
6GEI300 - Électronique I

Examen Final

Automne 2013

Modalité:

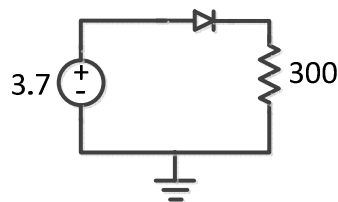
- Aucune documentation n'est permise.
 - Vous avez droit à une calculatrice non programmable.
 - La durée de l'examen est de 2h45
 - Cet examen compte pour 40% de la note finale.
-

Question 1. Questions théoriques. (8 points)

- a) Proposez un circuit pour transformer un signal lumineux en voltage. (1 point)



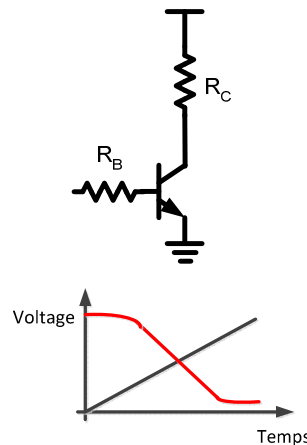
- b) Proposez un circuit qui allume une diode électroluminescente (LED) avec un courant de 10mA. (1 point)



- c) Énumérez (sans les expliquer) les deux mécanismes qui permettent la conduction inverse dans les diodes?

Effet Zener et Effet Avalanche

- d) Considérez le circuit suivant où la tension à gauche de la résistance R_B varie de 0v à 5v. Tracez SUR UN MÊME graphique, ce changement de tension ainsi que le changement de V_C résultant. (1 point)



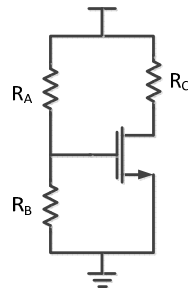
- e) En augmentant le V_{DS} d'un transistor CMOS, son courant (non-nul) n'augmente pas. Quand quelle région opère ce transistor? (1 point)

Saturation

- f) Dans quelle région opèrera le transistor en 1e si V_{DS} continuait encore à augmenter? (Hypothèse: le transistor continue à fonctionner correctement) Pourquoi? (1 point)

Encore en saturation. Il ne pourra tomber en région active QUE si V_{DS} diminue.

Pour les questions 1g et 1h, considérez le circuit suivant qui **devrait** être en région linéaire:



- g) En mesurant V_G , vous trouvez une valeur de 0.4v. En mesurant V_D , vous trouvez une valeur de 5v. Dans quelle région opère le transistor? Si ce n'est pas la bonne région, proposez d'augmenter ou de diminuer la valeur d'une des trois résistances et expliquez le raisonnement. (1 point)

Il est en cut-off, Il faudrait augmenter R_B ou baisser R_A .

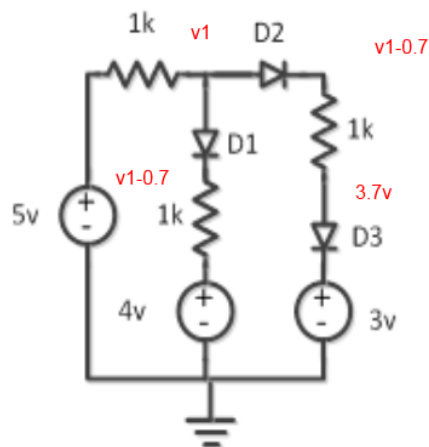
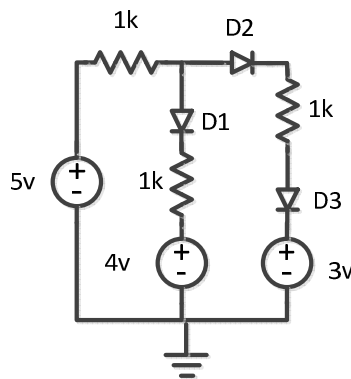
- h) En mesurant la tension V_G , vous trouvez une valeur de 1v. En mesurant V_D , vous trouvez une valeur de 2v. Dans quelle région opère le transistor? Si ce n'est pas la

bonne région, proposez d'augmenter ou de diminuer la valeur d'une des trois résistances et expliquez le raisonnement. (1 point)

Il opère en saturation. Il faudrait augmenter R_C . Sinon, on pourrait aussi diminuer R_A ou augmenter R_B .

