

EE2110



Điện Tử Tương Tự

Analog Electronics



Một số phần tử trong mạch điện tử

1. Điện Trở - R

2. Tụ Điện – C

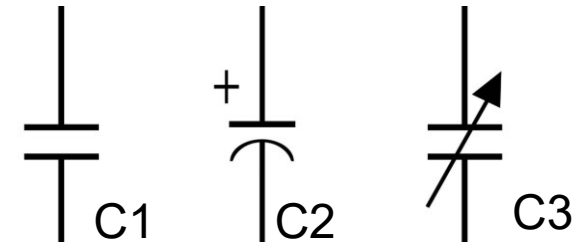
❖ ký hiệu :

✓ C1: Tụ thường (không phân cực)

✓ C2: Tụ hóa (Tụ phân cực)

✓ C3: Tụ trị số biến thiên

❖ Hình ảnh các loại tụ thường gặp

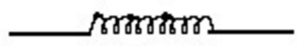


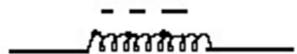
Một số phần tử trong mạch điện tử

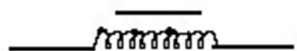
C (pF) = Hai chữ số x $10^{(\text{Mũ số thứ 3})}$

3. Cuộn Cảm – L (mH)

❖ Ký hiệu

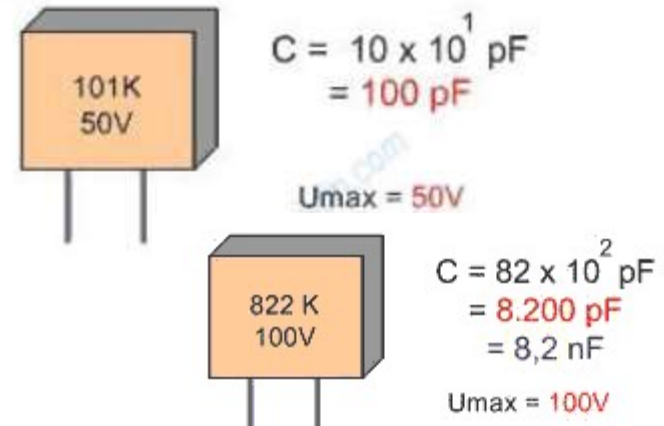
 L1

 L2

 L3

❖ Lưu ý:

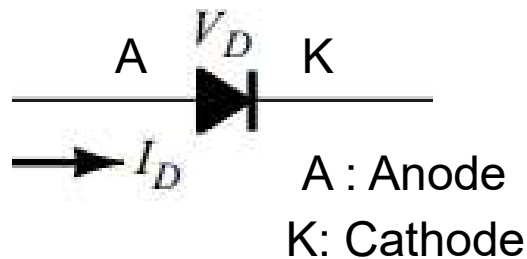
$$U_L = L \cdot di/dt$$



Diode- Điốt

Khái niệm cơ bản về điốt

❖ Ký hiệu:



Diode



Diode Zener



Diode tunnel (Tunnel diode)



Diode quang (Photodiode)

❖ Cấu tạo điốt thông thường

➢ Tạp chất bán dẫn N:

Loại N: Semi (Si, Ge) + nhóm V
(*timony, arsenic, and phosphorus*)

e (-) :đa số

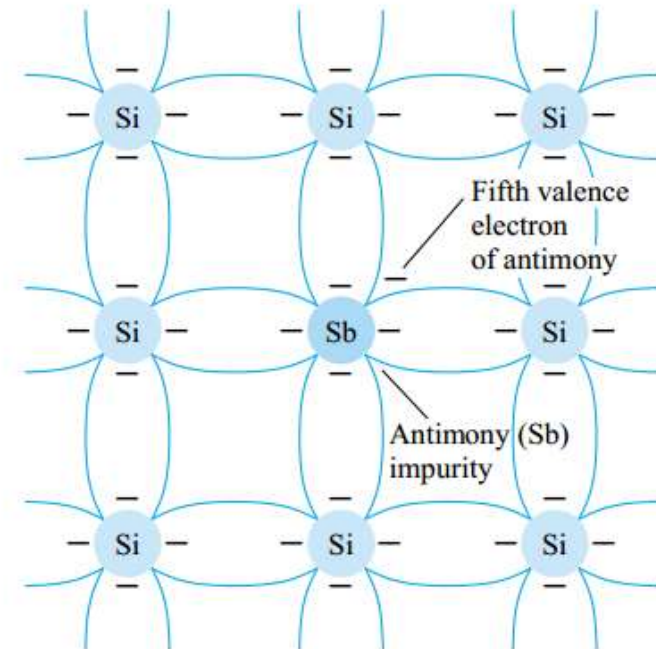
Lỗ trống (+) : thiểu số

➢ Tạp chất bán dẫn P:

Loại P: Semi (Si, Ge) + nhóm III
(*boron, gallium, and indium*)

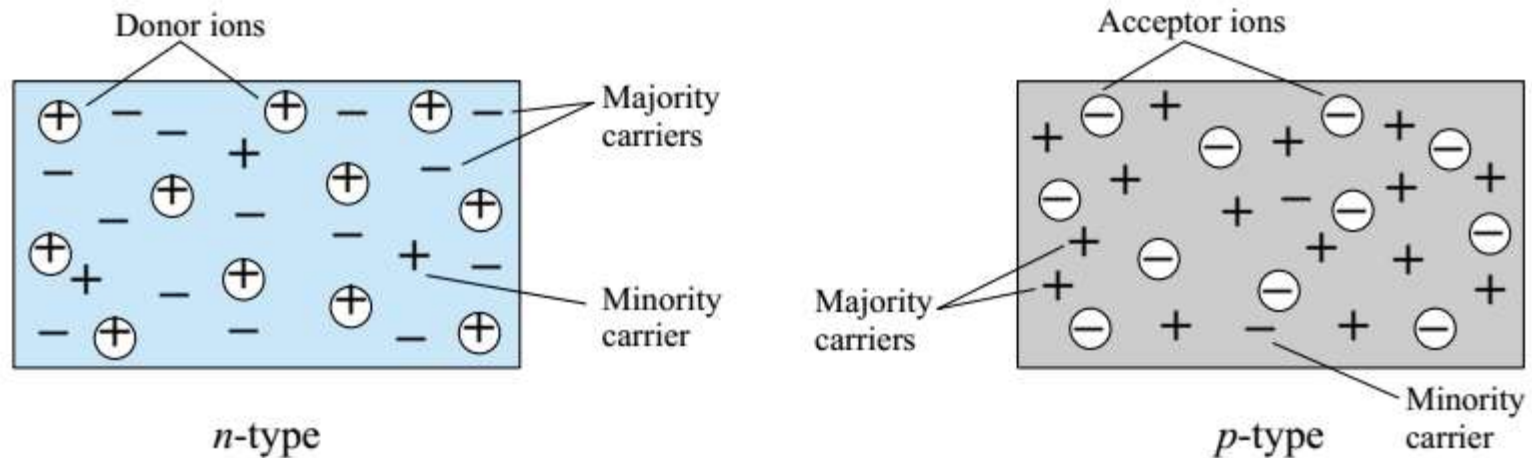
e (-) :Thiểu số

Lỗ trống (+) : đa số

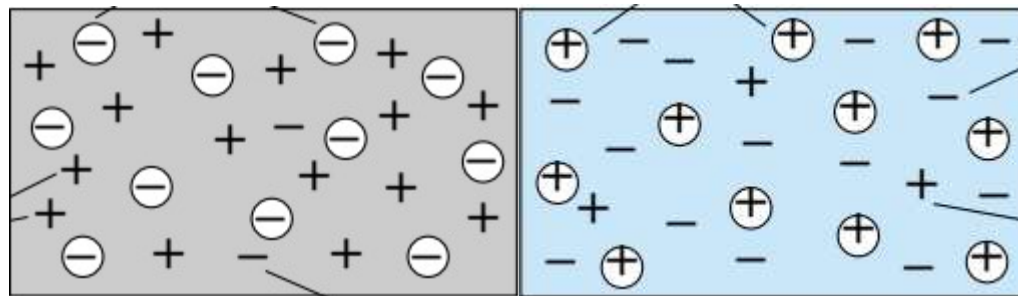
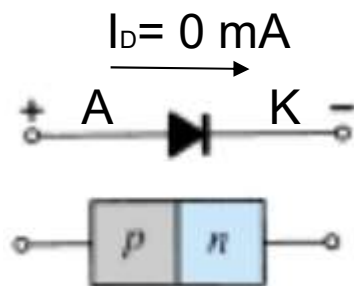


Diode- Điốt

❖ Hình ảnh tạp chất N, P



❖ Ghép P-N:



❖ $V_D = 0.7 \text{ Vdc (Si)}$;

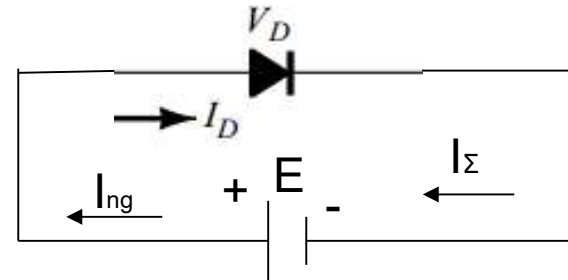
❖ $V_D = 0.3 \text{ Vdc (Ge)}$

Diode- Điốt

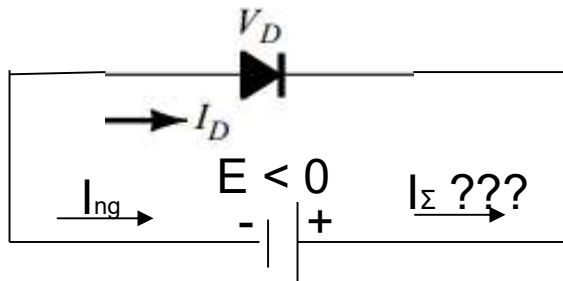
❖ Xét diot khi có điện trường ngoài

➤ Khi điện trường thuận

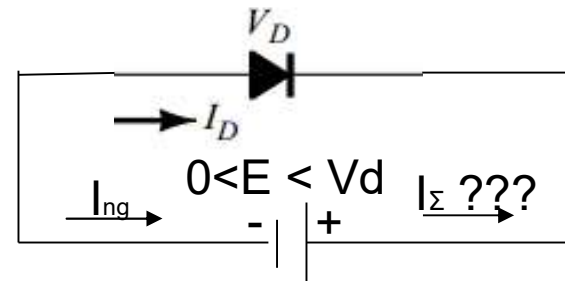
$$I_{\Sigma} = I_{ng} + I_D$$



➤ Khi điện trường ngược



$$I_{\Sigma} = I_{ng} - I_D \ll 0$$



$$I_{\Sigma} = I_{ng} - I_D \approx 0$$

Diode- Điốt

❖ Đặc tính V-A

$$I_D = f(U_D)$$

$$I_D = I_s(e^{kV_D/T_K} - 1)$$

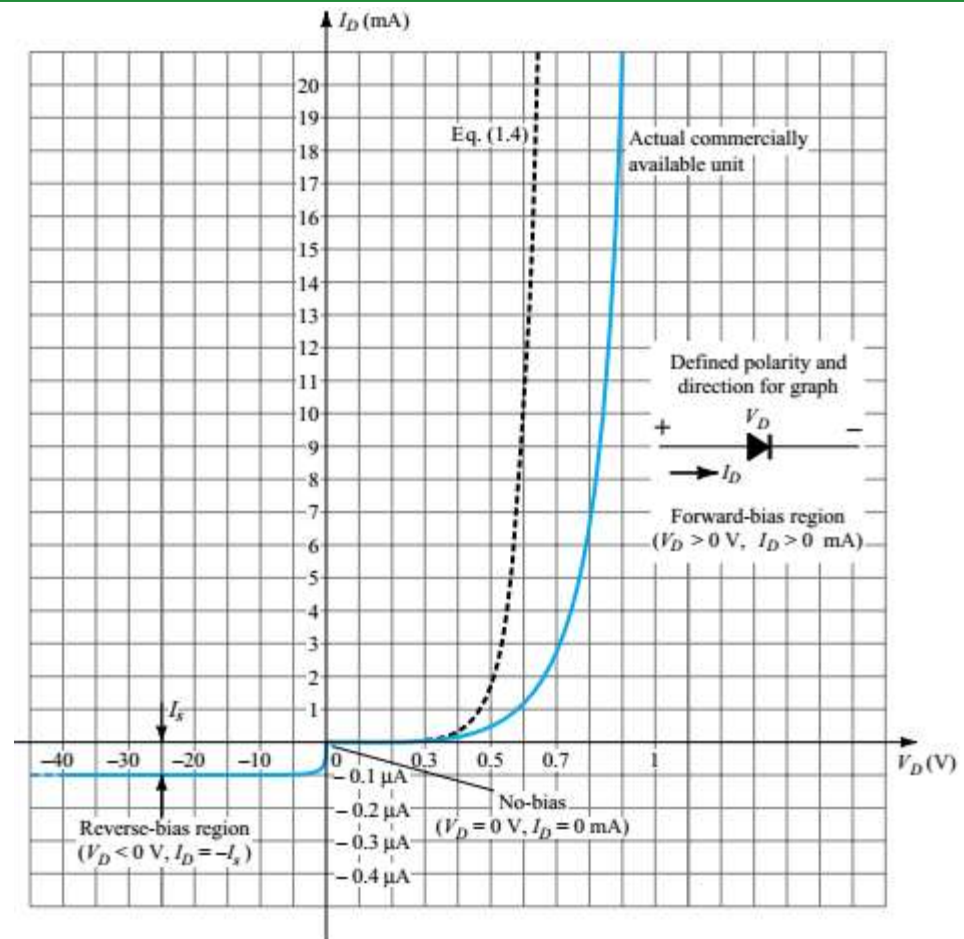
I_s : Dòng ngược (mA)

$k = 11,600/\eta$ with $\eta = 1$ for Ge
 $\eta = 2$ for Si

$$T_K = T_C + 273^\circ$$

$V_D = 0.7\text{Vdc}$ (Si) ;

$V_D = 0.3\text{Vdc}$ (Ge)



❖ Nguyên lý làm việc Diode chỉnh lưu :

- $U_{AK} > V_D$: I_{AK} tăng nhanh: Điốt dẫn (thông)
- $V_z < U_{AK} < V_D$: $I_{AK} \approx 0$: Điốt khóa (cắt)
- $U_{AK} < V_z < 0$: I_{AK} tăng ngược chiều: Điốt bị đánh thủng

Diode- Điốt

- ❖ Đặc tính V-A Diode thay đổi theo nhiệt độ

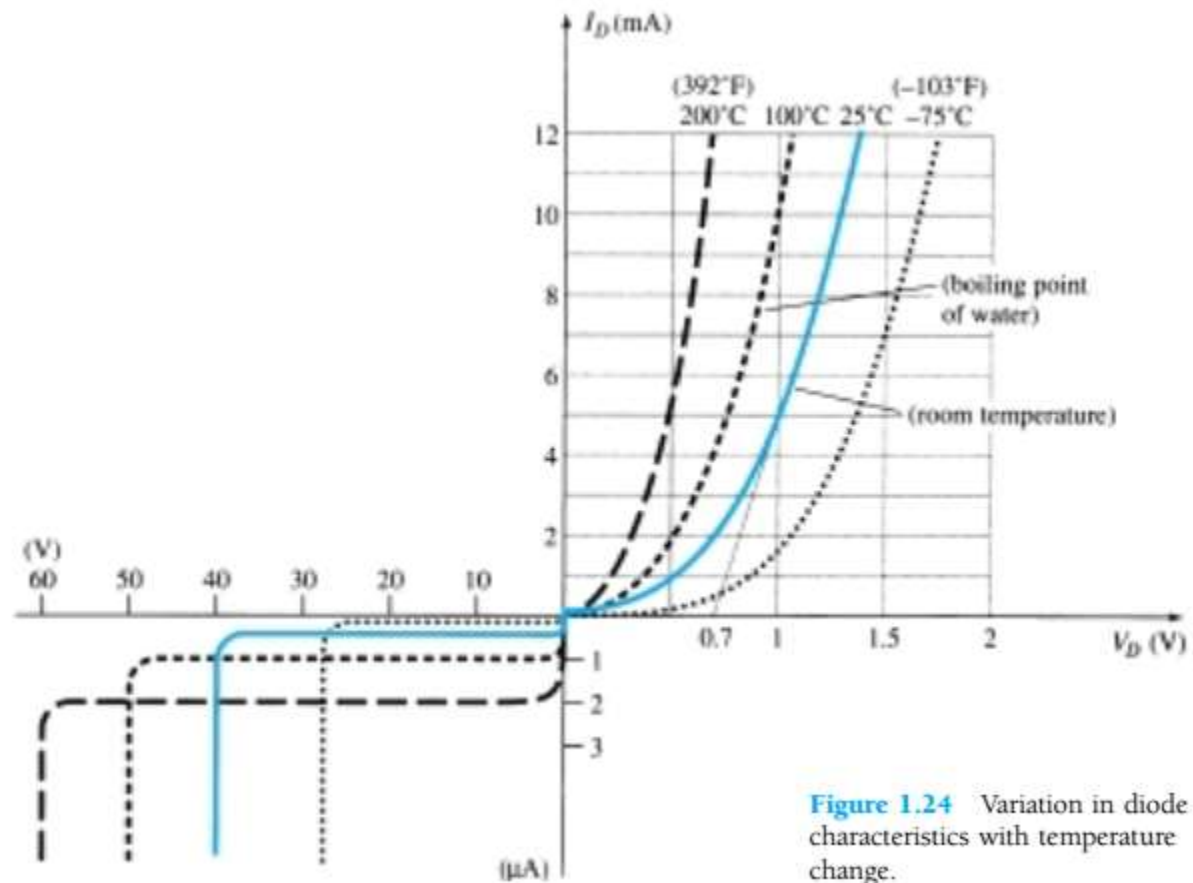
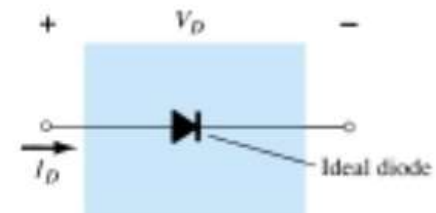
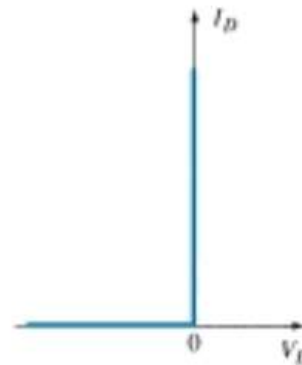
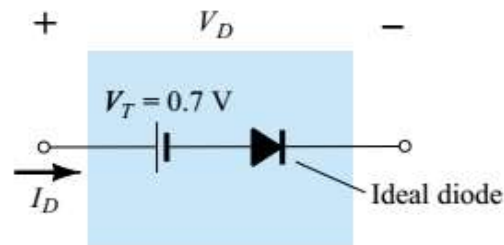
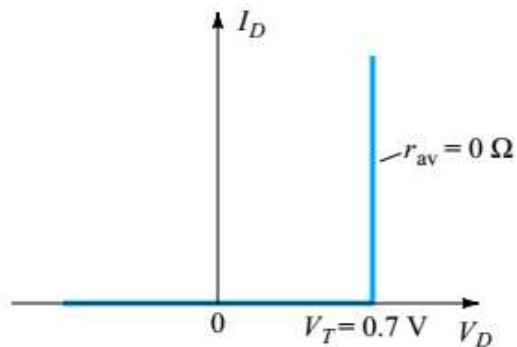
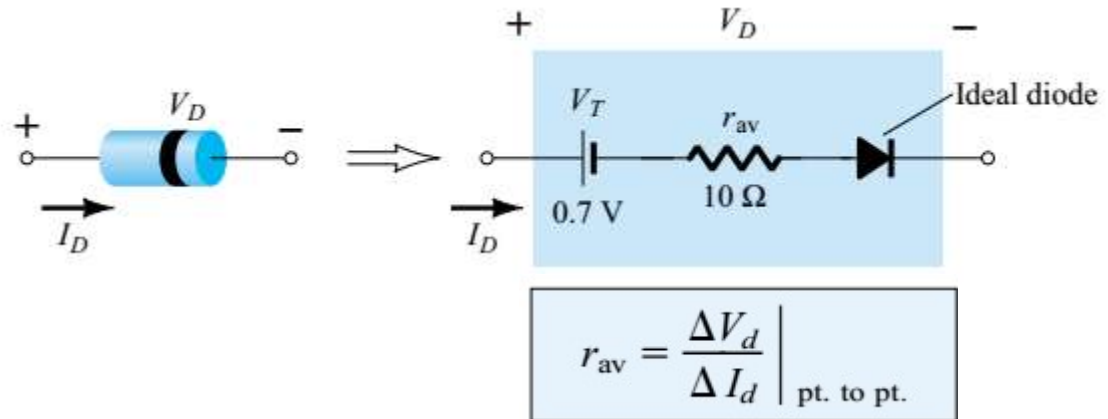
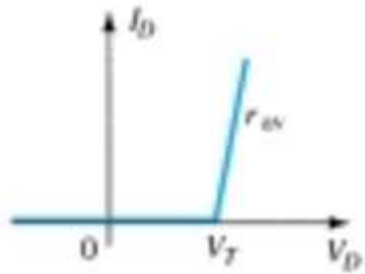


Figure 1.24 Variation in diode characteristics with temperature change.

