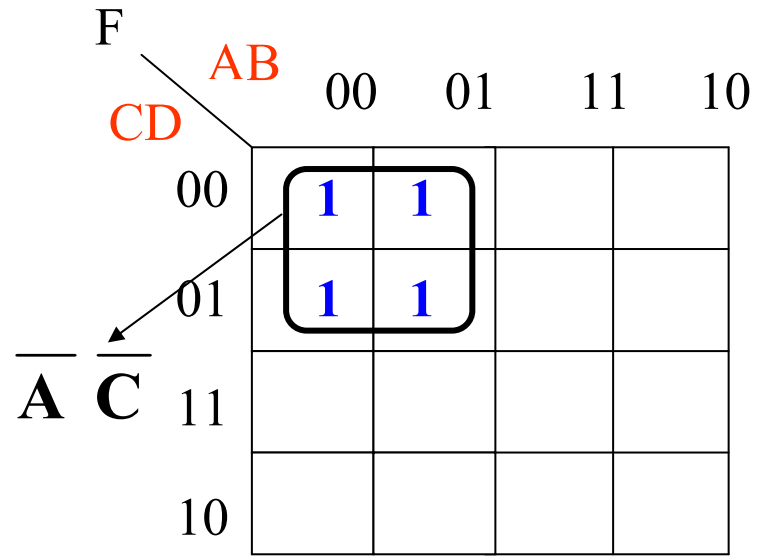
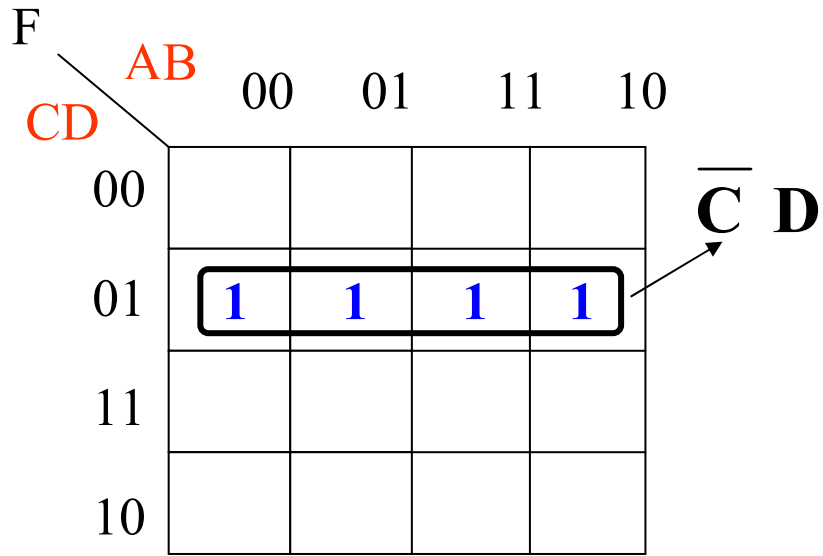
AB

