

Toute documentation permise
Calculatrices : uniquement les modèles autorisés
Durée de l'examen : 3 heures

98-Phys-A5 Dispositifs à semi-conducteurs et circuits

Question 1 (20 points)

- a) Des mesures expérimentales sont effectuées sur une tige de silicium pur (intrinsèque) dont la surface est carrée et de dimension $70\text{ }\mu\text{m} \times 70\text{ }\mu\text{m}$ et sa longueur est de 3 mm. Les mesures sont effectuées à la température de la pièce, soit 300 K. On injecte un courant continu de $1,5\text{ }\mu\text{A}$ le long de la tige. Quelle est l'amplitude (intensité) du champ électrique dans la tige et quelle tension mesurera-t-on entre les extrémités?
- b) Une tige de silicium identique à la précédente est dopée avec une concentration d'atomes donneurs de $5 \times 10^{-4}\text{ cm}^{-3}$. Le même courant circule dans la tige que pour la situation décrite en a). Calculer les concentrations d'électrons et de trous dans la tige de silicium ainsi que la tension entre les extrémités et la conductivité du matériau.

Question 2 (20 points)

Dans le circuit de la figure 1, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_B = 232,5\text{ k}\Omega$, $R_L = 0,5\text{ k}\Omega$, $R_S = 600\text{ }\Omega$, et $v_s = V_s \sin \omega t$. Le facteur β de ce transistor est d'environ 200 et $\omega = 100\text{ Hz}$. La tension Early est d'approximativement 100 V. Supposer que dans le modèle utilisé pour ce transistor, $r_b = 100\text{ }\Omega$.

- a) Calculer la tension V_s qui produit un signal de sortie de crête de 2 V.
- b) Calculer la tension de sortie pour $V_s = 2\text{ mV}$ et pour $V_s = 265\text{ mV}$. Considérer que le circuit fonctionne en régime basse fréquence et à température ambiante. Pour la seconde tension (265 mV), esquisser l'allure de la tension de sortie en fonction du temps pour au moins 2 périodes du signal.

Question 3 (20 points)

Des amplificateurs opérationnels en configuration inverseur et non-inverseur ont la même configuration dans le cas où aucun signal de tension d'entrée n'est appliqué. Ceci est illustré à la figure 2. Dans ce circuit, $R_1 = 100\text{ k}\Omega$ et $R_2 = 1\text{ M}\Omega$.

- a) Supposons que la tension de décalage à l'entrée (V_{i0}) soit nulle. Calculer alors la tension de sortie résultant du courant de polarisation lorsque celui-ci est égal à 100 nA.
- b) Proposer une façon d'éliminer l'effet du courant de polarisation en modifiant légèrement le circuit de manière à réduire la tension de sortie à zéro. Quantifier la valeur de tout composant ajouté au circuit.
- c) Avec l'approche proposée en b) de cette question, calculer la tension de sortie de cet amplificateur lorsque la différence entre le courant à la borne (+) de l'amplificateur opérationnel et le courant à la borne (-) est maintenant de 20 nA.

Question 4 (20 points)

Dans le circuit de la figure 3, le transistor utilisé possède des paramètres $K = 1/2k'(W/L)$ de $0,5\text{mA/V}^2$ et $|V_T| = 1\text{V}$.

- a) Quelle est la tension que l'on devrait obtenir au drain du transistor (V_D)?
- b) Si la tension réellement mesurée est de 90% de la valeur calculée, quelle est la variation de V_T qui expliquerait ce résultat (en %)?
- c) Alternativement, quelle est la variation de K qui expliquerait ce résultat (en %)?

Question 5 (20 points)

Directement sur la figure 4, identifier la position habituelle des niveaux d'énergie suivants :

- a) E_i : le niveau de Fermi intrinsèque
- b) E_D : un niveau d'énergie donneur
- c) E_A : un niveau d'énergie accepteur
- d) E_T : un niveau d'énergie pour un piège
- e) E_F pour un matériau semi-conducteur dégénéré de type p.

Ajouter tout commentaire nécessaire qui permet d'éviter toute ambiguïté dans l'interprétation du schéma.

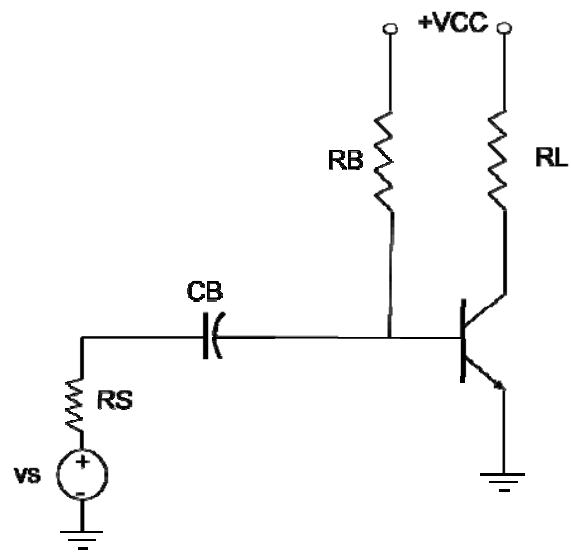


Figure 1

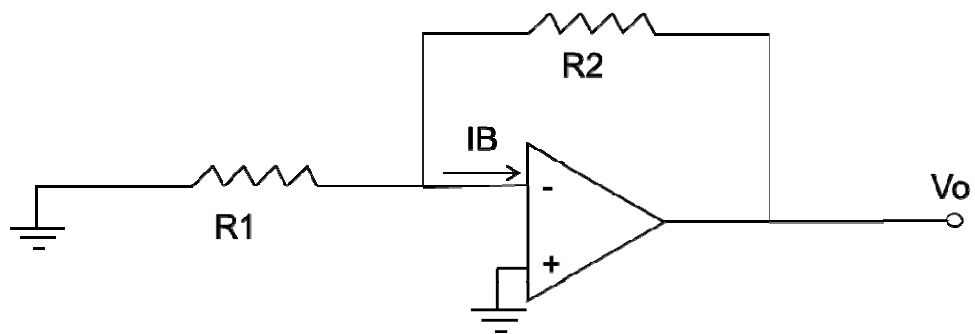


Figure 2

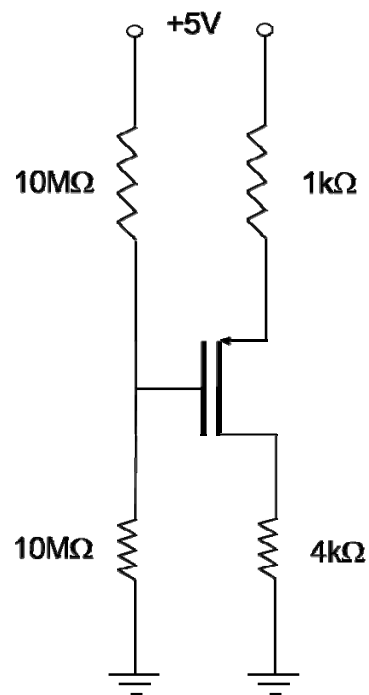


Figure 3

E_c _____

E_v _____

Figure 4