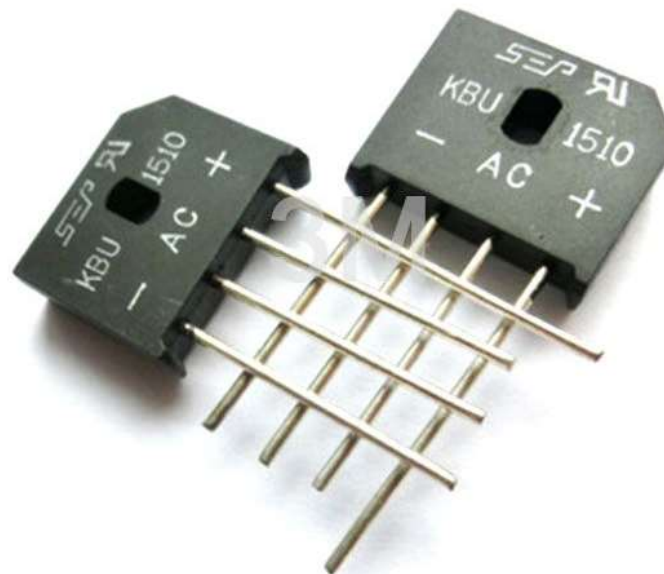
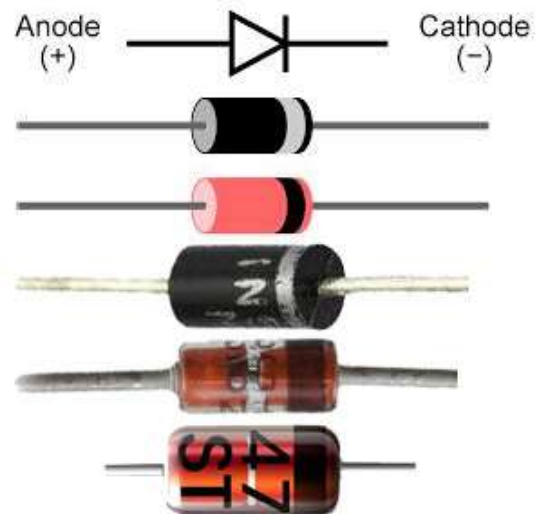
Diode- Điốt

❖ Mô hình hóa Điốt



Diode- Điốt

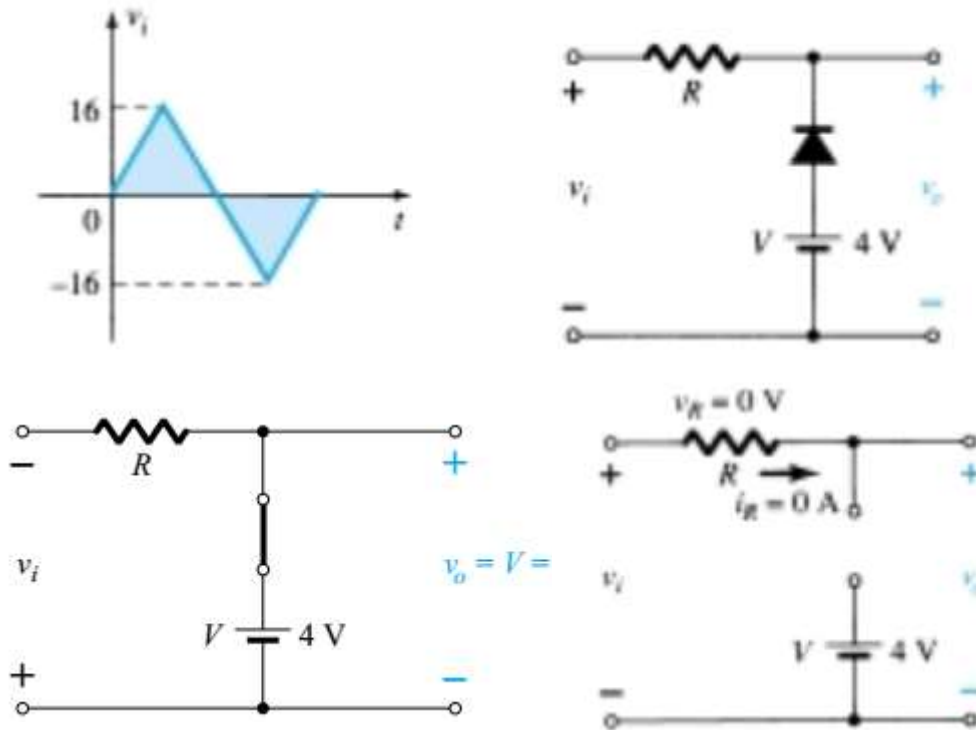
❖ Hình ảnh điốt thực tế:



Diode- Điốt

Ứng dụng về diode chỉnh lưu:

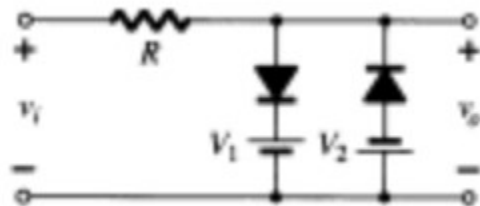
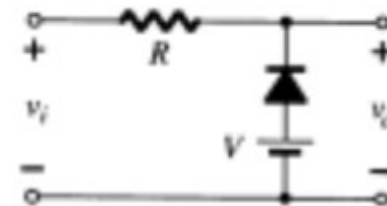
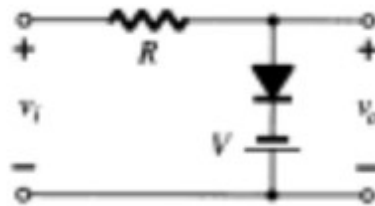
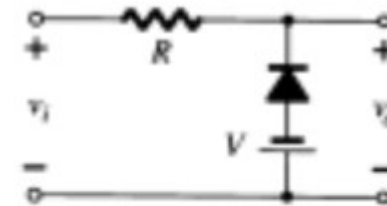
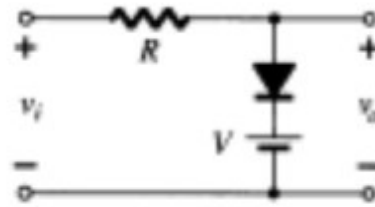
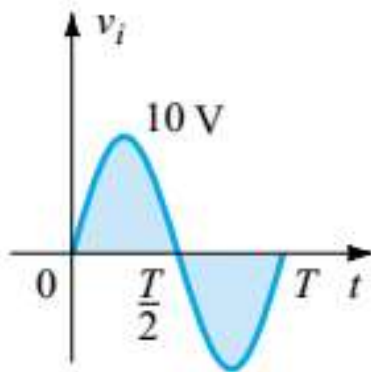
❖ Mạch ghim giữ điện áp



Diode- Điốt

Ứng dụng về diode chỉnh lưu:

Bài tập mạch ghim giữ điện áp (vẽ dạng điện áp đầu ra của các mạch sau)

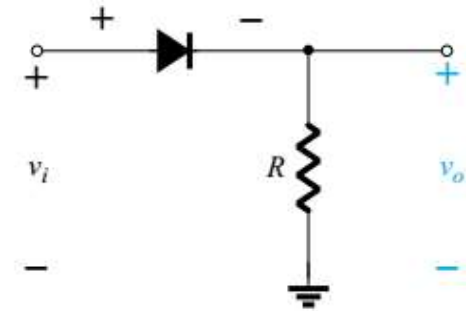
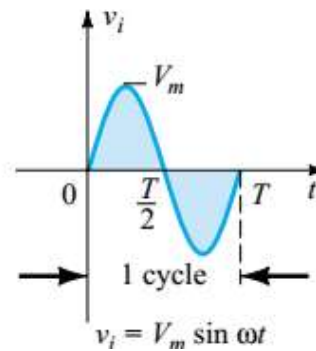


$$|V_1| > |V_2|$$

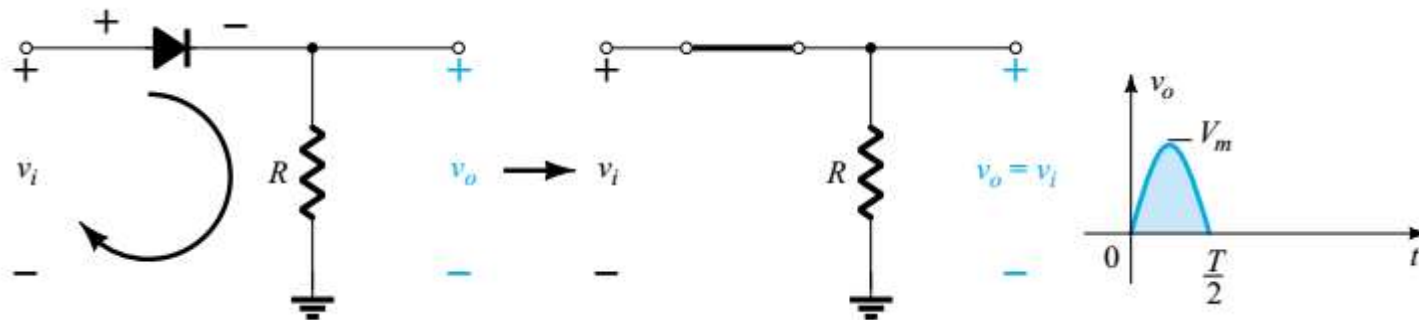
Diode- Điốt

Ứng dụng về diode chỉnh lưu:

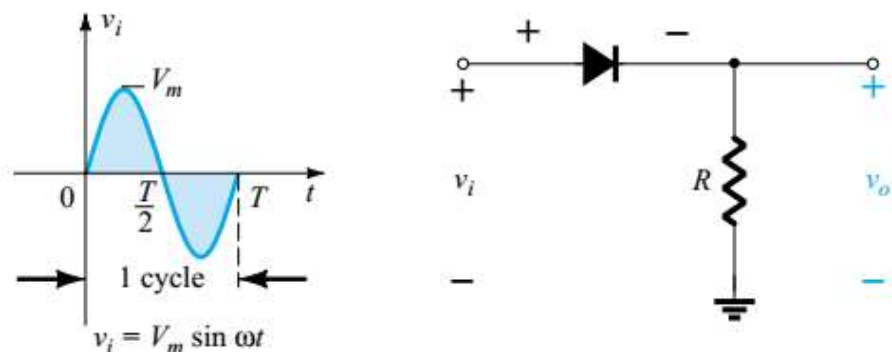
- ❖ Mạch chỉnh lưu:
 - Mạch chỉnh lưu $\frac{1}{2}$ ck



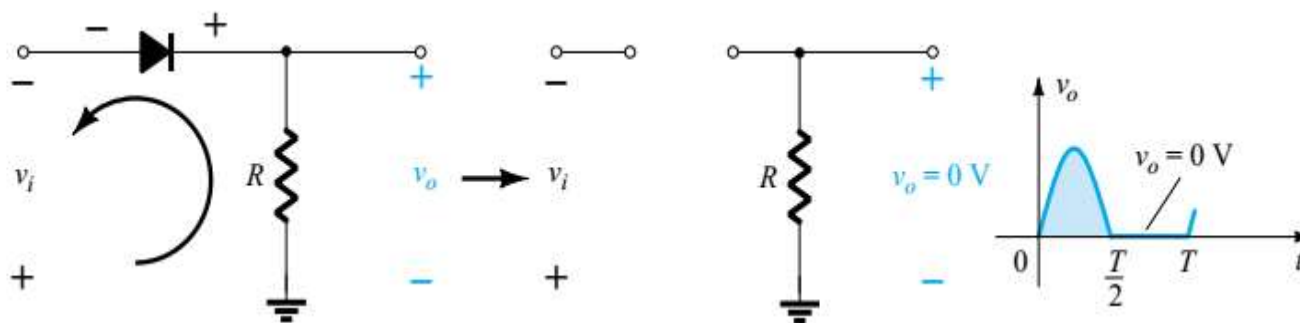
Nửa ck +



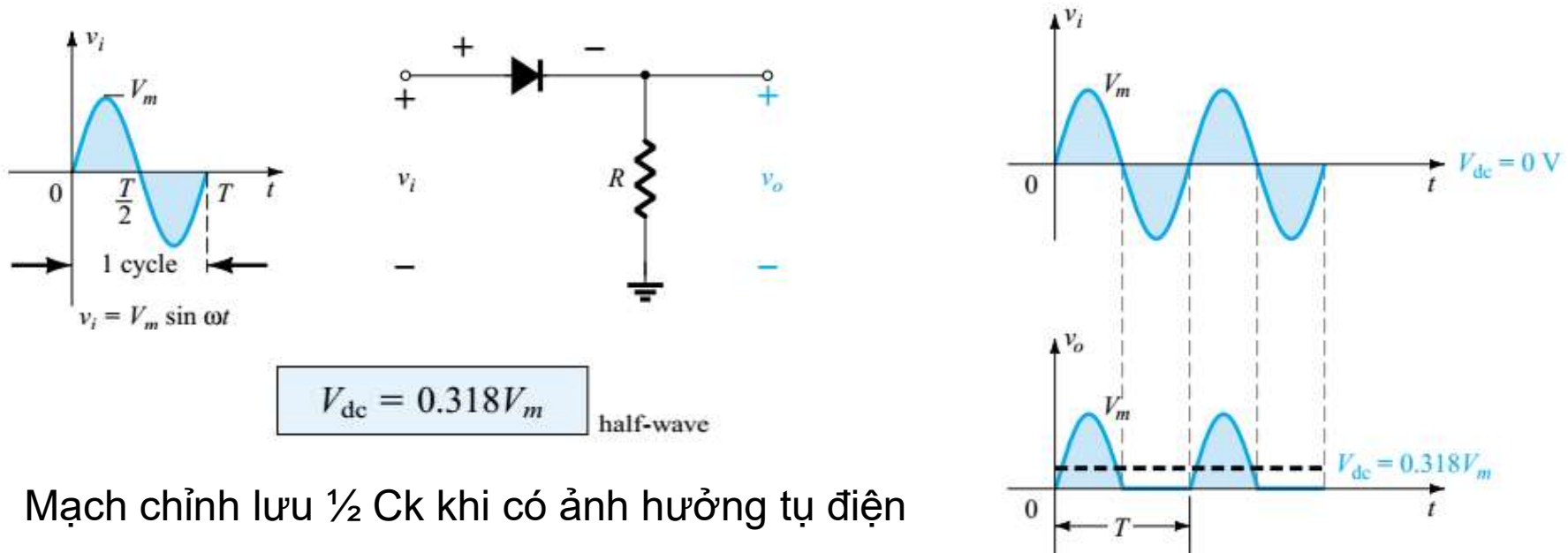
Diode- Điốt



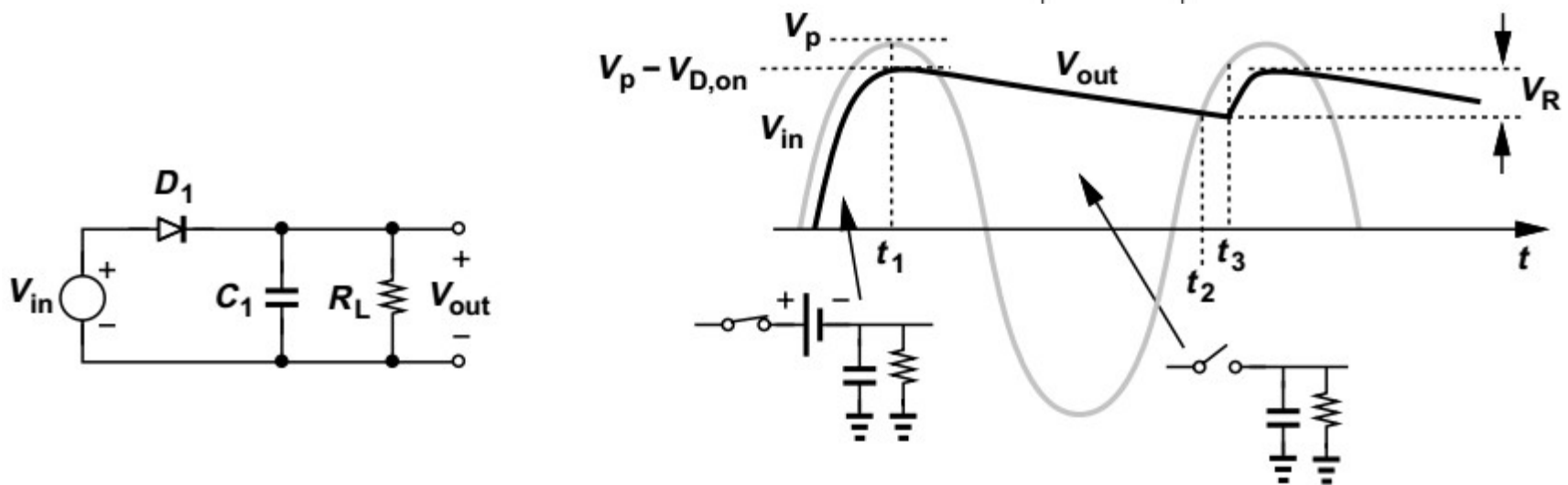
Nửa ck -



Diode- Điốt

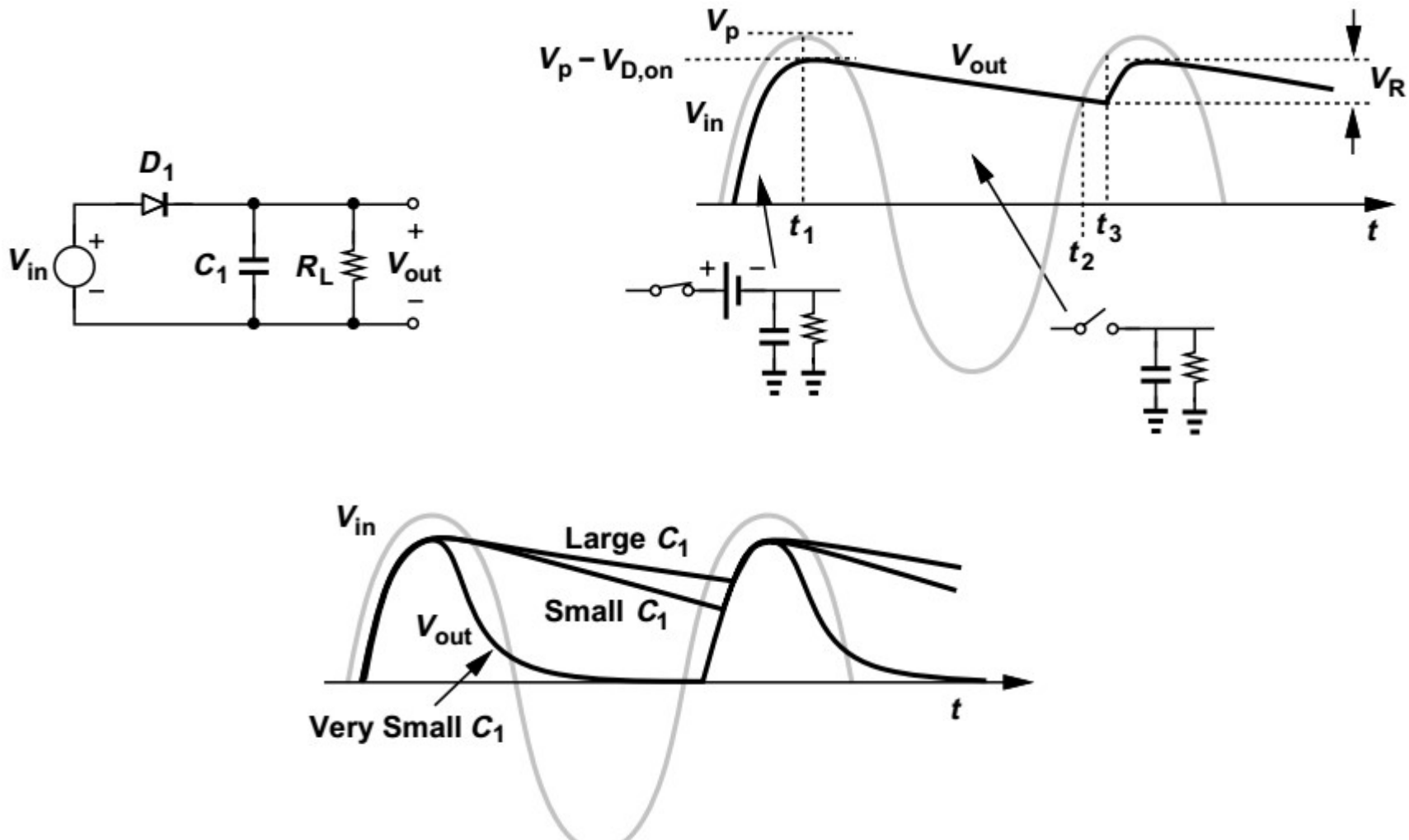


Mạch chỉnh lưu $\frac{1}{2}$ Ck khi có ảnh hưởng tụ điện



Diode- Đốt

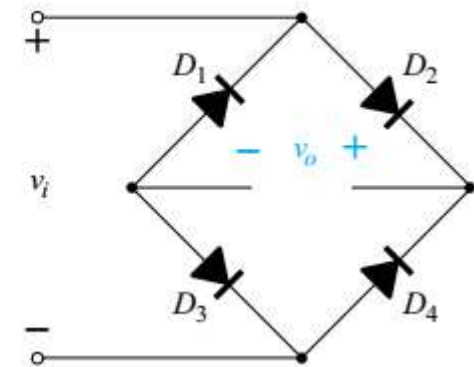
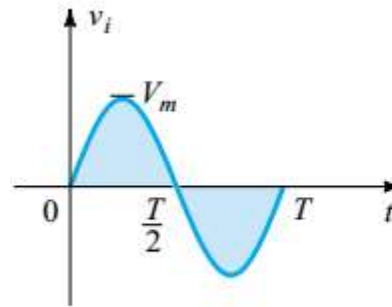
Mạch chỉnh lưu $\frac{1}{2}$ Ck khi có ảnh hưởng tụ điện



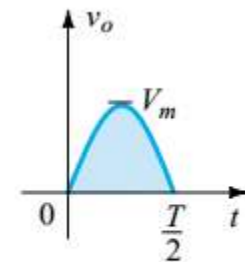
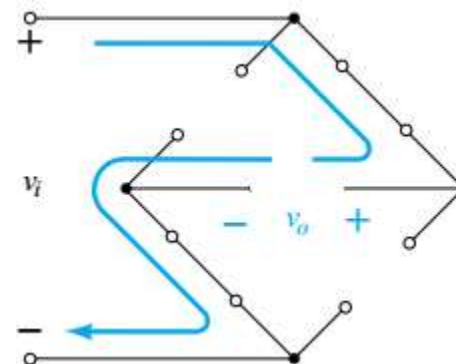
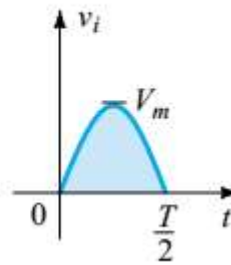
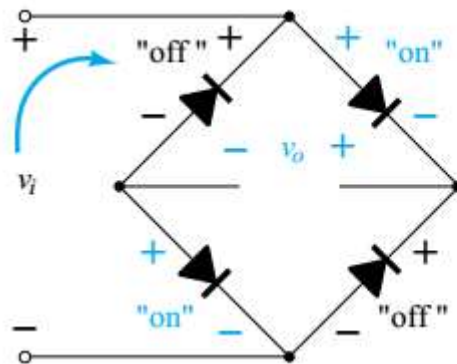
Diode- Điốt

Ứng dụng về diode chỉnh lưu:

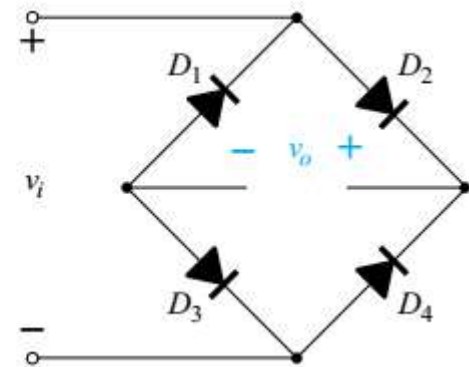
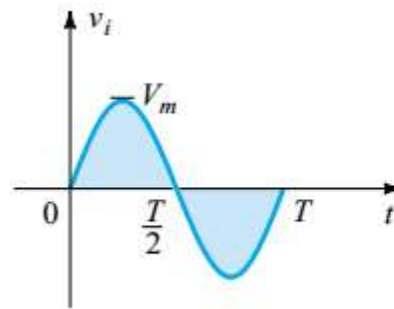
- ❖ Mạch chỉnh lưu:
 - Mạch chỉnh lưu cầu



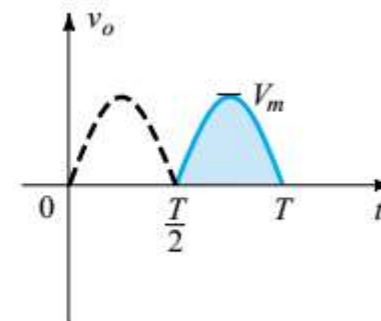
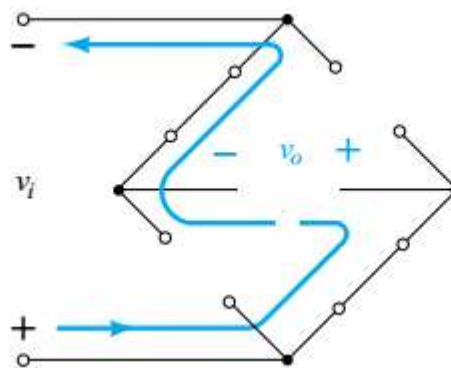
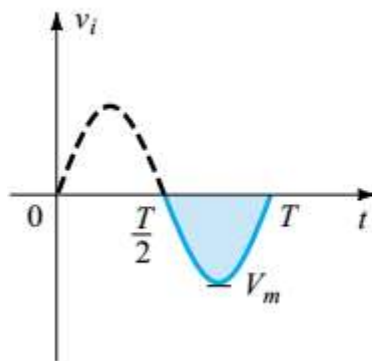
Nửa ck +



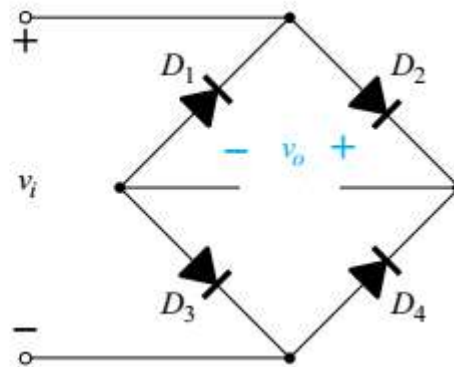
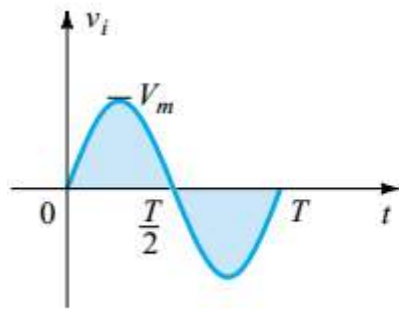
Diode- Điốt



