

---

## 6GEI300 - Électronique I

### Examen Final

Automne 2010

---

#### Modalité:

- Aucune documentation n'est permise.
  - Vous avez droit à une calculatrice non programmable.
  - La durée de l'examen est de 3h
  - Cet examen compte pour 40% de la note finale.
- 

#### **Question 1.** Questions théoriques. (18 points)

- a) Avec les portes logiques en CMOS, on veut mettre les NMOS en bas et les PMOS en haut. Qu'arriverait-il si on faisait le contraire? Soyez précis. (2 points)

On n'aurait pas la tension voulue a la sortie. Avec PMOS en bas, on aurait 0.7v a la place de 0. Avec NMOS en haut, on aurait 4.3v a la place de 5v.

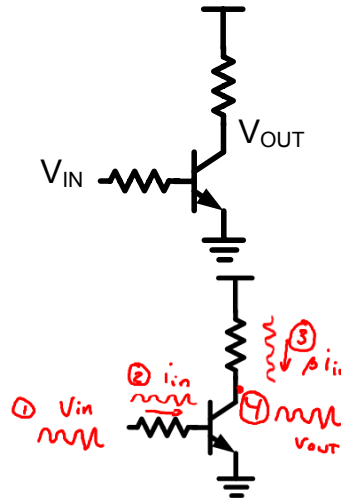
- b) Quand on augmente la tension au drain d'un NMOS, il se peut que le canal soit coupé au niveau du drain. Qu'arrive-t-il au courant  $I_D$  à ce moment? (2 points)

#### Le courant sature

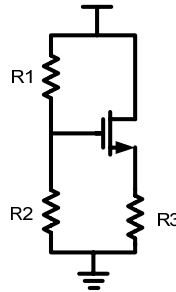
- c) Dessinez la vue de coupe d'un transistor PMOS en identifiant la source, le drain, la grille et le substrat. Montrez avec des + et des - la tension relative aux différents nœuds et la circulation d'un courant entre source et drain. (2 points)



- d) Expliquez comment un signal  $V_{IN}$  est amplifié dans le circuit suivant. Décrivez le changement des tensions et des courants pour permettre cette amplification. (2 points)



- e) Le circuit suivant est présentement en saturation et on aimerait le mettre en cutoff. Devrait-on augmenter, réduire ou ne rien faire à R1 ? À R2 ? À R3 ? (2 points)



Augmenter R1 : Le diviseur de tension a la grille aura plus de chute de tension a R1 (donc, moins a R2)

Diminuer R2 : Le diviseur de tension a la grille aura moins de chute de tension a R2

Augmenter R3 :  $V_S$  augmentera ce qui fera diminuer  $V_{GS}$ .

- f) Comment fonctionne une diode varacteur et à quoi sert-elle ? (2 points)

Un varacteur est une capacite variable. Pour s'en servir, on change la tension a ses bornes pour faire varier l'épaisseur de la region charge-espace. Ceci change la capacite.

- g) Quelle est la différence entre le modèle segmenté-linéaire et le modèle petit-signal d'une diode ? (2 points)

Le modele segmente lineaire approxime la section apres 0.7v comme etant une ligne droite qui a une pente constante. Le modele petit signal approxime autour d'un point donne et trouve la pente autour de ce point seulement.

- h) Physiquement (intuitivement), que représente le nombre quantique magnétique ? (2 points)

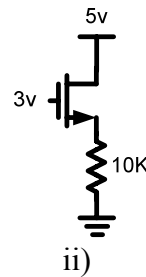
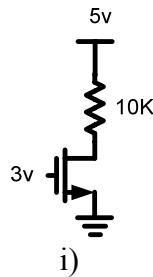
Ca represente l'orientation des orbites.

- i) Dans un NMOS, il existe des diodes parasites. Pourquoi sont-elles présentes et comment fait-on pour les désactiver ? (2 points)

Les diodes parasites sont presentes a chaque fois qu'il y a P et N qui sont adjacents. Pour les desactiver, on connecte le substrat (l'anode) a la masse. Ca garantit que la diode ne sera jamais activee.

