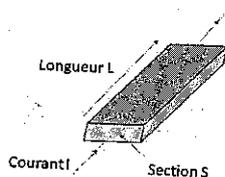


Exercice 1 : Dopage et conductivité d'un semiconducteur (6 pts)

On considère du silicium non dopé (intrinsèque) à la température ambiante. On donne : $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$. Le semiconducteur a une section $S = 0,1 \text{ cm}^2$ et une longueur $L = 1 \text{ cm}$.

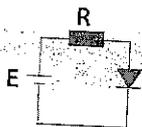


Les mobilités sont 1500 et $500 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ pour les électrons et les trous respectivement. On rappelle que $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ et on suppose $V_T = kT/e = 26 \text{ mV}$ à la température de 20°C .

1. Calculer la conductivité et la résistivité du silicium (respectivement en $\Omega^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ et $\Omega\cdot\text{cm}$)
2. On dope le cristal avec du Phosphore pour obtenir un matériau dopé N et une conductivité de $8 \Omega^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$. La nouvelle mobilité des électrons est $600 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$. Quelle concentration N_D de Phosphore a été introduite (en cm^{-3}) ?
3. Calculer la résistance R du barreau de silicium (en Ω) si un courant circule entre chaque face de section S .
4. Si on applique une différence de potentiel de 2 V sur le barreau dopé, calculer le courant I et la densité de courant de conduction des électrons $J = I/S$ (en A/cm^2) dans le barreau.
5. Calculer la constante de diffusion D_n à $T = 300 \text{ K}$ (en cm^2/s)

Exercice 2 : Diode à jonction PN

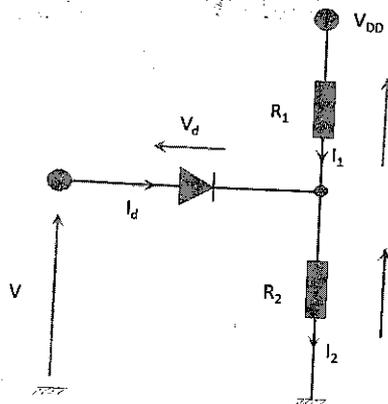
On considère une diode de redressement 1N4005 dont la caractéristique $I(V)$ est donnée en annexe 1. La diode est polarisée avec le circuit ci-dessous avec $E = 2 \text{ V}$. On suppose $V_T = kT/e = 26 \text{ mV}$ à la température de 20°C .



1. Estimer la tension seuil V_s de la diode et de sa résistance série R_s en utilisant l'annexe 1.
2. On mesure un courant I_0 de 20 mA dans le circuit de polarisation. Placer le point de fonctionnement (I_0, V_0) de la diode sur la caractéristique $I(V)$ de l'annexe 1. Quelle est la valeur V_0 sur la diode ?
3. En déduire la valeur de la résistance R utilisée dans le circuit de polarisation.
4. Déterminer la résistance dynamique r_d au point de fonctionnement (V_0, I_0) à l'aide de l'annexe 1
5. Comparer la valeur précédente de résistance dynamique r_d avec celle donnée par l'expression théorique en fonction de V_T et I_0 . Conclusion.

Partie indépendante

Une diode idéale ($V_{\text{seuil}} = 0 \text{ V}$) est montée dans le circuit suivant. On cherche à savoir si elle est passante ou bloquée pour une tension d'entrée $V = 3,5 \text{ V}$. La source de tension V_{DD} vaut 5 V . $R_1 = 100 \Omega$ et $R_2 = 400 \Omega$.



On suppose la diode bloquée :

6. Exprimer V_{DD} en fonction de V_{R1} et V_{R2} , puis en fonction de R_1 , R_2 et I . En déduire V_{R2} en fonction de V_{DD} , R_1 et R_2 puis calculer sa valeur.
7. En déduire la tension V_d au bornes de la diode

On suppose la diode passante :

8. Quelle est la valeur de V_{R2} ? En déduire la valeur de V_{R1} .
9. En déduire les valeurs des courants I_1 et I_2 dans R_1 et R_2 . Déterminer alors I_d dans la diode et son sens.

