

GT ĐIỆN TỬ CƠ BẢN

Chương 2 Nối PN và DIODE PHÂN TÍCH MẠCH KHÔNG TUYẾN TÍNH

DIODE BÁN DẪN

cuuduongthancong.com

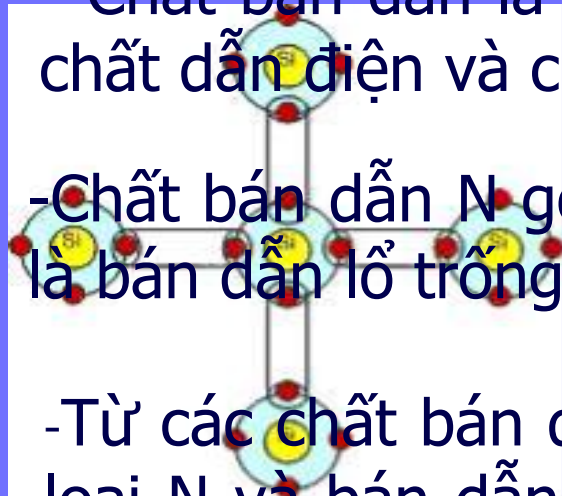
cuuduongthancong.com

1, KHÁI NIỆM VỀ CHẤT BÁN DẪN

- Chất bán dẫn là những chất có đặc điểm trung gian giữa chất dẫn điện và chất cách điện.

- Chất bán dẫn N gọi là bán dẫn Điện tử (-), chất bán dẫn P là bán dẫn lỗ trống (+)

- Từ các chất bán dẫn Ge hoặc Si người ta đã tạo ra bán dẫn loại N và bán dẫn P, sau đó ghép các miếng bán dẫn loại N và P lại ta thu được Diode hay Transistor

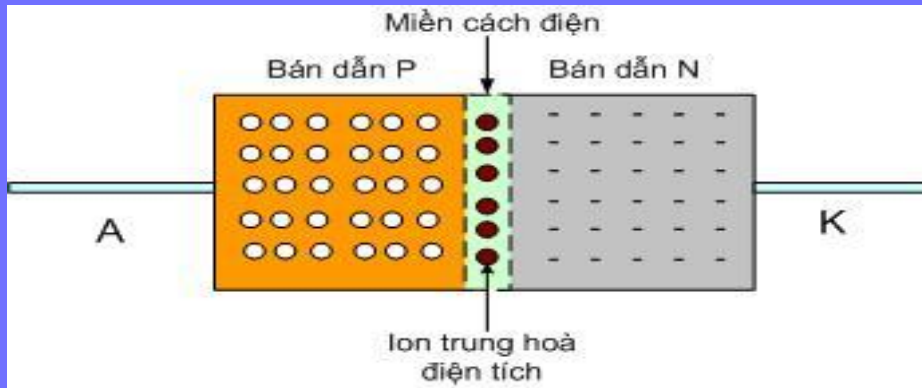


Chất bán dẫn tinh khiết

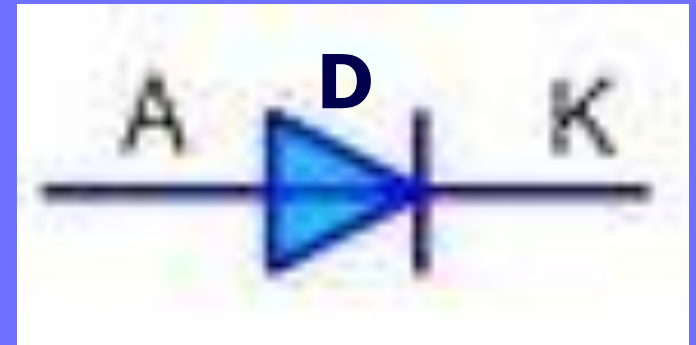
Chất bán dẫn N

Chất bán dẫn P

2, CẤU TẠO CỦA DIODE BÁN DẪN



Sơ đồ cấu tạo



Ký hiệu

- Khi ghép công nghệ hai chất bán dẫn theo một tiếp giáp P - N và được nối ra bên ngoài với hai điện cực tương ứng P (Anot) & N (Katot) ta được một Diode (gọi chung là diode bán dẫn)

- Tại bề mặt tiếp xúc, các điện tử dư thừa trong bán dẫn N khuếch tán sang vùng bán dẫn P để lấp vào các lỗ trống => tạo thành một lớp Ion trung hoà về điện => ***lớp Ion này tạo thành miền cách điện giữa hai chất bán dẫn.***

3, NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA DIODE

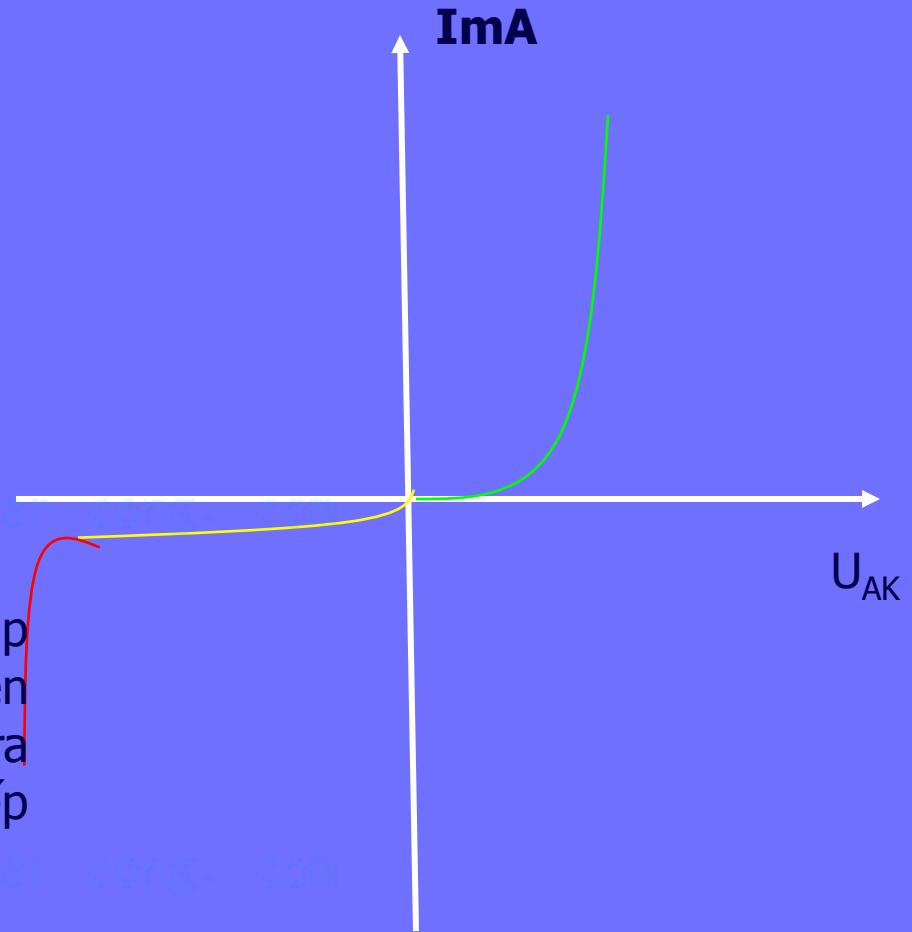
a, Phân cực thuận

- Khi ta nối điện áp (+) vào Anôt và điện áp (-) vào Katôt, dưới tác dụng tương tác của điện áp, miền cách điện thu hẹp lại, U_{AK} đạt 0,6V (với Diode loại Si) hoặc 0,2V (với Diode loại Ge) thì điện tích miền cách điện giảm bằng không => Diode bắt đầu dẫn điện.

b, Phân cực ngược

Khi ta nối điện áp (+) vào Katôt, điện áp (-) vào Anôt, dưới sự tương tác của điện áp ngược, miền cách điện càng rộng ra và ngăn cản dòng điện đi qua mỗi tiếp giáp. Kết quả dòng điện qua $D=0A$

- Điện áp ngược lớn hơn mức cho phép diode sẽ bị đánh thủng.



