

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2016

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

14-PH-A5 Dispositifs à semi-conducteurs et circuits

## QUESTION 1 (20 points)

On considère une jonction  $pn$  en silicium à la température  $T = 300 \text{ K}$ . La zone  $n$  est dopée à  $N_d = 1.2 \times 10^{16} \text{ atomes cm}^{-3}$  et la zone  $p$  à  $N_a = 0.9 \times 10^{18} \text{ atomes cm}^{-3}$ . On supposera que le nombre de porteurs du silicium intrinsèque est  $n_i = 1.35 \times 10^{10} \text{ atomes cm}^{-3}$  et que la constante diélectrique relative du silicium vaut 11.9 calculer :

- La hauteur de la barrière de la jonction en absence de polarisation. (4 points)
- Le nombre d'électrons dans la zone  $p$  et le nombre de trous dans la zone  $n$ . (8 points)
- L'épaisseur de la zone de déplétion de la région  $p$  et celle de la région  $n$  en absence de polarisation. (8 points)

Note :  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ,  $k = 8.62 \times 10^{-5} \text{ eVK}^{-1}$  et  $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ .

## QUESTION 2 (20 points)

Soit le circuit de la figure 1:

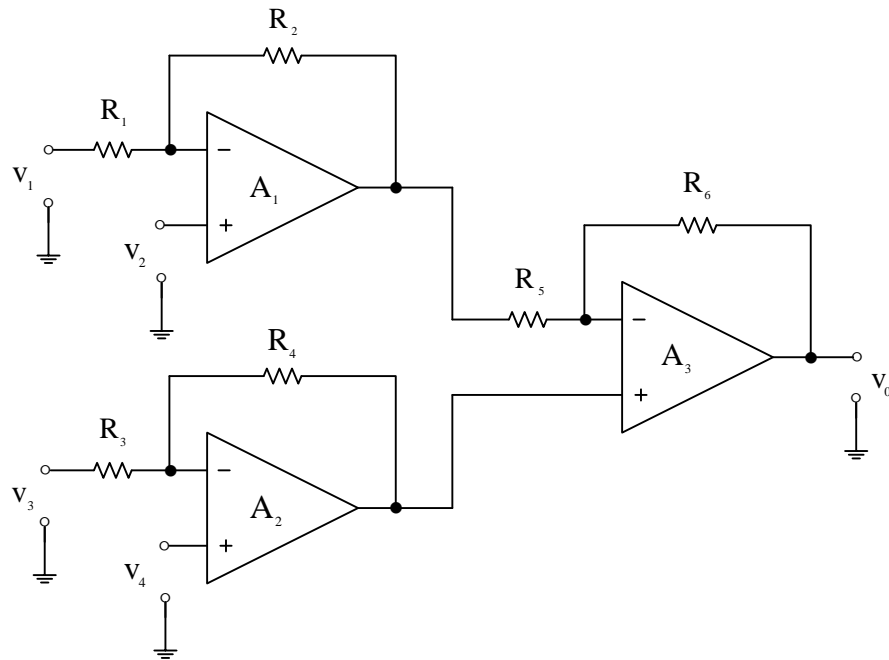


Figure 1

- a. Déterminer l'expression de  $v_0$  en fonction de  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$  et  $v_4$  sachant que les amplificateurs opérationnels sont dans la zone linéaire,  $R_1 = R_3 = R_5 = 5 \text{ k}\Omega$  et  $R_2 = R_4 = R_6 = 100 \text{ k}\Omega$ . (15 points)
- b. Est-ce qu'on peut modifier le circuit pour obtenir  $v_0 = 400(v_1 - v_2 - v_3 + v_4)$ ? (5 points)

### QUESTION 3 (20 points)

Pour le circuit de la figure 2,  $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $V_{D1} = 0.7 \text{ V}$ ,  $v_i(t) = 12 \sin(2\pi \times 10^3 t)$  et  $T = 1 \text{ ms}$ :

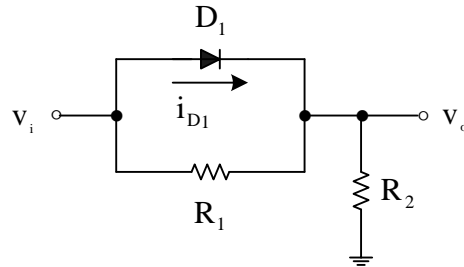


Figure 2

- Trouver et dessiner la tension  $v_o(t)$  pour  $0 \leq t \leq 1 \text{ ms}$ . (10 points)
- Trouver et dessiner le courant  $i_{D1}(t)$  pour  $0 \leq t \leq 1 \text{ ms}$ . (10 points)

#### QUESTION 4 (20 points)

Pour le circuit de la figure 3,  $R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_c = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $V_{cc} = 5 \text{ V}$ ,  $v_{BE} = 0.7 \text{ V}$ ,  $\beta_F = 100$  et  $v_{CE\text{sat}} = 0.2 \text{ V}$ . Chacune des deux tensions  $V_1$  et  $V_2$  ne peut prendre que les deux valeurs 0 ou 5 V.

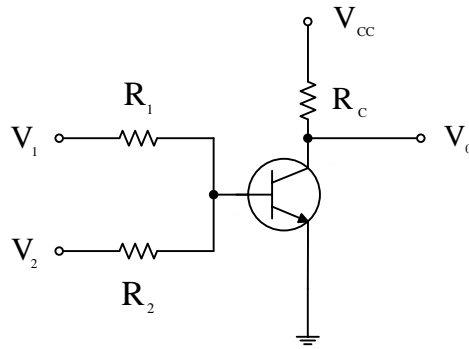


Figure 3

- Calculer la valeur de la tension  $V_0$  dans le cas où l'on a  $V_1 = V_2 = 0 \text{ V}$ . (5 points)
- Calculer la valeur de la tension  $V_0$  dans le cas où l'on a  $V_1 = 0 \text{ V}$  et  $V_2 = 5 \text{ V}$ . (5 points)
- Calculer la valeur de la tension  $V_0$  dans le cas où l'on a  $V_1 = V_2 = 5 \text{ V}$ . (5 points)
- Conclure sur la fonction réalisée par ce montage. (5 points)

### QUESTION 5 (20 points)

Un CAN unipolaire à 10 bits, de fréquence maximale d'échantillonnage de 10 MHz, est caractérisé par un pas de conversion de 2.1 mV.

- a. Calculer la résolution du convertisseur. (5points)
- b. Trouver le code en sortie si l'entrée vaut 1.57 V, pour une conversion par arrondi et pour une conversion par troncature. (10 points)
- c. Indiquer la durée de conversion selon la structure du CAN, à conversion simultanée et à pesées successives. (5 points)