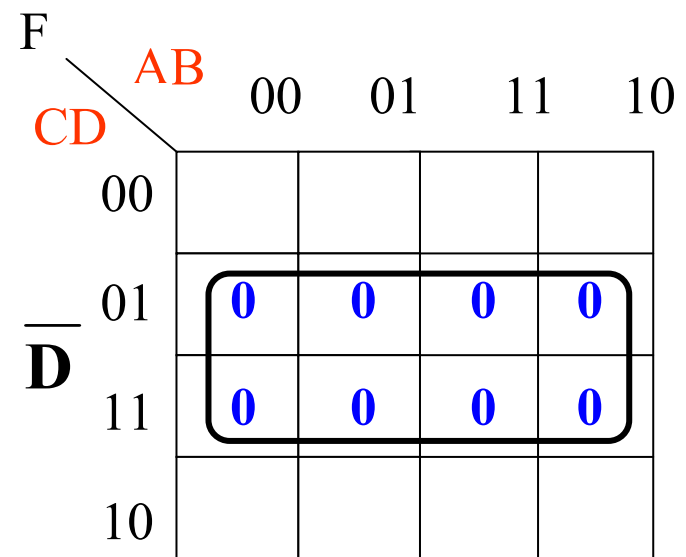
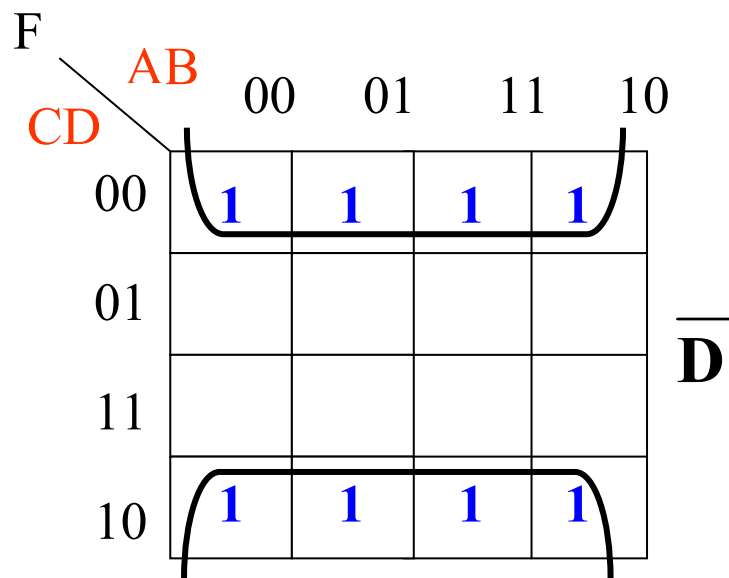
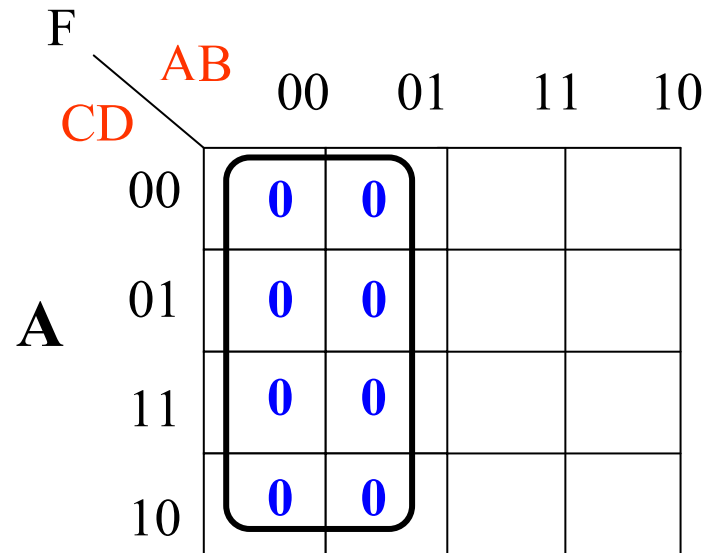
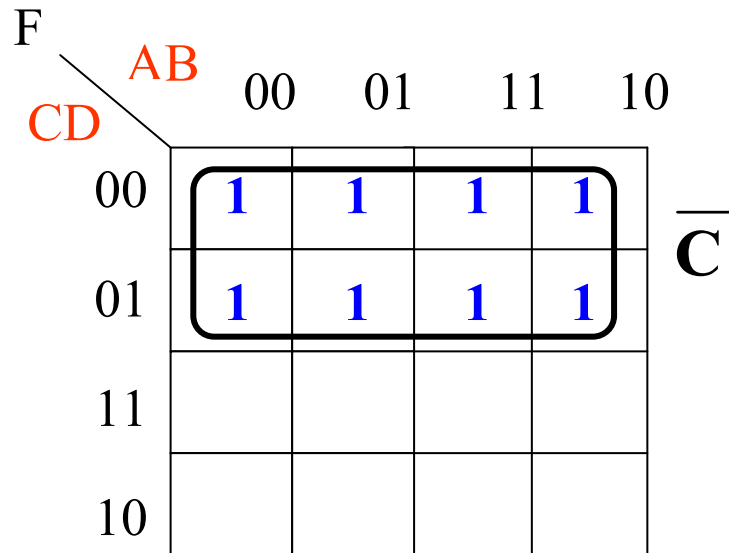
CD

