
6GEI300 - Électronique I

Examen Final

Automne 2014

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 40% de la note finale.
-

Question 1. Questions théoriques. (10 points)

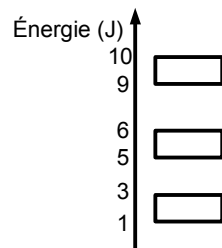
- a) Expliquez la différence entre le silicium de type N, le silicium de type P et le silicium pur ? Soyez clairs ! (1 point)

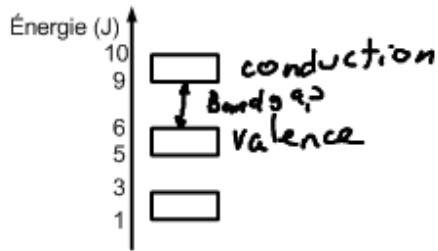
*Silicium de type N contient des impuretés qui ont un « surplus » en électrons.
Silicium de type P contient des impuretés qui ont un « surplus » en trous.
Silicium pur n'a rien de tout ça.*

- b) De façon concrète, que représente le nombre quantique primaire (n) ?

L'éloignement par rapport au noyau

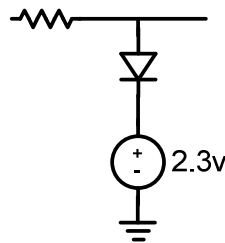
- c) Considérez le diagramme d'énergie FICTIF suivant. Redessinez ce diagramme dans votre cahier d'examen en identifiant la bande de valence, la bande de conduction et la bande interdite (« bandgap »). Quelle est la valeur du « bandgap »? (1 point)





Bandgap est de 3

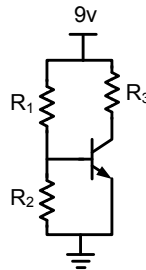
- d) Proposez un circuit qui bloque les valeurs plus élevées que 3v (en les limitant à cette valeur) et qui laisse passer les autres valeurs. (utilisez le modèle ON/OFF avec chute de 0.7v) (1 point)



- e) Lorsqu'on analyse un circuit avec amplificateur opérationnel, il est parfois possible de dire que $V_+ = V_-$. Quelles sont les DEUX conditions requises pour que cette égalité soit vraie? (sans avoir à connecter des sources de valeurs égales aux entrées)? (1 point)

Gain infini
Et feedback négatif

Pour les questions 1f, 1g et 1h, considérez le circuit suivant:



- f) En mesurant la tension au collecteur, nous observons une tension de 0.2v. Dans quelle région se trouve le transistor ? Est-ce une bonne région d'opération pour l'amplification ? (1 point)

Saturation. Non, pas bon pour l'amplification.

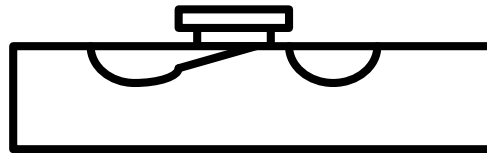
- g) Quelle deviendrait la région d'opération du transistor si R_3 augmentait de façon importante? (1 point)

Saturation

- h) Quelle serait la région d'opération du transistor si R_3 diminuait de façon importante? (1 point)

