
6GEI620 - Électronique II

Examen Partiel #2

Hiver 2008

Modalité:

- Aucune documentation n'est permise.
 - Vous avez droit à une calculatrice non programmable.
 - La durée de l'examen est de 2h45.
 - Cet examen compte pour 15% de la note finale.
-

Question 1. Questions théoriques. (10 points)

- a) Les capacités a haute vitesse des transistors CMOS sont dues a l'oxyde de grille (l'isolant) qui se trouve entre la grille et le silicium. D'ou proviennent les capacités des transistors BJT? (1 point)

Les diodes que forment les jonctions P et N ont une capacite. Les sections N et P sont conducteurs mais il y a une region « charge-espace » au milieu qui est comme un isolant. Ca forme une capacite.

- b) Quels condensateurs sont responsables de l'effet Miller dans les configurations émetteur commun et source commune?(1 point)

C'est le condensateur parasite qui se trouve entre l'entree et la sortie. Pour l'emetteur commun, c'est le C_{μ} et pour la source commune, c'est le C_{GD} .

Considérez les figures ci-dessous.

- c) Identifiez la grille, la source et le drain si les transistors étaient des NMOS (1 point)

Pour NMOS, la source est la patte avec la tension la plus faible. Donc, i) c'est a gauche et ii) c'est a droite.

- d) Identifiez la grille, la source et le drain si les transistors étaient des PMOS (1 point)

Pour PMOS, la source est la patte avec la tension la plus elevee. Donc, i) c'est a droite et ii) c'est a gauche.



- e) Quand on parlait des amplificateurs idéaux, on disait qu'un R_{OUT} faible favorisait le gain. Avec la configuration source-commun, par exemple, on veut une résistance de sortie élevée. Pourquoi ? (1 points)

Dans l'amplificateur idéal, on l'a modélisé avec une source de tension dépendante avec une résistance en série. Pour avoir toute la tension à la charge, il faudrait avoir une faible résistance de sortie.

Avec les transistors, on a une source de courant dépendante à la sortie avec une résistance de sortie en parallèle. Si on voulait que TOUT le courant se rende à la charge, il faudrait avoir une grosse résistance de sortie.

- f) Quand veut-on un R_{IN} élevé? Quand veut-on un R_{IN} faible? (1 point)

En temps normal, on voudra avoir R_{IN} élevée. Ça réduit l'effet de la résistance de la source. On va vouloir avec un R_{IN} faible pour des applications spécifiques telles que le « matching » d'impédance.

- g) Certains disent que cette configuration fonctionne comme une diode. Expliquez. (1 point)

Pour qu'un transistor conduise, il faut qu'il ait un $|V_{GS}| > V_{TH}$. Disons que $V_{TH}=0.7$. On sait que la grille est connectée au drain. Ça veut dire que, si on appliquait moins que 0.7v entre le drain et la source, ça ne conduirait pas. Si, cependant, on avait au moins 0.7v, on tomberait directement en saturation ou le courant est à son maximum. Ce comportement ressemble à celui d'une diode.



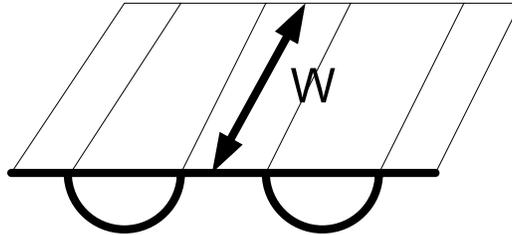
- h) Pour chacun des circuits de la question g), dites comment faire pour polariser le transistor en région linéaire. (1 point)

C'est impossible. Puisque D et G sont connectés ensemble, V_{GD} sera toujours moins que 0.7 (égal à 0) : il n'y aura jamais de canal au drain pour être en région linéaire.

- i) Pour un transistor CMOS, dans quelle région veut-on opérer pour créer un amplificateur? (1 point)

En saturation.