	00	01	11	10
00				
01	0			0
11	0			0
10				

$B + \bar{D}$





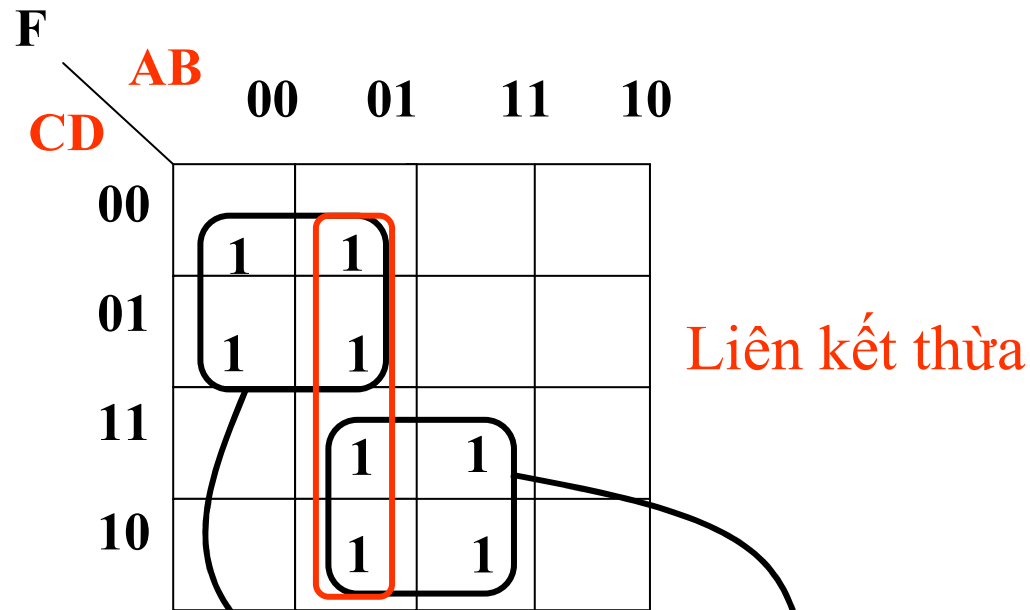


2. Nguyên tắc rút gọn hàm dùng bìa K

- Tất cả các ô đều phải được liên kết ít nhất một lần, trừ khi nó không liên kết được với bất kỳ ô nào khác.
- Trường hợp ô không liên kết được, kết quả sẽ được ghi dưới dạng một tích chuẩn nếu ô đó có giá trị bằng 1, ngược lại sẽ được ghi dưới dạng một tổng chuẩn nếu ô đó có giá trị bằng 0.
- Chọn các liên kết tối đa có thể có.
- Những ô đã liên kết rồi có thể dùng để liên kết nữa để có được tổ hợp tối đa có thể có.
- Các ô có giá trị là tùy định thì có thể xem bằng 0 hoặc 1 để có kết quả là đơn giản nhất.
- Không tạo ra các liên kết thừa.

Rút gọn hàm sau

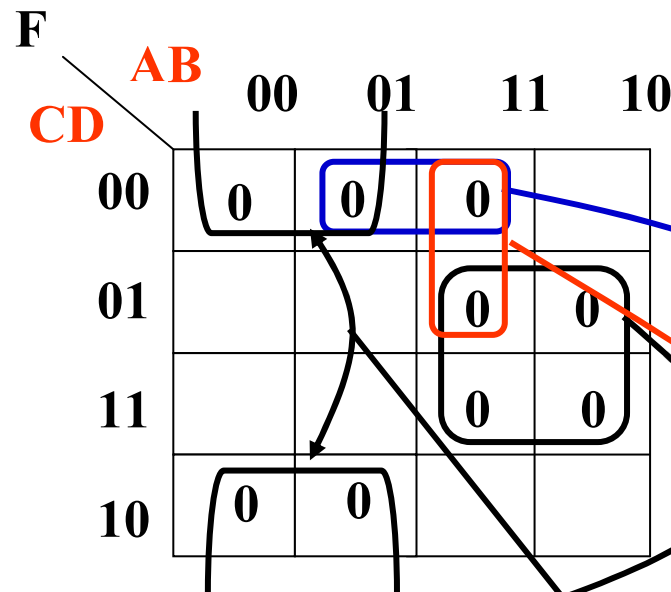
$$F(A, B, C, D) = \sum (0, 1, 4, 5, 6, 7, 14, 15)$$