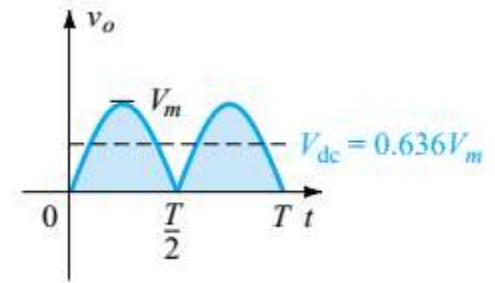
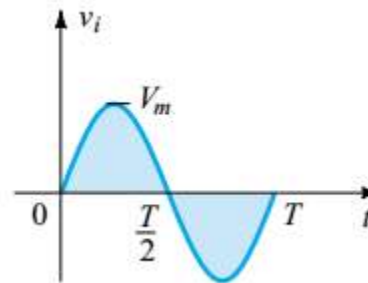
Nửa ck -



Diode- Đốt

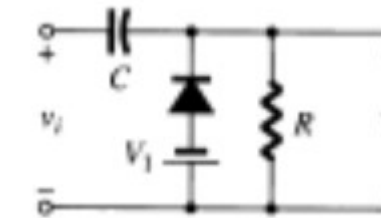
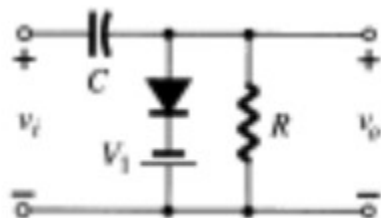
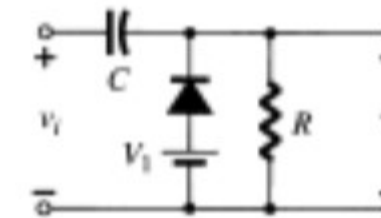
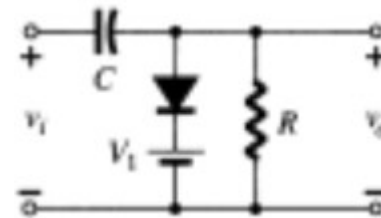
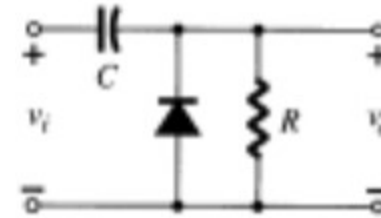
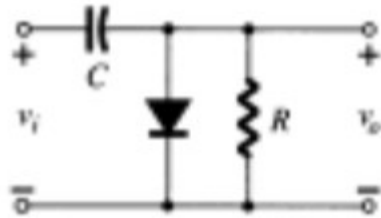
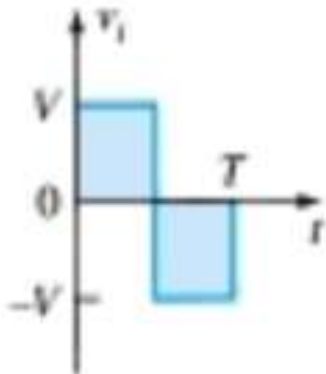


$$V_{dc} = 0.636V_m \quad \text{full-wave}$$



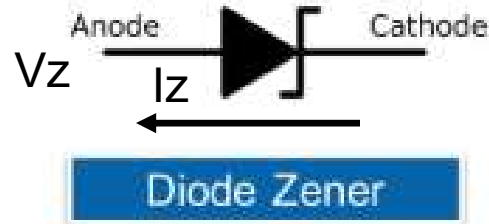
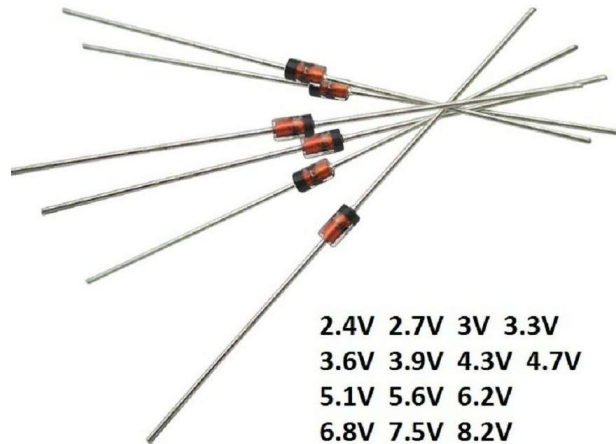
Diode- Điốt

Bài tập Diode (vẽ dạng điện áp đầu ra của các mạch sau)



Diode Zener- Điốt Ổn áp

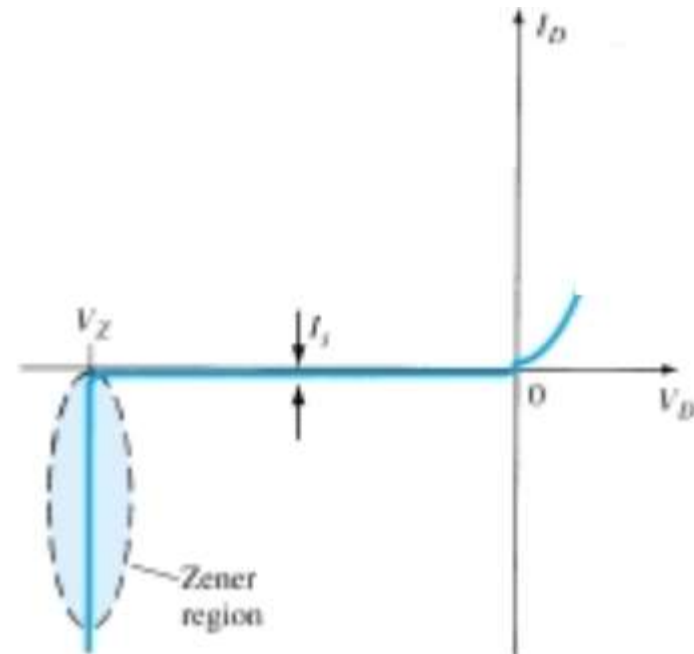
❖ Ký hiệu:



Thông số điốt ổn áp:

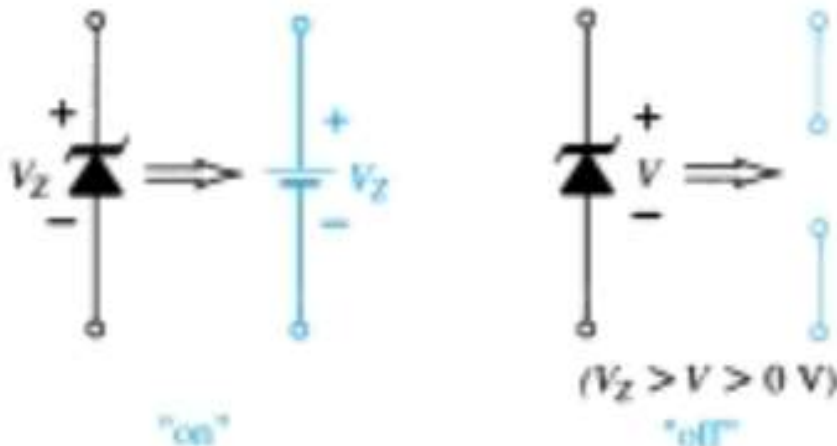
I_Z : dòng điện ổn áp ($I_{Z \min}$ – $I_{Z \max}$)

U_Z (V_Z) : điện áp ổn áp



Diode Zener- Điốt Ổn áp

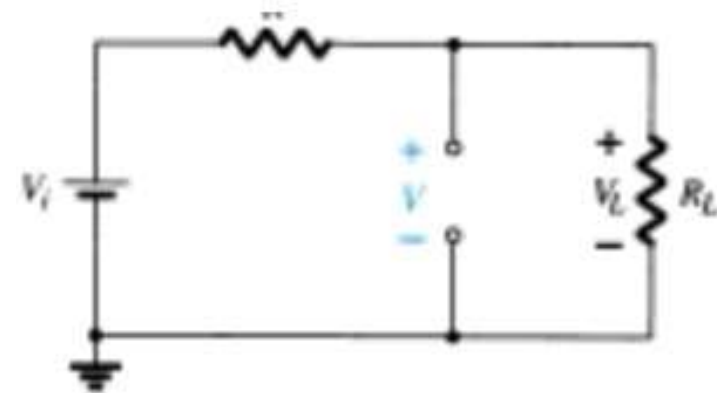
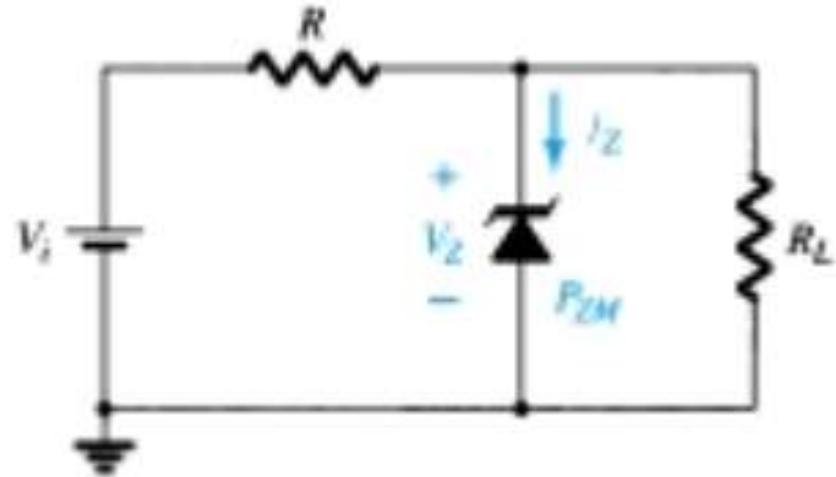
- ❖ Sơ đồ mạch ổn áp: $U_v : U_{dc}$
- ❖ Xác định trạng thái on/off của điốt ổn áp



- ❖ Xác định V_L :

$$V = V_L = \frac{R_L V_i}{R + R_L}$$

- ❖ Nếu $V_L < V_z$: ổn áp (Off)
- ❖ Nếu $V_L > V_z$: ổn áp (On)



Diode Zener- Điốt Ổn áp

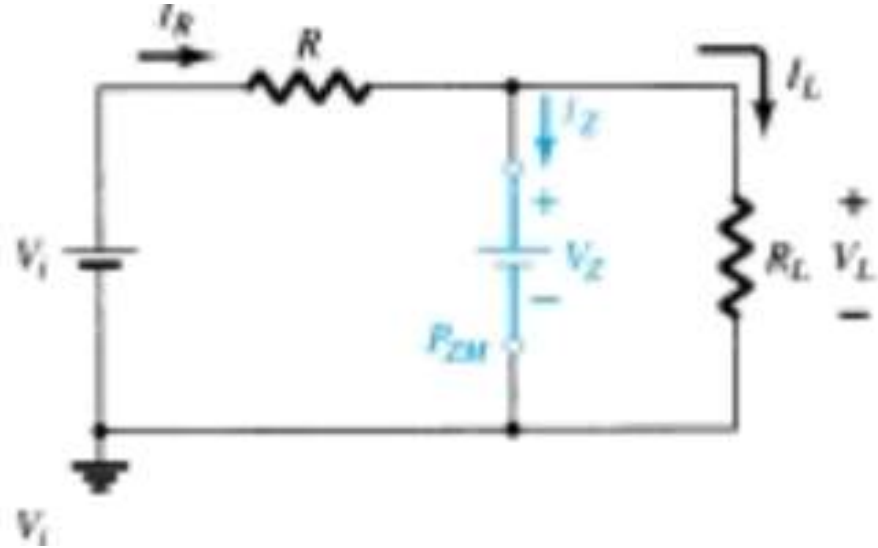
❖ Nếu $V_L > V_Z$: ổn áp (On) :

$$V_L = V_Z$$

$$I_R = I_Z + I_L$$

$$I_Z = I_R - I_L$$

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} \quad \text{and} \quad I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{V_i - V_L}{R}$$



❖ Hướng dẫn tính toán thiết kế mạch ổn áp

➤ Hãy thiết kế và tính toán mạch ổn áp nguồn ($R=????$)

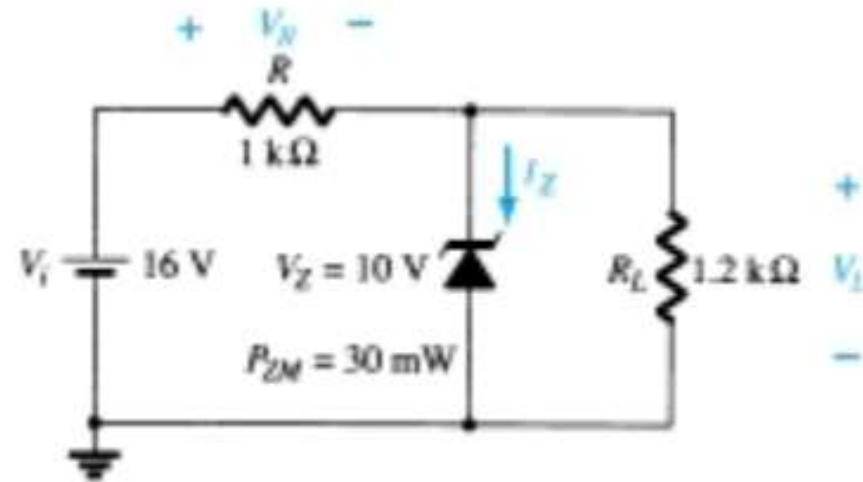
Biết : $U_v = 12\text{Vdc} \pm 10\%$; $V_Z = 5.1\text{Vdc}$; $R_L = 2.2\text{k}\Omega$

Diode Zener- Điốt Ổn áp

❖ Bài tập tính toán mạch ổn áp :

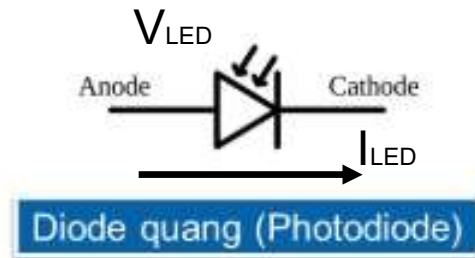
Tính V_L , V_R , I_Z , and P_Z .

Với $R_L = 1.2\text{k}\Omega$ và $R_L = 3.3\text{k}\Omega$



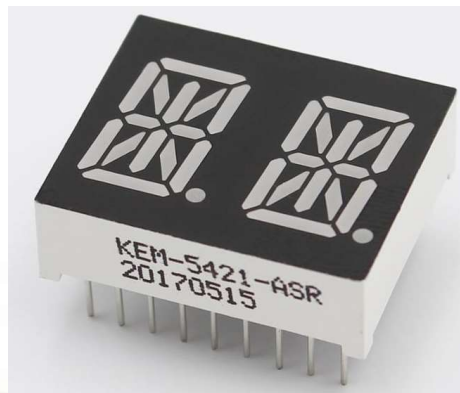
LED- LED 7Seg – Led ma trận

❖ Ký hiệu :



I_{led} : dòng điện qua Led (5 – 10mA)

U_{led} : điện áp Led tiêu thụ : 1.8- 2Vdc

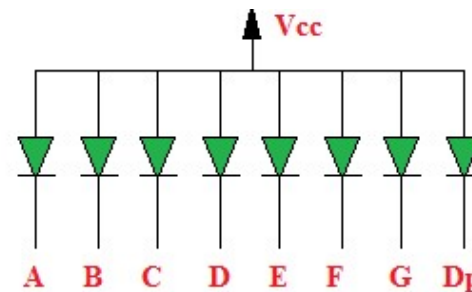
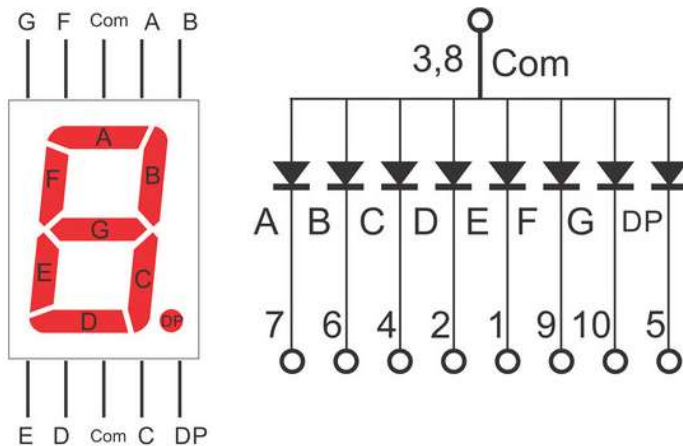


LED- LED 7Seg – Led ma trận

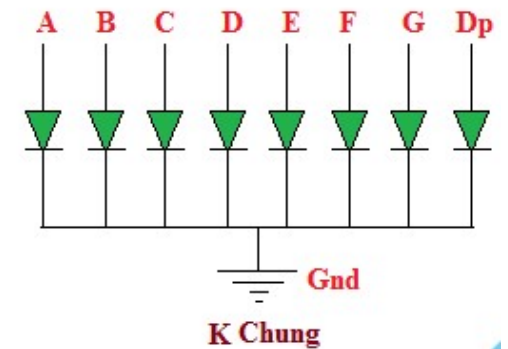
- ❖ Sơ đồ mạch Led đơn:
- ❖ Cách tính toán lựa chọn điện trở:

$$R = \frac{(V_{cc} - U_{led})}{I_{led}}$$

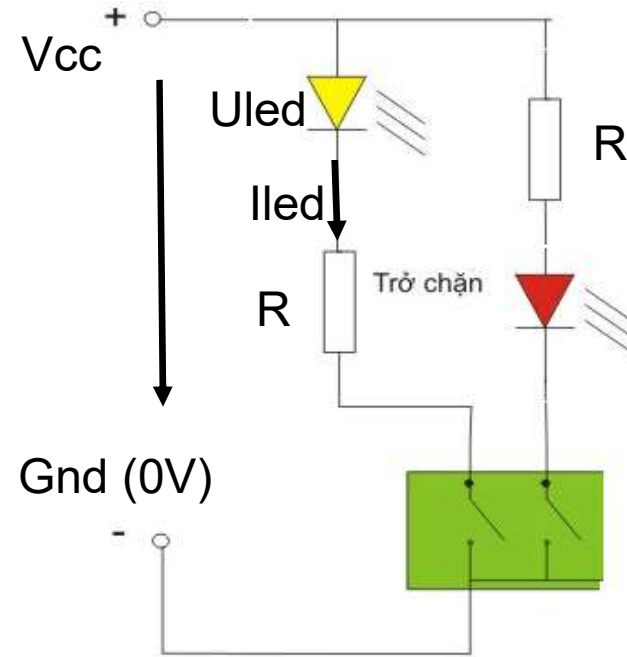
- ❖ Led 7 Seg – 14 seg
 - A chung (AC)
 - K chung (KC)



A Chung



K Chung



LED- LED 7Seg – Led ma trận

❖ Sơ đồ mạch Led 7seg:

❖ Mạch giải mã led 7seg:

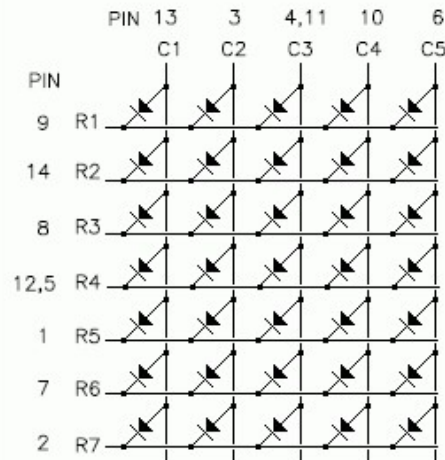
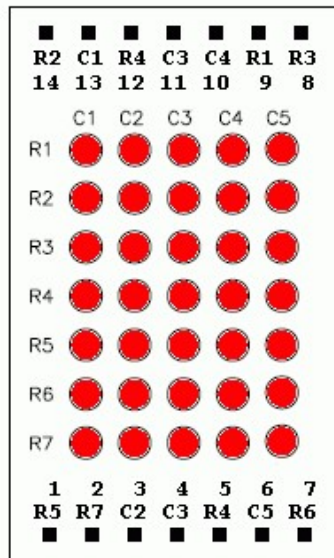
➢ Mạch giải mã bằng phần mềm)
sử dụng bộ Vi xử lý, Vi điều khiển

➢ Mạch giải mã bằng phần cứng
sử dụng các IC

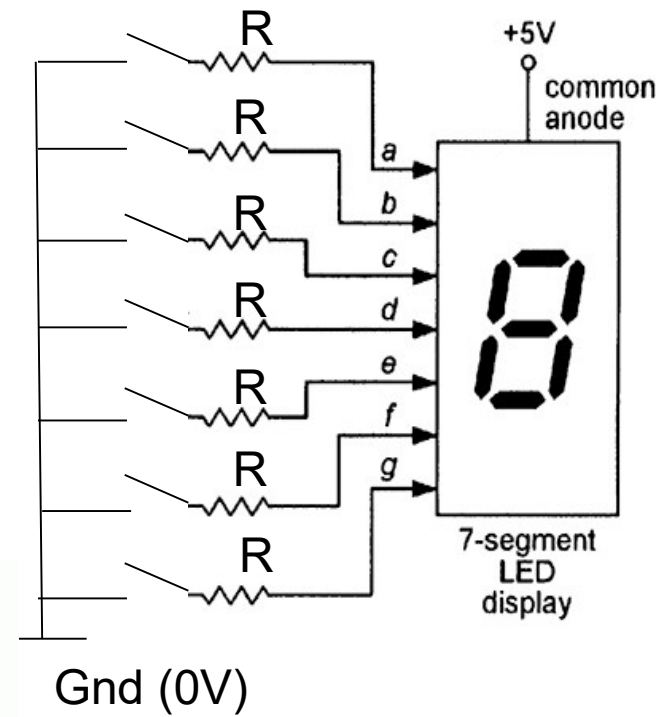
IC 7447 : Led A Chung

IC 7448: Led K Chung

❖ Led ma trận

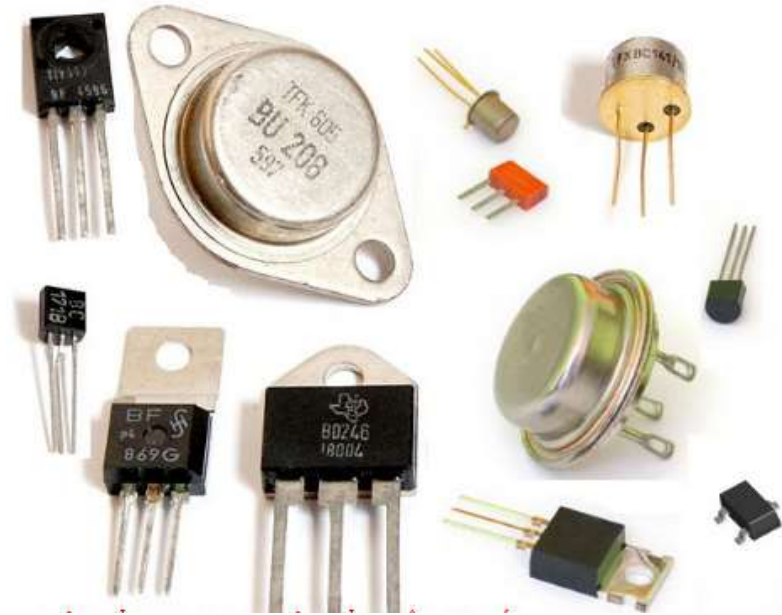
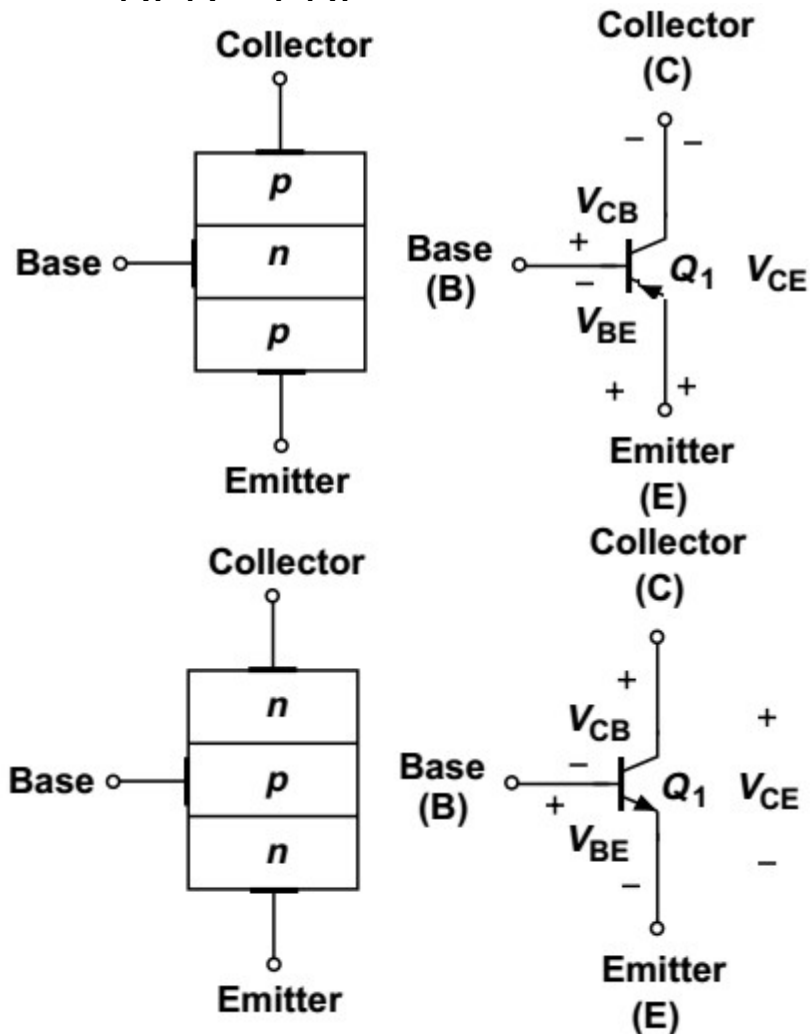


