



TD N°3 : Les Diodes à semi-conducteur

Eléments Électronique-AP2

2018-2019

Exercice 1:

On considère un barreau de silicium intrinsèque. On donne: la charge d'électron $e=1,6.10^{-19}$ C, la constante de Boltzmann $k=1,38.10^{-23}$ J/K, le nombre d'Avogadro $N_A = 6,0210^{23}$ mol⁻¹, la constante de Planck $h=6,6.10^{-34}$ J.s, la masse atomique =28.08 g. Masse volumique= $2,33.10^3$ kg.m⁻³. La largeur de la bande interdite $E_g = 1,1$ ev (supposée indépendante de la température). Les concentrations effectives des porteurs dans la bande de conduction et la bande de valence est:

$$N_C = 3.10^{19} \left(\frac{T}{300} \right)^{\frac{3}{2}} \text{ atomes/cm}^{-3} \quad N_V = 10^{19} \left(\frac{T}{300} \right)^{\frac{3}{2}} \text{ atomes/cm}^{-3}$$

1. Calculer la concentration n_i des des porteurs à 300 K.
2. Le barreau est maintenant dopé à raison d'un atome d'antimoine (Sb) pour 5.10^{12} atomes . Déterminer la concentration des impureté introduites. Quel type de semi-conducteur obtient-on ? (dans quelle colonne de la classification périodique se situe cet atome?).
3. Après avoir rappelé comment on établit les expressions générales donnant les concentrations des porteurs n et p en fonction de n_i et des concentrations des impuretés acceptrices et donatrices, déterminer ces concentrations à 300 K.
4. On admet que le barreau de silicium redevient pratiquement intrinsèque lorsque n_i dépasse de 10 fois la valeur de la concentration des impuretés introduites. A quelle température minimum doit-on chauffer le barreau pour se trouver dans un tel cas ?

Exercice 2:

Le Germanium (Masse volumique(ρ) =5,323 g.cm⁻³, $n_i = 2,5 10^{13}$ cm⁻³) est dopé à raison d'un atome d'Arsenic (V colonne) pour 10^6 atomes de Germanium.

1. Quel semi-conducteur obtient-on ? Calculer n_0 et p_0 .
2. Sachant que $\mu_n = 3500$ cm²V.s et $\mu_p = 1500$ cm²V.s, calculer la conductivité du cristal dopé ainsi que sa résistivité. Comparer cette valeur du matériau intrinsèque ($\mu_n = 3900$ cm²V.s et $\mu_p = 1900$ cm²V.s)
3. On considère un barreau de Germanium dopé comme précédemment de section 1.2 mm² et de longueur 1.3 cm soumis à une d.d.p de 0,5 V. Calculer la densité du courant, J , et le courant I .

Exercice 3:

Soit le circuit de la figure 1; la tension d'entrée est supposé sinusoïdale :

$$V_e = E_M \sin(\omega t)$$

On suppose au départ que la diode est idéale (1^{ère} approximation):

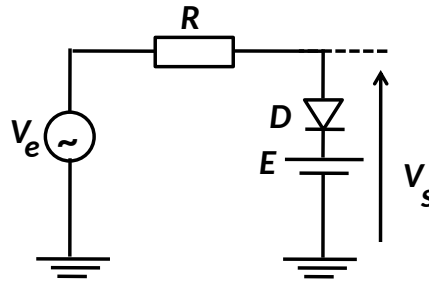


Figure 1: Écrêteur unilatéral

1. Déterminer la tension de sortie, V_s , et tracer la caractéristique de transfert $V_s = f(V_e)$
2. Refaire la même question on tenant compte de la tension seuil de la diode V_{seuil} (2^{ème} approximation).
3. Refaire la même question on tenant compte de la tension seuil et la résistance dynamique de la diode (V_{seuil}, R_d) (3^{ème} approximation).

Exercice 4:

Soit D une diode à jonction PN au Silicium. Sa caractéristique peut être approchée par la courbe de la figure 2 a).

