

Toute documentation permise  
Les calculatrices programmables et les ordinateurs sont interdits  
Durée de l'examen : 3 heures

**98-Phys-A5 Dispositifs à semi-conducteurs et circuits****Question 1 (25 points)**

Un cube de silicium de  $1 \text{ cm}^3$  de type p ( $\rho = 0,1 \Omega \cdot \text{cm}$ ) acquiert, par l'entremise d'un processus externe, une distribution linéaire d'électrons dans la direction x, tel que  $n = 10^{14}/\text{cm}^3$  d'un côté, et  $n = 10^5/\text{cm}^3$  au côté opposé. Des fils sont attachés aux côtés du cube par le biais de contacts ohmiques et une source de tension de 0,1 mV est appliquée au cube de silicium par l'entremise de ces fils. Calculer les valeurs des courants de diffusion et de dérive des électrons et des trous, ainsi que le courant total qui circulent par le circuit externe. Si pour un type de courant vous ne pouvez pas séparer la contribution des électrons et des trous, ou la valeur du courant de ce type est négligeable par rapport au total, expliquer pourquoi et calculer seulement le courant total. Les constantes de diffusion des électrons et des trous sont respectivement  $34$  et  $12 \text{ cm}^2/\text{s}$ .

**Question 2 (25 points)**

Le circuit de la figure 1 représente un amplificateur en cascade comprenant deux étages à émetteur commun (dont l'un d'eux comporte une résistance d'émetteur et un étage à collecteur commun). Les composants de polarisation du circuit ne sont pas illustrés mais on suppose qu'ils ont un effet négligeable sur l'opération du circuit amplificateur. Le transistor Q1 a un  $\beta_o$  de 100 et une résistance  $r_\pi$  de  $1,0 \text{ k}\Omega$ ; les transistors Q2 et Q3 ont un  $\beta_o$  de 100 et une résistance  $r_\pi$  de  $0,5 \text{ k}\Omega$ . Déterminer le gain total.

**Question 3 (20 points)**

Dessiner une esquisse de la vue en coupe d'un transistor MOSFET à canal n à enrichissement avec  $V_{TR} = 4,5 \text{ V}$  pour chacune des conditions décrites ci-bas. Les esquisses devraient illustrer les régions de grille, source et drain, la couche d'inversion et le champ électrique dans la couche d'oxyde.

- a)  $V_{GS} = 9,5 \text{ V}$ ,  $V_{DS} = 7,5 \text{ V}$
- b)  $V_{GS} = 8,5 \text{ V}$ ,  $V_{DS} = 1,5 \text{ V}$
- c)  $V_{GS} = 6,5 \text{ V}$ ,  $V_{DS} = 2 \text{ V}$ .

#### Question 4 (20 points)

Considérer un transistor bipolaire Q1.

- Ce transistor Q1 possède une caractéristique v-i illustrée à la figure 2. Pour ce graphique, le courant  $i_B$  est varié avec des pas de  $10 \mu\text{A}$ . Quelle est la valeur de  $\beta_F$  pour ce dispositif? Quelles sont les valeurs de  $V_{\text{sat}}$  pour  $i_C = 10 \text{ mA}$  et pour  $i_C = 20 \text{ mA}$ ?
- Le même transistor Q1 est relié au circuit de la figure 3 avec  $R_1 = 1,5 \text{ k}\Omega$ ,  $v_1 = 15 \text{ V}$  et  $i_1 = 20 \mu\text{A}$ . Trouver le point d'opération du transistor.

#### Question 5 (10 points)

Un transistor bipolaire est caractérisé par  $f_T = 420 \text{ MHz}$  et  $C_\mu = 0.5 \text{ pF}$  lorsqu'il est polarisé à  $0,5 \text{ mA}$ . À quelle fréquence l'amplitude de  $\beta(\omega)$  est-elle réduite à une valeur unitaire? Démontrer quantitativement votre résultat à partir des équations pertinentes. Considérer que  $V_T = 0,025 \text{ V}$  et  $\eta = 1$ .