TA12-11GWA

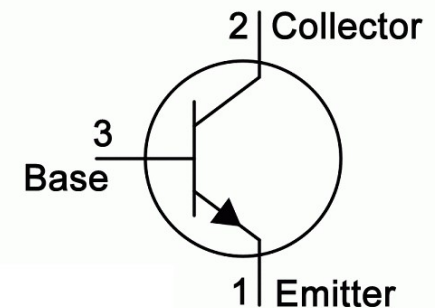
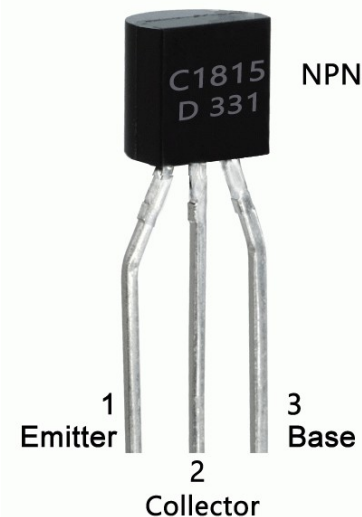


Transistor (Bipolar)

- ❖ Khái niệm chung Transistor:
 - Cấu tạo, Ký hiệu:
NPN – PNP



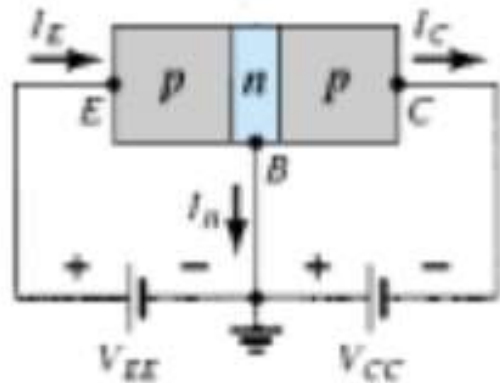
TO-92 Package



Transistor (Bipolar)

❖ Các biểu thức liên quan:

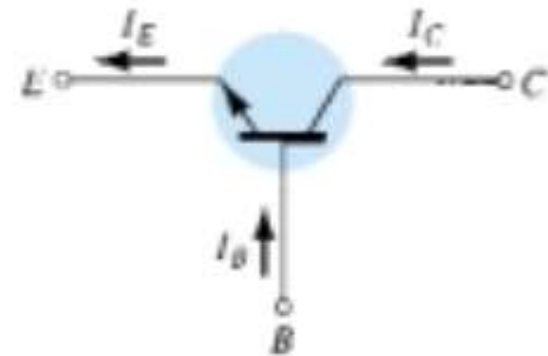
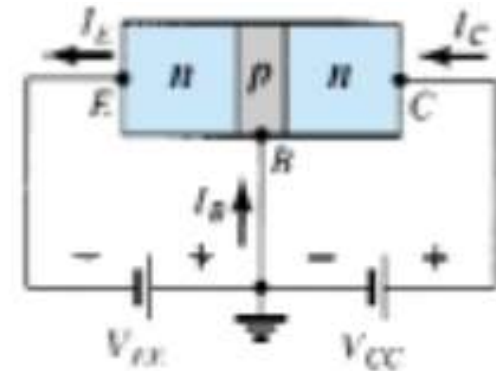
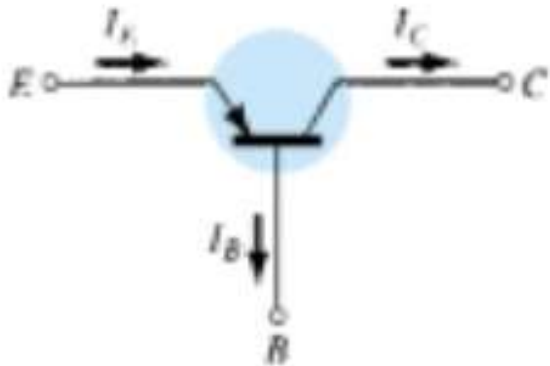
Muốn Transistor hoạt động : phải đặt các điện áp 1 chiều vào các cực của Transistor theo quy định (phân cực thuận)



$$I_E = I_C + I_B$$

I_B rất nhỏ (vài chục μA)

$$I_C \cong I_E$$



Transistor (Bipolar)

❖ Các biểu thức liên quan:

Hệ số Khuếch đại dòng điện: β

$$\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B}$$

Hệ số Truyền đạt dòng điện : α

$$\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E}$$

Biểu thức quan hệ giữa : α , β

$$I_E = I_C + I_B$$

$$\frac{I_C}{\alpha} = I_C + \frac{I_C}{\beta}$$

$$\frac{1}{\alpha} = 1 + \frac{1}{\beta}$$

$$\beta = \alpha\beta + \alpha = (\beta + 1)\alpha$$

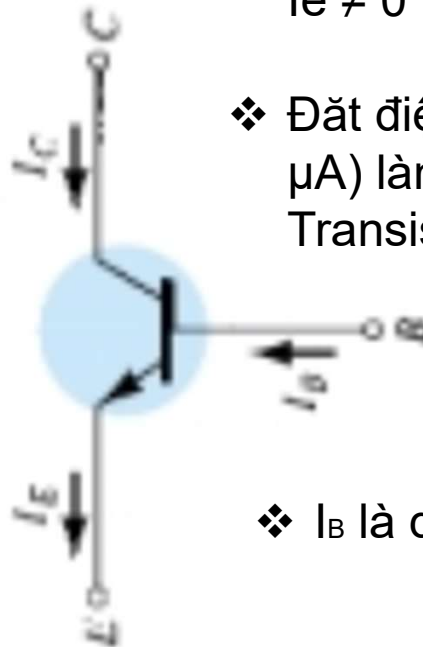
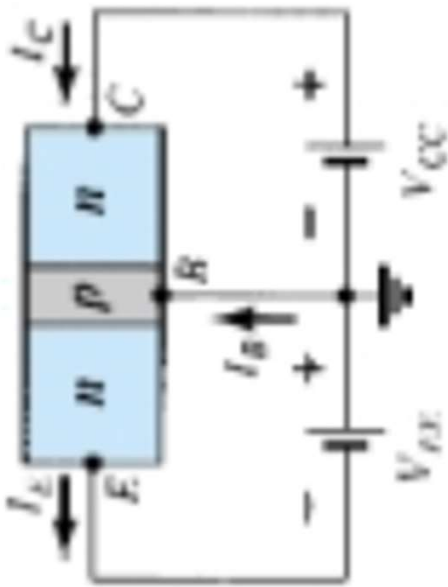
$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

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

Transistor (Bipolar)

❖ Nguyên tắc hoạt động Transistor:

NPN



❖ Đặt điện áp $U_{BE} > 0.7V_{dc} \rightarrow I_B$ đủ lớn (vài chục μA) làm cho $C \equiv E \rightarrow U_{CE} \approx 0, I_C, I_E \neq 0$: Transistor dẫn (mở, thông)

❖ Đặt điện áp $U_{BE} < 0.7V_{dc} \rightarrow I_B$ nhỏ (vài μA) làm cho $C \neq E \rightarrow U_{CE} \neq 0, I_C, I_E \approx 0$: Transistor cắt (khóa, đóng)

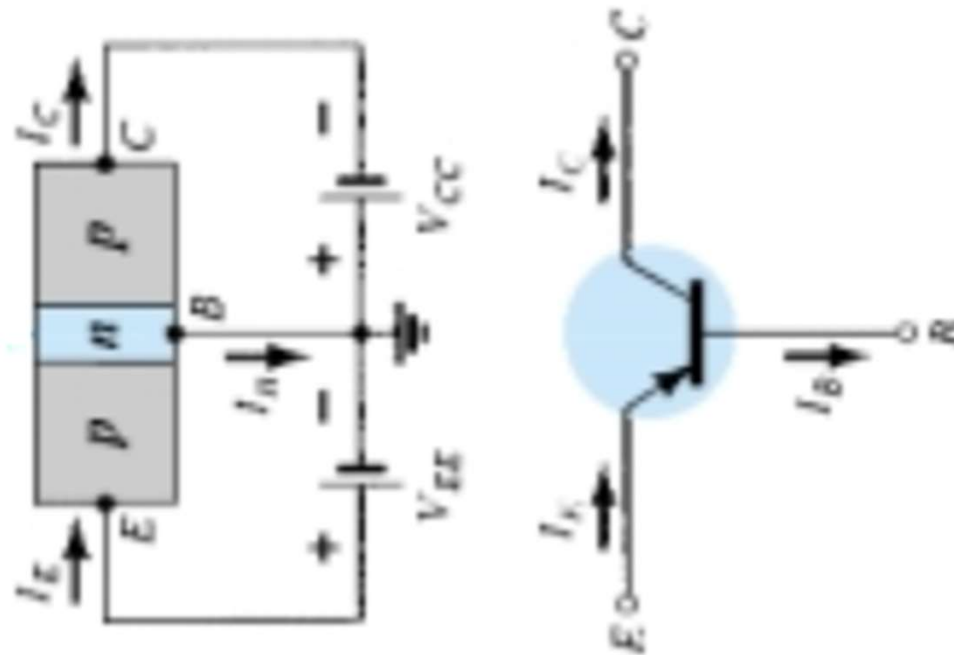
❖ I_B là dòng điện đk : Transistor mở / cắt

Transistor (Bipolar)

PNP

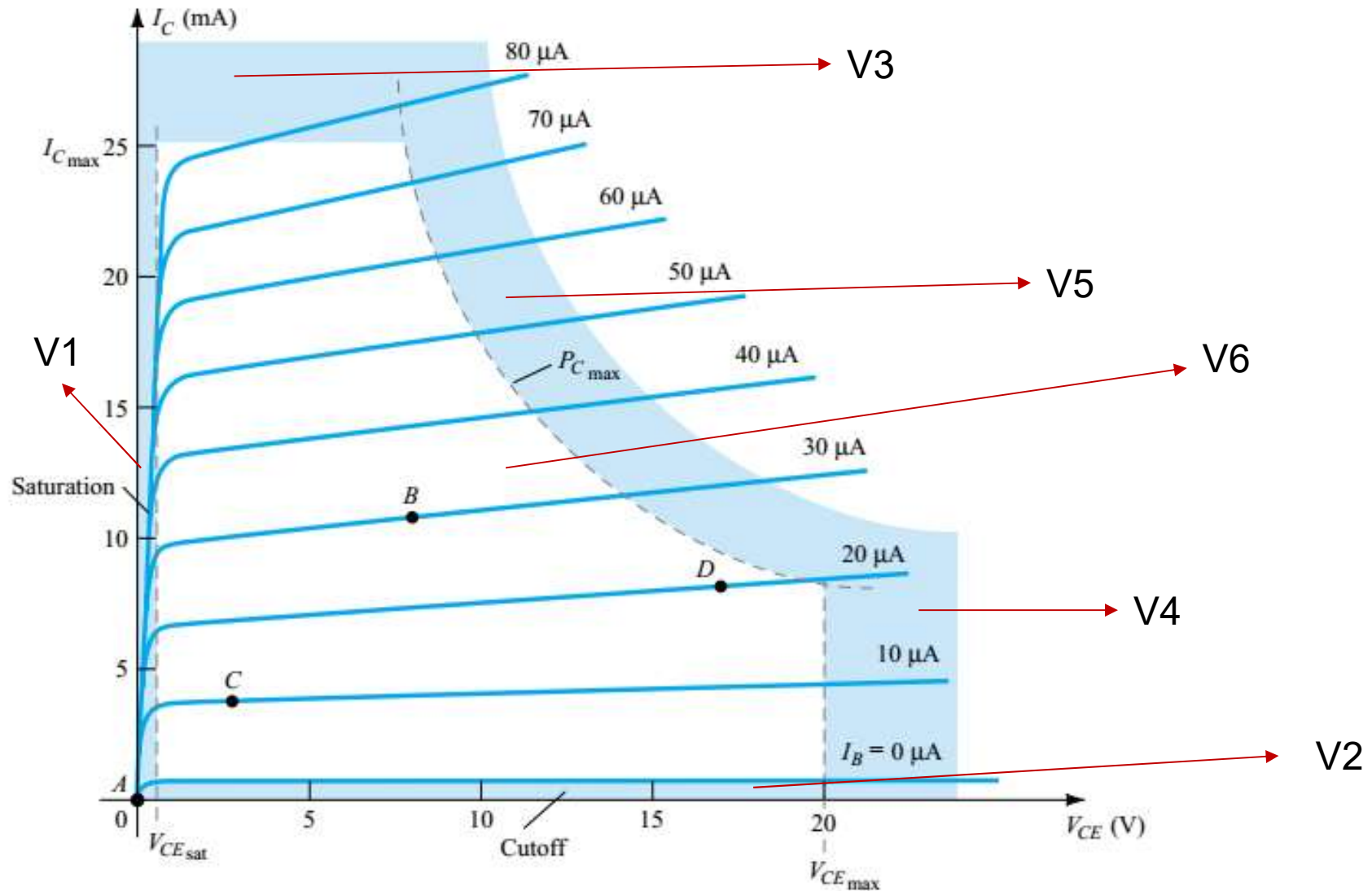
- ❖ Đặt điện áp $U_{be} < -0.7V_{dc} \rightarrow I_B$ đủ lớn (vài chục μA) làm cho $C \equiv E \rightarrow U_{ce} \approx 0, I_c, I_e \neq 0$: Transistor dẫn (mở, thông)
- ❖ Đặt điện áp $U_{be} > -0.7V_{dc} \rightarrow I_B$ nhỏ (vài μA) làm cho $C \neq E \rightarrow U_{ce} \neq 0, I_c, I_e \approx 0$: Transistor cắt (khóa, đóng)

❖ I_B là dòng điện đk : Transistor mở / cắt



Transistor (Bipolar)

❖ Đặc tính V-A : (transistor- NPN) : $I_c = f(U_{ce})$ khi $I_B = \text{const} \rightarrow$ họ đường cong



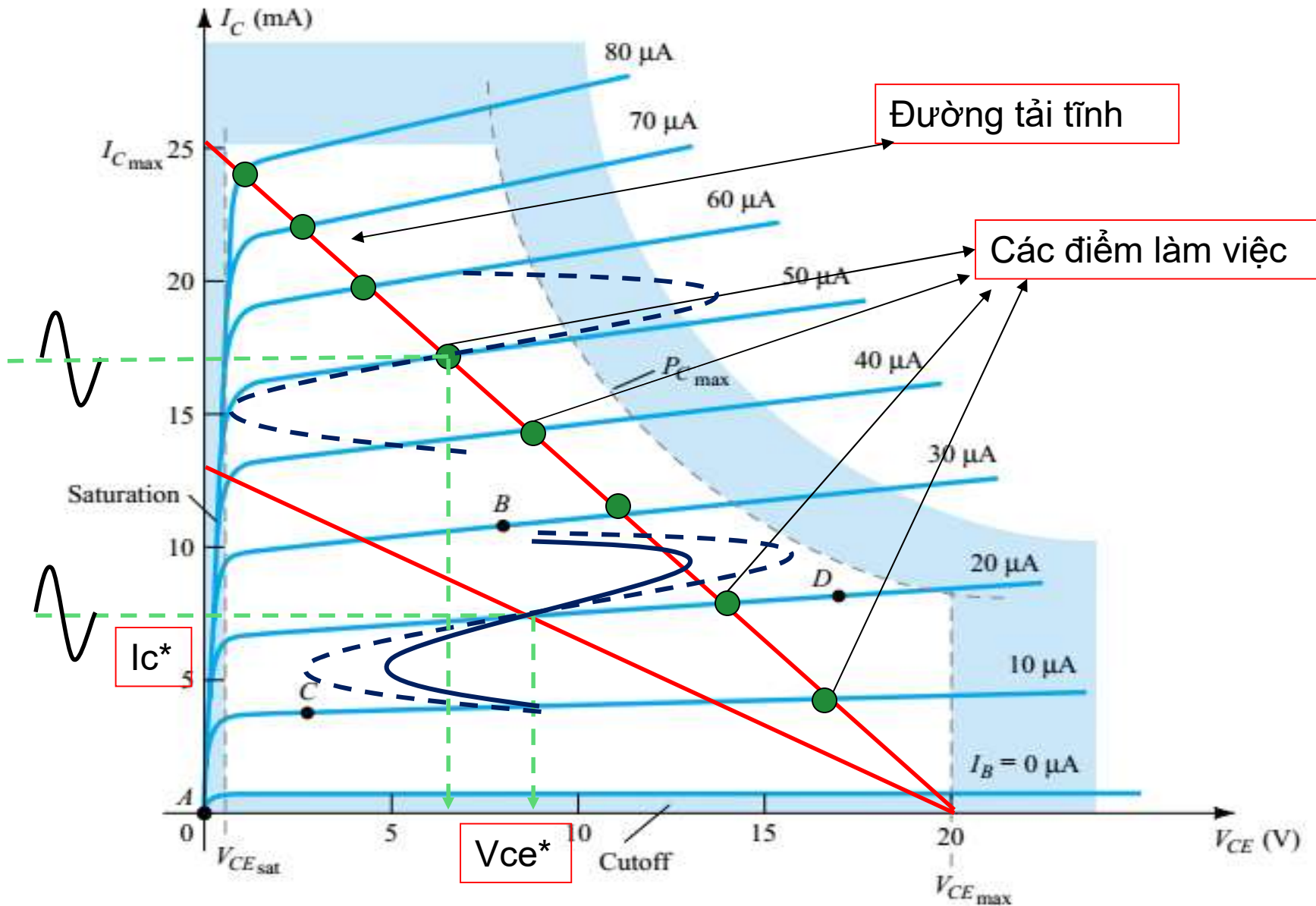
Transistor (Bipolar)

- ❖ V1 : Vùng bão hòa ($U_{ce} \approx 0$, I_c tăng theo I_b)
- ❖ V2: Vùng thấp dòng ($I_c \approx 0$, không phụ thuộc U_{ce})
- ❖ V3 Vùng quá dòng (I_{ce} tăng, không phụ thuộc U_{ce})
- ❖ V4 Vùng quá áp (U_{ce} tăng, không phụ thuộc vào I_{ce})
- ❖ V5 Vùng quá công suất (quá dòng, quá áp)
- ❖ V6 Vùng làm việc ổn định của Transistor

Đường tải tĩnh và điểm làm việc:

- ❖ Đường tải tĩnh là đường thẳng thể hiện $I_c = f(U_{ce})$ khi xét mạch ở chế độ một chiều, không có tín hiệu đầu vào hoặc tín hiệu đầu vào nhỏ không đáng kể
- ❖ Điểm làm việc : Giao của đường tải tĩnh với V-A nằm trong V6

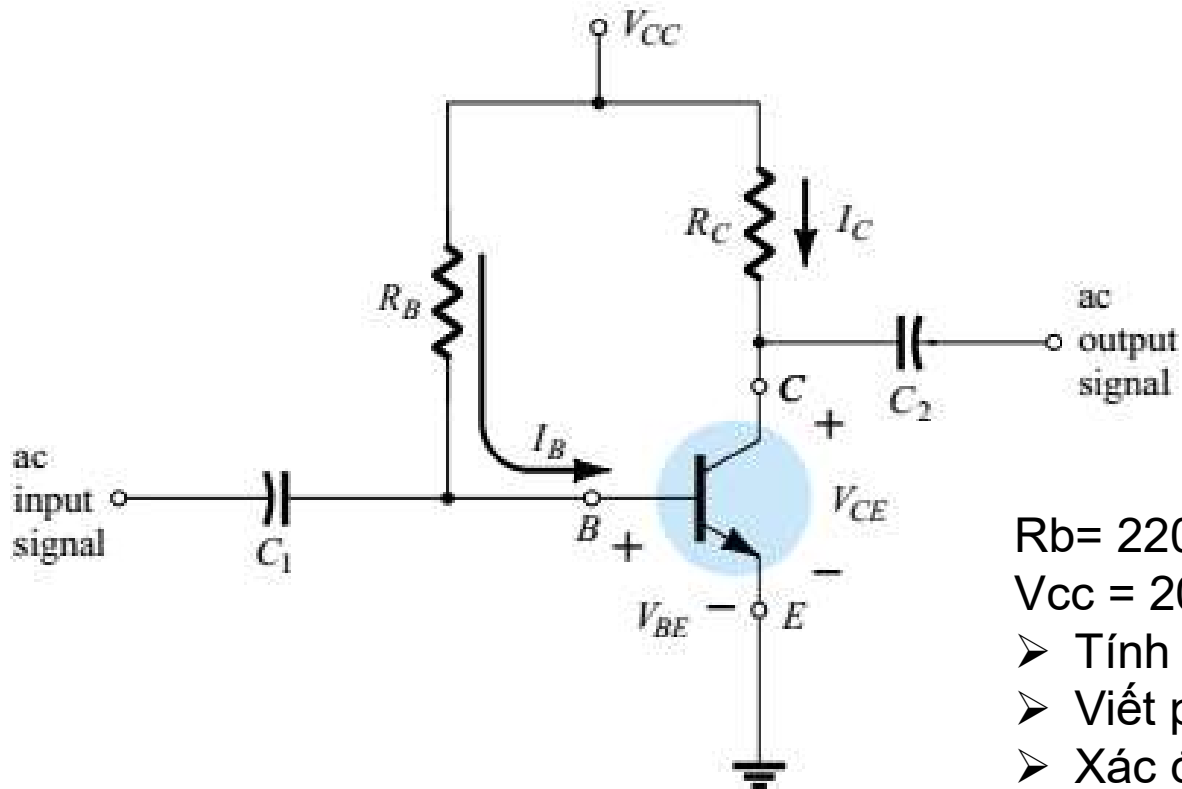
Transistor (Bipolar)



Transistor (Bipolar)

Bài tập:

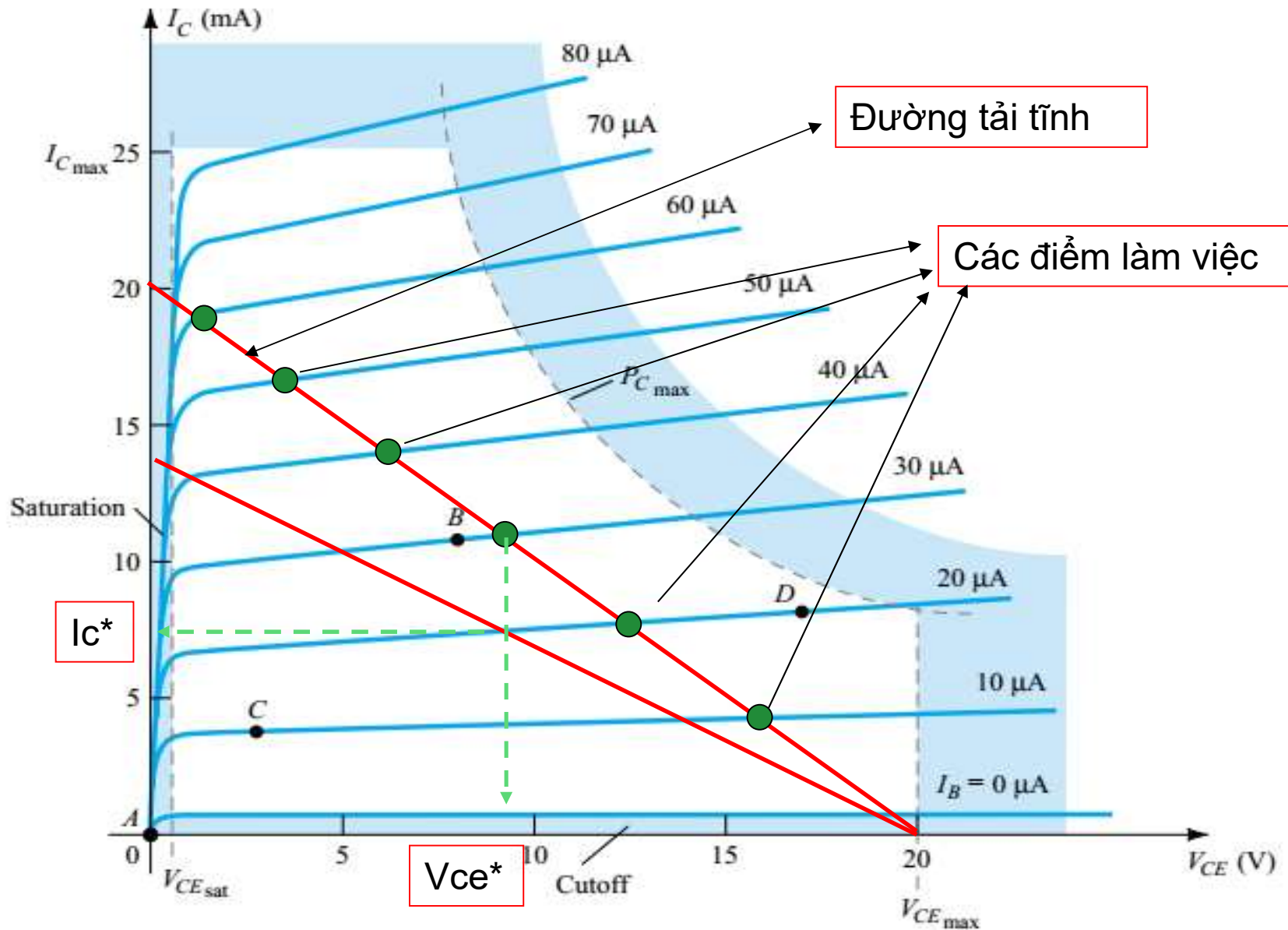
❖ Cho sơ đồ mạch Transistor(dưới) và đặc tính V-A (trên):



$R_B = 220\text{k}\Omega$; $R_C = 1\text{k}\Omega$;
 $V_{CC} = 20\text{Vdc}$; $\beta = 40$

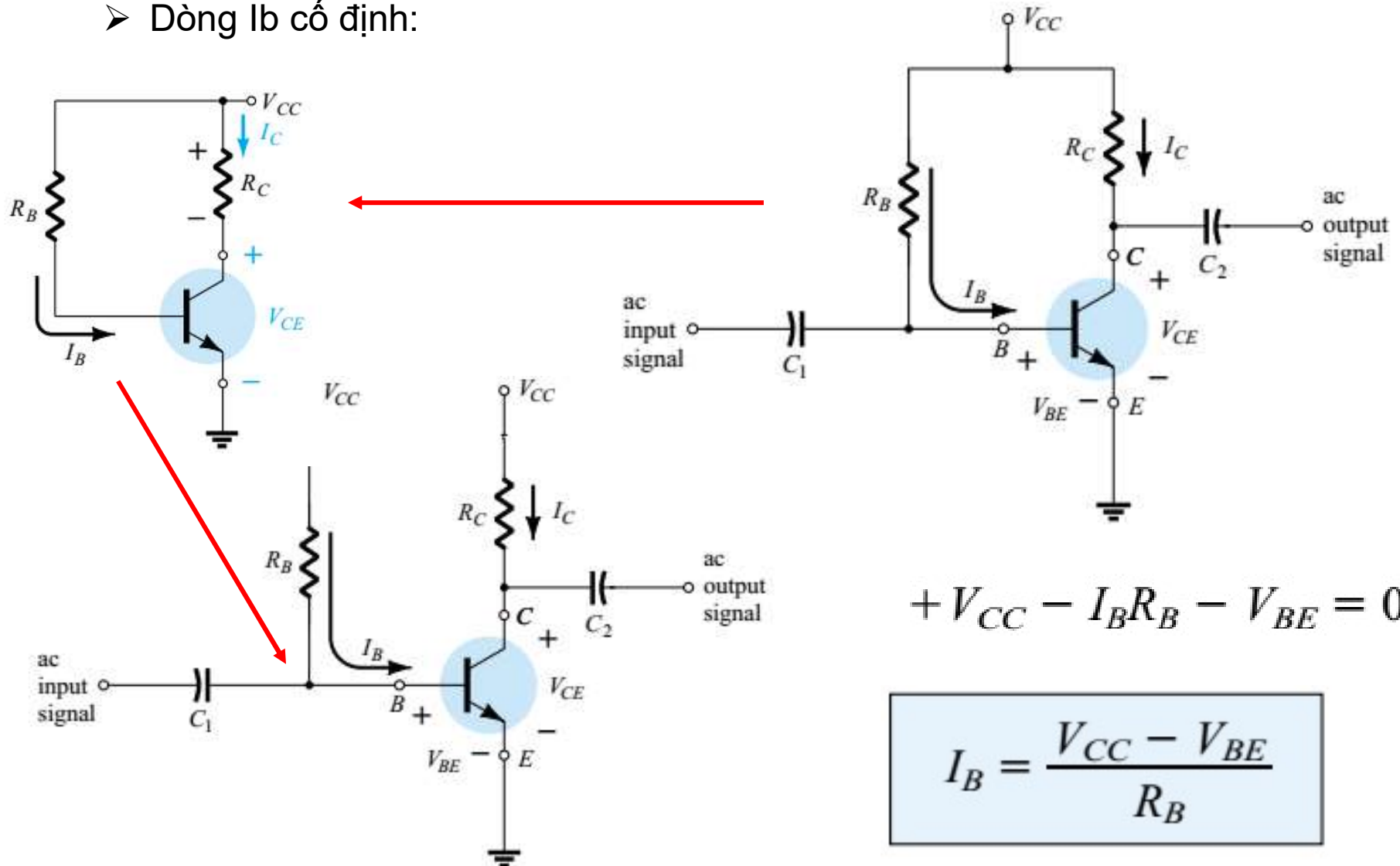
- Tính α
- Viết pt đường tải tĩnh
- Xác định điểm làm việc
- Dịch chuyển điểm làm việc tại
 $I_B = 30\text{ }\mu\text{A} \rightarrow I_B = 20\text{ }\mu\text{A}$

Transistor (Bipolar)



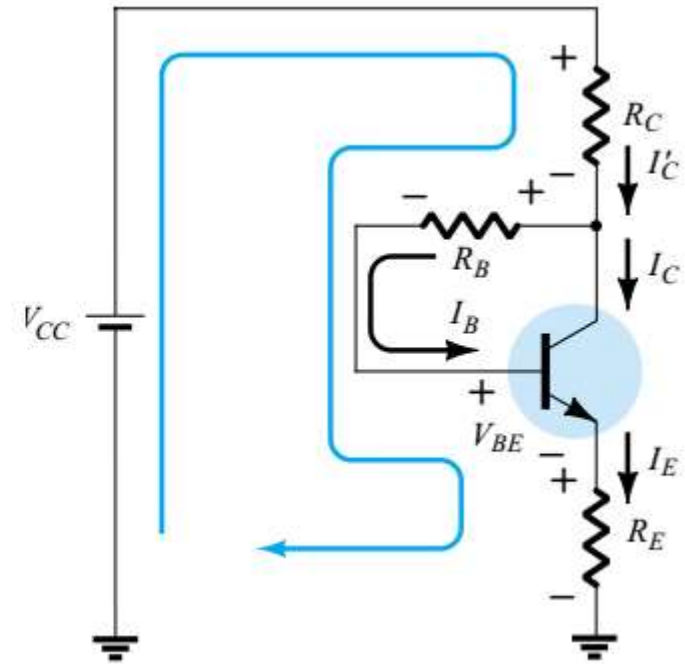
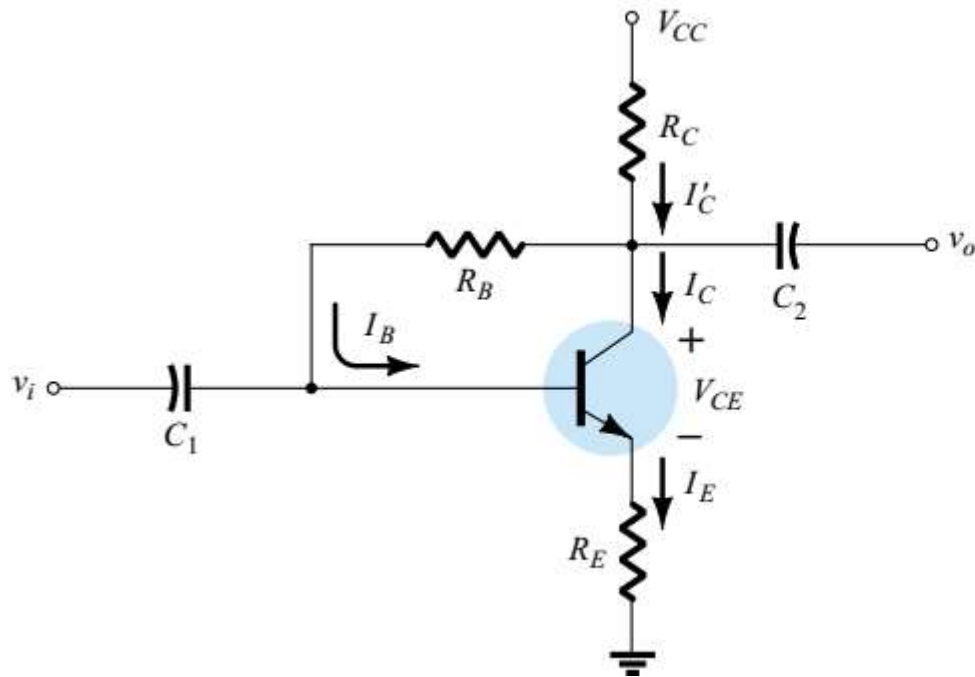
Transistor (Bipolar)

- ❖ Các phương pháp ổn định dòng I_B :
 - Dòng I_B cố định:



Transistor (Bipolar)

➤ Dòng phản hồi:



$$V_{CC} - I'_C R_C - I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E = 0$$

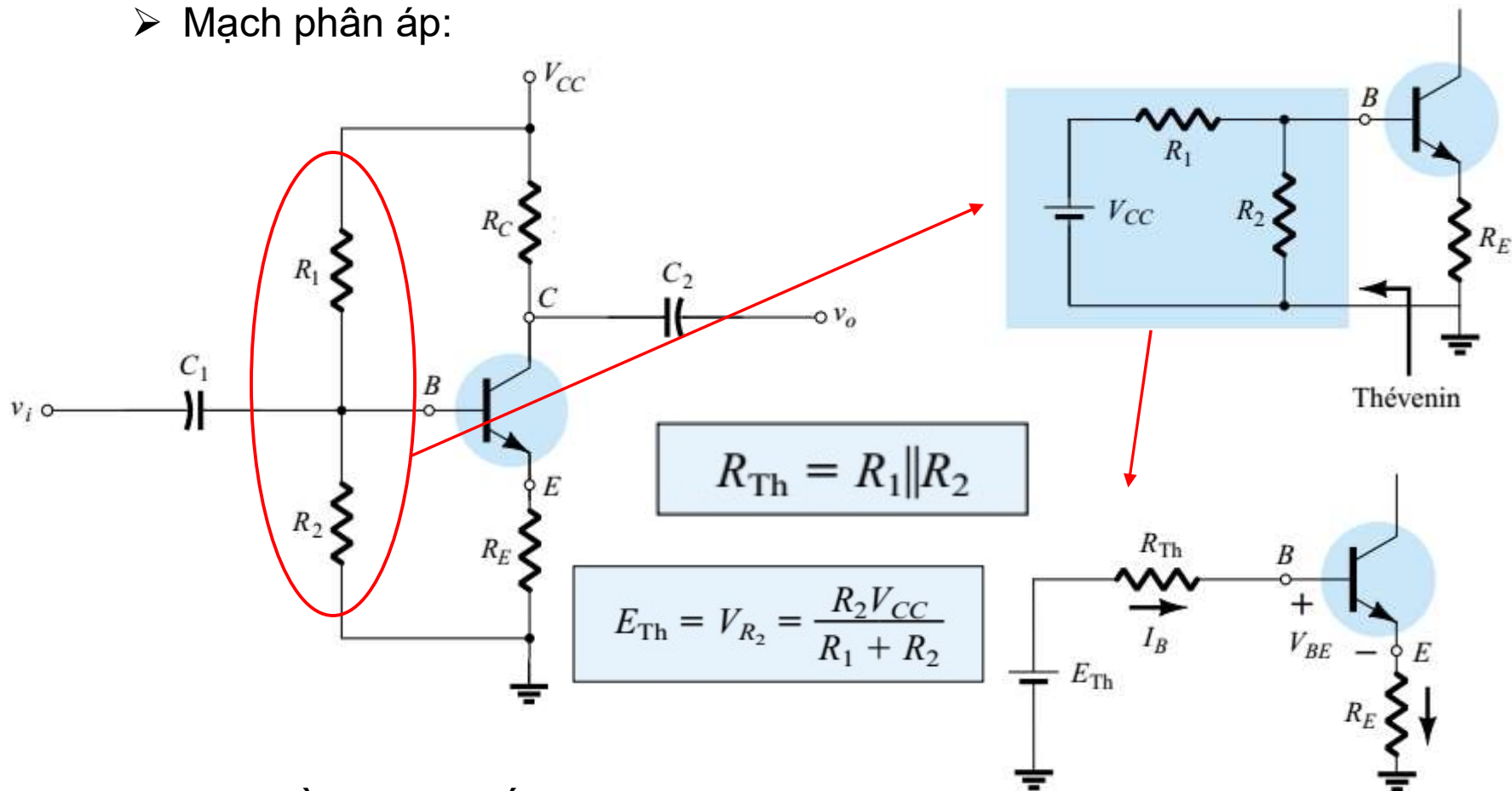
$$V_{CC} - \beta I_B R_C - I_B R_B - V_{BE} - \beta I_B R_E = 0$$

$$V_{CC} - V_{BE} - \beta I_B (R_C + R_E) - I_B R_B = 0$$

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

Transistor (Bipolar)

➤ Mạch phân áp:



Mạch trở về dòng I_B cố định:

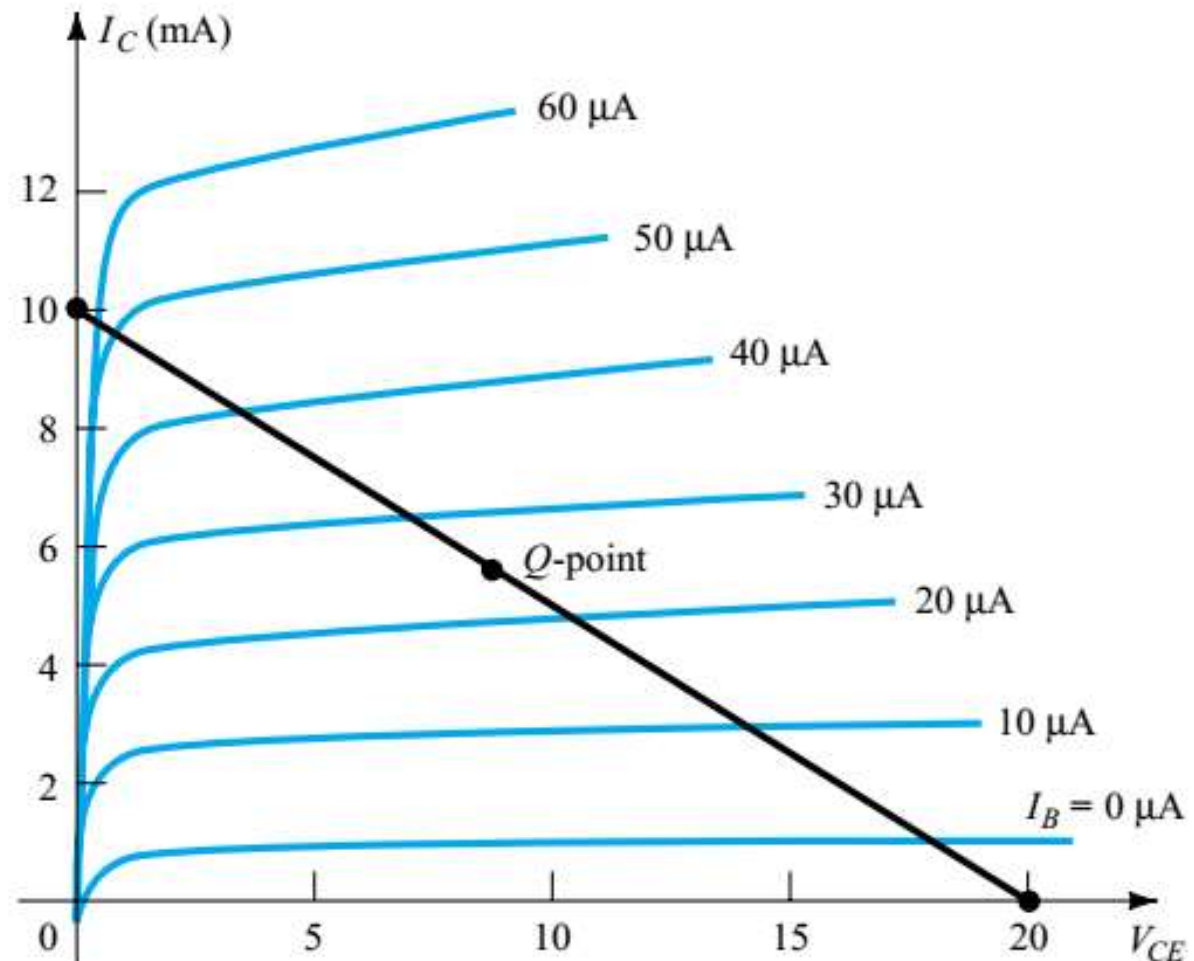
$$E_{Th} - I_B R_{Th} - V_{BE} - I_E R_E = 0$$

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

Transistor (Bipolar)

- ❖ Bài Tập 1: cho đặc tính V-A sau: tính toán thiết kế mạch ổn định dòng I_B theo phương án dòng I_B cố định:

Tính V_{CC} , R_C , R_B



Transistor (Bipolar)

❖ Giải BT1:

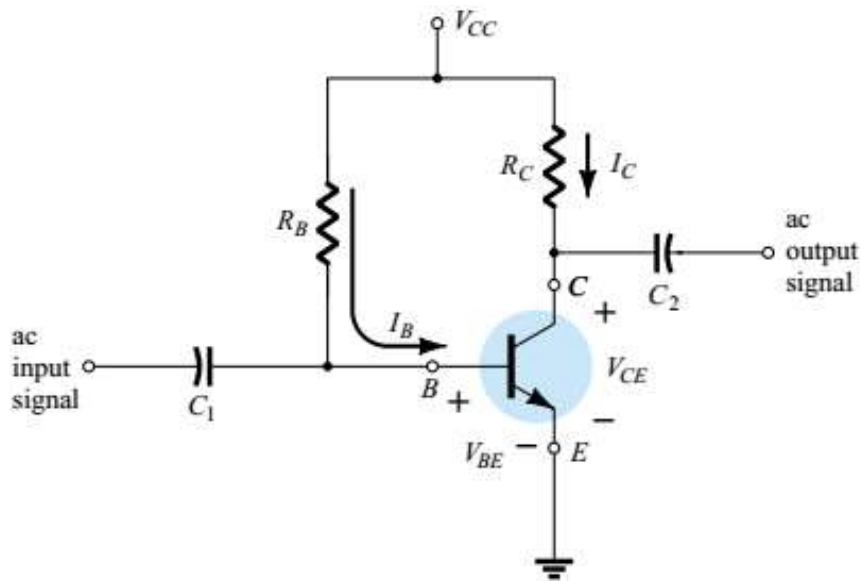
$$V_{CE} = V_{CC} = 20 \text{ V at } I_C = 0 \text{ mA}$$

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} \text{ at } V_{CE} = 0 \text{ V}$$

$$R_C = \frac{V_{CC}}{I_C} = \frac{20 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 2 \text{ k}\Omega$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

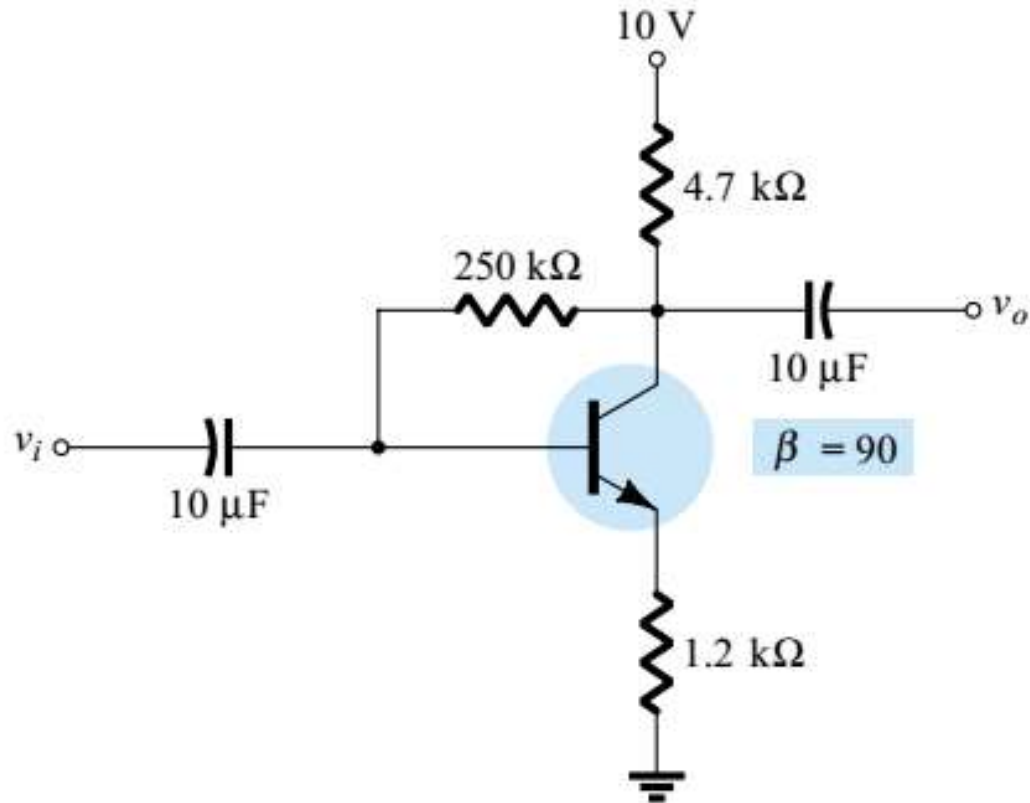
$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{20 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{25 \mu\text{A}} = 772 \text{ k}\Omega$$



Transistor (Bipolar)

❖ Bài Tập 2: Cho sơ đồ mạch như hình vẽ.