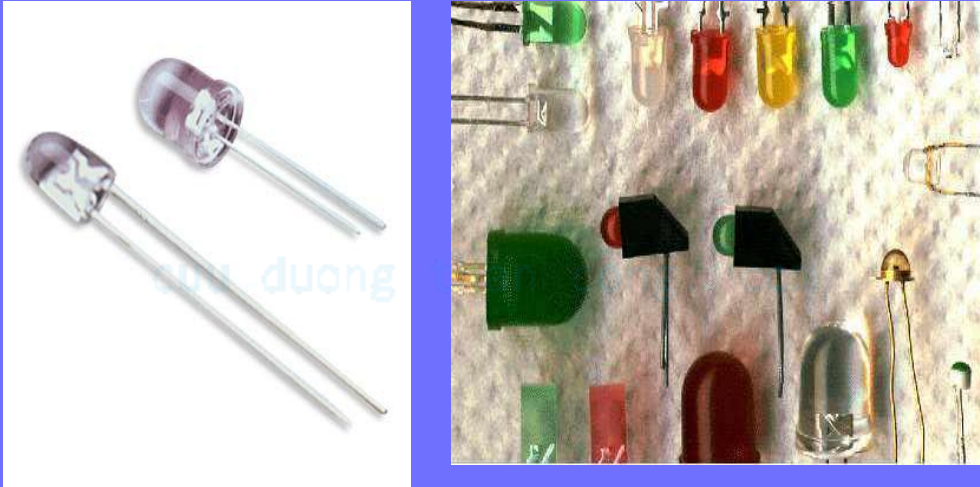
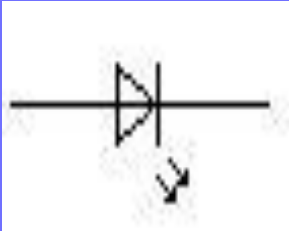


Đặc tuyến Von-Ampe của Diode




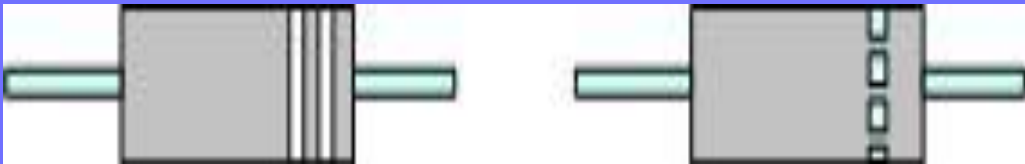


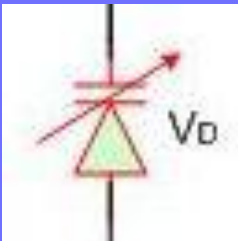
KẾT LUẬN : ***Diode chỉ dẫn điện theo một chiều nhất định (khi phân cực thuận)***

4, KÝ HIỆU VÀ HÌNH DẠNG CỦA MỘT SỐ LOẠI DIODE

TÊN DIODE	HÌNH DẠNG	KÝ HIỆU	
DIODE NẮN ĐIỆN	 <p>DO-203AB(DO-5)</p>		
	 <p><i>Dạng đóng gói của cầu Diode</i></p>		

TÊN DIODE	HÌNH DẠNG	KÝ HIỆU
DIODE ZENER (Diode ổn áp)		Dz 
DIODE LED(Diode phát quang)		

3) KÝ HIỆU VÀ HÌNH DẠNG CỦA MỘT SỐ LOẠI DIODE

TÊN DIODE	HÌNH DẠNG	KÝ HIỆU
DIODE THU QUANG (Foto Diode)	 	
DIODE XUNG		
DIODE BIẾN DUNG (Varicap)		

TỔNG HỢP KÝ HIỆU CỦA CÁC LOẠI DIODE

LOẠI DIODE	KÝ HIỆU
- Diode nắn điện	 
- Diode Zener (Diode ổn áp)	Dz 
- Diode phát quang (Led)	
- Diode thu quang (Foto diode)	
- Diode biến dung (Varicap)	
- Diode xung (căn cứ vào dấu hiệu trên thân Diode để xác định)	

MẠCH KHÔNG TUYẾN TÍNH

cuuduongthancong.com

I. Khái niệm phi tuyến

Mạch điện tuyến tính, là mạch có đặc tuyến $v - i$ là đường thẳng

- Mạch điện phi tuyến là mạch có đặc tuyến $v - i$ là đường cong (không thẳng).
- Các linh kiện điện tử thường là các linh kiện có đặc tính phi tuyến ở chế độ tín hiệu lớn như diod, transistor lưỡng cực nối, transistor trường...

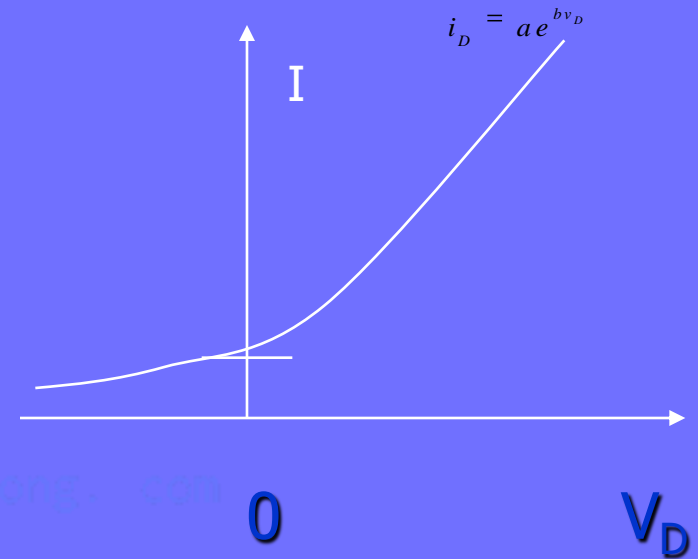
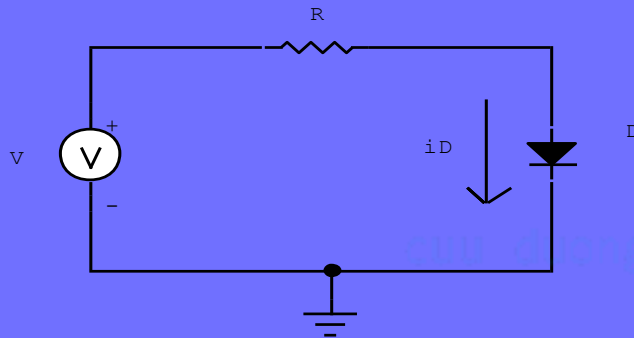
Với mạch phi tuyến, ta có thể tuyến tính hoá khi xét ở chế độ tín hiệu nhỏ.

Chú ý: Các định lý Chồng chập, Thevenin, Norton, chỉ áp dụng cho mạch tuyến tính.