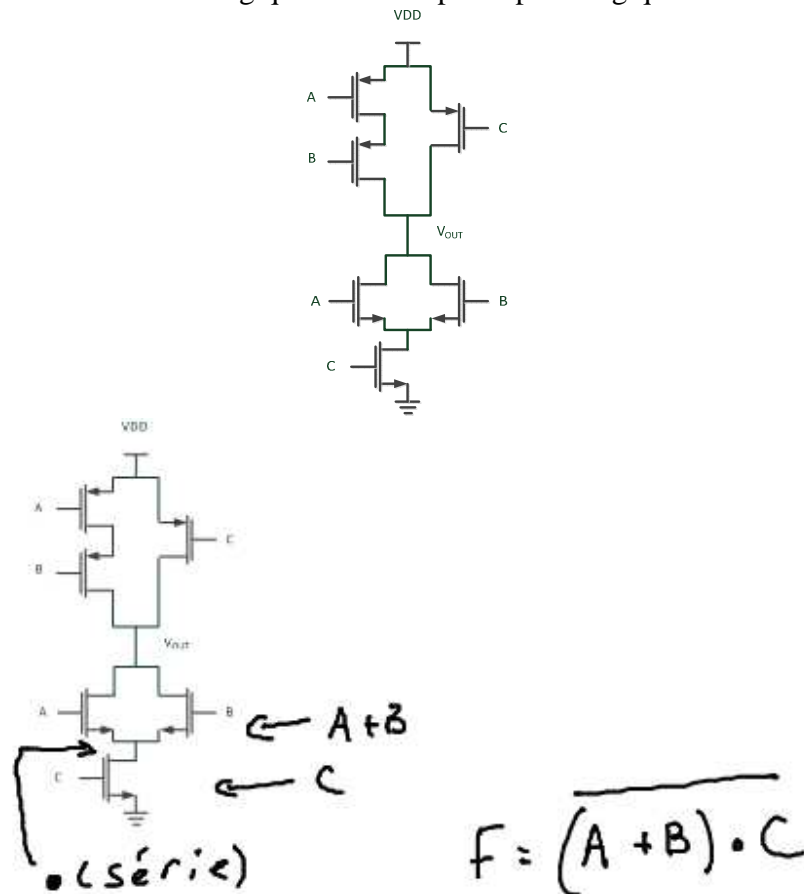
Active

- i) Dans quelle région opère ce transistor ? Est-ce que c'est une bonne région d'opération pour l'amplification ? (1 point)



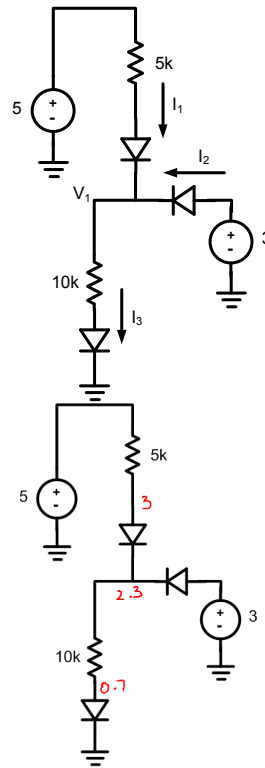
Saturation. Oui.

- j) Quelle est la fonction logique effectuée par la porte logique suivante: (1 point)



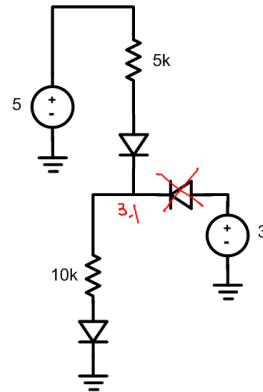
Question 2. Diodes (12 points)

- a) Pour le circuit suivant, trouvez les tensions et les courants différents pour ensuite déterminer quelles diodes conduisent et quelles ne conduisent pas. (4 points):



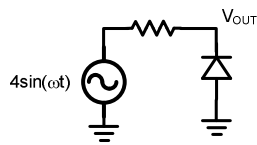
$$\frac{5 - 3}{5k} = \frac{2}{5k} = 400 \mu A$$

$$\frac{2.3 - 0.7}{10k} = \frac{1.6}{10k} = 160 \mu A$$

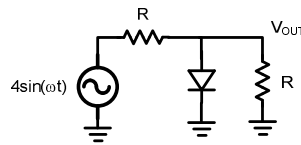


$$\frac{5 - 1.4}{15k} = \frac{3.6}{15k} = 240\mu A$$

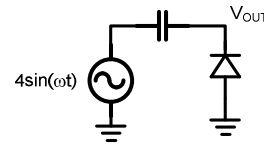
b) En utilisant le modèle ON-OFF avec chute de 0.7v, dessinez le signal V_{OUT} pour chacun des circuits. Dessinez aussi le signal en entrée et identifiez les valeurs importantes dans le graphique. (4 points)



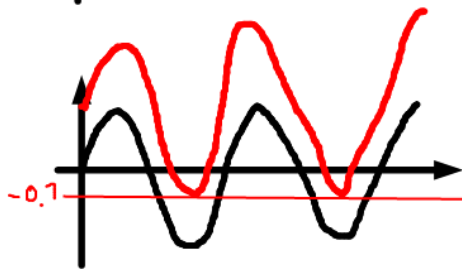
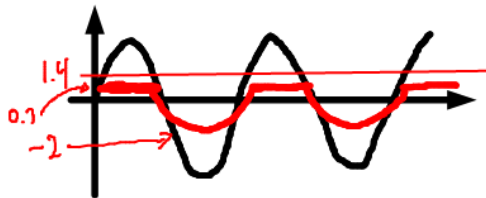
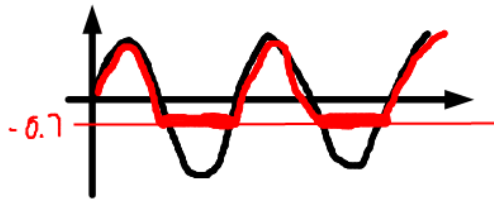
i)



