

Examen final

Département de génie électrique et de génie informatique
GEL-3000 – Électronique des composants intégrés

Le 1 mai 2018

Documentation permise : 2 feuilles de notes recto verso et 1 calculatrice.

Durée de l'examen : 1 heure 50 (9h30 – 11h20).

1. (30 points) *Questions à courts développements*

Soit le circuit de la Figure 1.

- a) Dessinez son modèle petit signal.
- b) Donnez son impédance de sortie. **Note : utilisez les résultats vus en classe et justifiez votre démarche.**
- c) Donnez son gain de tension. **Note : utilisez les résultats vus en classe et justifiez votre démarche.**
- d) Remplacez la source de courant idéale I par un circuit de polarisation. Pour ce faire, utilisez une source de courant PMOS polarisée par un miroir de courant et une résistance. **Dessinez votre circuit de polarisation.**
- e) Expliquez brièvement le fonctionnement du convertisseur illustré à la Figure 2 et dites dans quelles circonstances il est approprié de l'utiliser.
- f) Soit le circuit montré à la Figure 3. Remplacez la boîte de droite (entre v_1 et v_2) par un circuit utilisant 1 ampli-op afin d'obtenir un oscillateur non-linéaire. Dessinez l'oscillateur complet avec le circuit que vous proposez. **Décrivez brièvement le fonctionnement de ce circuit et de l'oscillateur complet.**

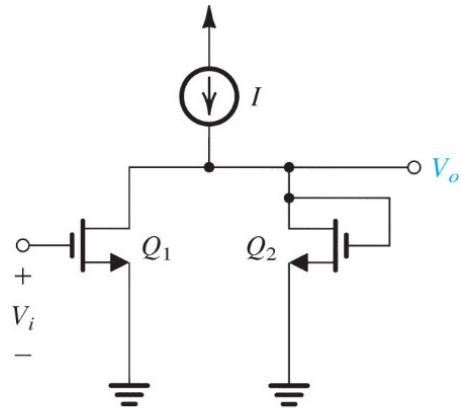


Figure 1.

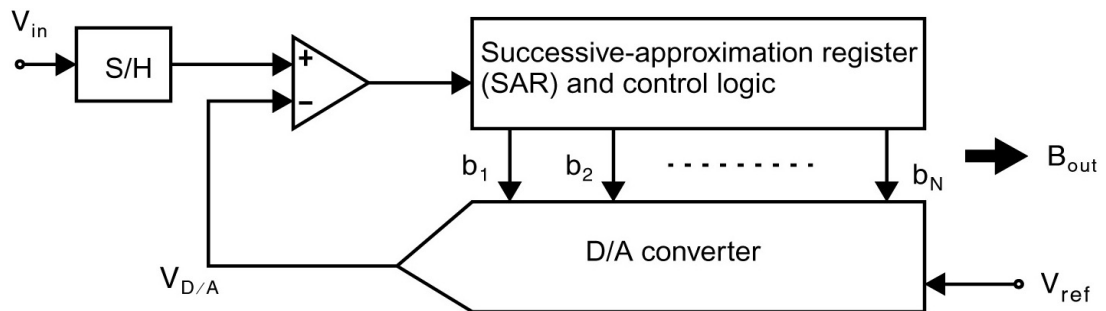


Figure 2.

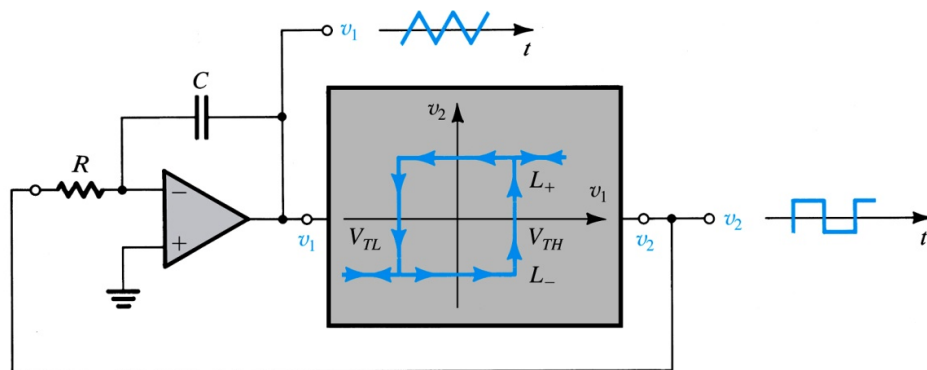


Figure 3.

2. (30 points) *Analyse de circuits*

Soit le circuit suivant :

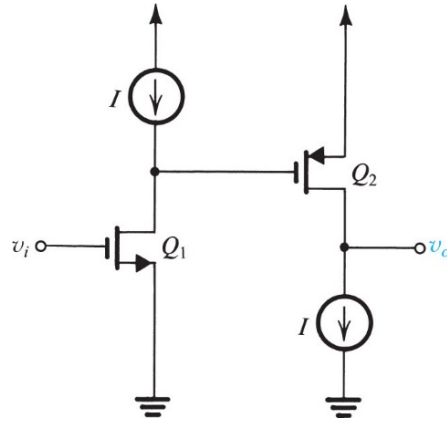


Figure 4.

Répondez aux questions suivantes en expliquant bien votre raisonnement.