- j) Dans l'équation du courant I_D d'un transistor CMOS, on y retrouve les paramètres W et L . On sait que L est la longueur du canal. Faites un dessin pour me montrer où se trouve le W . (1 point)



Question 2. Considérez le circuit suivant. Sachant que le transistor a les propriétés suivantes $\mu C_{OX} \left(\frac{W}{L} \right) = 0.05$ et $V_{TH} = 1.5V$, déterminez : (6 points)

- La région d'opération du transistor (avec justifications). (4 points)
- Je veux me servir de ça comme amplificateur. Où se trouve l'entrée ? Où se trouve la sortie ? (1 point)
- C'est quoi le gain typique qu'on peut obtenir? (Justifiez) (1 point)

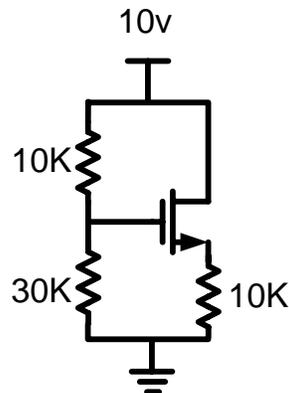


Figure 4. Circuit pour la question 2.

$$V_G = \left(\frac{30K}{10K + 30K} \right) 10 = 7.5$$

$$V_S = I_D R_S$$

$$I_D = \frac{1}{2} \mu C_{OX} \left(\frac{W}{L} \right) (V_{GS} - V_{TH})^2$$

$$I_D = \frac{1}{2} \mu C_{OX} \left(\frac{W}{L} \right) (V_G - V_S - V_{TH})^2$$

$$I_D = \frac{1}{2} \mu C_{OX} \left(\frac{W}{L} \right) (V_G - I_D R_S - V_{TH})^2$$

$$I_D = \frac{1}{40} (V_G - I_D R_S - V_{TH})^2$$

$$40I_D = (7.5 - I_D R_S - 1.5)^2$$

$$40I_D = (6 - I_D R_S)^2$$

$$40I_D = (6 - I_D R_S)(6 - I_D R_S) = (36 - 12I_D R_S + I_D^2 R_S^2)$$

$$40I_D = 36 - 12I_D R_S + I_D^2 R_S^2$$

$$0 = 36 - 120040I_D + I_D^2 100M$$

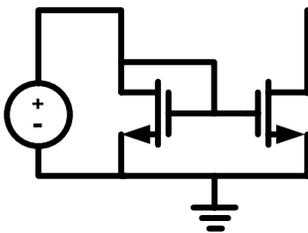
$$\frac{120040 \pm \sqrt{120040^2 - 400M \cdot 36}}{200M} = \begin{matrix} 0.62mA \\ 0.59mA \end{matrix}$$

L'un donne $V_S=6.2$ et l'autre donne $V_S=5.9$. Sachant que $V_G=7.5$, le premier nous donne un V_{GS} de 1.3v tandis que le 2^e nous donne un V_{GS} de 1.6v. C'est avec le courant de 0.59mA que nous allons procéder.

L'entrée se trouve à la base et la sortie se trouve à l'émetteur. On est en drain-commun. Le gain typique d'un drain commun est de 1.

Question 3. Vous devez concevoir un miroir de courant qui tire un courant de 1mA avec 2 transistors de même taille ayant $\mu C_{OX} \left(\frac{W}{L} \right) = 0.01$ et un $V_{TH}=1v$. Le problème c'est que vous n'avez qu'une source de tension à votre disposition. Trouvez la tension nécessaire pour faire que votre miroir de courant tire 1mA. (7 points)