$$F(A, B, C, D) = \bar{A} \bar{C} + B C$$

Rút gọn hàm sau

$$F(A, B, C, D) = \prod (0, 2, 4, 6, 9, 11, 12, 13, 15)$$



$$F(A, B, C, D) = (\overline{A} + \overline{D}) (A + D) (\overline{B} + \overline{C} + D)$$

$$F(A, B, C, D) = (\overline{A} + \overline{D}) (A + D) (\overline{A} + \overline{B} + C)$$

Rút gọn hàm sau

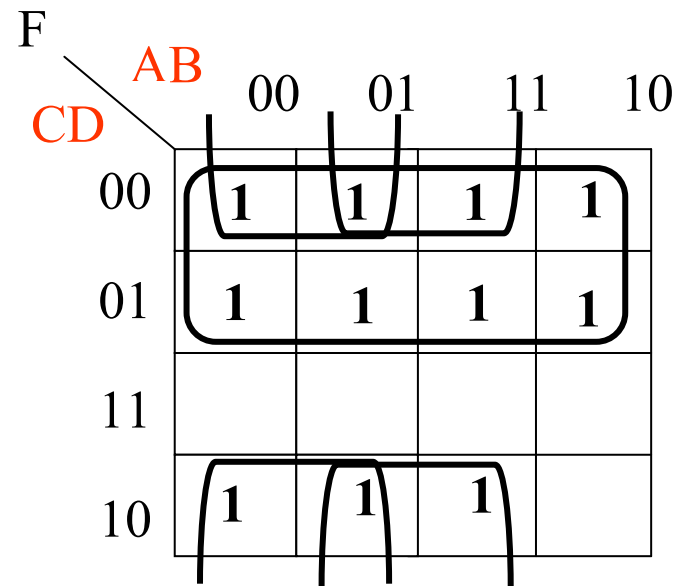
$$F(A, B, C, D) = \sum (0, 1, 2, 3, 11) + d(6, 7, 9)$$

