



## ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2009

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

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

#### Question 1 (20 points)

Dans une expérience en utilisant du silicium, on désire atteindre la condition où le courant de dérive dû aux électrons est égal au courant de dérive dû aux trous. Quelle devrait être la densité des deux types de porteurs (dopage) afin de rencontrer cette condition, sachant que la mobilité des électrons est de  $1\,350\text{ cm}^2 / (\text{V}\cdot\text{s})$  et celle des trous est de  $480\text{ cm}^2 / (\text{V}\cdot\text{s})$ ? Si on augmente le dopage des trous par un facteur de 10 en utilisant l'implantation ionique, et que l'on applique une tension de 1 V aux extrémités d'un morceau de ce silicium de  $1\text{ }\mu\text{m}$  de longueur, quelle sera la valeur du courant total mesuré?

#### Question 2 (20 points)

Un transistor bipolaire en silicium est caractérisé par  $I_S = 5 \cdot 10^{-17}\text{ A}$  et  $\beta = 100$ . Tracez les courbes  $I_C - V_{BE}$ ,  $I_C - V_{CE}$ ,  $I_B - V_{BE}$  et  $I_B - V_{CE}$  en notant particulièrement au moins trois valeurs sur chaque graphique pouvant être calculées à partir des paramètres donnés ci-dessus.

#### Question 3 (20 points)

Calculez le courant  $I_D$  pour le transistor MOSFET polarisé tel qu'illustré à la figure 1. Supposez que  $\mu_n C_{ox} = 100\text{ mA/V}^2$  et que la tension de seuil est égale à 0,4 V. Si la tension de grille augmente de 10 mV, qu'advient-il au courant de drain? Le circuit peut-il être utilisé comme amplificateur dans ces dernières conditions?

#### Question 4 (20 points)

On souhaite utiliser le convertisseur numérique-analogique basé sur un additionneur à 8 bits tel qu'illustré à la figure 2. L'amplificateur opérationnel est alimenté avec des tensions de  $\pm 15\text{ V}$ . Choisir des valeurs réalistes de  $R_1$  et  $R_2$  et trouver la tension de référence ( $V_{REF}$ ) maximale qui peut être utilisée afin de demeurer dans le régime d'opération linéaire de cet amplificateur lorsque l'entrée numérique est maximum.

#### Question 5 (20 points)

Considérer le circuit avec un transistor bipolaire à la figure 3. Trouver le gain de tension  $V_{\text{sortie}}/V_{\text{entrée}}$  en petit signal (donc en utilisant le modèle petit signal du transistor) si  $R_C = 500\text{ }\Omega$ ,  $R_B = 27\text{ k}\Omega$ ,  $V_{CC} = 6\text{ V}$ ,  $V_{BB} = 2\text{ V}$ ,  $V_f = 0,6\text{ V}$ ,  $\eta = 1$ , et  $\beta_0 = \beta_F = 45$ .