**Question 2.** Pour les transistors de la question 2, utilisez  $\mu_N C_{OX}(W/L)=0.005$ . (12 points)

- a) Trouvez la région d'opération, les tensions et  $I_D$  pour le circuit i). (6 points)  
b) Trouvez la région d'opération, les tensions et  $I_D$  pour le circuit ii). (6 points)



$$I_D = \frac{1}{2} 0.005 (3 - 0.7)^2$$

$$I_D = \frac{1}{400} (2.3)^2 = 0.0132$$

Pas en saturation

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

$$I_D = 0.005 (3 - 0.7) (5 - I_D 10K)$$

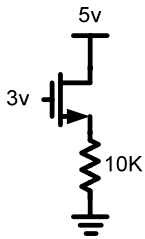
$$I_D = 0.0575 - 115 I_D$$

$$116 I_D = 0.0575$$

$$I_D = \frac{0.0575}{116} = 496 \mu A$$

$$V_D = 0.0431$$

$V_{GD} > 0.7$ . On est en region lineaire



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

$$I_D = \frac{1}{2} (0.005) (3 - I_D 10K - 0.7)^2$$

$$I_D = \frac{1}{400} (3 - I_D 10K - 0.7)^2$$

$$I_D = \frac{1}{400} (2.3 - I_D 10K)^2$$

$$5.29 + 100000000 \cdot I_D^2 - 46000 \cdot I_D$$

$$400 I_D = I_D 100M - 46000 I_D + 5.29$$

$$0 = I_D 100M - 46400 I_D + 5.29$$

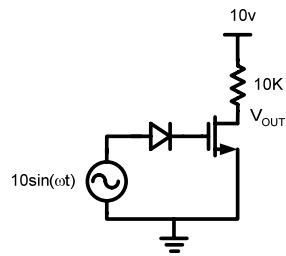
0.2624mA

0.2016mA

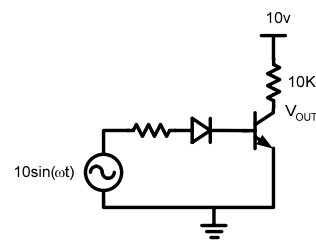
0.26 donne un circuit en cutoff

VGD=-2v peu importe la situation. Il n'y a pas de canal au drain... on est en saturation.

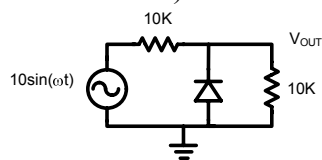
**Question 3.** Dessinez le signal de sortie de chacun des circuits suivants (12 points)



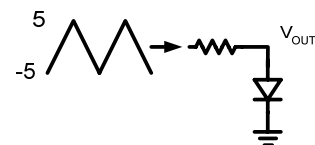
i)



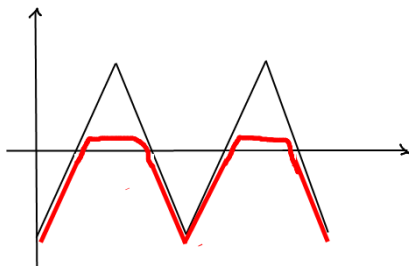
ii)

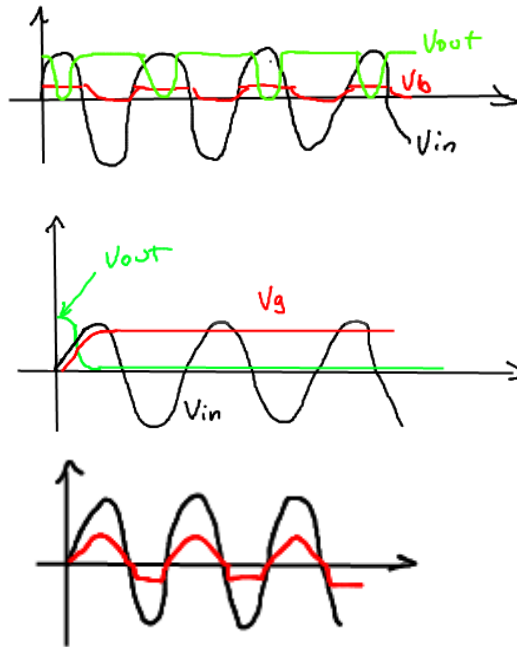


iii)

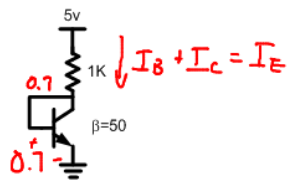
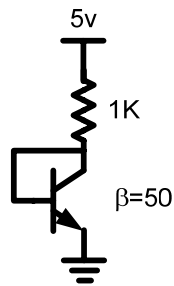


iv)