Tính I_c , U_{ce}



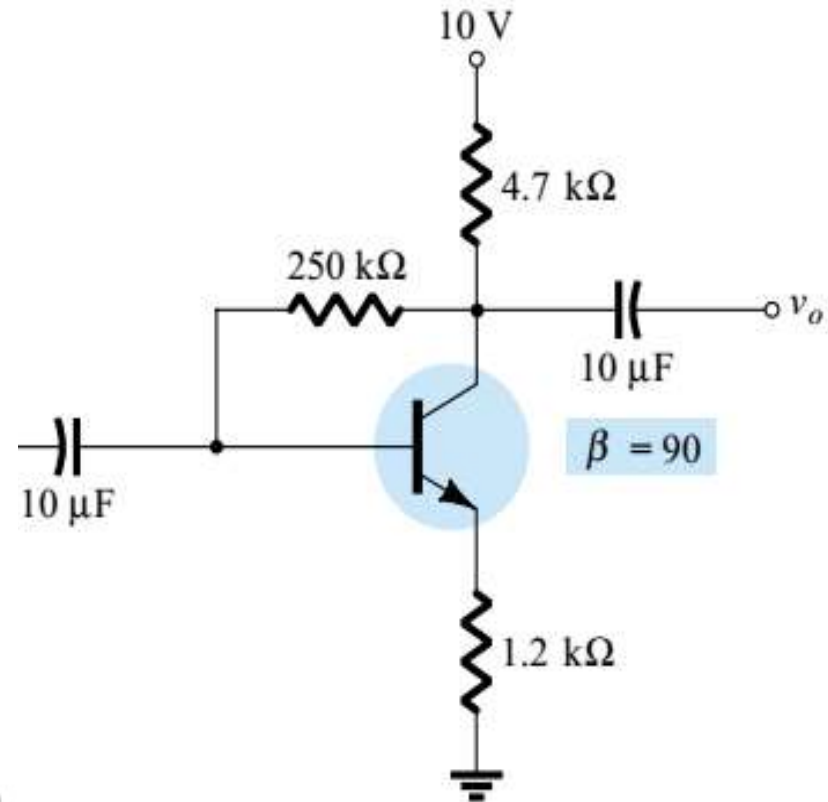
Transistor (Bipolar)

❖ Giải BT2 : Cho sơ đồ mạch như hình vẽ.

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta(R_C + R_E)} \\ &= \frac{10 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{250 \text{ k}\Omega + (90)(4.7 \text{ k}\Omega + 1.2 \text{ k}\Omega)} \\ &= \frac{9.3 \text{ V}}{250 \text{ k}\Omega + 531 \text{ k}\Omega} = \frac{9.3 \text{ V}}{781 \text{ k}\Omega} \\ &= 11.91 \text{ }\mu\text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_C &= \beta I_B = (90)(11.91 \text{ }\mu\text{A}) \\ &= \mathbf{1.07 \text{ mA}} \end{aligned}$$

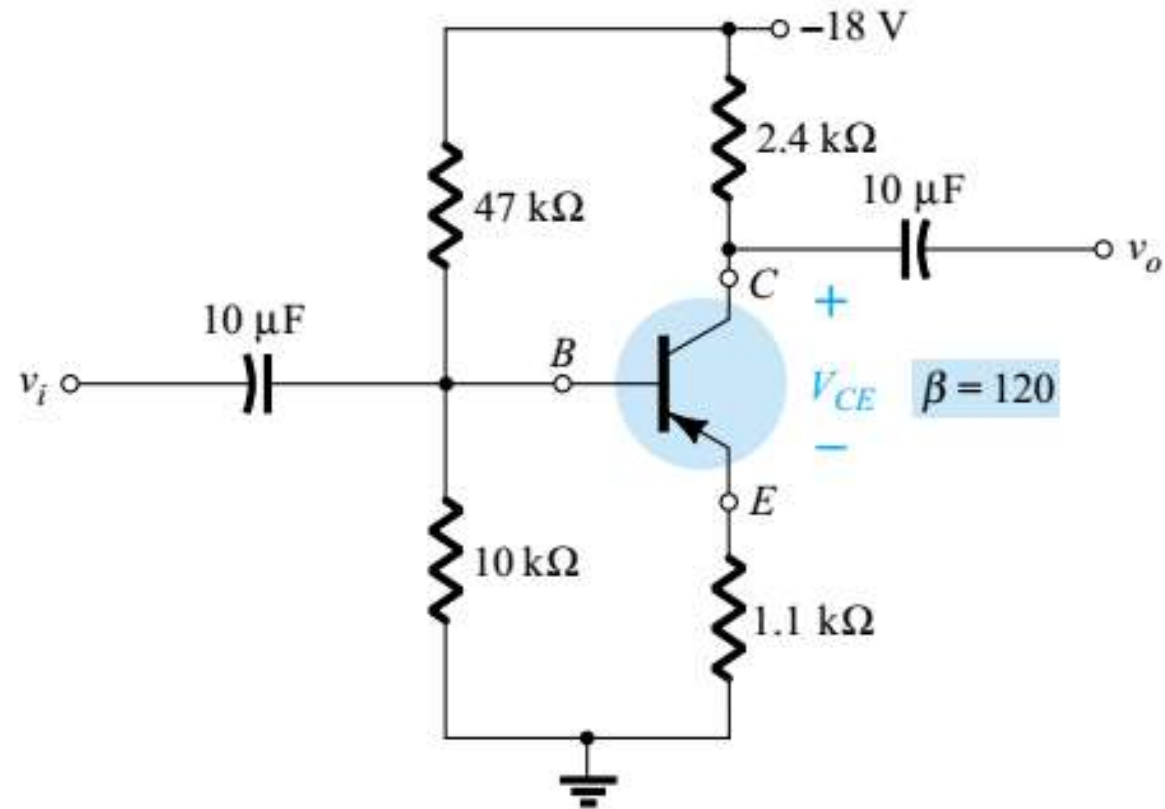
$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \\ &= 10 \text{ V} - (1.07 \text{ mA})(4.7 \text{ k}\Omega + 1.2 \text{ k}\Omega) \\ &= 10 \text{ V} - 6.31 \text{ V} \\ &= \mathbf{3.69 \text{ V}} \end{aligned}$$



Transistor (Bipolar)

❖ Bài Tập 3: Cho sơ đồ mạch như hình vẽ.

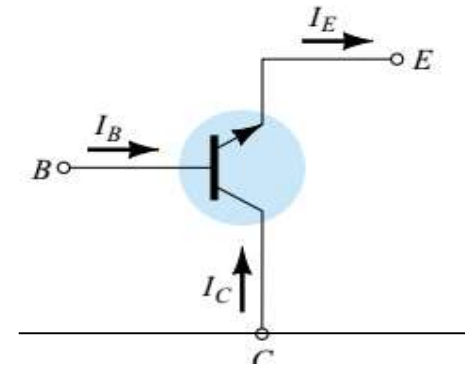
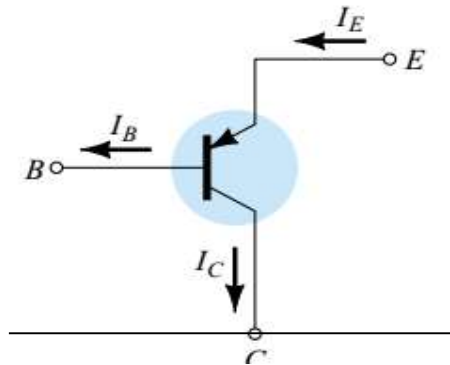
Tính U_{ce}



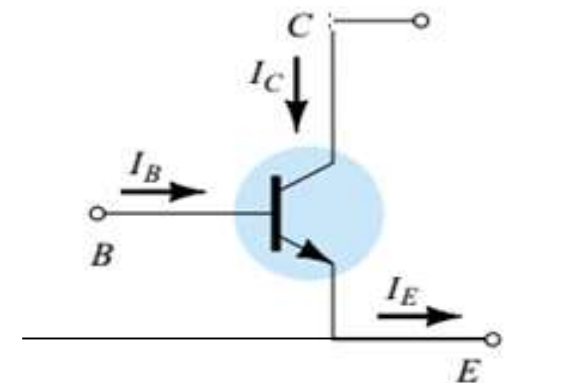
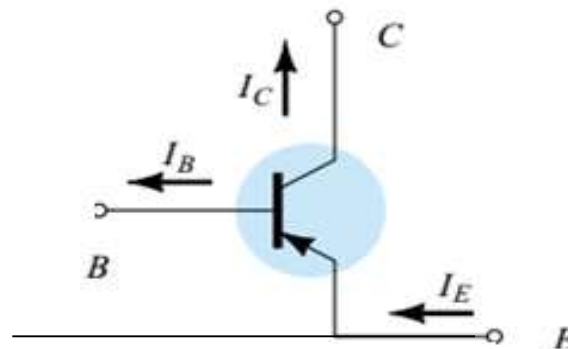
Transistor (Bipolar)

❖ Các cách mắc Transistor

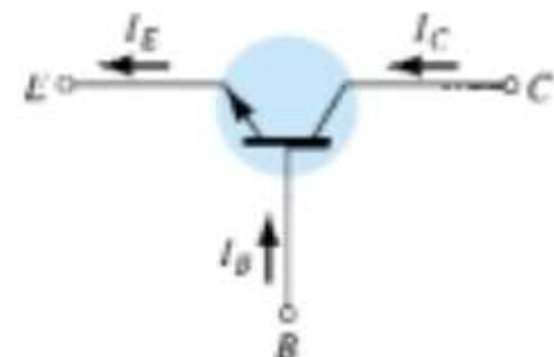
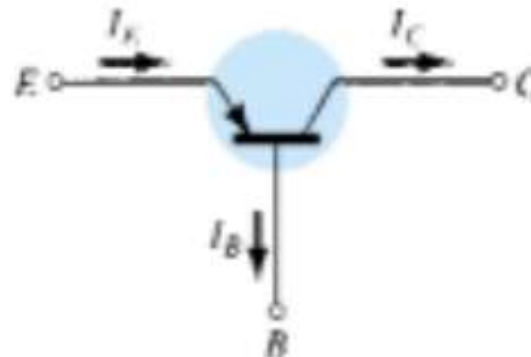
C Chung



E Chung

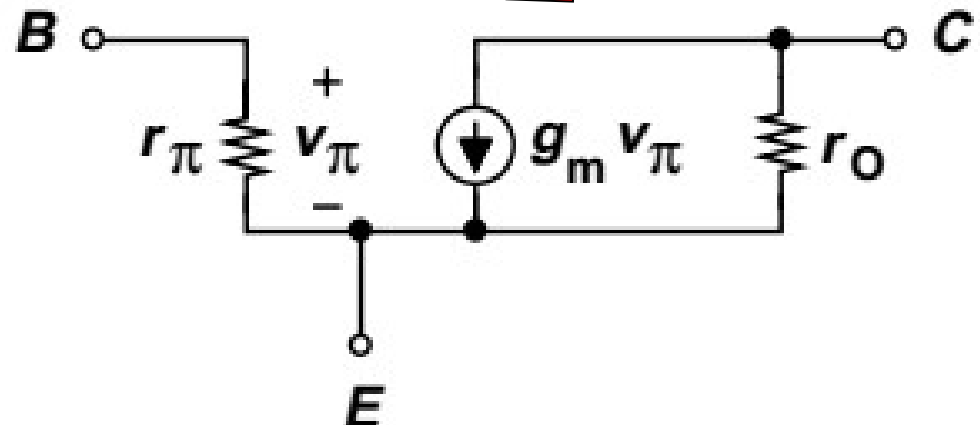
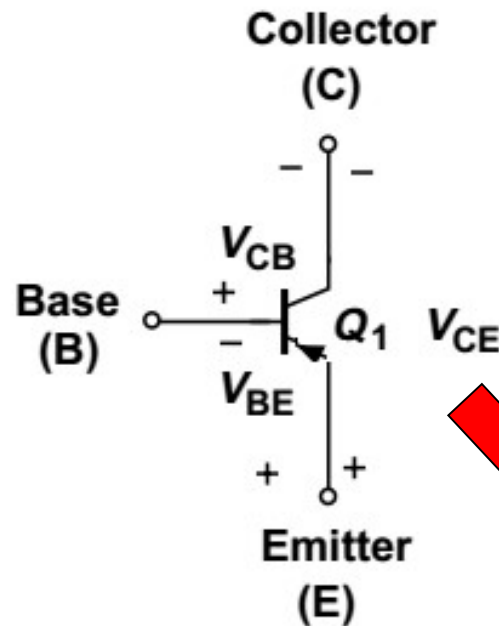
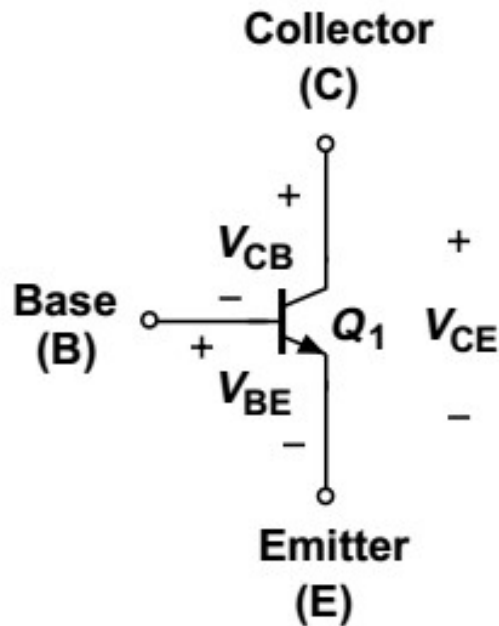


B Chung



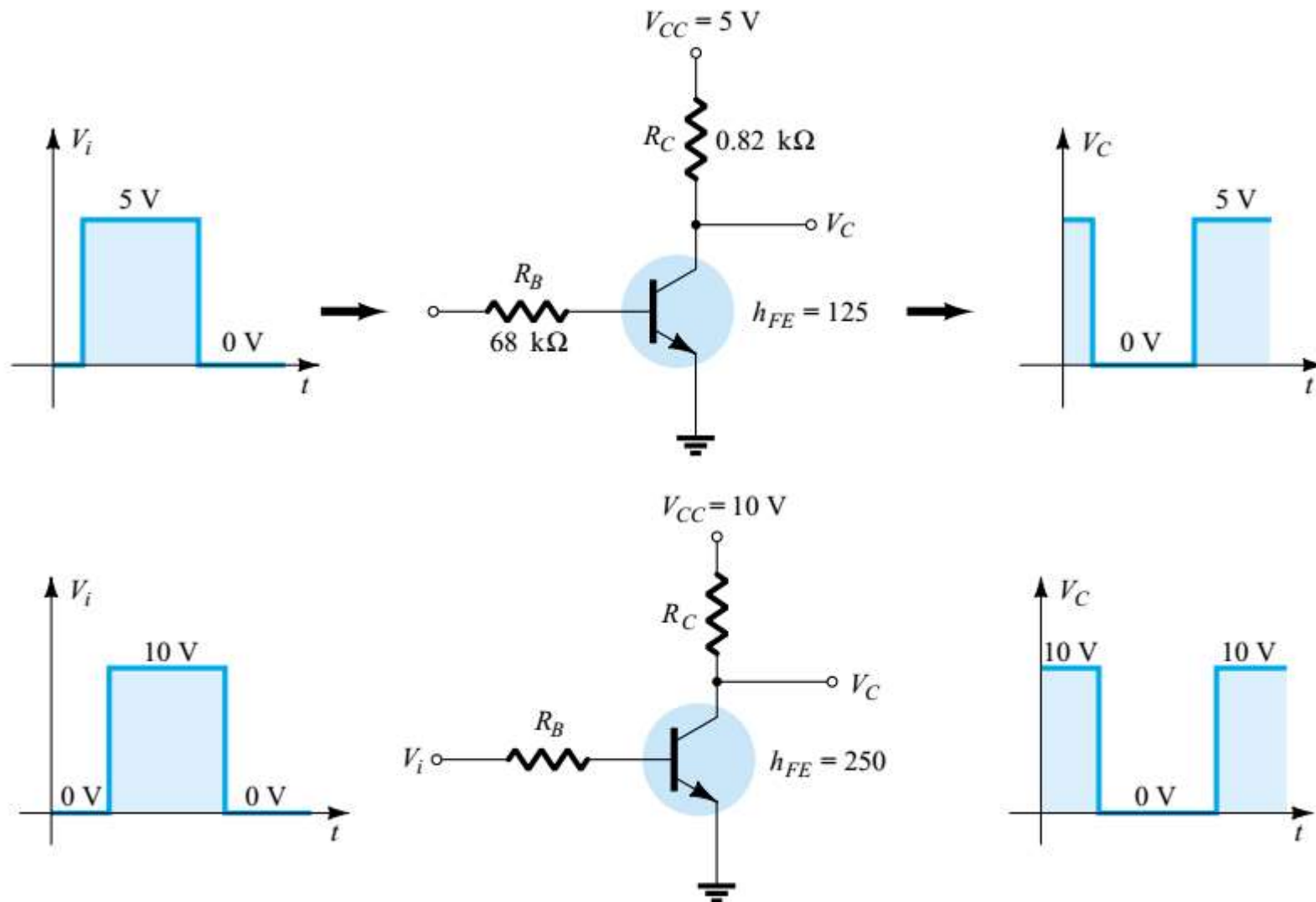
Transistor (Bipolar)

❖ Mô hình hóa Transistor



Transistor (Bipolar)

❖ Transistor chế độ xung



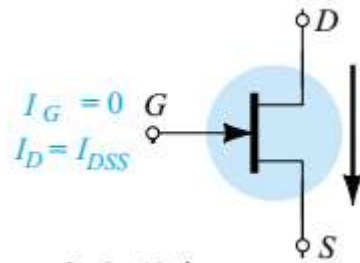
FET- Field-Effect Transistor (UnBipolar)

Sinh viên đọc tài liệu và trả lời các ý sau

- ❖ Cấu tạo chung JFET (n-JFET, p-JFET):
- ❖ Nguyên tắc hoạt động n-JFET, p-JFET:
- ❖ Đặt tính $V_{GS}(I_D)$, $V_{DS}(I_D)$:
- ❖ Cấu tạo chung MOSFET (n-MOSFET, p-MOSFET):
- ❖ Nguyên tắc hoạt động n-MOSFET, p-MOSFET)
- ❖ Đặt tính $V_{GS}(I_D)$, $V_{DS}(I_D)$:

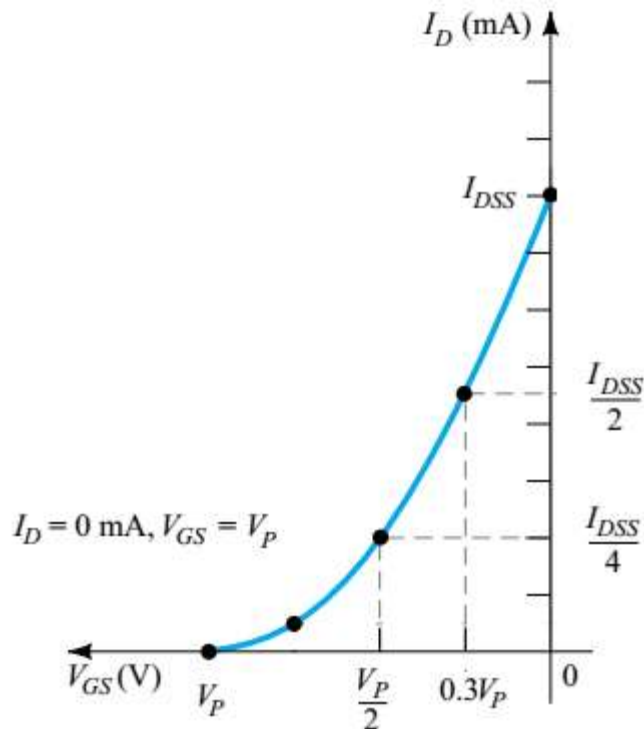
FET- Field-Effect Transistor (UnBipolar)

❖ n-JFET:



$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2$$

control variable V_{GS}
constants I_{DSS} and V_P



Đặc tính V_{GS} (I_D)

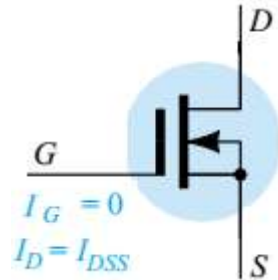
$$R_i > 100 \text{ M}\Omega$$

$$C_i: (1 - 10) \text{ pF}$$

Trở kháng đầu vào và điện dung đầu vào

FET- Field-Effect Transistor (UnBipolar)

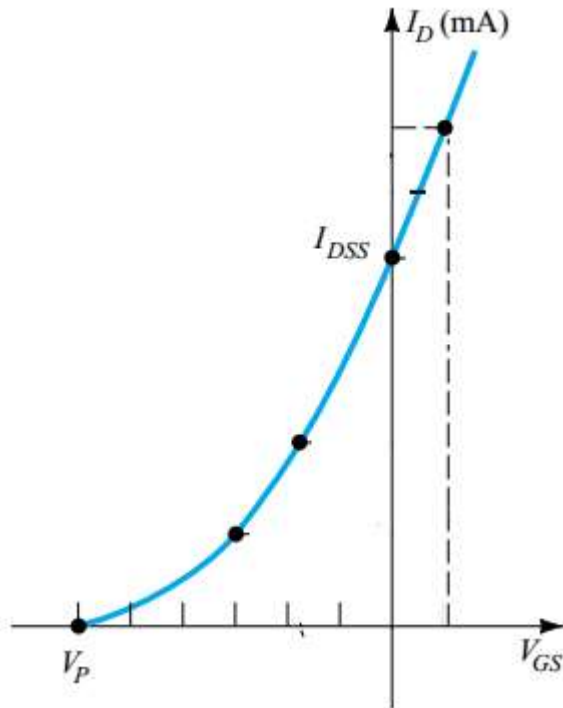
❖ n-MOSFET:



$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2$$

control variable

constants



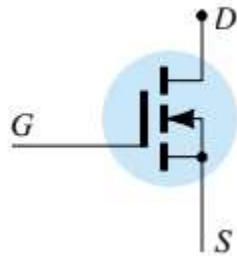
Đặc tính $V_{GS} (I_D)$

$$R_i > 10^{10} \Omega$$
$$C_i: (1 - 10) \text{ pF}$$

Trở kháng đầu vào và điện dung đầu vào

FET- Field-Effect Transistor (UnBipolar)