F		AB			
		00	01	11	10
CD	00	1			
	01	1			X
	11	1	X		1
	10	1	X		

$$F(A, B, C, D) = \bar{A} \bar{B} + \bar{B} D$$

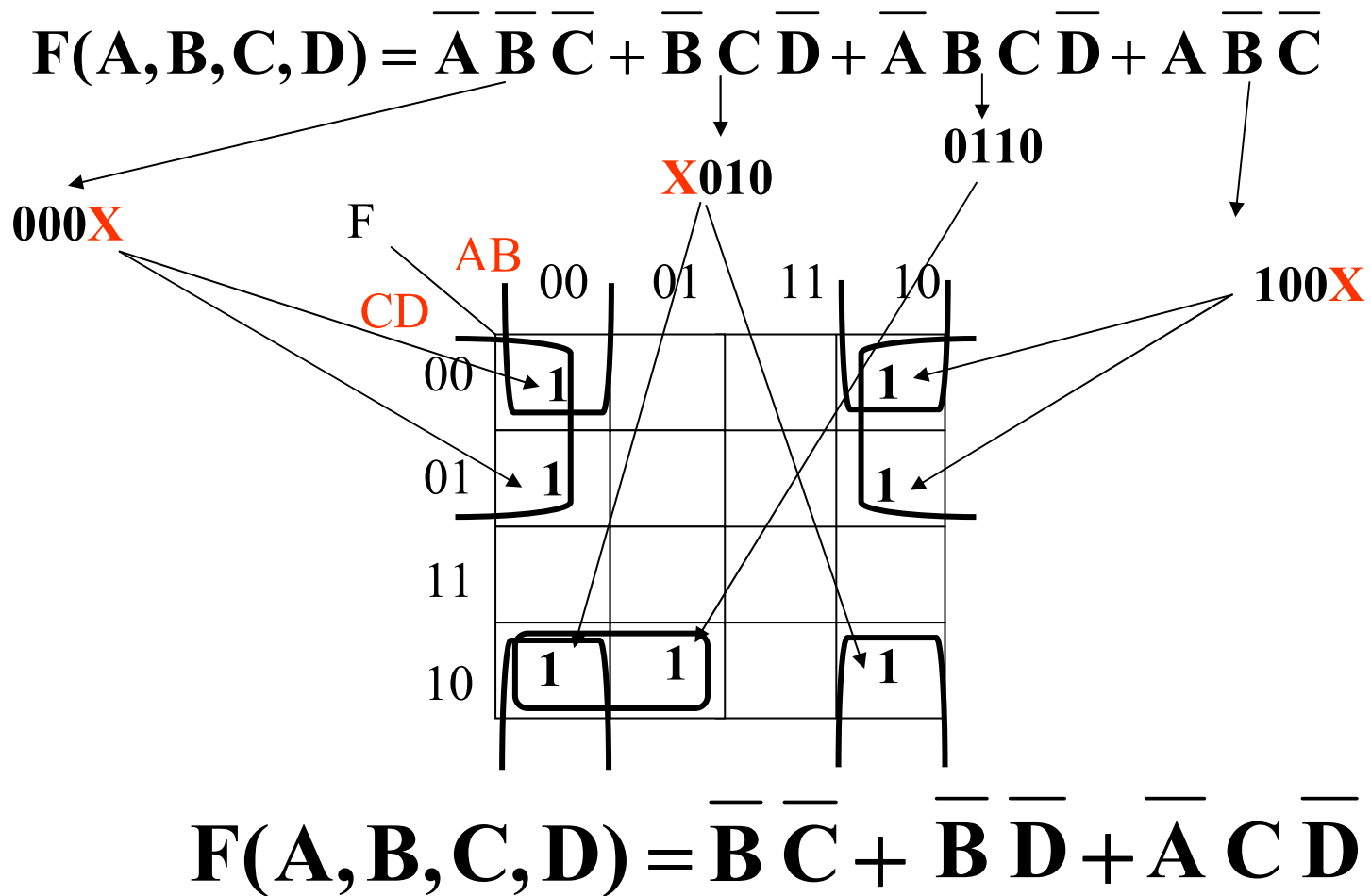
Rút gọn hàm sau

$$F(A, B, C, D) = \sum (0, 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 13, 14)$$