II. Các phần tử phi tuyến

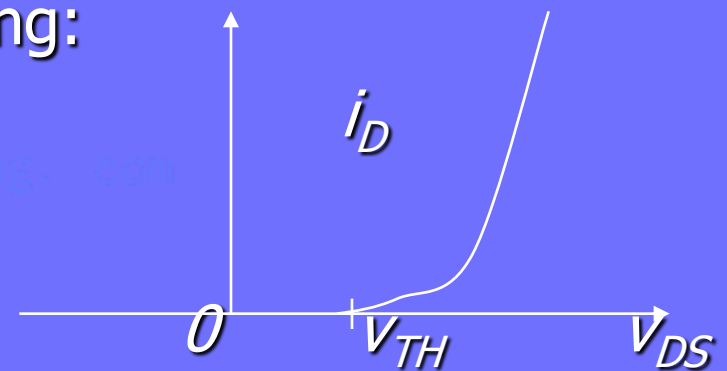
Đặc tuyến của

$$i_D = I_S e^{v_D/v_T} - 1 = a e^{b v_D} - 1$$



Hoặc đặc tuyến của MOSFET loại tăng:

$$i_D = k (v_{GS} - v_T)^2$$



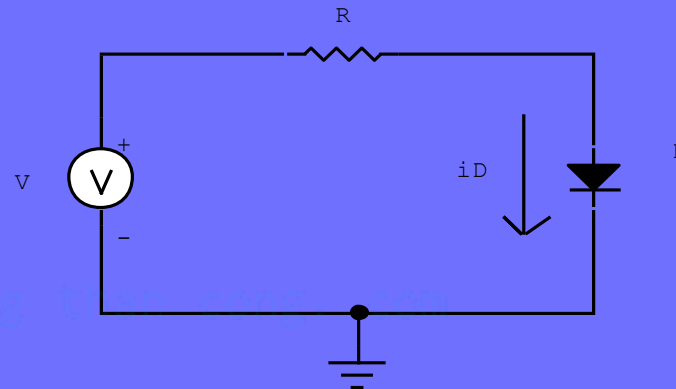
III. Phương pháp phân tích mạch

1. Phương pháp toán học

- Theo mạch điện diod ta có:

$$\frac{v_D - V}{R} + i_D = 0 \quad (1)$$

$$i_D = a e^{b v_D} - 1 \quad (2)$$



Thí dụ:

Xét mạch diod ở trên, với $i_D = kv_D^2$.

Giải:

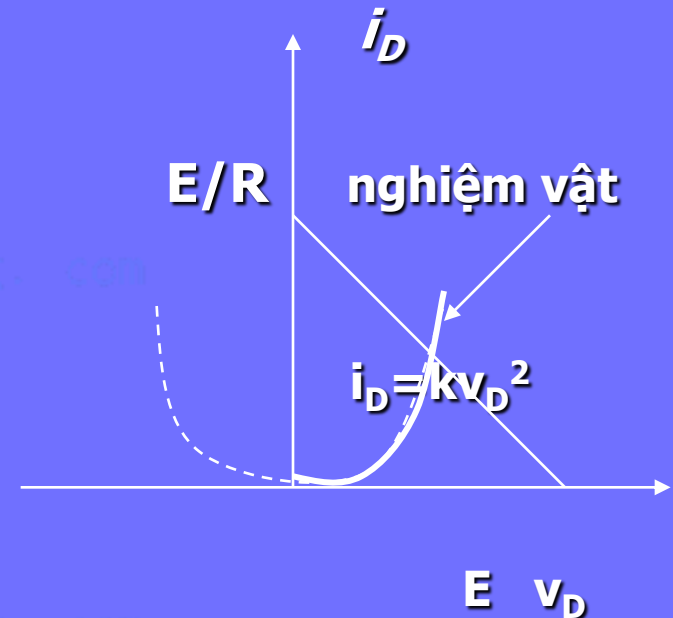
$$\frac{v_D - V}{R} + kv_D^2 = 0$$

$$Rkv_D^2 + v_D - E = 0$$

Chọn trị số dương:
lý

$$v_D = \frac{-1 + \sqrt{1 + 4RkE}}{2Rk}$$

$$i_D = k \left[\frac{-1 + \sqrt{1 + 4RkE}}{2Rk} \right]^2$$



cuu duong than cong. com

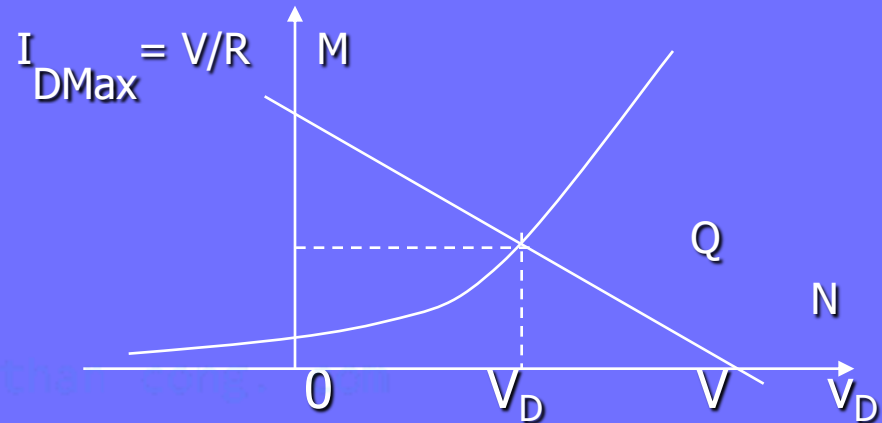
2. Phương pháp đồ thị

Dùng cách vẽ đường thẳng tải

(1) cho :

$$\frac{v_D - V}{R} = -a e^{bv_D} - 1$$

$$\frac{V}{R} - \frac{v_D}{R} = a e^{bv_D} - 1 \quad (3)$$



vế trái của (3) là đường thẳng có hệ số độ dốc $-1/R$,

vế phải của (3) là đặc tuyến của diod

Giao điểm của hai đường này cho nghiệm số của (1) và (2) hay của (3)

Cách vẽ đường thẳng tải tĩnh:

- Cho $V_D = 0 \rightarrow I_{DM} = V/R$ cho điểm M trên đồ thị
- Cho $I_D = 0 \rightarrow V_{DM} = V$ cho điểm N trên đồ thị