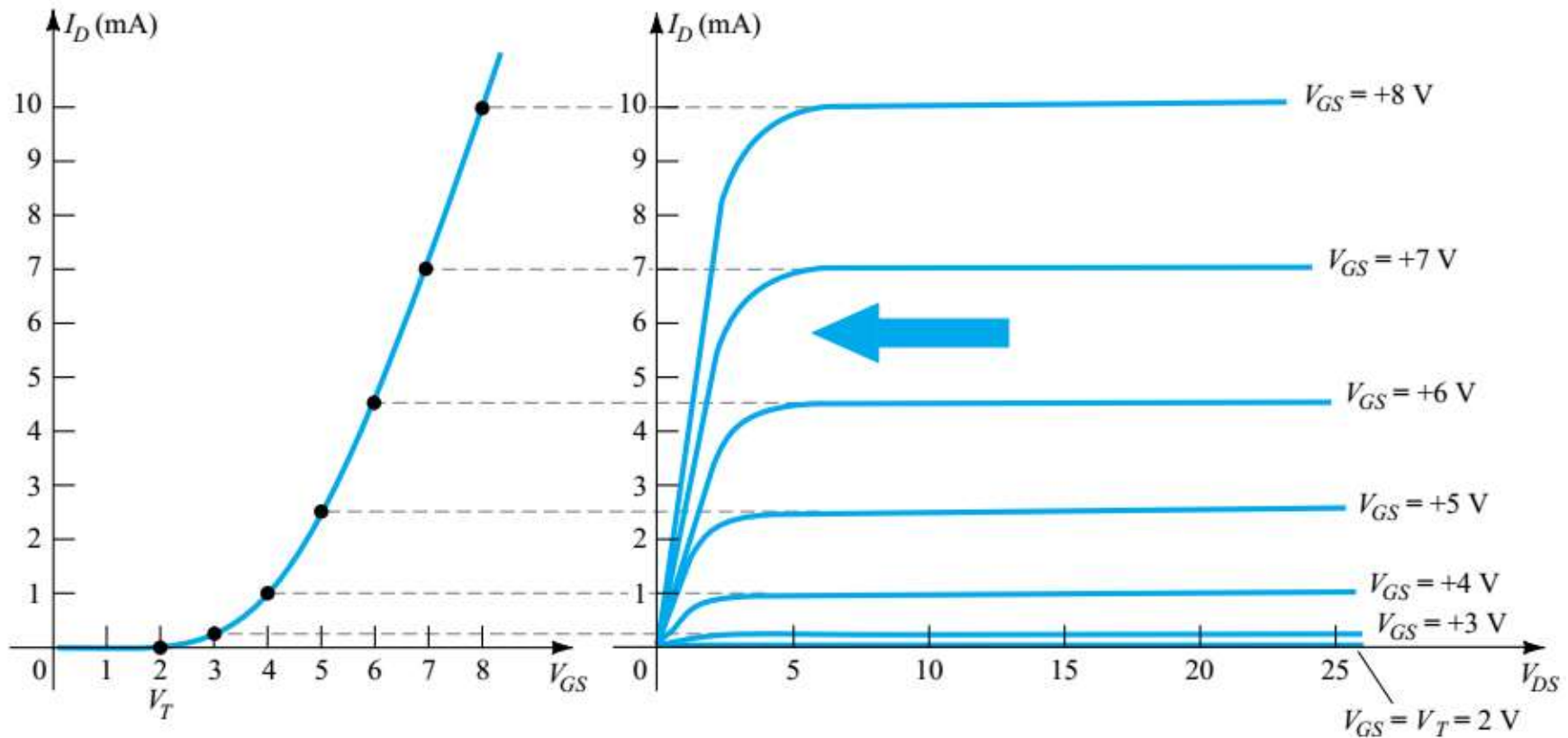
❖ n-MOSFET cực cách ly:



$$I_D = k(V_{GS} - V_T)^2$$

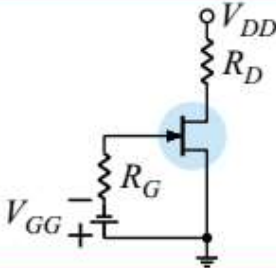
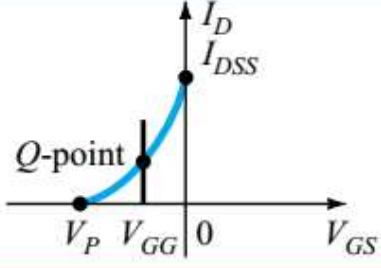
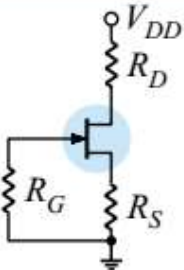
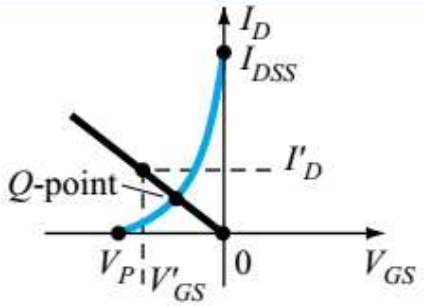
$$k = \frac{I_{D(on)}}{(V_{GS(on)} - V_T)^2}$$

Đặc tính



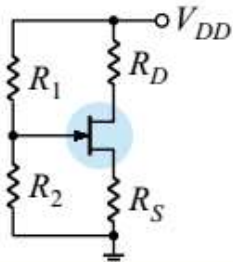
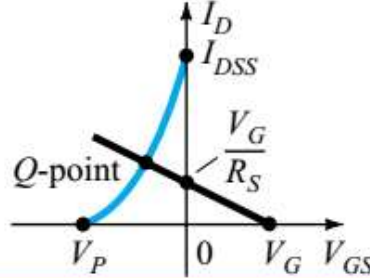
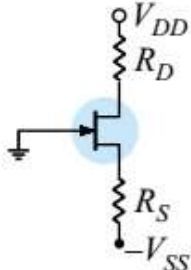
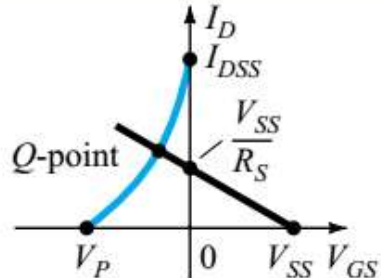
FET- Field-Effect Transistor (UnBipolar)

Ổn định điện áp cực Gate (G) -1

Type	Configuration	Pertinent Equations	Graphical Solution
JFET Fixed-bias		$V_{GSQ} = -V_{GG}$ $V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D$	
JFET Self-bias		$V_{GS} = -I_D R_S$ $V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S)$	

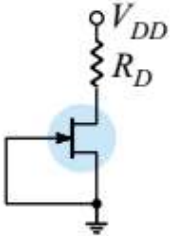
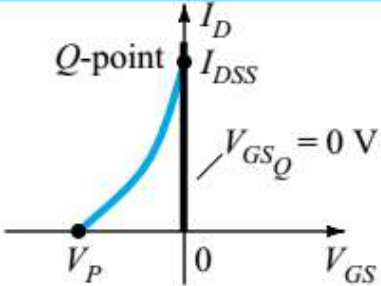
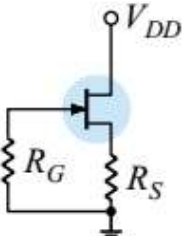
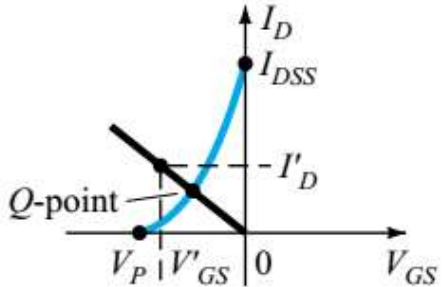
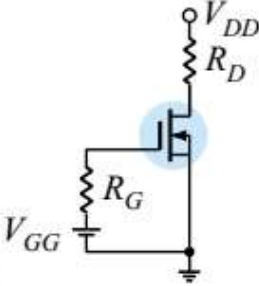
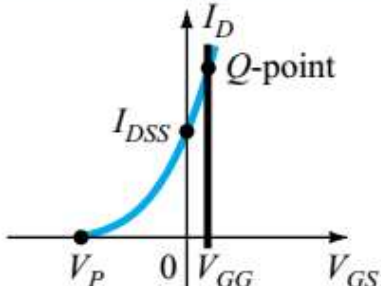
FET- Field-Effect Transistor (UnBipolar)

Ổn định điện áp cực Gate (G) -2

Type	Configuration	Pertinent Equations	Graphical Solution
JFET Voltage-divider bias		$V_G = \frac{R_2 V_{DD}}{R_1 + R_2}$ $V_{GS} = V_G - I_D R_S$ $V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S)$	
JFET Common-gate		$V_{GS} = V_{SS} - I_D R_S$ $V_{DS} = V_{DD} + V_{SS} - I_D (R_D + R_S)$	

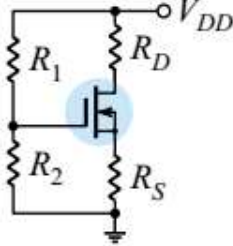
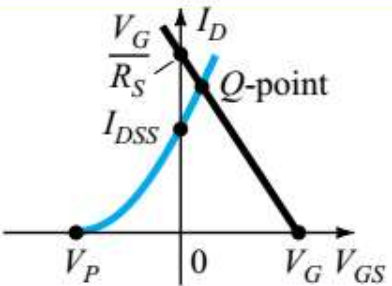
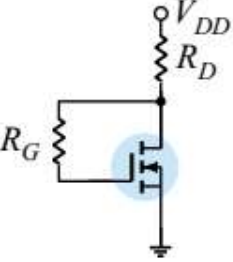
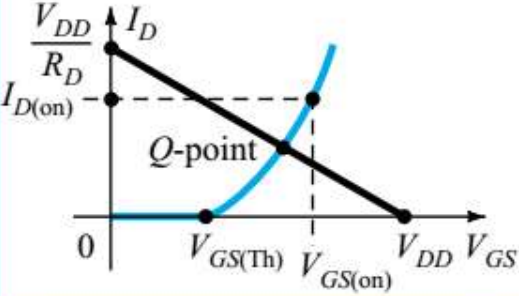
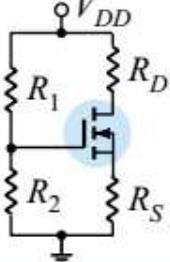
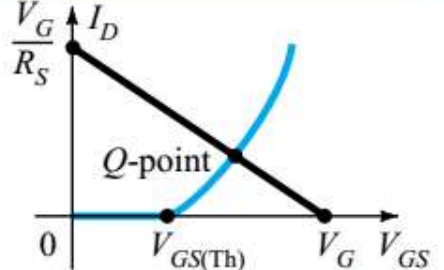
FET- Field-Effect Transistor (UnBipolar)

Ổn định điện áp cực Gate (G)-3

Type	Configuration	Pertinent Equations	Graphical Solution
JFET ($V_{GSQ} = 0 \text{ V}$)		$V_{GSQ} = 0 \text{ V}$ $I_{DQ} = I_{DSS}$	
JFET ($R_D = 0 \Omega$)		$V_{GS} = -I_D R_S$ $V_D = V_{DD}$ $V_S = I_D R_S$ $V_{DS} = V_{DD} - I_S R_S$	
Depletion-type MOSFET Fixed-bias		$V_{GSQ} = +V_{GG}$ $V_{DS} = V_{DD} - I_D R_S$	

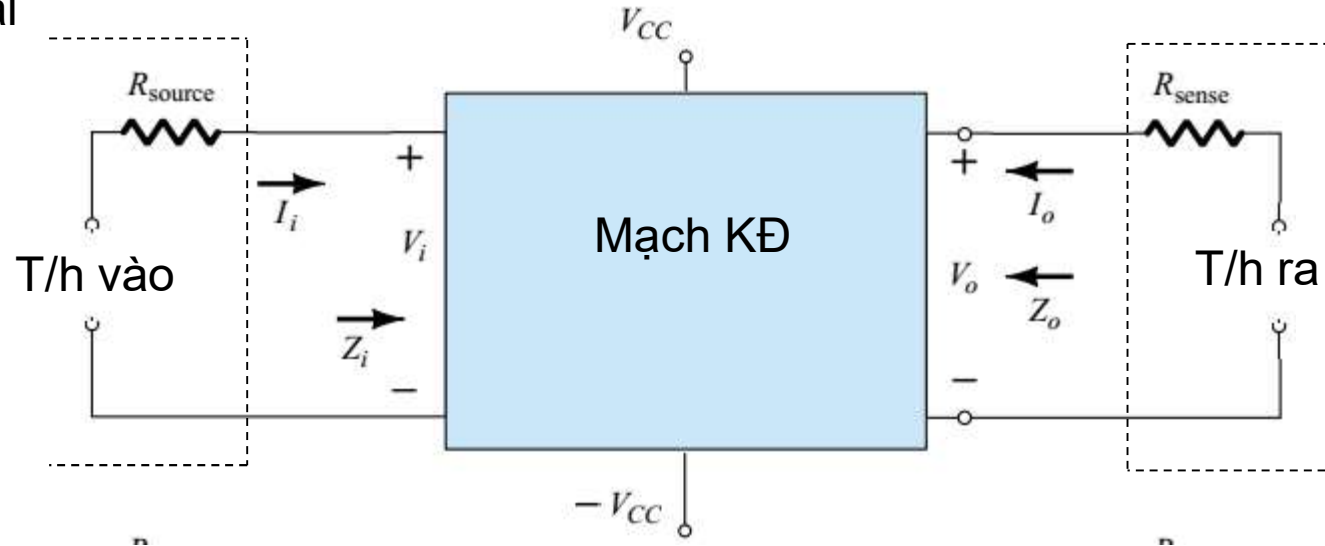
FET- Field-Effect Transistor (UnBipolar)

Ổn định điện áp cực Gate (G)-4

Type	Configuration	Pertinent Equations	Graphical Solution
Depletion-type MOSFET Voltage-divider bias		$V_G = \frac{R_2 V_{DD}}{R_1 + R_2}$ $V_{GS} = V_G - I_S R_S$ $V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S)$	
Enhancement type MOSFET Feedback configuration		$V_{GS} = V_{DS}$ $V_{GS} = V_{DD} - I_D R_D$	
Enhancement-type MOSFET Voltage-divider bias		$V_G = \frac{R_2 V_{DD}}{R_1 + R_2}$ $V_{GS} = V_G - I_D R_S$	

Khuếch Đại – Khuếch Đại Thuật Toán (OPAM-OP)

1. Mạch khuếch đại



❖ Đ/N: mạch KĐ là mạch điện tử dùng để biến đổi tín hiệu có biên độ đầu vào nhỏ thành tín hiệu đầu ra có biên độ lớn hơn.

❖ Lưu ý: Tín hiệu vào có thể gồm : Tín hiệu có ích + nhiễu
Tín hiệu ra = (T/h vào + nhiễu) x A
A : là hệ số khuếch đại

Mạch KĐ : luôn phải lưu ý đến chống nhiễu

❖ Nguồn cung cấp : $\pm V_{cc}$

Khuếch Đại – Khuếch Đại Thuật Toán (OPAM-OP)

❖ Một số thông số của mạch KĐ

➤ Hệ số KĐ lúc hở mạch : $A (-\infty \div +\infty)$

➤ I_i : Dòng điện đầu vào

➤ Z_i : Tổng trở đầu vào ($\rightarrow \infty$)

➤ V_i : Điện áp đầu vào

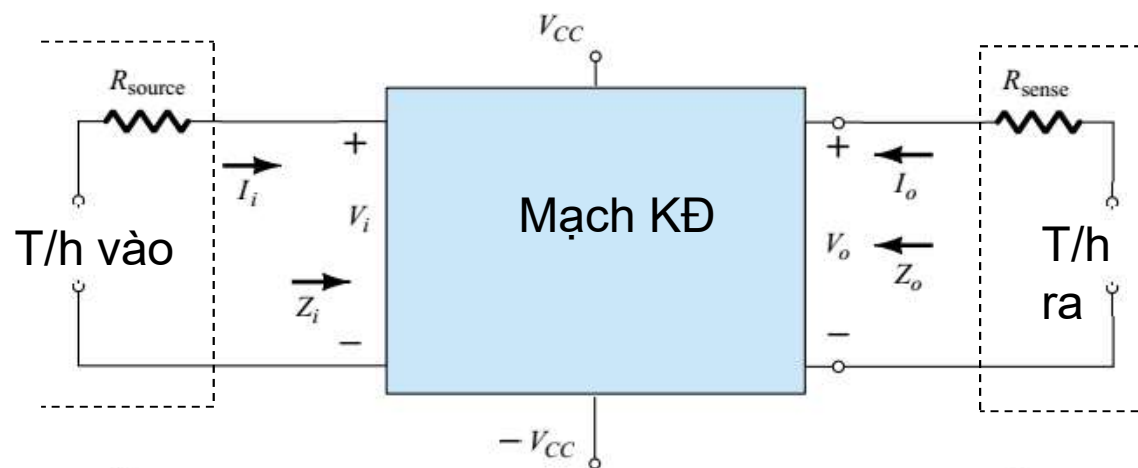
➤ Hệ số KĐ dòng điện = $\frac{I_o}{I_i}$

➤ I_o : Dòng điện đầu ra

➤ Z_o : Tổng trở đầu ra ($\rightarrow -\infty$)

➤ V_o : Điện áp đầu ra

➤ Hệ số KĐ điện áp = $\frac{V_o}{V_i}$



Khuếch Đại – Khuếch Đại Thuật Toán (OPAM-OP)

❖ Mạch phản hồi:

- Đ/N : Mạch P/h là mạch lấy 1 phần tín hiệu đầu ra đưa ngược trở về đầu vào làm cho tín hiệu đầu vào tăng lên hoặc giảm đi
 - ✓ Nếu tín hiệu đầu vào giảm đi: P/h âm (-)
(sử dụng trong các mạch KĐ)
 - ✓ Nếu tín hiệu đầu vào tăng lên: P/h dương (+)
(sử dụng trong các mạch tạo dao động, Trigonomet)

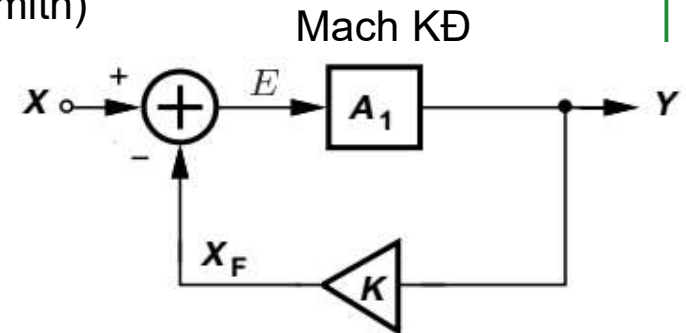
❖ Mạch phản hồi âm (-):

$$K = X_F / Y$$

$$E = X - X_F = X - KY$$

$$(X - KY)A_1 = Y.$$

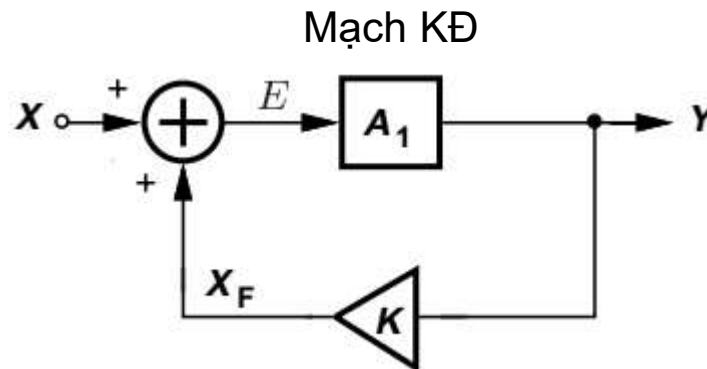
$$\frac{Y}{X} = \frac{A_1}{1 + KA_1}$$



Mạch phản hồi

❖ Mạch phản hồi dương (+):

$$\frac{Y}{X} = \frac{A_1}{1 - KA_1}$$



Mạch phản hồi

Khuếch Đại – Khuếch Đại Thuật Toán (OPAM-OP)

❖ Khuếch đại thuật toán: OPAM- OP

Input 1: P (+) Pos

Input 2: N (-) Neg

Output: Vo

Ud: điện áp sai lệch giữa P, N

$$U_d = V_P - V_N \rightarrow 0$$

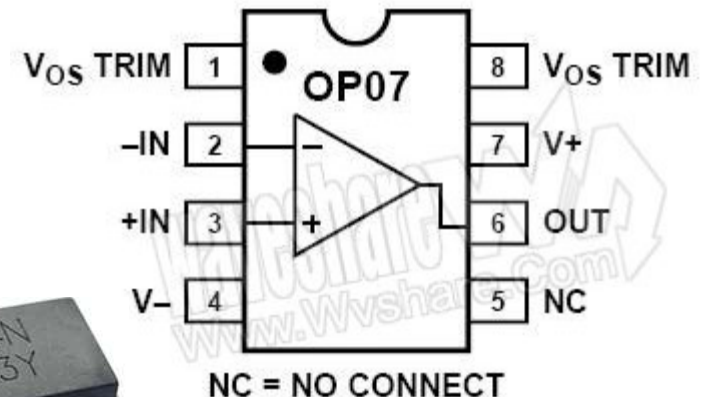
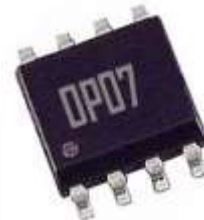
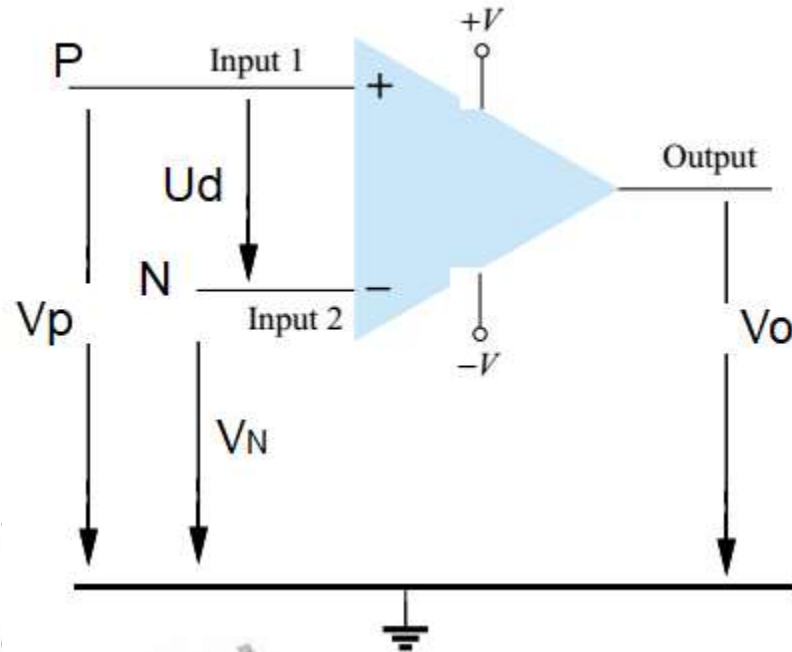
Hệ số KĐ lúc hở mạch : A

A ($10^3 \div 10^6$) – Công nghiệp

A ($10^9 \div 10^{12}$) – y tế, quân sự ;
trụ hàng không

Trở kháng vào : Lớn (vài trăm M Ω ,

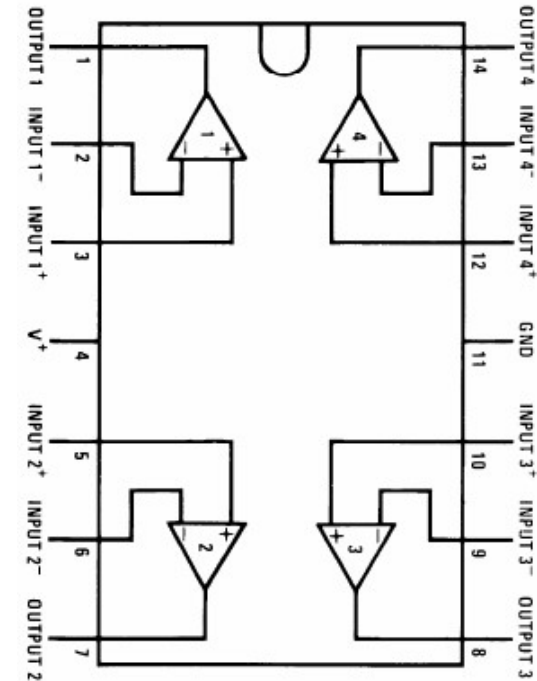
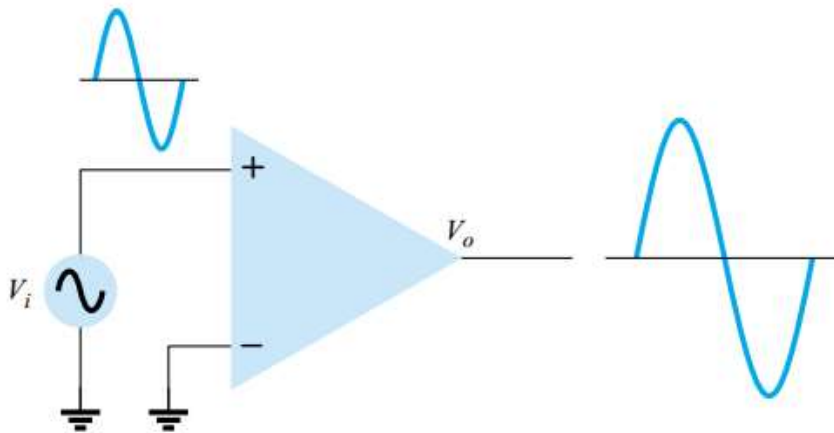
Trở kháng ra : nhỏ (vài Ω)