- Déterminez la valeur de la source de tension (5 points)
- Redessinez ce circuit en modèle petit signal haute fréquence (sans r_o) (1 point)
- Calculez g_m . (1 point)



$$I_D = \frac{1}{2} \mu C_{OX} \left(\frac{W}{L} \right) (V_{GS} - V_{TH})^2$$

$$1mA = \frac{0.01}{2} (V_{GS} - 1)^2$$

$$200mA = (V_{GS} - 1)^2$$

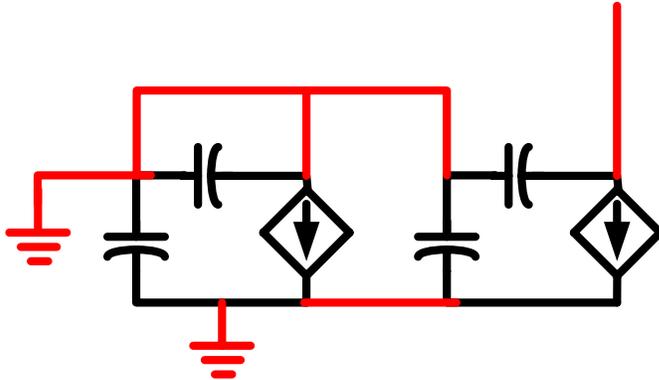
$$200mA = (V_{GS}^2 - 2V_{GS} + 1^2)$$

$$200mA = V_{GS}^2 - 2V_{GS} + 1^2$$

$$0 = V_{GS}^2 - 2V_{GS} + 0.8$$

$$\frac{2 \pm \sqrt{2^2 - 3.2}}{2} = \frac{2 \pm \sqrt{0.8}}{2} = \frac{2 \pm 0.89}{2} = \begin{matrix} 1.45\text{v} \\ 0.55\text{v} \end{matrix}$$

On voit clairement que 0.55 met notre transistor en cutoff, donc la bonne reponse devrait etre 1.45v.



$$g_m = \frac{2I_D}{(V_{GS} - V_{TH})} = \frac{2\text{mA}}{(1.45 - 1)} = 4.4 \times 10^{-3}$$

Question 5. À l'aide de la méthode par constantes de temps circuit-ouvert, trouvez la fréquence de coupure du circuit de la Figure 6. (4 points)

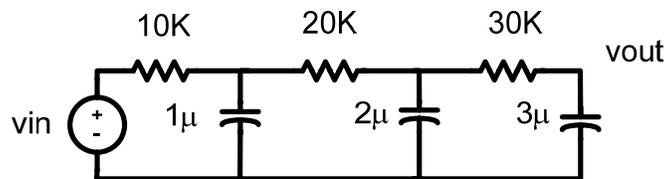
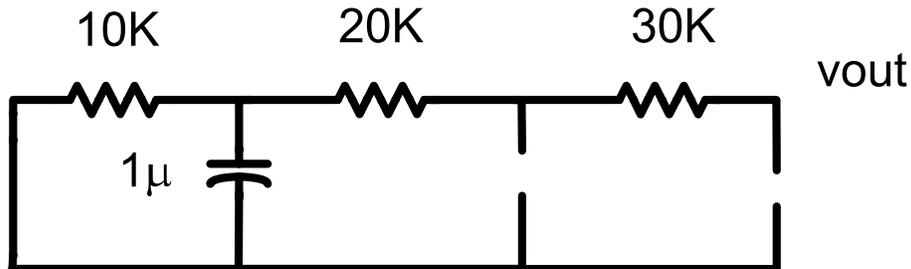
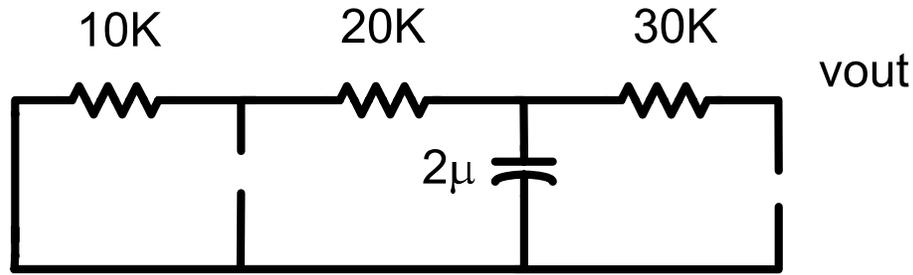