Thí dụ 1: Cho

$$V=1,$$

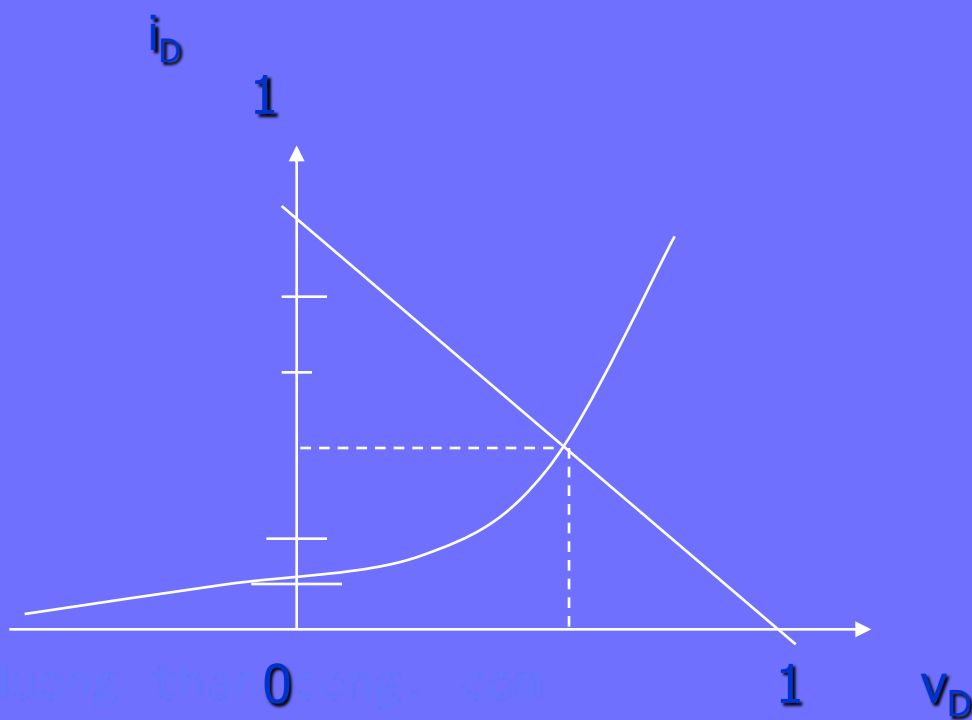
$$R=1$$

$$a = 1/4$$

$$b=1$$

$$v_D = 0,5 \text{ V}$$

Được: $i_D = ??? \text{ A}$



Thí dụ 2: Cho mạch diod có phương trình sau:

$$i_D = -\frac{v_D - E}{R}$$

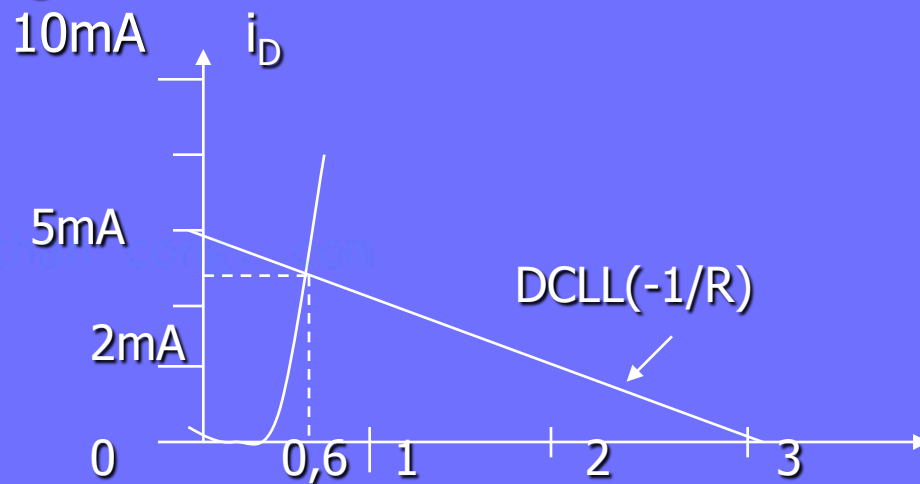
$$i_D = I_s e^{v_D / v_T} - 1$$

Với $E = 3 \text{ V}$, $R = 500 \text{ } \Omega$

Tính được:

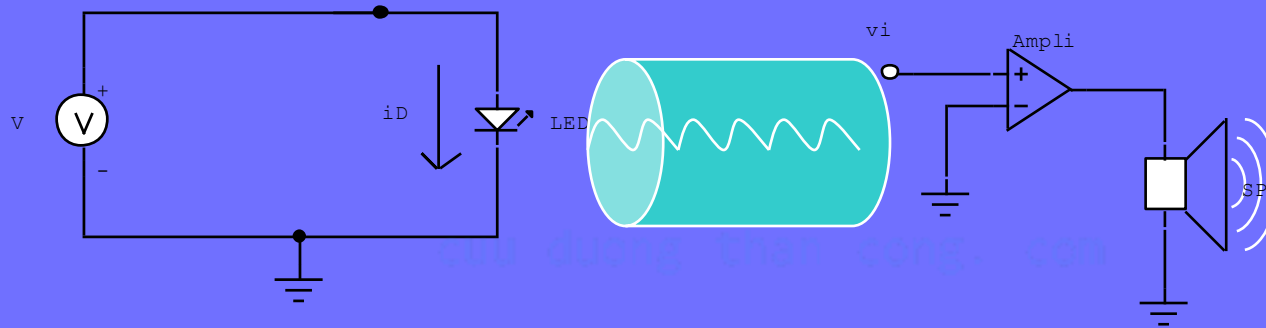
$$i_D = -\frac{0,6 \text{ V}}{500 \text{ } \Omega} + \frac{3 \text{ V}}{500 \text{ } \Omega}$$

$$v_D = -1,2 \text{ mA} + 6 \text{ mA} = 4,8 \text{ mA}$$



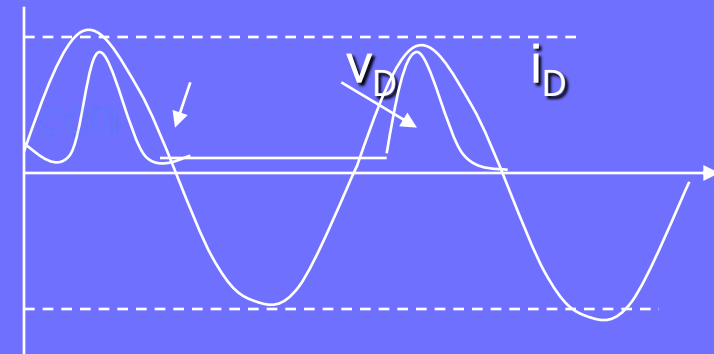
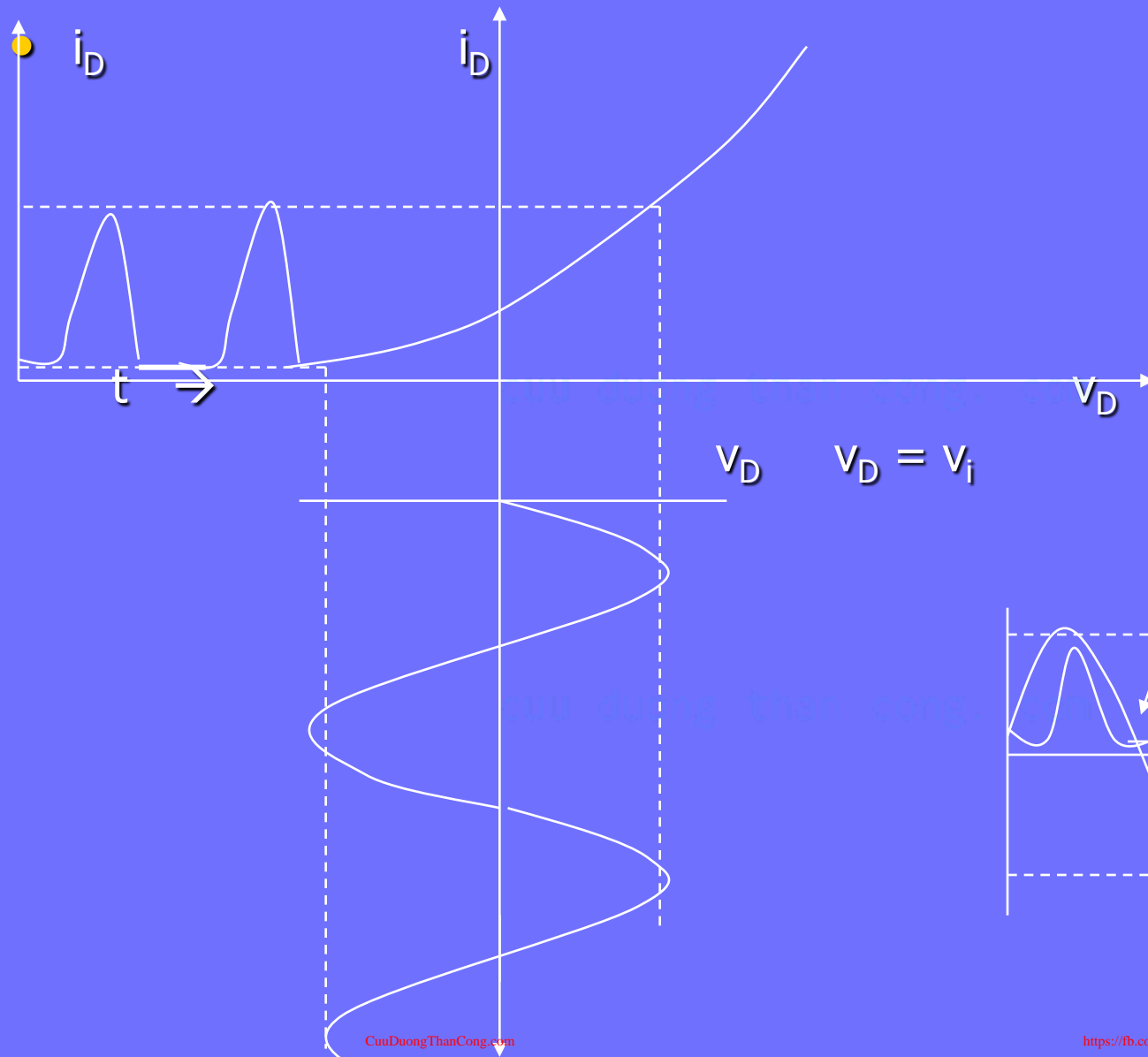
3. Phương pháp phân tích gia tăng (tín hiệu nhỏ)