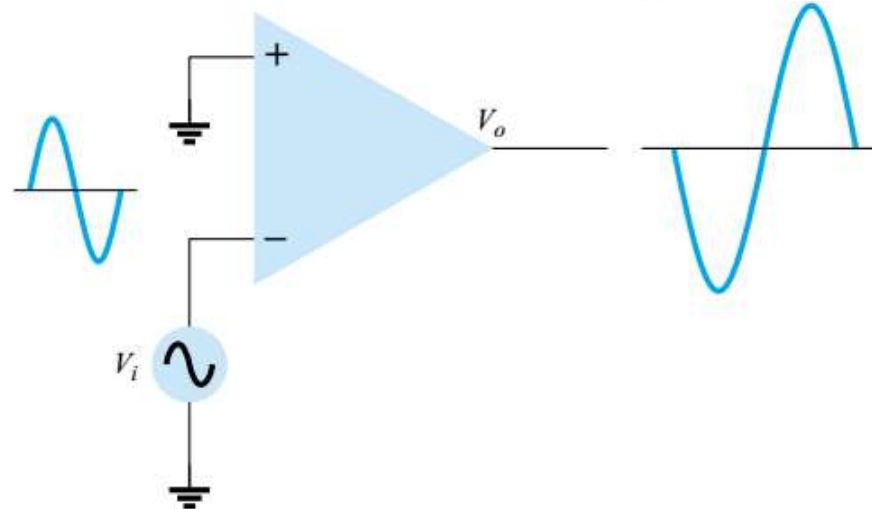
Khuếch Đại – Khuếch Đại Thuật Toán (OPAM-OP)

❖ Một số IC OPAM : LM 324, TL 084, μ A 741, OP07,

❖ Tín hiệu đầu vào không đảo

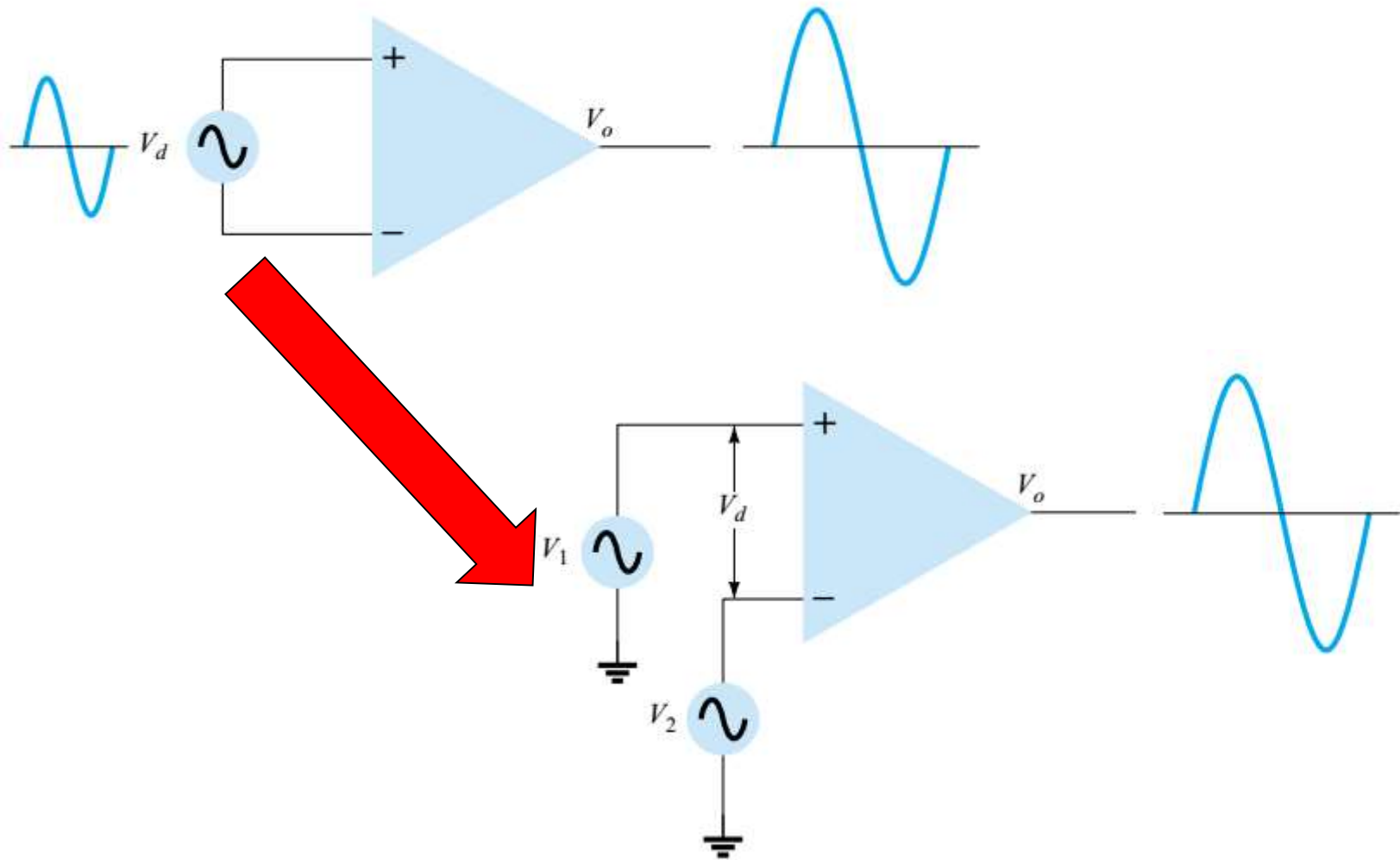


❖ Tín hiệu đầu vào đảo



Khuếch Đại – Khuếch Đại Thuật Toán (OPAM-OP)

❖ Tín hiệu đầu vào vi sai



Khuếch Đại – Khuếch Đại Thuật Toán (OPAM-OP)

- ❖ Hệ số khuếch đại đồng pha (CMRR- Common mode rejection ratio)

Khi tín hiệu ngược pha

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

Khi tín hiệu đồng pha

$$V_c = \frac{1}{2}(V_{i_1} + V_{i_2})$$

Điện áp đầu ra:

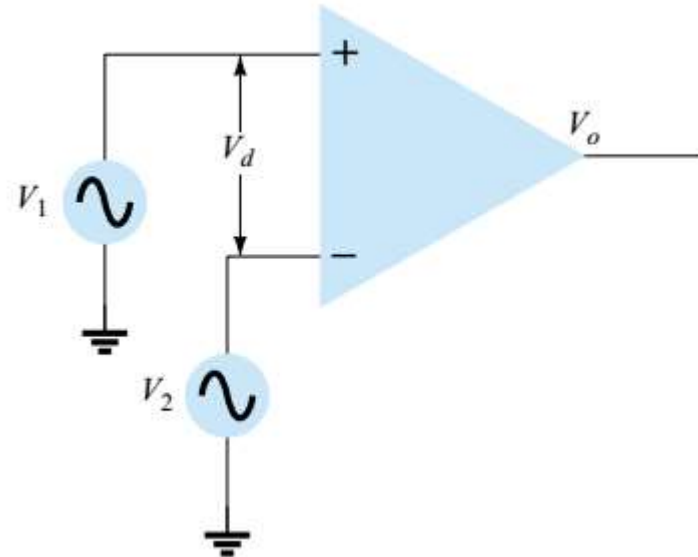
$$V_o = A_d V_d + A_c V_c$$

V_d = difference voltage

V_c = common voltage

A_d = differential gain of the amplifier

A_c = common-mode gain of the amplifier



Khuếch Đại – Khuếch Đại Thuật Toán (OPAM-OP)

❖ Hệ số khuếch đại đồng pha (CMRR- Common mode rejection ratio)

Khi tín hiệu ngược pha lý tưởng

$$V_{i1} = -V_{i2} = V_s$$

$$V_d = V_{i1} - V_{i2} = V_s - (-V_s) = 2V_s$$

$$V_c = \frac{1}{2}(V_{i1} + V_{i2}) = \frac{1}{2}[V_s + (-V_s)] = 0$$

$$V_o = A_d V_d + A_c V_c = A_d (2V_s) + 0 = 2 A_d V_s$$

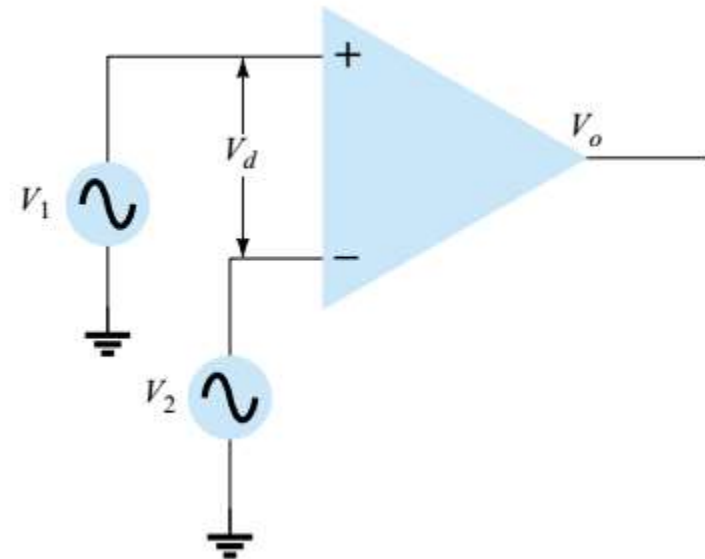
Khi tín hiệu đồng pha lý tưởng

$$V_{i1} = V_{i2} = V_s$$

$$V_d = V_{i1} - V_{i2} = V_s - V_s = 0$$

$$V_c = \frac{1}{2}(V_{i1} + V_{i2}) = \frac{1}{2}(V_s + V_s) = V_s$$

$$V_o = A_d V_d + A_c V_c = A_d(0) + A_c V_s = A_c V_s$$



Lưu ý trường hợp:

$$V_{i1} = -V_{i2} = V_s = 0.5 \text{ V}$$

$$V_{i1} = V_{i2} = V_s = 1 \text{ V}$$

Khuếch Đại – Khuếch Đại Thuật Toán (OPAM-OP)

❖ Hệ số khuếch đại đồng pha (CMRR- Common mode rejection ratio)

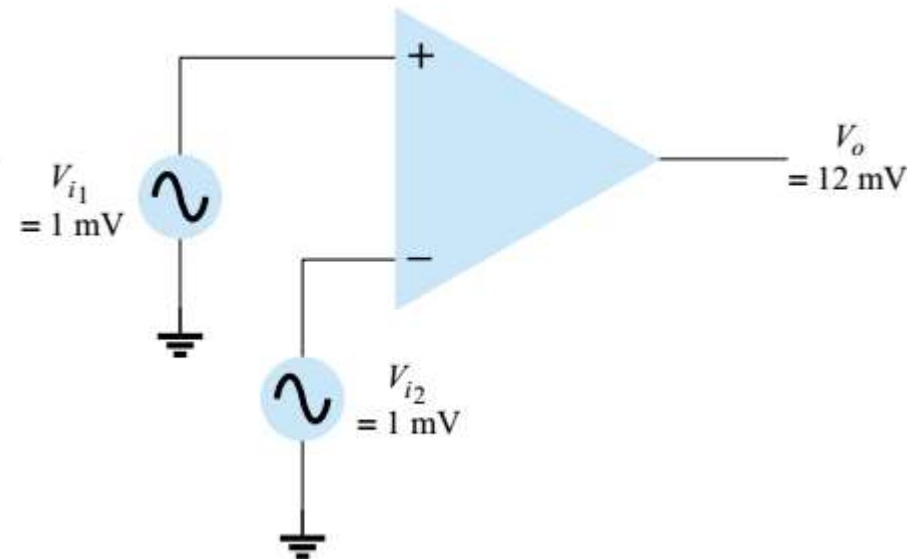
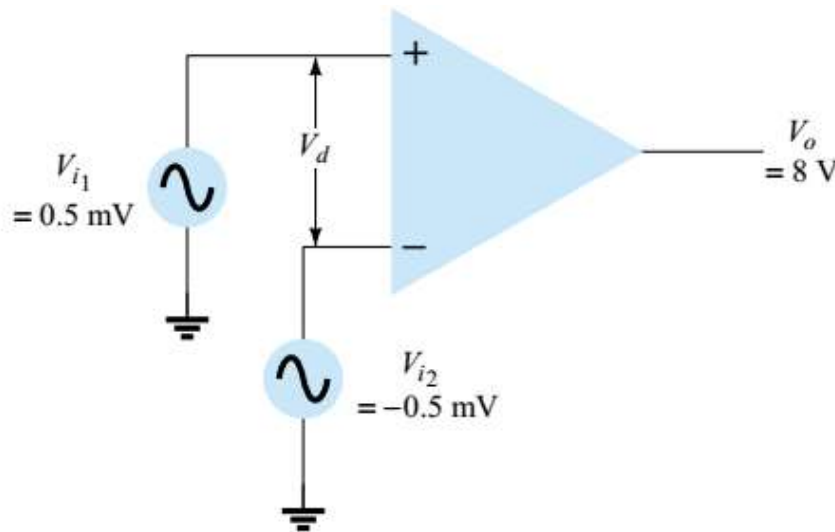
$$\text{CMRR} = \frac{A_d}{A_c}$$

$$\text{CMRR (log)} = 20 \log_{10} \frac{A_d}{A_c} \quad (\text{dB})$$

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

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

Bài tập: Tính CMRR của hình sau:



Khuếch Đại – Khuếch Đại Thuật Toán (OPAM-OP)

Bài tập: cho $V_{i1} = 150\mu V$, $V_{i2} = 140\mu V$, $A_d = 4000$. Tính V_o với các trường hợp

1. $CMRR = 100$

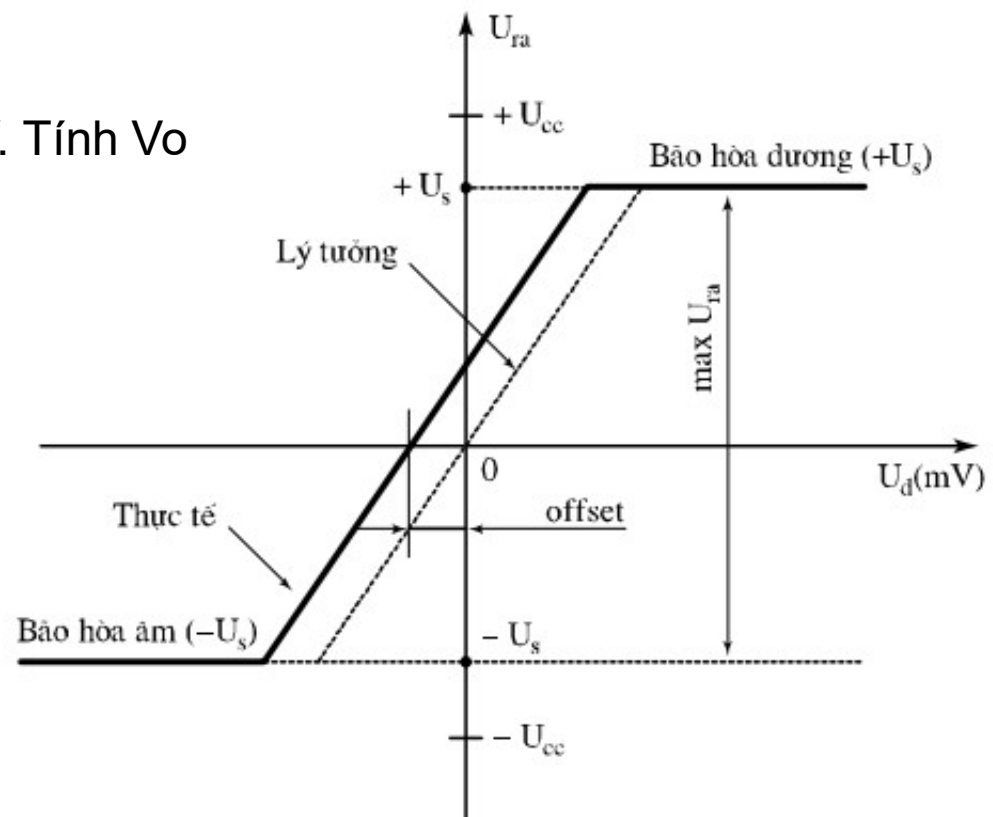
2. $CMRR = 100000$

❖ Đặc tính KĐ của OPAM

VD:

Cho Mạch KĐTT(Opam)

Hệ số KĐ $K_u = 1000$ lần, $V_i = 1.5V$. Tính V_o



Mạch Ứng Dụng KĐTT

1. Mạch KĐ Đảo

$$\begin{aligned} \blacksquare \sum I_N &= I_V + I_f = 0 \\ &= \frac{U_V - V_N}{R_1} + \frac{U_r - V_N}{R_f} = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{KĐLT: } U_d &= V_P - V_N = 0 \\ V_P &= V_N \end{aligned} \quad (2)$$

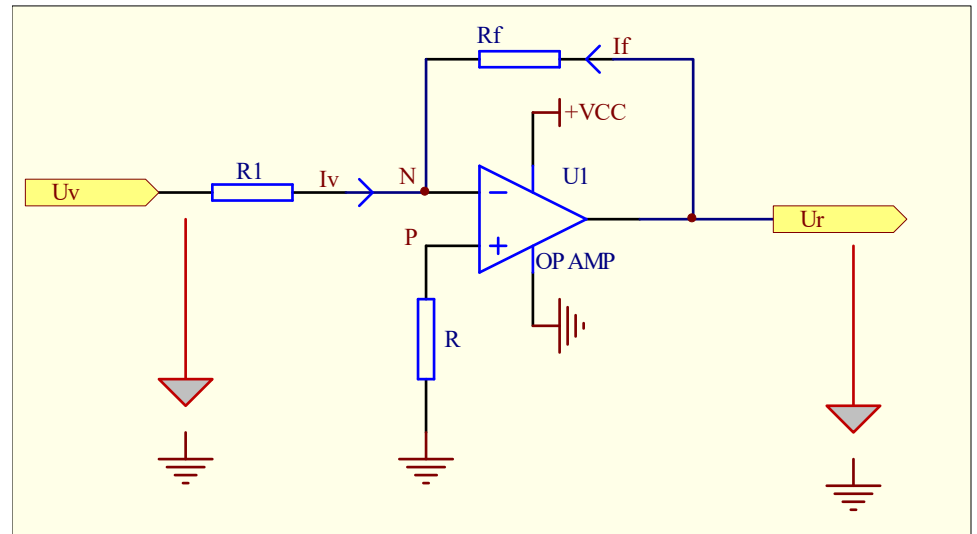
$$\begin{aligned} \blacksquare \text{Theo sơ đồ mạch:} \\ V_P &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Thay (3) vào (2) vào (1)

$$\frac{U_V}{R_1} + \frac{U_r}{R_f} = 0$$

$$U_r = -\frac{R_f}{R_1} * U_v$$

$$U_r = K_U * U_v = -\frac{R_f}{R_1} * U_v$$



Mạch Ứng Dụng KĐTT

2. Mạch KĐ không Đảo

$$\begin{aligned}\sum I_N &= I_O + I_f = 0 \\ &= \frac{0 - V_N}{R_1} + \frac{U_r - V_N}{R_f} = 0 \quad (1)\end{aligned}$$

Khuếch đại lý tưởng:

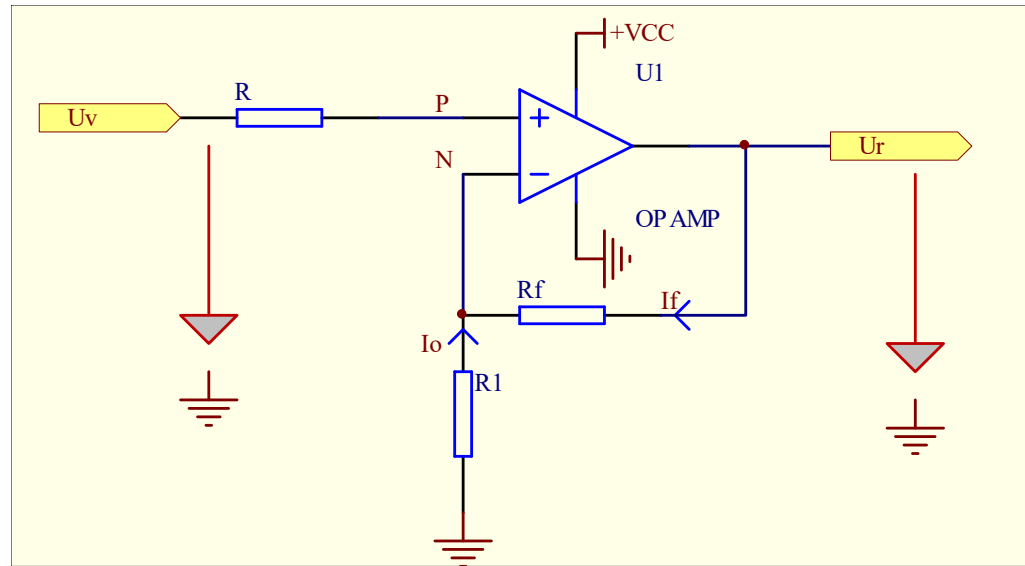
$$\begin{aligned}U_d &= V_P - V_N = 0 \\ V_P &= V_N \quad (2)\end{aligned}$$

Theo sơ đồ mạch:

$$V_P = U_v \quad (3)$$

Thay (3) vào (2) vào (1):
$$\frac{0 - U_v}{R_1} + \frac{U_r - U_v}{R_f} = 0$$

$$U_r = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) * U_v \quad \text{Trong đó:} \quad K_U = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) > 0$$



Dao Dong Thach Anh (Crystal)

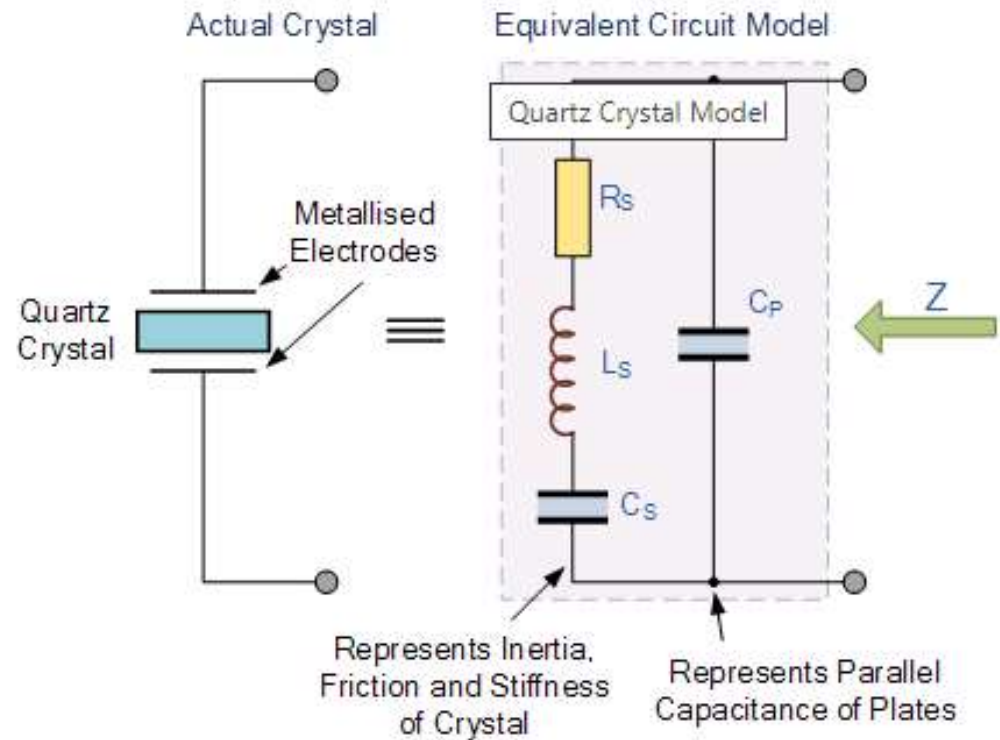
Mô hình hóa thạch anh

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_s}}$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s \left(\frac{C_p C_s}{C_p + C_s} \right)}}$$

Crystal Oscillators Q-factor

$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{2\pi f L}{R}$$



$$L = 5,533 \text{ H};$$

$$C_p = 5 \text{ pF};$$

$$C_s = 0,01 \text{ pF}$$

$$R_s = 50 \Omega$$

Dao Động Thạch Anh (Crystal)

Sơ đồ mạch thạch anh