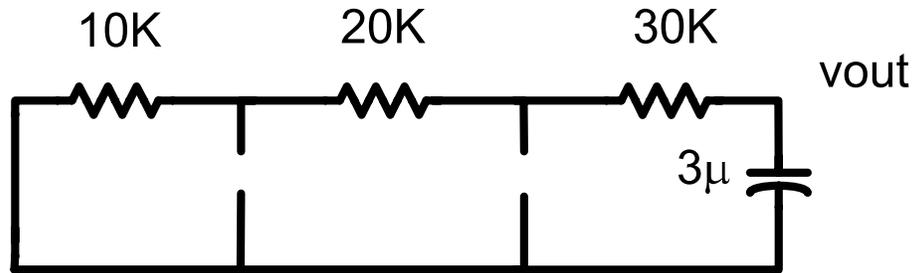
Figure 6. Circuit pour la question 5.



$$\tau_1 = 10^{-6} 10^4 = 10^{-2}$$



$$\tau_2 = 2 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^4 = 6 \times 10^{-2}$$



$$\tau_3 = 3 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^4 = 18 \times 10^{-2}$$

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 = 1 \times 10^{-2} + 6 \times 10^{-2} + 18 \times 10^{-2} = 25 \times 10^{-2}$$

$$\omega_{-3dB} = \frac{1}{25 \times 10^{-2}} = 4 \text{ rad / s}$$

Question 6. Utilisez la méthode qui vous convient pour me trouver la fréquence de coupure ω_{-3dB} de cet amplificateur. Prenez $C_{\pi}=C_{\mu}=10^{-12}\text{F}$, $\beta=100$, $g_m=0.008$ et $r_{\pi}=12.5\text{K}$. Si vous voulez faire des simplifications, assurez-vous que c'est justifié/justifiable. (8 points)

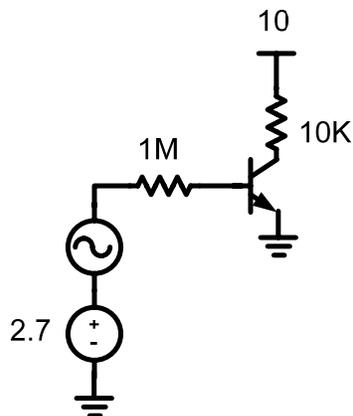
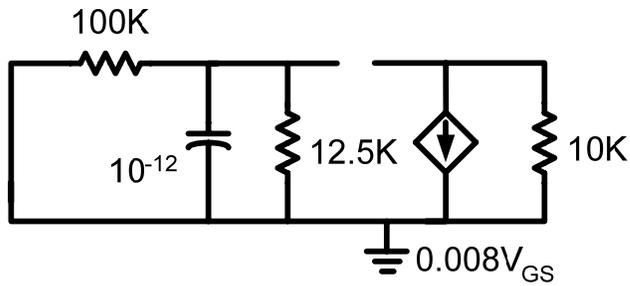
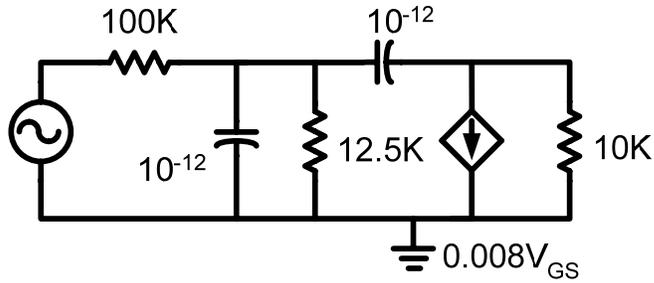
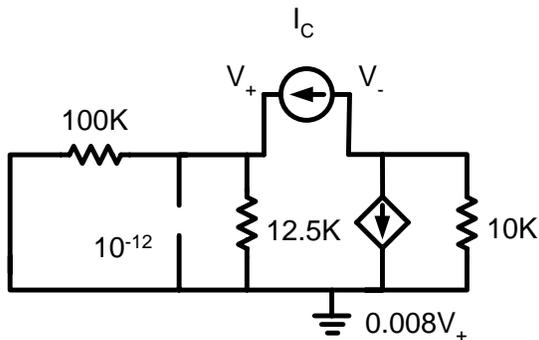