- Sơ đồ: Khuếch đại âm nhạc



- $v_i(t) \rightarrow i_D(t) \rightarrow \text{ánh sáng} \rightarrow i_R \rightarrow \text{âm thanh (khuếch đại)}$
↑
phi tuyến
↑
tuyến tính

- LED là linh kiện phi tuyến \rightarrow sai dạng



Thí dụ:

Với mạch diod cho ở trên, tính i_D khi $v_D = 0,5V, 0,6V, 0,7V$. Cho biết $V_T = 0,025V, I_s = 1 \text{ pA}$.

Giải:

$$i_D = I_s(e^{v_D/V_{TH}} - 1).$$

-Với $V_D = 0,5V$

$$i_D = 1 \times 10^{-12}(e^{0.5/0.025} - 1) = 0.49 \text{ mA}.$$

-với $V_D = 0,6V$

$$i_D = 26 \text{ mA},$$

-Với $V_D = 0,7V$

$$i_D = 1450 \text{ mA}.$$

Ta thấy dòng i_D tăng rất nhanh khi V_D lớn hơn $0,6V$ và không tăng tuyến tính với v_D .

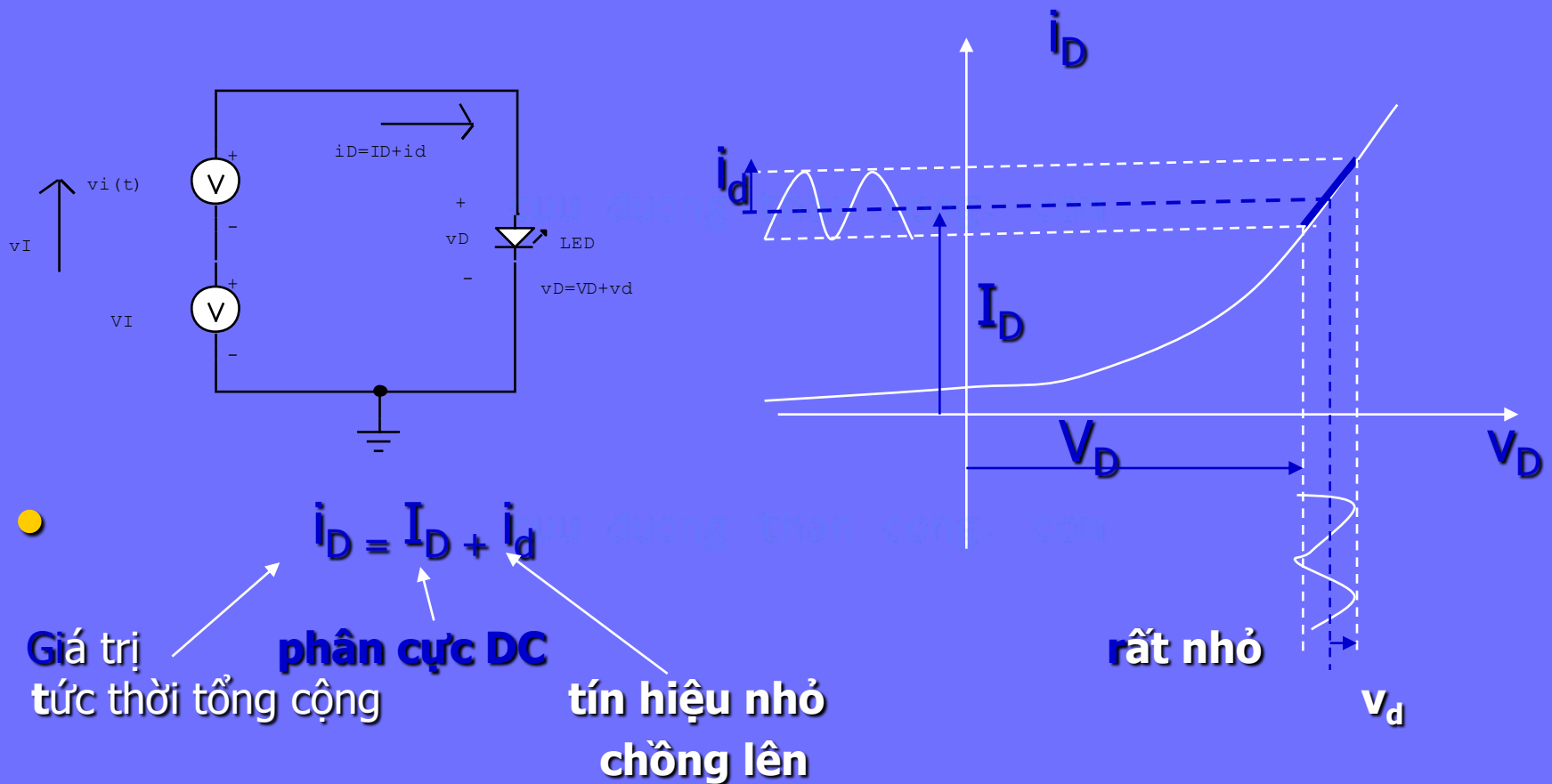
Chú ý: khi $v_D = -0,2V$ cho i_D :

$$i_D = I_s(e^{v_D/V_{TH}} - 1) = 1 \times 10^{-12}(e^{-0.2/0.025} - 1) = -0.9997 \times 10^{-12} \text{ A}.$$

IV. Phân tích tín hiệu nhỏ

1. Phương pháp tín hiệu nhỏ

- **Phân cực điểm Q** và cho tín hiệu nhỏ tác động ngõ vào cho:



a. Ý nghĩa toán học

- Khai triển chuỗi Taylor của hàm số $f(x)$ tại trị $x = x_0$:

$$y = f(x) = f(x_0) + \left. \frac{df}{dx} \right|_{x_0} (x - x_0) + \frac{1}{2!} \left. \frac{d^2 f}{dx^2} \right|_{x_0} (x - x_0)^2 + \dots$$