$$F(A, B, C, D) = \bar{C} + \bar{A}\bar{D} + B\bar{D}$$

Rút gọn hàm sau



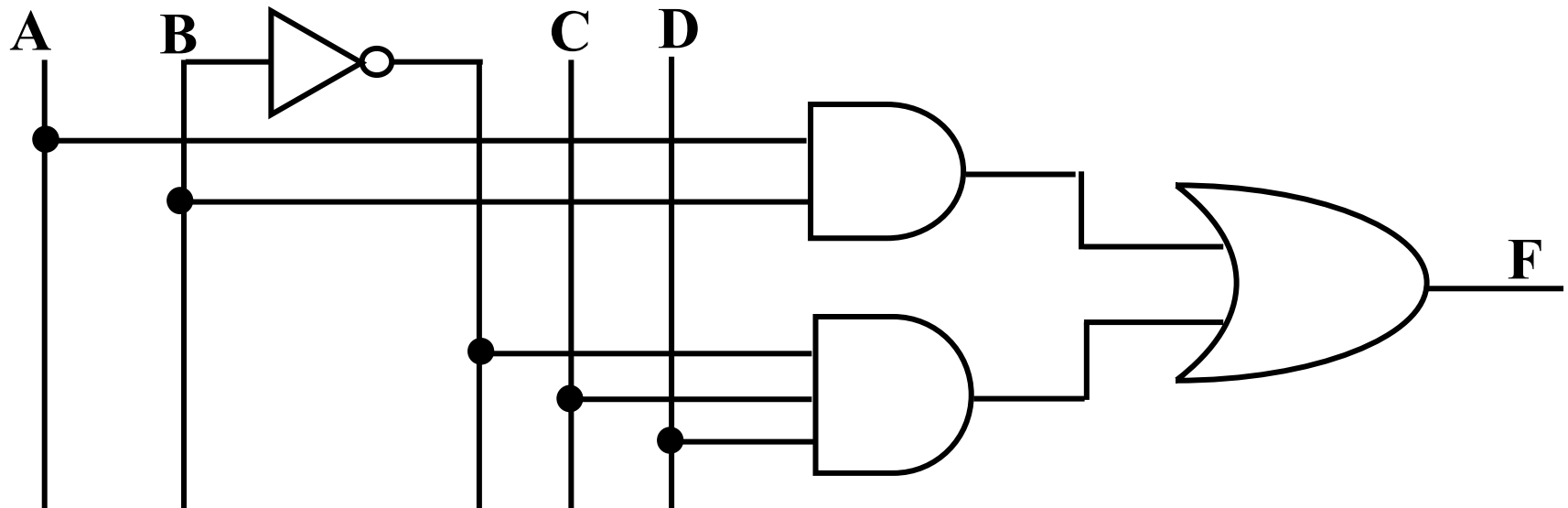
IX.3 CÁC PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN HÀM BOOLE BẰNG SƠ ĐỒ LOGIC

1. Cấu trúc AND-OR

Sơ đồ logic AND-OR được tạo ra từ hàm Boole có dạng tổng các tích.

Ví dụ:

$$F(A, B, C, D) = AB + \bar{B} C D$$

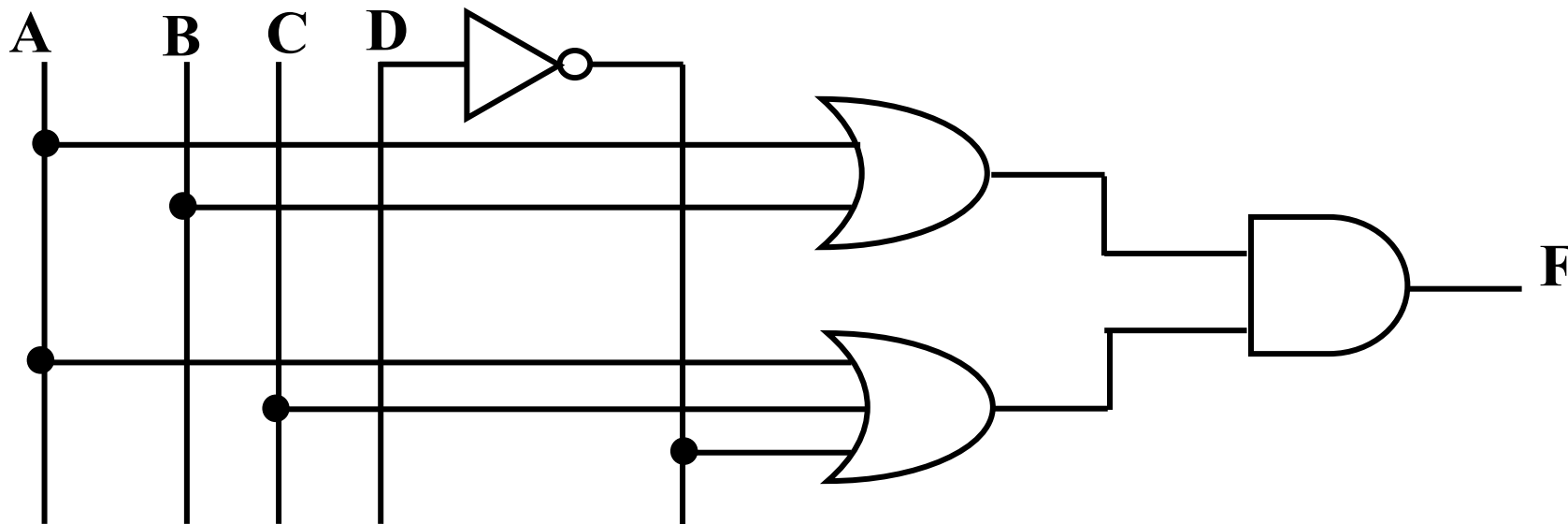


2. Cấu trúc OR – AND

Sơ đồ logic OR - AND được tạo ra từ hàm Boole có dạng tích các tổng.