Figure 7. Circuit pour la question 6



$$\tau_1 = 10^{-12} (100K \parallel 12.5K) = 1.11 \times 10^{-8}$$



$$I_C = \frac{V_+}{100K \parallel 12.5K}$$

$$I_C (100K \parallel 12.5K) = V_+$$

$$I_C + \frac{V_-}{10K} + 0.008V_+ = 0$$

$$I_C + \frac{V_-}{10K} + 0.008I_C (100K \parallel 12.5K) = 0$$

$$-I_C 10K - 0.008I_C (100K \parallel 12.5K) 10K = V_-$$

$$V_+ - V_- = I_C(100K \parallel 12.5K) + I_C 10K + 0.008I_C(100K \parallel 12.5K)10K$$

$$R_{EQ} = (100K \parallel 12.5K) + 10K + 0.008(100K \parallel 12.5K)10K$$

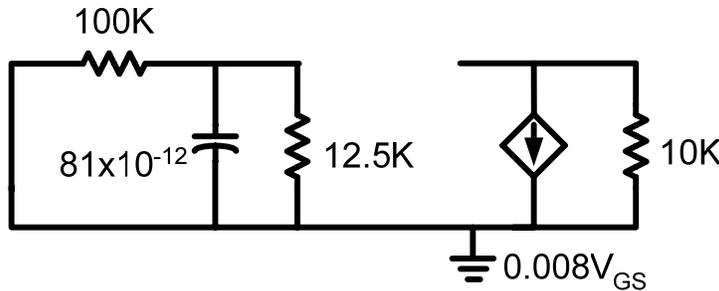
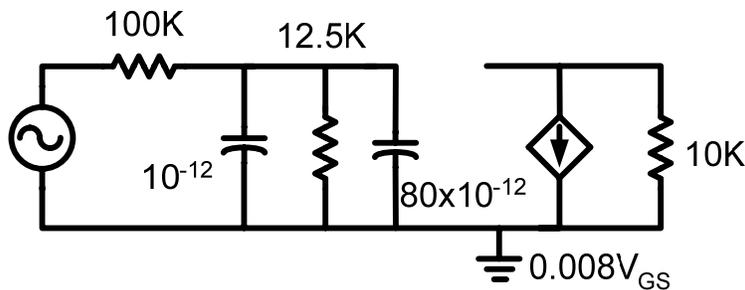
$$R_{EQ} = 11.1K + 10K + 0.008(11.1K)10K$$

$$R_{EQ} = 11.1K + 10K + 0.008(11.1K)10K = 910K$$

$$\tau_2 = C_{GD}R_{EQ} = 10^{-12}910K = 9.1 \times 10^{-7}$$

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = 1.11 \times 10^{-8} + 9.1 \times 10^{-7} = 9.2 \times 10^{-7}$$

$$\omega_{-3dB} = 1.09 \text{Mrad} / s$$

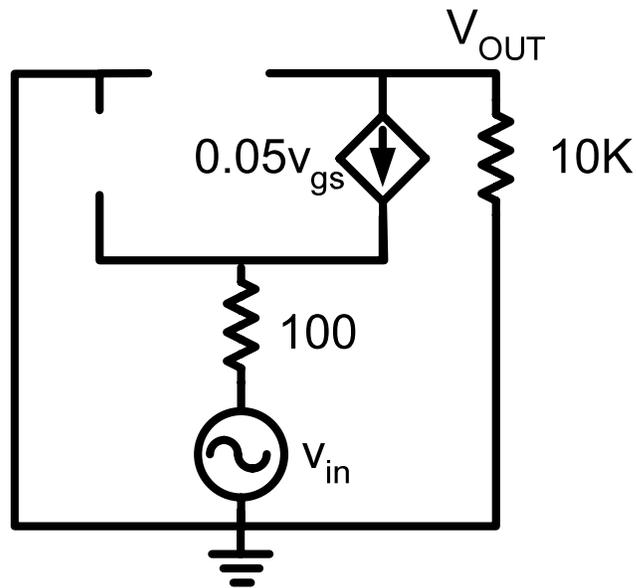


$$\tau = C_{GS}R_{EQ} = 81 \times 10^{-12}(100K \parallel 12.5K) = 9 \times 10^{-7}$$