- (a) Dessinez le modèle petit signal de ce circuit.
- g) Donnez l'impédance vue dans le drain de Q_1 . **Note : utilisez les résultats vus en classe et justifiez votre démarche.**
- h) Donnez l'impédance d'entrée et l'impédance de sortie du circuit. **Note : utilisez les résultats vus en classe et justifiez votre démarche.**
- i) Donnez l'expression du gain v_o/v_i en fonction des paramètres petit signal du circuit. **Note : utilisez les résultats vus en classe et justifiez votre démarche.**
- (b) Déterminez la plage de tensions de sortie $v_{o_min} < v_o < v_{o_max}$. **Note : On considère que les sources de courant ont des chutes de tension minimums de V_s à leurs bornes.**
- (c) Utilisez un étage cascode pour augmenter le gain de ce circuit.
 - i. Redessinez le circuit avec son étage cascode.
 - ii. Donnez le gain et l'impédance de sortie de ce nouveau circuit.

3. (40 points) *Conception d'un amplificateur opérationnel CMOS*

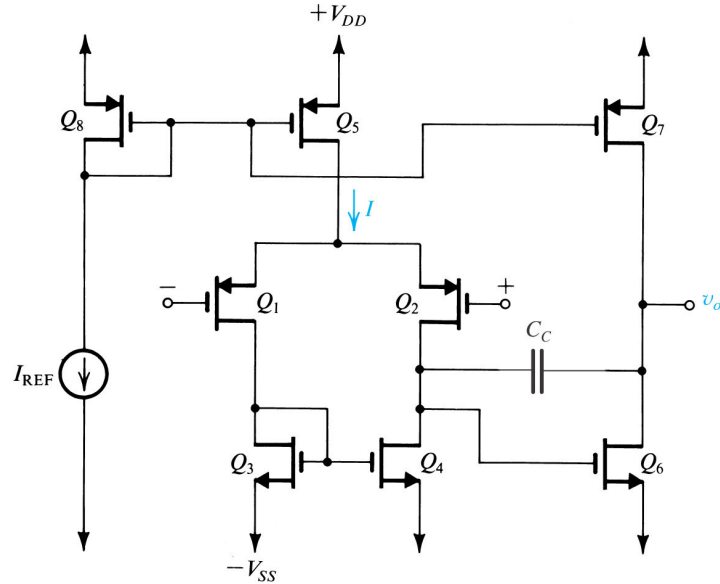


Figure 5.

L'ampli-op montré ci-dessus possède les caractéristiques suivantes : $V_{DD} = V_{SS} = 1.8 \text{ V}$, $V_{tn} = |V_{tp}| = 0.6 \text{ V}$, $\mu_n C_{ox} = 200 \text{ } \mu\text{A/V}^2$ et $\mu_p C_{ox} = 50 \text{ } \mu\text{A/V}^2$ et $V_A' = 18 \text{ V}/\mu\text{m}$. Utilisez $L = 1 \text{ } \mu\text{m}$ et $V_{OV} = 0.25 \text{ V}$ pour tous les MOSFET. **Notez que $W_5 = 320 \text{ } \mu\text{m}$, $W_7 = 160 \text{ } \mu\text{m}$ et que $I_{REF} = 100 \text{ } \mu\text{A}$.**

- Donnez la fonction de chaque transistor (Q_1 à Q_8).
 - Calculez les courants I_D et les W/L de tous les transistors.
 - Calculez les g_m et les r_o de tous les transistors.
- j) Calculez le gain en boucle ouverte (v_o/v_i) et la résistance de sortie de cet ampli-op.
- Note : utilisez les résultats vus en classe et justifiez votre démarche.**
- Déterminez sa plage de tension d'entrée en mode commun $v_{icm_min} < v_{icm} < v_{icm_max}$.
 - Déterminez sa plage de tension de sortie $v_{o_min} < v_o < v_{o_max}$.
 - Calculez le taux de rejet du mode commun de cet ampli-op. **Note : référez-vous à l'Aide mémoire à la fin.**
 - Dessinez le diagramme de Bode approximatif du gain v_o/v_i et situez approximativement l'emplacement du premier pôle. Expliquez d'où provient ce pôle en fonction des paramètres petit signal et des nœud internes de l'ampli-op.

Aide mémoire

Courant de drain et paramètres petit signal du MOSFET

$$I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t)^2$$

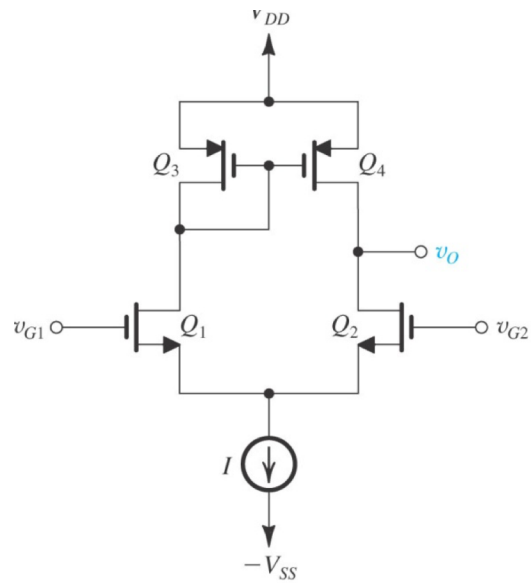
$$r_o = \frac{1}{\lambda I_D} = \frac{V_A}{I_D}$$

$$g_m = \frac{2I_D}{V_{OV}}, \quad g_m = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t), \quad g_m = \sqrt{2\mu_n C_{ox} (W/L) I_D}$$

$$V_{GS} = V_m + \sqrt{\frac{2I_D}{\mu_n C_{ox} (W/L)}}$$

Paire différentielle

$$A_{cm} = \frac{v_o}{v_{icm}} = \frac{r_{o4}}{2R_{ss}} \frac{1}{1 + g_{m3} r_{o3}}$$



Modèle petit signal de l'ampli-op à 2 étages