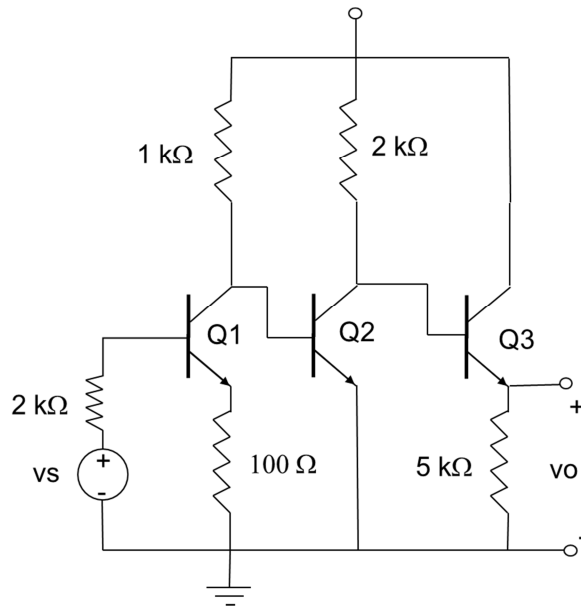


Figure 1

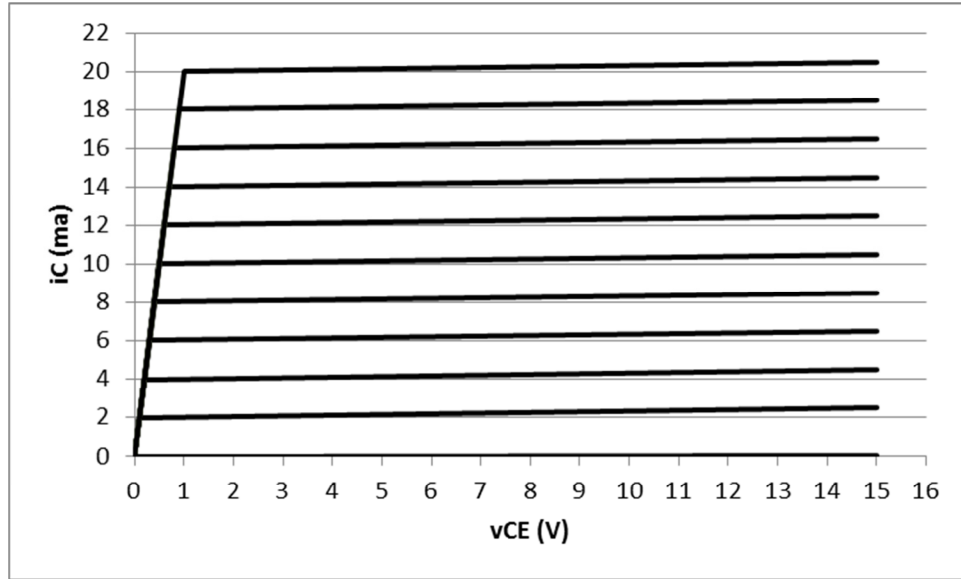


Figure 2

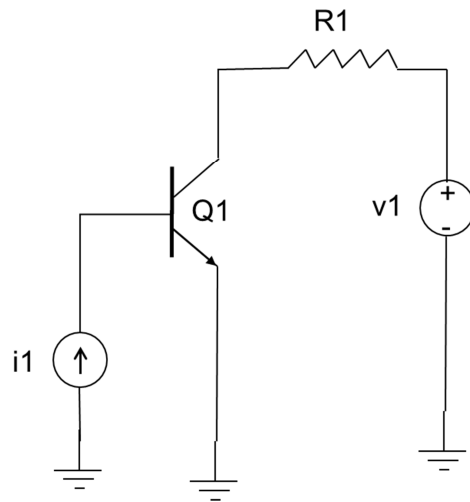


Figure 3