

Examen final

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

Le 29 avril 2015

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

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

1. (20 points) *Questions à courts développements*

- Expliquez le mécanisme de compensation utilisé dans cet amplificateur.
- Proposez un ajout afin d'augmenter la marge de phase. Expliquez votre solution.
- Quelle modification faudrait-il apporter à cet amplificateur pour conduire une petite charge résistive?
- Que faire pour augmenter le taux de rejet du mode commun de ce circuit sans changer son point de polarisation?
- Cet ampli-op est utilisé pour réaliser un trigger de Schmitt (bistable à hystérésis) dans une application de communications numériques haut-débit. Lequel des paramètres suivants doit-on optimiser afin que ce bistable puisse commuter très rapidement: **bande passante, slew rate, marge de phase, ou gain**? Expliquez votre raisonnement et indiquez comment atteindre cet objectif lors de la conception de l'ampli-op.

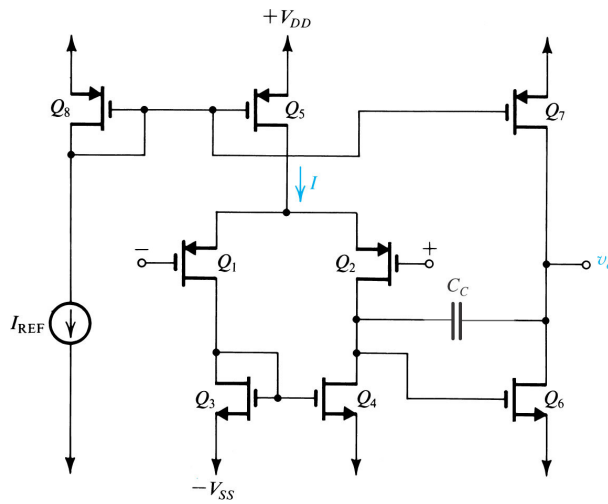


Figure 1.

2. (30 points) *Analyse de circuits*

Soit le circuit suivant :

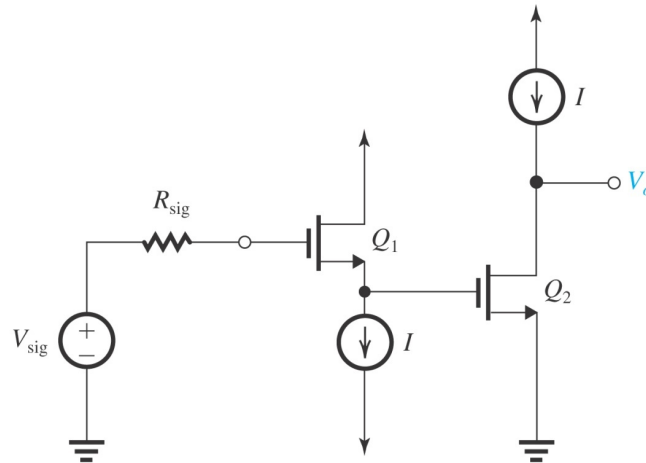


Figure 2.

Répondez aux questions suivantes en expliquant bien votre raisonnement.

- Dessinez le modèle petit signal de ce circuit.
- Donnez l'impédance d'entrée et l'impédance de sortie du circuit.
- Donnez l'expression du gain v_o/v_i en fonction des paramètres petit signal du circuit.
- Déterminez la plage de tensions d'entrée $v_{sig_min} < v_{sig} < v_{sig_max}$. **Note : considérez une chute de tension minimum V_S dans les source de courant idéale.**
- Déterminez la plage de tensions de sortie $v_{o_min} < v_o < v_{o_max}$. **Note : considérez une chute de tension minimum V_S dans les source de courant idéale.**
- Remplacer les deux sources de courant idéales par des sources de courant que vous réaliserez à l'aide de MOSFET (types n et types p). **Note : dérivez le courant de chaque source à partir d'un courant de référence unique.** Quelle est la conséquence de cet ajout sur la résistance de sortie du circuit?
- Ajoutez un transistor NMOS cascode au drain de Q_2 **dans le circuit de la Figure 2** et donnez la nouvelle expression du gain v_o/v_i .