**Question 4.** Trouvez  $V_B$ ,  $V_E$ ,  $V_C$ ,  $I_B$ ,  $I_E$  et  $I_C$  pour le circuit suivant. (6 points)



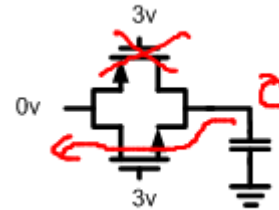
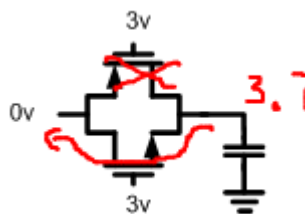
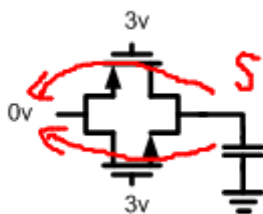
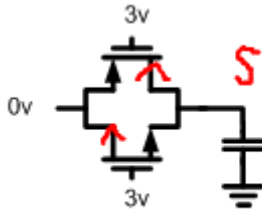
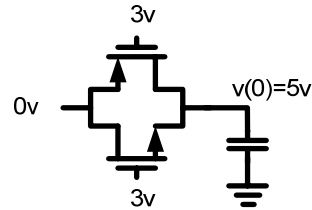
$$\frac{5 - 0.7}{1K} = 4.3 \text{ mA} = I_E$$

$$I_B = \frac{I_E}{\beta + 1} = \frac{4.3 \text{ mA}}{51} = 84 \mu\text{A}$$

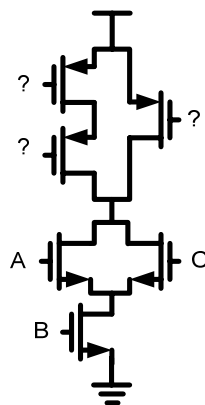
$$I_C = 4.216 \text{ mA}$$

**Question 5.** Transistors CMOS en commutation (12 points)

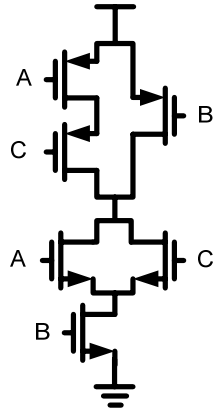
- a) Nous avons le circuit suivant au temps 0. Commencez par indiquer si les sources et drains sont bien identifiés. Ensuite, trouvez la tension finale au condensateur au temps  $t \rightarrow \infty$  et indiquez si chacun des transistors conduit. (2 points)



La grille des NMOS sont connectes aux entrées A, B et C tel que montre dans la figure ci-dessous.



- b) Trouvez où ces signaux peuvent être connectés aux grilles des PMOS (substituez les '?' par 'A', 'B' ou 'C') (2 points)

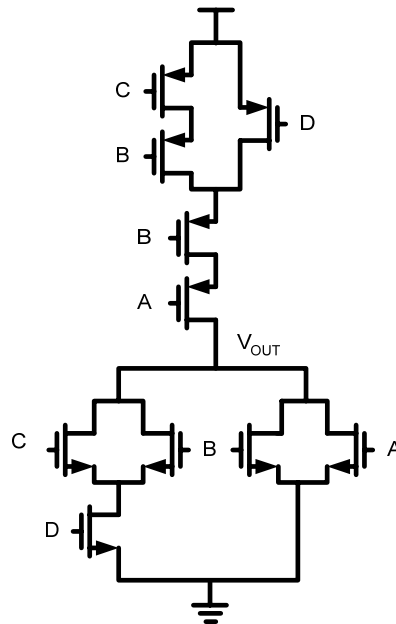


c) Quelle est la fonction logique implémentée par cette porte? (2 points)

$$F = \overline{(A+C) \cdot B}$$

d) Implémentez la fonction logique suivante en utilisant les transistors CMOS.  
Indiquez clairement où se trouve le signal de sortie : (6 points)

$$F = \overline{(A+B) + (D \cdot (B+C))}$$




---

### Équations

$$V_{BE} = 0.7v$$

$$V_{CESAT} = 0.2v$$

$$V_{TH} = 0.7v$$

$$I_E = I_C + I_B$$

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

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

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