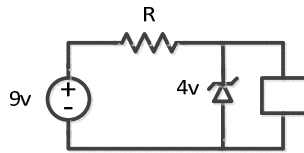
ii)



iii)



c) Utilisez le circuit suivant pour alimenter un circuit qui tire parfois 30mA et parfois 100mA, selon son mode d'opération. Trouvez une valeur de R qui permettrait d'assurer que le courant minimum dans la diode Zener soit de 20mA et que le courant maximum soit de 200mA. (4 points)



$$\text{max} = 30 + 200 = 230\text{mA}$$

$$\text{min} = 100 + 20 = 120\text{mA}$$

$$(9-4)/R = I$$

$$(9-4)/I = R$$

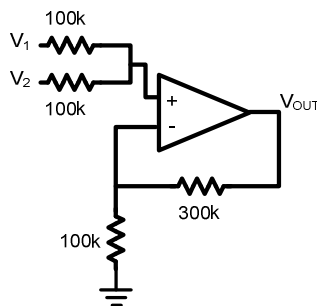
$$(9-4)/230\text{mA} = 21.7\Omega$$

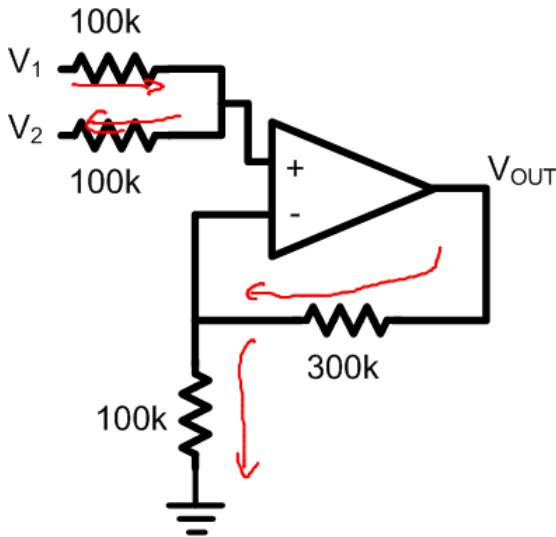
$$(9-4)/120\text{mA} = 41.6\Omega$$

On pourrait choisir 30Ω .

Question 3. Électronique de base (8 points)

- a) Analysez le circuit suivant contenant un amplificateur opérationnel IDÉAL et trouvez V_{OUT} en termes de V_1 et V_2 . (4 points)





$$V_- = V_{out} \cdot \frac{100k}{100k + 300k} = \frac{V_{out}}{4}$$

$$\frac{V_1 - V_-}{100k} = \frac{V_- - V_2}{100k}$$

$$\frac{V_1 + V_2}{100k} = 2V_-$$

$$\frac{V_1 + V_2}{2} = V_-$$

$$V_- = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{V_{out}}{4}$$

$$2(V_1 + V_2) = V_{out}$$

- b) Nous voulons utiliser une thermistance pour convertir un changement de température en changement de voltage à l'aide d'un diviseur de tension. La thermistance a une résistance de $40K\Omega$ lorsque la température est de $-30C$ et une valeur de $10K\Omega$ lorsque la température est de $+30C$. À l'aide d'une source de voltage de $5v$, concevez un circuit qui donne voltage d'au moins $3v$ lorsque la température est de $+30C$ et un voltage d'au plus $2v$ lorsque la température est de $(-30C)$. Dessinez le circuit en identifiant clairement quelle résistance est la thermistance et calculez la valeur de l'autre résistance requise pour former votre diviseur de tension. (4 points)

Temp ↑ R ↓ V ↑
Temp ↓ R ↑ V ↓



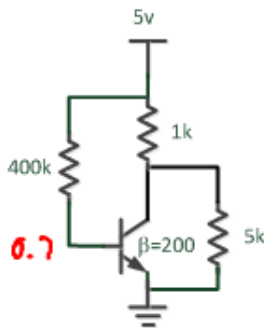
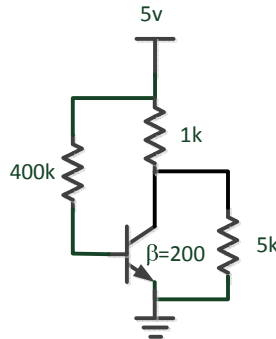
$$V_{out} = V_{DD} \cdot \frac{R}{R + R_{th}}$$

$$2 = 5 \cdot \frac{R}{R + 40k} \Rightarrow 2R + 80k = 5R \Rightarrow R = 26.7k$$

$$3 = 5 \cdot \frac{R}{R + 10k} \Rightarrow 3R + 30k = 5R \Rightarrow 30k = 2R \Rightarrow R = 15k$$

Question 4. Transistors bipolaires (10 points)

- a) Trouvez les tensions et les courants du transistor dans le circuit suivant. Lorsque pertinent, trouvez aussi le $\beta_{\text{forcé}}$. (5 points)



