

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2022

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  $T = 300$  K. La zone  $n$  est dopée à  $N_d = 1.4 \times 10^{16}$  atomes/cm<sup>3</sup> et la zone  $p$  à  $N_a = 1.1 \times 10^{18}$  atomes/cm<sup>3</sup>. On supposera que le nombre de porteurs du silicium intrinsèque est  $n_i = 1.6 \times 10^{10}$  atomes/cm<sup>3</sup> et que la constante diélectrique relative du silicium vaut 11.7

**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 :  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  C,  $k = 8.62 \times 10^{-5}$  eV/K et  $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$  F/m.

## QUESTION 2 (20 points)

Soit le circuit de la figure 1. Sachant que  $R_1 = 2.2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ ,  $V^+ = 15 \text{ V}$ ,  $V^- = -15 \text{ V}$  et le gain en boucle ouverte  $A_o = 10^4$  déterminer la tension de sortie  $V_o$  et la différence  $(v_+ - v_-)$  dans les cas :

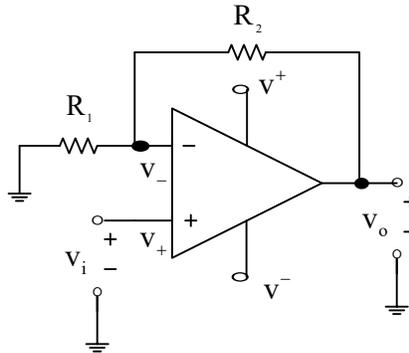


Figure 1

- $V_i = 0.5 \text{ V}$  (10 points)
- $V_i = 1 \text{ V}$  (10 points)

### QUESTION 3 (20 points)

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

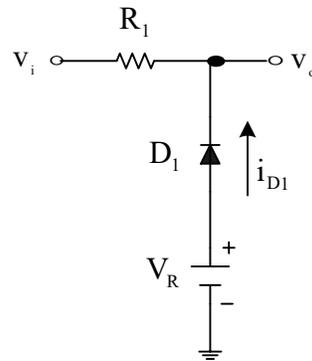


Figure 2

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

**QUESTION 4** (20 points)

Pour le circuit de la figure 3,  $R_1 = 47 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 82 \text{ k}\Omega$ ,  $R_E = 1.5 \text{ k}\Omega$ ,  $R_L = 1.5 \text{ k}\Omega$ ,  $R_S = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $V_{CC} = 12 \text{ V}$ ,  $V_{EB} = 0.7 \text{ V}$ ,  $\beta = 100$ ,  $V_T = 26 \text{ mV}$  et  $r_0 = \infty$  :

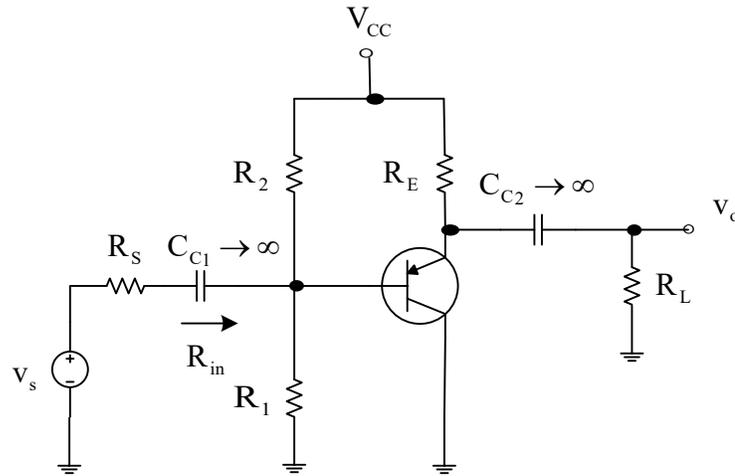


Figure 3

- Déterminer  $I_C$  et  $V_{EC}$ . (8 points)
- Déterminer  $R_{in}$  et  $A_v = \frac{V_o}{V_s}$ . (12 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 4.8 mV.

- a. Déterminer la plage de valeurs d'entrée du convertisseur. (8 points)
- b. Trouver le code en sortie si l'entrée vaut 2.59 V, pour une conversion par arrondi et pour une conversion par troncature. (8 points)
- c. Indiquer la durée de conversion selon la structure du CAN, à conversion simultanée et à pesées successives. (4 points)