Conclusion sur l'état de la diode

10. La diode est-elle passante ou bloquée avec $V=3,5$ V (justifier la réponse) ?
11. Pour quelle valeur de V la diode changera d'état ?

Exercice 3 : Amplificateur à transistor à effet de champ JFET (7 pts)

On considère un transistor JFET à canal N caractérisé par une tension de pincement $V_p = -3$ V. Il est utilisé dans un montage amplificateur avec une polarisation par pont diviseur (fig.1 à droite).

$$V_{DD}=12\text{V}, R_1=500\text{ k}\Omega, R_2=100\text{ k}\Omega, R_D=1\text{ k}\Omega, R_S=500\ \Omega$$

On rappelle qu'en zone de saturation : $I_D = I_{DSS}(1 - V_{GS}/V_p)^2$ et $g_m = -2I_{DSS}(1 - V_{GS}/V_p)/V_p$

Etude en régime statique : circuit de polarisation

III.1 : Que vaut I_G ? Déterminer alors la relation donnant V_{DD} en fonction de R_1 , R_2 et I . puis celle donnant V_{GM} en fonction de R_2 et I . En déduire V_{GM} en fonction de R_1 , R_2 et V_{DD} . Calculer la valeur de V_{GM} .

III.2 : Etablir la relation donnant V_{GM} en fonction de V_{SM} et V_{GS} puis exprimer V_{SM} en fonction de R_s et I_D . En déduire la relation donnant I_D en fonction de R_s , V_{GS} et V_{GM} .

III.3 : On mesure $V_{GS} = -1$ V (notée V_{GS0}), en déduire la valeur de I_D (notée I_{D0})

III.4 : Etablir la relation donnant V_{DD} en fonction de R_D , R_s , I_D et V_{DS} . En déduire V_{DS} (notée V_{DS0})

III.5 : Dans quel état, linéaire ou saturé, est placé le transistor JFET ? Justifier la réponse.

III.6 : Déterminer la valeur de I_{DSS} (en A) du JFET et celle de la transconductance g_m (en Ω^{-1}) au point de fonctionnement

Etude en régime dynamique

III.7 : Représenter le schéma en dynamique du montage amplificateur de la figure 1 (gauche). On suppose que la résistance dynamique de canal r_{DS} est infinie (JFET idéal).

III.8 : Déterminer l'expression du gain en tension A_v en fonction de g_m , R_D . Calculer sa valeur.

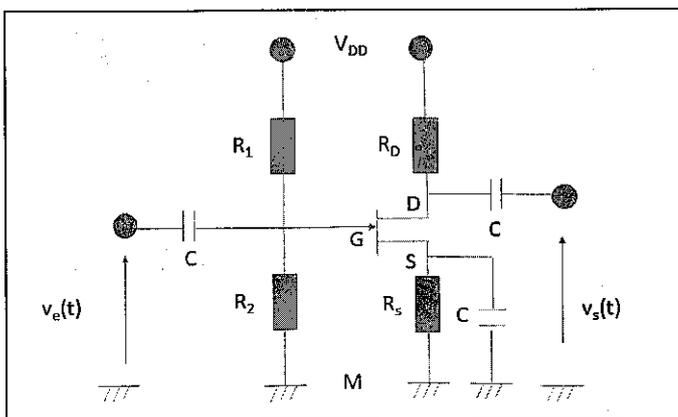
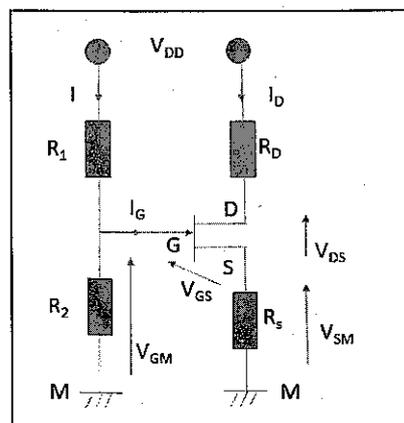


Fig. 1 : Circuit amplificateur complet



Circuit statique de polarisation

courant (A)