ACTIVE

$$I_B = \frac{5 - 0.7}{400k} = \frac{4.3}{400k} = 10.75 \mu A$$

$$I_C = 200 \cdot I_B = 2.15 mA$$

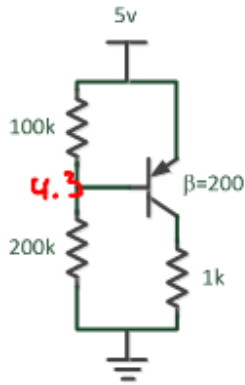
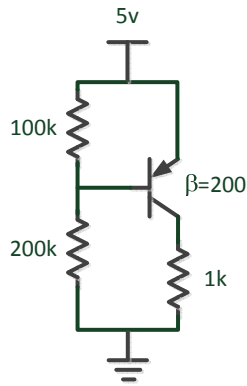
$$\frac{5 - V_C}{1k} = 2.15 mA + \frac{V_C}{5k}$$

$$25 - 5V_C = 10.75 + V_C$$

$$6V_C = 14.25$$

$$V_C = 2.375$$

- b) Trouvez les tensions et les courants du transistor dans le circuit suivant. Lorsque pertinent, trouvez aussi le $\beta_{\text{forcé}}$. Si nous voulions changer la valeur de la source de 1v pour mettre le transistor sur le bord de la saturation, quelle devrait être cette valeur? (5 points)



Active

$$\frac{5 - 4.3}{100k} + I_B = \frac{4.3}{200k}$$

$$\frac{0.7}{100k} + I_B = \frac{4.3}{200k}$$

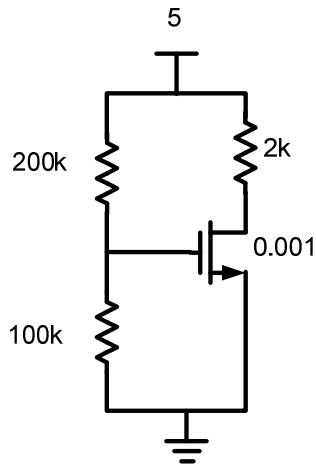
$$I_B = 14.5 \mu A$$

$$I_C = 2.9 mA$$

$$V_C = 2.9 V$$

Question 5. Transistors CMOS (10 points)

- a) Trouvez les tensions et les courants du transistor qui a une caractéristique $\mu C_{ox}(W/L)=0.001$. (6 points)



Hypothèse: Saturation

Saturation

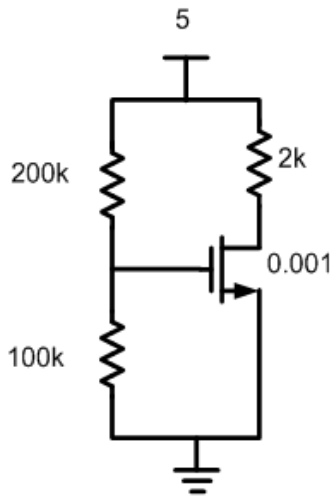
$$V_g = V_{gs} = \frac{100k}{100k + 200k} \times 5 = 1.67$$

$$I_d = \frac{1}{2} \mu C \times \frac{W}{L} (V_{gs} - V_{th})^2$$

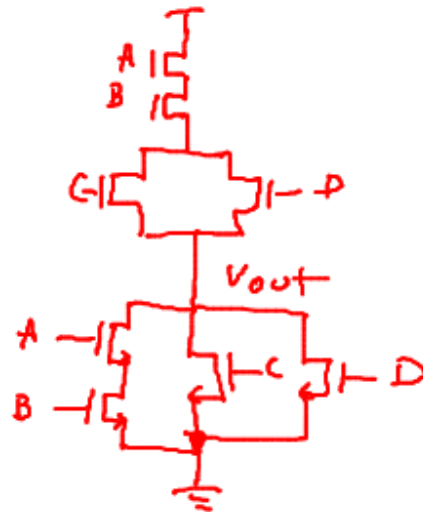
$$I_d = \frac{1}{2000} (1.67 - 0.7)^2$$

$$= \frac{0.97^2}{2000} = 0.47 \text{ mA}$$

$$V_D = 5 - 0.47 \text{ mA} \cdot 2k = 4.07 \text{ V}$$



- b) En utilisant des transistors CMOS, implémentez la fonction suivante en utilisant à la fois des NMOS et des PMOS : $F = (A \cdot B) + C + D$ (4 points)



Équations

$$|V_{BE}| = 0.7v$$

$$|V_{CESAT}| = 0.2v$$

$$I_E = I_C + I_B$$

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

$$V_{TH} = 0.7v$$

Linéaire

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

H. T. Bui

Saturation

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