Courant de drain et paramètres petit signal du MOSFET

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

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

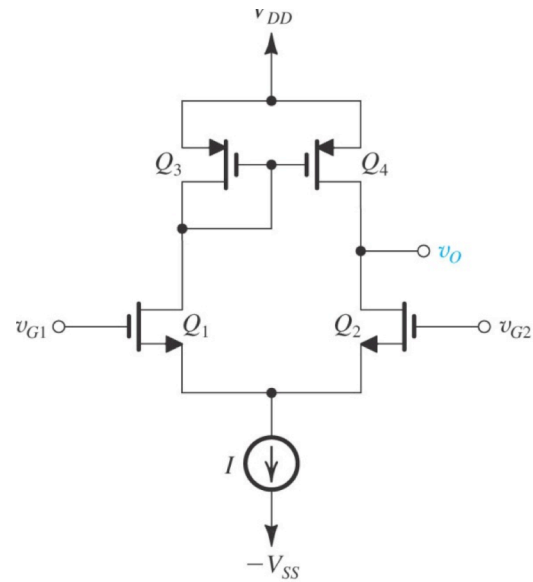
$$g_m = \frac{2I_D}{V_{OV}}, \quad g_m = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t), \quad g_m = \sqrt{2\mu_n C_{ox} (W/L) I_D}$$

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

Paire différentielle

$$-\sqrt{2}V_{OV} \leq v_{id} \leq \sqrt{2}V_{OV}$$

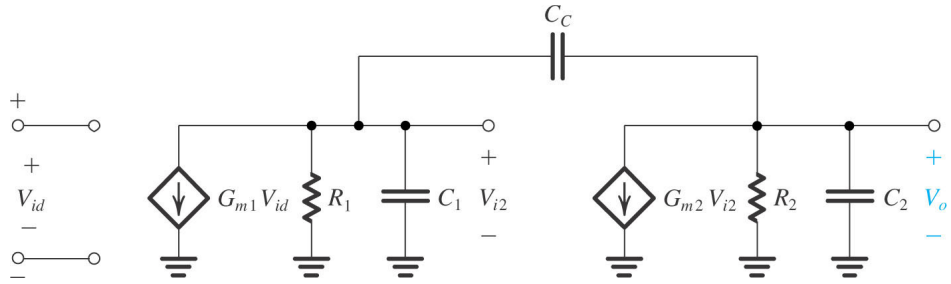
$$A_{cm} = \frac{v_o}{v_{icm}} = \frac{r_{o4}}{2R_{ss}} \frac{1}{1 + g_{m3}r_{o3}}$$



Étages de sortie

$$\eta = \frac{P_L}{P_S} = \frac{V_{O_RMS}^2 / R_L}{(V_{CC} + V_{SS})I}$$

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



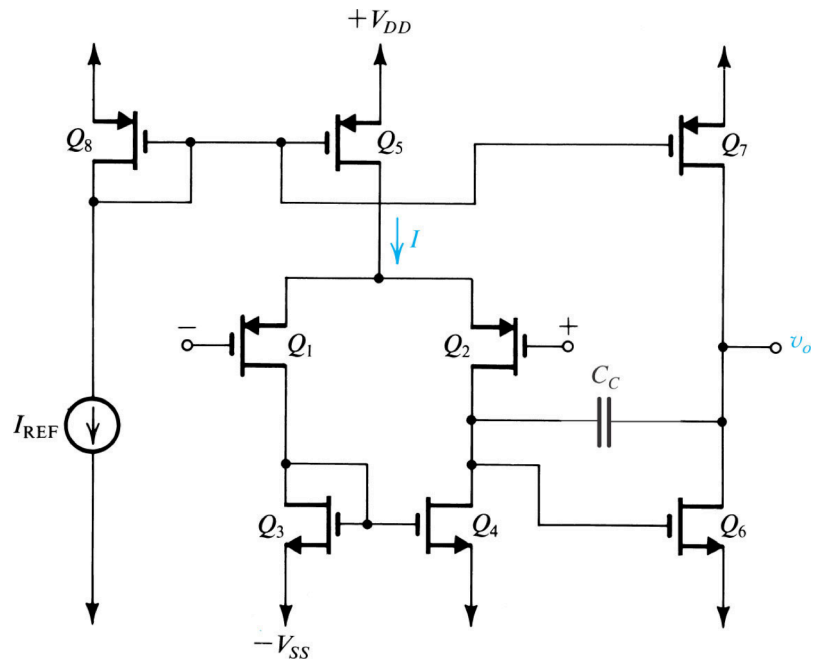
$$f_t \cong |A_v| f_{p1} = \frac{G_{m1}}{2\pi C_C}$$

$$f_{p1} \cong \frac{1}{2\pi R_1 (G_{m2} R_2 C_C)}$$

$$f_{p2} \cong \frac{G_{m2}}{2\pi C_2}$$

$$f_z \cong \frac{G_{m2}}{2\pi C_C}$$

$$f_t \cong |A_v| f_{p1} = \frac{G_{m1}}{2\pi C_C}$$



$$\text{Marge de phase} = 90^\circ - \tan^{-1}(f_t / f_{p2}) - \tan^{-1}(f_t / f_z)$$

$$SR = 2\pi f_t V_{OV1}$$