- Áp dụng vào hàm $i_D = f(v_D)$ không tuyến tính
- Thay thế $v_D = V_D + v_d = V_D + \Delta v_D$ ← gia tăng chung quanh V_D
- Khai triển Taylor $f(v_D)$ gần $v_D = V_D$ cho:

$$i_D = f(V_D) + \left. \frac{df}{dv_D} \right|_{v_D = V_D} \Delta v_D + \frac{1}{2!} \left. \frac{d^2 f}{dv_D^2} \right|_{v_D = V_D} \Delta v_D^2 + \dots$$

CuuDuongThanCong.com

- qua số hạng bậc cao vì Δv_D rất bé, ta được:

$$i_D = f(V_D) + \left. \frac{df}{dv_D} \right|_{v_D = V_D} \Delta v_D$$

- Hay có thể viết:

$$i_D = f(V_D) + \left. \frac{df(V_D)}{dV_D} \right|_{V_D} \Delta V_D$$

$$i_D = I_D + \Delta i_D$$

$$I_D = f(V_D)$$

$$\Delta i_D = \left. \frac{df(V_D)}{dV_D} \right|_{V_D} \Delta V_D$$

hằng số thừa số của ΔV_D

- Ký hiệu:

$$\Delta V_D = v_d, \quad \Delta i_D = i_d$$

Với thí dụ diod cho:

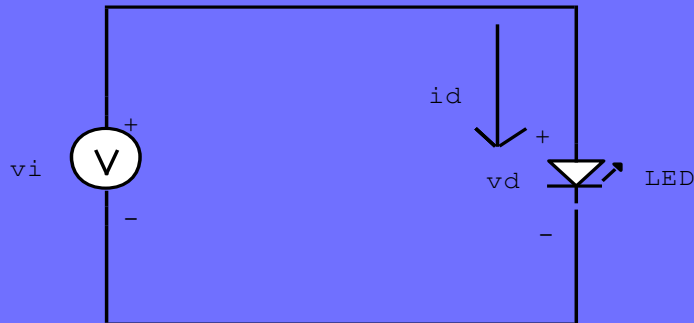
$$i_D = I_D + i_d \approx (ae^{bV_D} - 1) + (ae^{bV_D} - 1) \cdot b \cdot v_d$$

$$I_D = ae^{bV_D} - 1$$

$$i_d = I_D \cdot b \cdot v_d$$

3. Giải thích bằng mạch điện

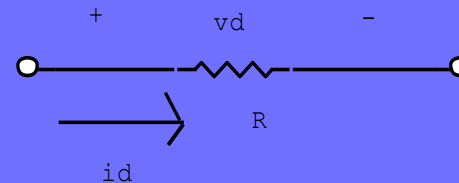
- **Mạch tín hiệu nhỏ**



$$I_D = a e^{b v_D} - 1$$

Đáp ứng tín hiệu nhỏ:

- **Mạch tín hiệu nhỏ**



$$R = \frac{1}{I_D b}$$

Tuyến tính

2. Phân tích bằng tuyến tính từng mảnh

- Phương pháp thứ tư để giải mạch không tuyến tính là dùng phân tích tuyến tính từng mảnh
- Đó là cách dùng các đoạn thẳng rồi kể đó áp dụng phương pháp phân tích mạch tuyến tính để tính toán với các đoạn thẳng đó.
- Để đơn giản, ta xét thí dụ với diod và khi đó gọi là **mô hình diod diod lý tưởng**
- **Trước hết, ta triển khai mô hình tuyến tính từng mảnh đơn giản của diod:**

- **Xấp xỉ thứ nhất:**

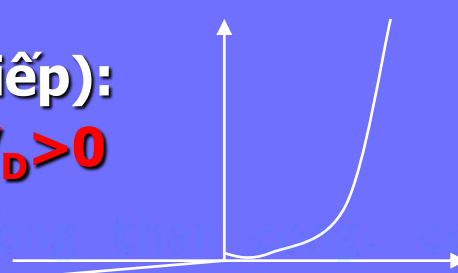
Diod ON (mạch nối tiếp):

$V_D = 0$ V với tất cả $V_D > 0$

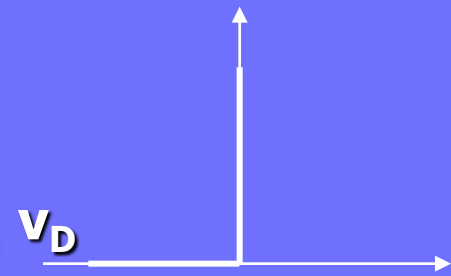
Diod OFF (mạch hở):

V_D

$I_D = 0$ với mọi $V_D < 0$
tưởng



a. Diod thực



b. Diod lý

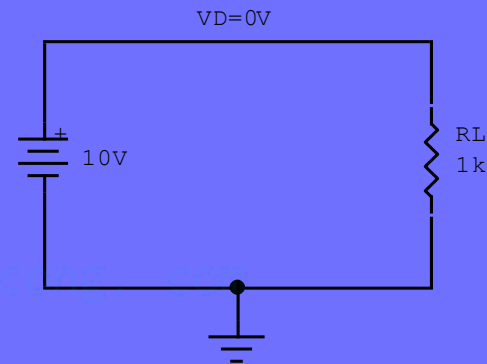
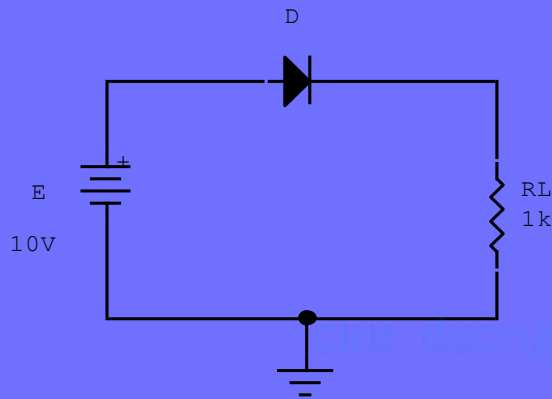


mạch hở

mạch nối tắt

D

- **Thí dụ:**
- **Cho mạch diod theo H. Với diod lý tưởng**

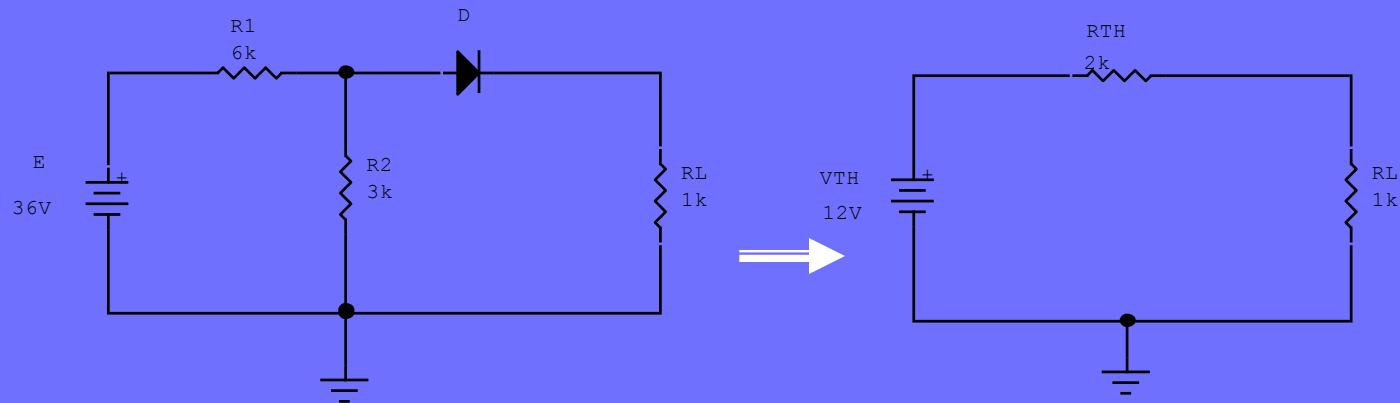


- **Ta có:**

$$V_L = E = 10V$$

$$I_L = V_L / R_L = 10V / 1k\Omega = 10 \text{ mA}$$

- Thí dụ 2: Cho mạch diod theo H. . Với $V_D = 0V$



- Tính được:

$$V_{TH} = \frac{3}{3 + 6} 36V = 12V$$

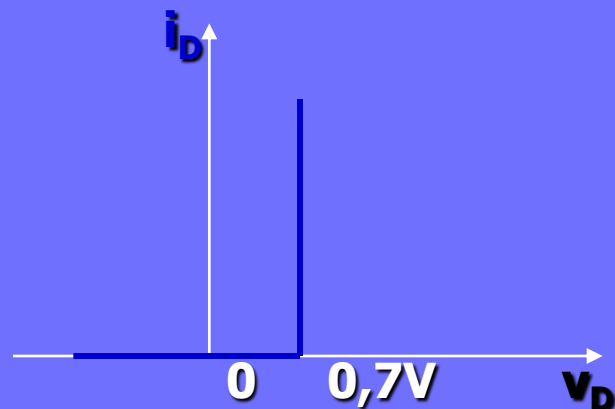
$$R_{TH} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} k\Omega = 2k\Omega$$

$$I_L = \frac{12V}{2 + 1} = 4mA$$

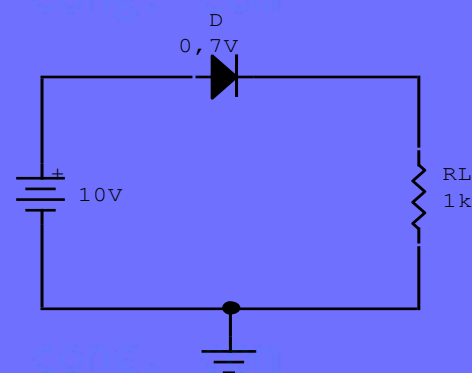
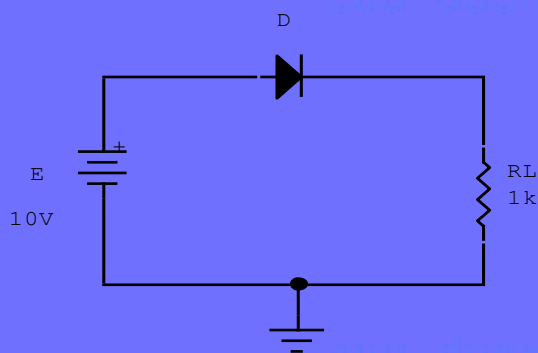
$$V_L = R_L I_L = 1k\Omega \cdot 4mA = 4V$$

- **Xấp xỉ thứ hai:**
cho $V_D = 0,7V$ khi diod dẫn

Thí dụ: Cho mạch theo H. .
Với $V_D = 0,7V$



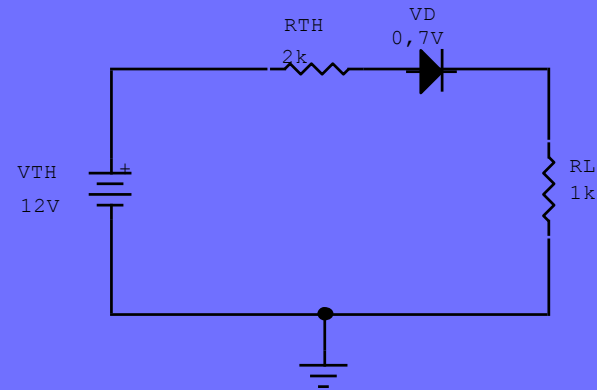
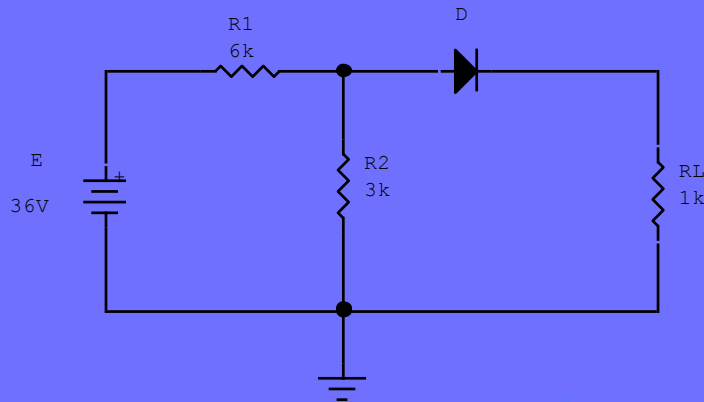
$V_D = 0V$



$$V_L = 10V - 0,7V = 9,3V$$

$$I_L = \frac{9,3V}{1k\Omega} = 9,3mA$$

- Thí dụ 2 : Cho mạch diod ở H. Với $V_D = 0,7V$



- Tính được:

$$V_{TH} = \frac{3}{3 + 6} 36V = 12V$$

$$R_{TH} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} k\Omega = 2k\Omega$$

$$V_L = 12V - 0,7V = 11,3V$$

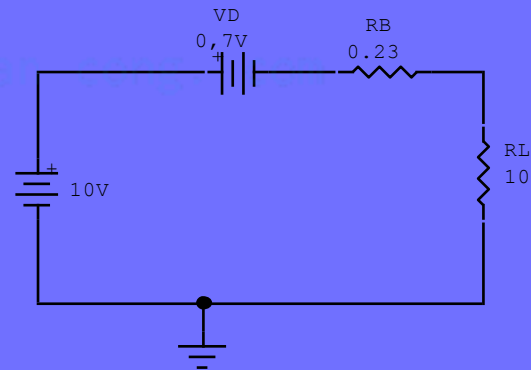
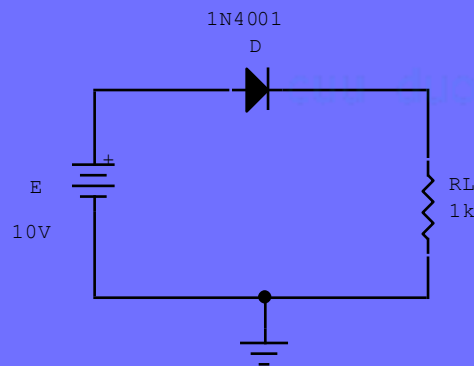
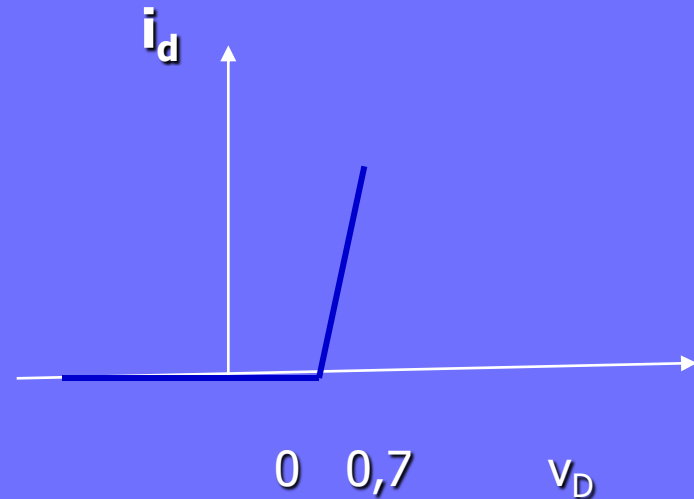
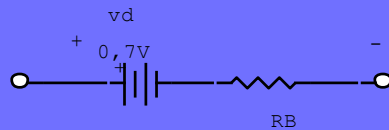
$$I_L = \frac{11,3V}{2 + 1} = 3,77mA$$

$$V_L = R_L I_L = 1k\Omega \cdot 3,77mA = 3,77V$$

- Xấp xỉ 3:

Mạch tương đương Diod dẫn:

$$V_D = 0,7 + I_D R_B$$



$$V_T = 10V - 0,7V = 9,3V$$

$$I_L = \frac{9,3V}{0,23\Omega + 10\Omega} = 0,909 A$$

$$V_L = I_L R_L = 0,909 A \cdot 10\Omega = 9,9V$$

- **Thí dụ 3:** Cho mạch điện ở H. . Với diod có mô hình $V_D = 0,7V$ và $R_B = 100 \text{ Ohm}$.

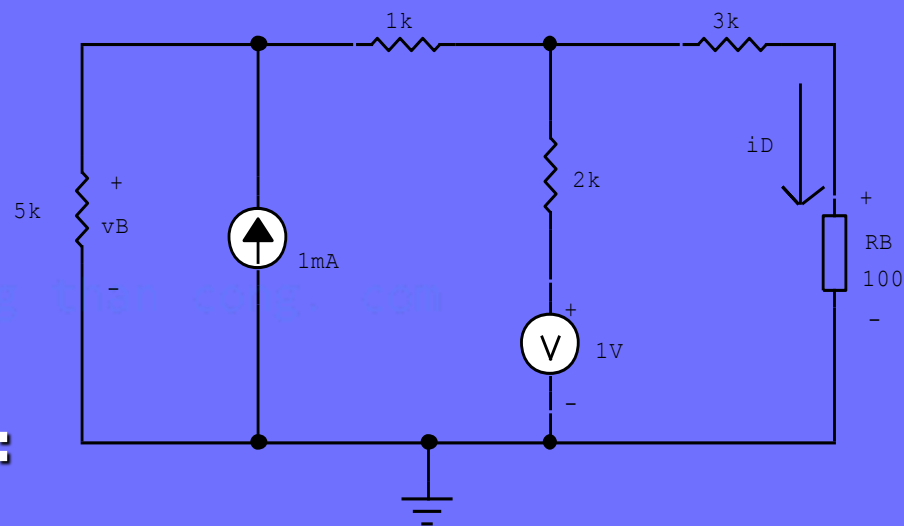
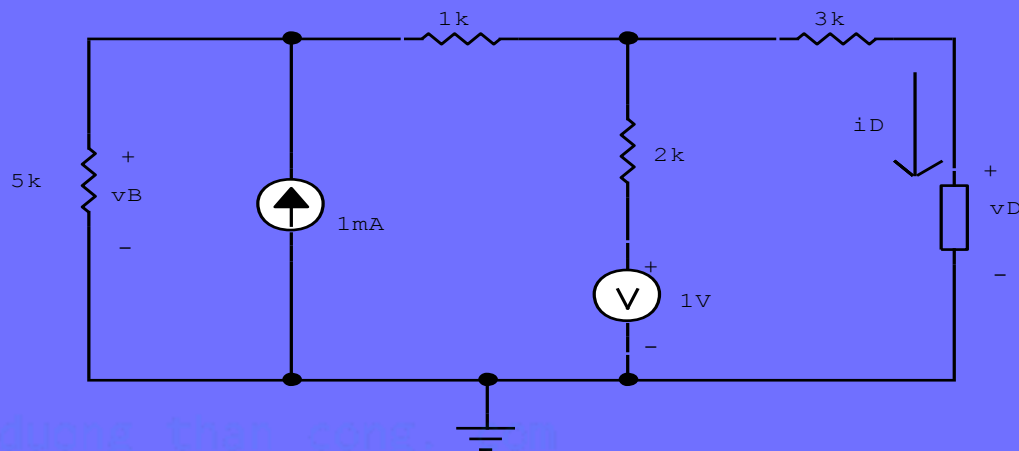
- Ta có thể giải phi tuyến bằng cách làm tuyến tính phần tử phi tuyến và sau đó giải như mạch tuyến tính (áp dụng định lý chồng chập, Thevenin, Norton...)

❖ Xem diod có $V_D = 0V$

Và $R_B = 100 \text{ Ohm}$

❖ Áp dụng nguyên lý

❖ Chồng chập lần lượt tính:

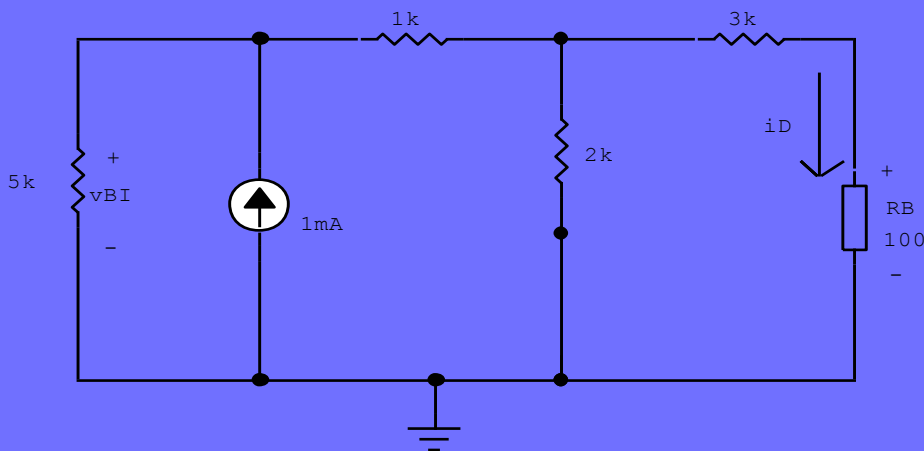


- Bước 1. Nối tắt nguồn thế tính được V_{BI} :**

$$R_{eq} = \left[3k\Omega + 100\Omega \parallel 2k\Omega \right] + 1k\Omega \parallel 5k\Omega$$

$$= 1,535k\Omega$$

$$v_{BI} = 1,535k\Omega \cdot 1mA = 1,535V$$



- Bước 2. Cho hở dòng 1mA, tính v_{BV} :**

$$R_x = 1k\Omega + 5k\Omega \parallel 3k\Omega + 100\Omega$$

$$= 2,05k\Omega$$

$$v_x = 1V \cdot \frac{R_x}{2k\Omega + R_x} = 1V \cdot \frac{2,05k\Omega}{2k\Omega + 2,05k\Omega}$$

$$= 0,51V$$

$$v_{BV} = v_x \cdot \frac{5k\Omega}{1k\Omega + 5k\Omega} = 0,51V \cdot \frac{5k\Omega}{1k\Omega + 5k\Omega}$$

$$= 0,425V$$

$$V_B = V_{BI} + V_{BV} = 1.535V + 0.425V = 1.96V$$