Figure 1

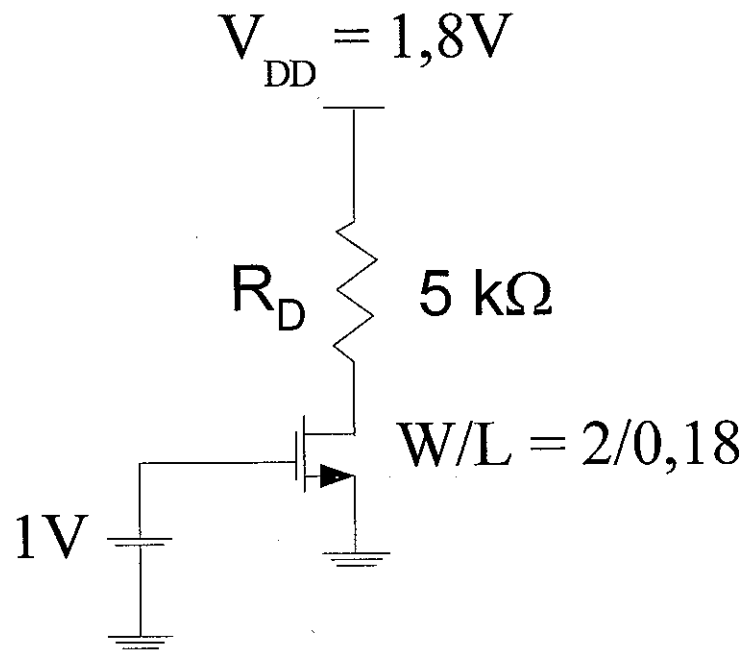


Figure 2

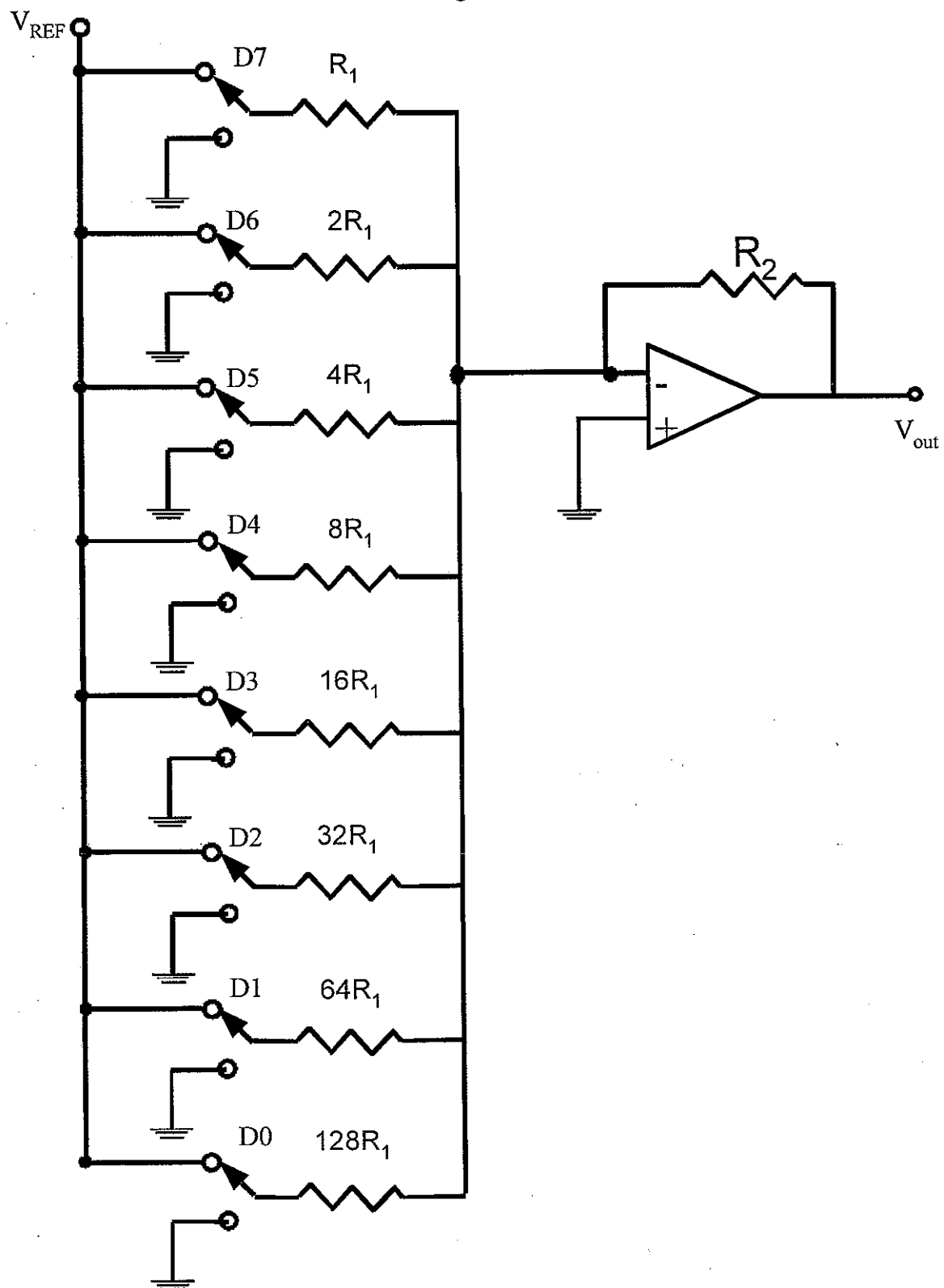


Figure 3

