



ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2011

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

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

Question 1 (25 points)

Calculer la résistivité du silicium intrinsèque et du silicium dopé type n avec $N_D = 10^{15}/\text{cm}^3$. Utiliser $n_i = 1.5 \times 10^{10}/\text{cm}^3$ avec $\mu_n = 800 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ et $\mu_p = 400 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ pour le silicium intrinsèque, et une mobilité réduite à 75% de ces valeurs dans le cas du matériau dopé. Une augmentation de la température affectera la résistivité du silicium dans ces deux cas. Calculer les nouvelles valeurs de résistivité pour chacun des deux types de silicium pour une augmentation de la température de 75°C .

Question 2 (20 points)

Un transistor à effet de champ MOSFET à canal n et à enrichissement est caractérisé par $V_{TR} = 4\text{V}$. Dessiner une vue en section du dispositif pour les différentes conditions décrites ci-bas. Chacun des dessins devrait illustrer les régions de grille, source et drain, ainsi que la couche d'inversion et le champ électrique dans l'oxyde.

- a) (7 points) $V_{GS} = 9\text{V}$; $V_{DS} = 7\text{V}$
- b) (7 points) $V_{GS} = 8\text{V}$; $V_{DS} = 1\text{V}$
- c) (6 points) $V_{GS} = 6\text{V}$; $V_{DS} = 2\text{V}$.

Question 3 (15 points)

Une diode à jonction pn et la jonction base-émetteur d'un transistor bipolaire npn possèdent la même structure physique et les mêmes dopages. Les deux sont branchées en parallèle et polarisées avec les mêmes tensions. Si le courant de diode est de 5 mA et que le transistor possède un β_F de 50, quelles seront les valeurs de courants de base et de collecteur dans le transistor?

Question 4 (15 points)

Un circuit amplificateur inverseur utilise un amplificateur opérationnel. La résistance de rétro-action $R_2 = 100\text{k}\Omega$ et la résistance d'entrée $R_1 = 5\text{k}\Omega$. Une troisième résistance $R_3 = 5\text{k}\Omega$ est insérée entre la borne v- de l'amplificateur opérationnel et la masse (« ground »).

- a) (8 points) Trouver le gain résultant du circuit en utilisant le modèle de l'amplificateur opérationnel idéal.
- b) (7 points) De quelle façon le résultat change-t-il lorsque R_3 est plutôt insérée entre la borne v+ de l'amplificateur opérationnel et la masse (« ground »)?

Question 5 (25 points)

- a) (10 points) Quelles sont les valeurs de tension de sortie analogique la plus élevée et la plus faible que l'on peut obtenir avec un convertisseur numérique/analogique de 14 bits, avec une tension de référence de 10V?
- b) (15 points au total, dont 5 points pour chacun des trois éléments) Modifier le circuit de la figure 1 (convertisseur numérique/analogique additionneur) afin de le transformer en un amplificateur analogique avec un gain numérique ajustable. Quel est le ratio entre le gain le plus élevé possible et le gain le plus faible possible? Quelles sont les valeurs de la plus grande et de la plus faible de résistance vue par le signal analogique dans le circuit?

Figure 1