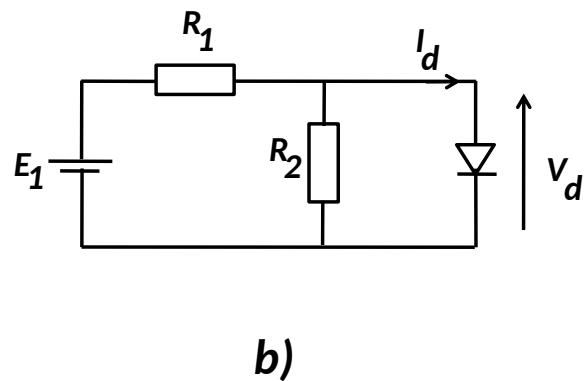
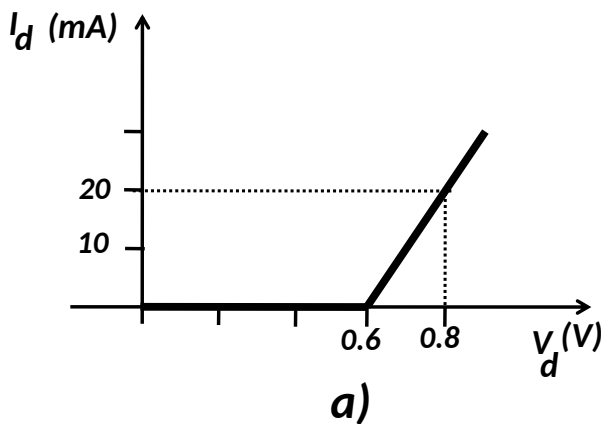


Figure 2: caractéristique a) et montage de polarisation de la diode b)

1. La diode D est insérée dans le circuit de figure 2 b).
 - (a) Écrire l'équation de la droite de charge la diode. Tracer cette droite dans le plan (V_d, I_d). Déterminer graphiquement et avec calcul les coordonnées du point de fonctionnement $P(V_{d0}, I_{d0})$ de la diode.
On donne $E_1 = 12 \text{ V}$, $R_1 = 400 \Omega$ et $R_2 = 100 \Omega$.
On suppose que E_1 n'a plus une valeur fixe, régime dynamique, mais évolue selon la loi :

$$e_1 = E_1 + E_{1m} \sin(2\pi f t)$$

Avec $f=50 \text{ Hz}$, $E_1 = 12 \text{ V}$ et $E_{1m} = 2 \text{ V}$

- (b) Donner l'équation de variation de la droite de charge.

- (c) Comment se déplace la droite de charge au cours du temps ?
 - (d) Donner les deux positions extrême de la droite de charge.
 - (e) Tracer les variations de la droite de charge, celle du courant i_d et de la tension v_d
2. La diode D est insérée dans le circuit de la figure 3 a).
On donne $E=8V$, $R_3 = 820\Omega$, $R_4 = 82\Omega$, $R_5 = 25,45\Omega$ et $R_u = 100\Omega$.

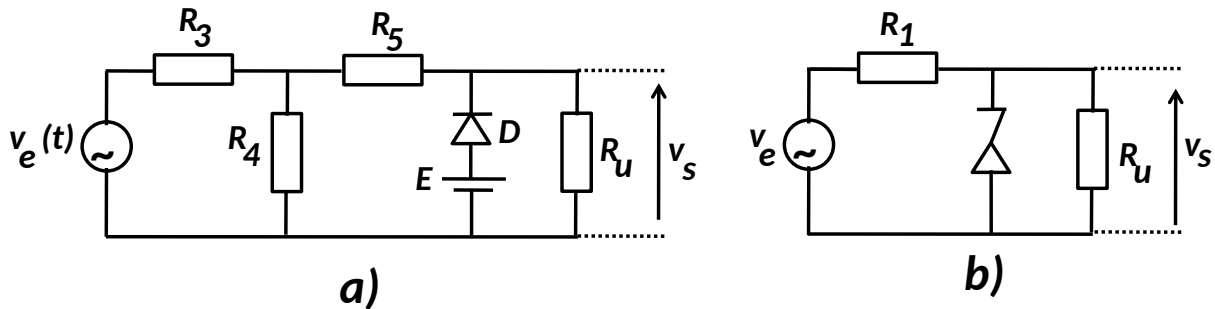


Figure 3: montage de polarisation d'une diode du signal a) et celui d'une diode Zener b)

- (a) Donner le schéma équivalent de la diode.
- (b) Calculer e_{th} et R_{th} du générateur de Thévenin alimentant la diode et la résistance d'utilisation R_u . On donne:

$$v_e = 150 \sin(\omega t)$$

- (c) Lorsque la diode est passante, représenter le schéma équivalent du circuit.
- (d) Exprimer i_d et v_d en fonction v_e .
- (e) A quelle condition i_d s'annule-t-il? donner la nouvelle expression de v_s en fonction de v_e

Exercice 5:

Une diode Zener de tension $V_z = 45V$ est utilisée pour réguler une tension sinusoïdale redressée et filtrée, susceptible de varier entre $40V \leq V_e \leq 60V$ -voir figure 3 b).

On considère que la résistance dynamique de la diode R_z est nulle. On donne $R_u = 1.8k\Omega$

1. Lorsque $V_e = 40V$, on mesure $i_l = 20mA$, déduire R_1 .
2. A partir de quelle valeur de V_e , la tension de sortie est-elle régulée?
3. Donner V_s en fonction de V_e .
4. Calculer l'intensité du courant dans la diode quand $V_e = 60V$