Ví dụ:

$$F(A, B, C, D) = (A + B)(A + C + \bar{D})$$



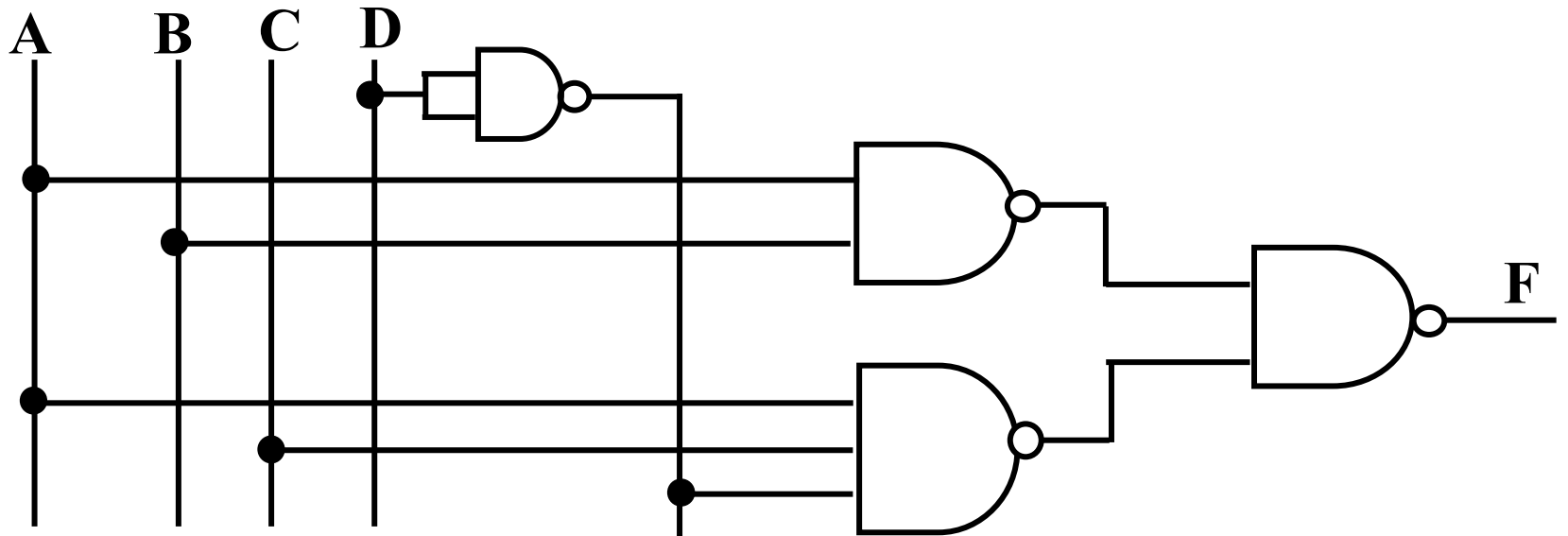
3. Cấu trúc NAND – NAND

Ví dụ:

$$F(A, B, C, D) = \overline{\overline{AB + AC} \overline{D}}$$

$$F(A, B, C, D) = \overline{\overline{AB} \overline{AC} \overline{D}}$$

$$F(A, B, C, D) = \overline{AB} \cdot \overline{AC} \cdot \overline{D}$$



4. Cấu trúc NOR – NOR

$$F(A, B, C, D) = \overline{\overline{(A + B)}(A + C + \overline{D})}$$

$$F(A, B, C, D) = \overline{\overline{(A + B)} \overline{(A + C + \overline{D})}}$$

$$F(A, B, C, D) = \overline{(A + B) + (A + C + \overline{D})}$$