$$\omega_{-3dB} = 1.11 \text{Mrad} / s$$

Question 7. Considérez le circuit de la Figure 8. Sachant que la résistance de 100Ω est la résistance de source et que le $10K$ n'est PAS la résistance de charge, (10 points)

- Trouvez le gain (3 points)
- Comment changerait le gain si la résistance de source était nulle? (1 point)
- Trouvez la résistance en entrée. (3 points)
- Trouvez la résistance à la sortie. (3 points)



$$\frac{v_{in} - v_a}{R_{SIG}} - g_m v_a = 0$$

$$\frac{v_{in} - v_a}{R_{SIG}} = g_m v_a$$

$$\frac{v_{in}}{R_{SIG}} = g_m v_a + \frac{v_a}{R_{SIG}}$$

$$v_{in} = g_m v_a R_{SIG} + v_a$$

$$v_{in} = v_a (g_m R_{SIG} + 1)$$

$$v_a = \frac{v_{in}}{(g_m R_{SIG} + 1)}$$

$$-g_m v_a + \frac{v_{out}}{R_D} = 0$$

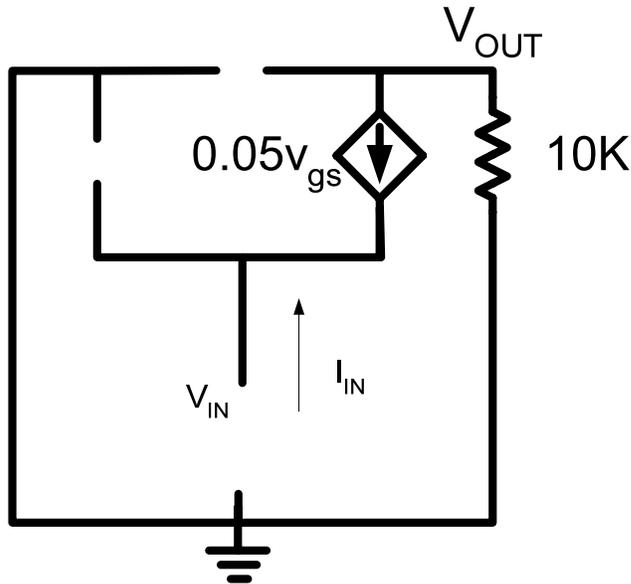
$$\frac{v_{out}}{R_D} = g_m v_a$$

$$\frac{v_{out}}{g_m R_D} = v_a$$

$$\frac{v_{out}}{g_m R_D} = \frac{v_{in}}{(g_m R_{SIG} + 1)}$$

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{g_m R_D}{(g_m R_{SIG} + 1)}$$

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{(0.05)(10K)}{((0.05)(100)+1)} = \frac{(0.05)(10K)}{(5+1)} = \frac{100}{6}$$



$$i_{in} + g_m(0 - v_{in}) = 0$$

$$i_{in} = g_m v_{in}$$

$$\frac{v_{in}}{i_{in}} = \frac{1}{g_m} = 20$$

Pour la sortie, on voit que la source ne fera rien sans signal d'entree. La seule chose qu'on voit, c'est le 10K

Équations :

Courant de drain en saturation :

$$I_D = \frac{1}{2} \mu C_{OX} \left(\frac{W}{L} \right) (V_{GS} - V_{TH})^2$$

Courant de drain en triode

$$I_D = \mu C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right) (V_{GS} - V_{TH}) V_{DS}$$

Saturation pour NMOS :

$$V_{DS} \geq V_{GS} - V_{TH}$$