Question 2. Diodes (10 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):



$$\frac{5 - v1}{1k} = \frac{(v1 - 0.7) - 4}{1k} + \frac{(v1 - 0.7) - 3.7}{1k}$$

$$\frac{5 - v1}{1k} = \frac{v1 - 4.7}{1k} + \frac{v1 - 4.4}{1k}$$

$$5 - v1 = v1 - 4.7 + v1 - 4.4$$

$$5 - v1 = 2v1 - 9.1$$

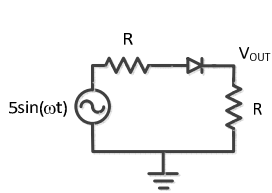
$$14.1 = 3v1$$

$$\frac{14.1}{3} = v1$$

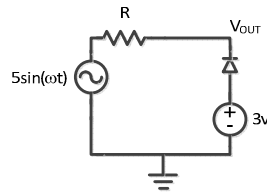
$$v1 = 4.7$$

Toutes les diodes conduisent

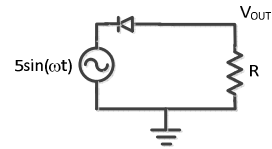
- b) En utilisant le modèle ON-OFF avec chute de 0.7v, dessinez le signal V_{OUT} pour chacun des circuits. Dessinez aussi le signal en entrée et identifiez les valeurs importantes dans le graphique. (3 points)



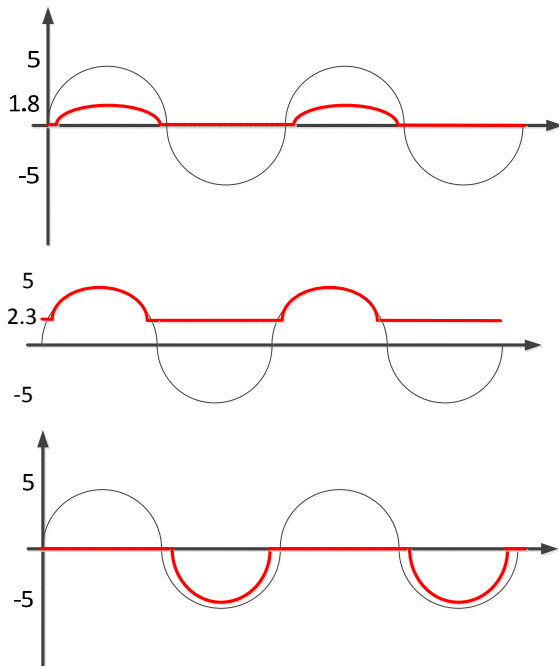
i)



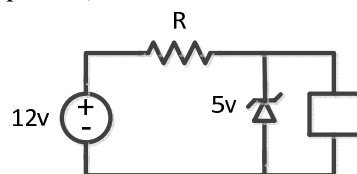
ii)



iii)



- c) On vous demande d'alimenter un système avec le circuit suivant. Le système à alimenter tire parfois 20mA et parfois 80mA, selon son mode d'opération. Trouvez une valeur de R qui permettrait d'assurer que le courant minimum dans la diode Zener soit de 10mA et que le courant maximum soit de 100mA. Quelle sera la puissance maximale dissipée la cette résistance R? (4 points)



$$I = \frac{12-5}{R} = \frac{7}{R}$$

$$\frac{7}{R} - 20mA < 100mA$$

$$\frac{7}{R} < 120mA$$

$$\frac{7}{R} - 80mA > 10mA$$

$$\frac{7}{R} > 90mA$$

$$90mA < \frac{7}{R} < 120mA$$

$$58.33 < R < 77.78$$

$$R = 65$$

$$I_{SOURCE} = 107.7mA$$

Quand le système prend 20mA, il en reste 87.7mA

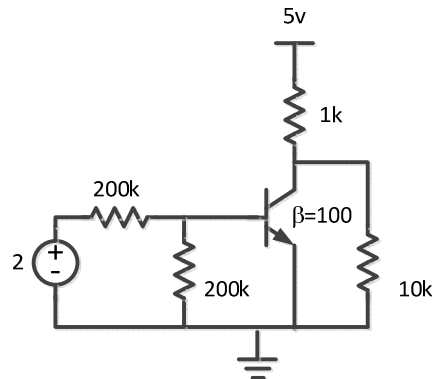
Quand le système prend 80mA, il en reste 27.7mA

Ça respecte les contraintes.

La puissance dissipée par la résistance est de $V^2/R = 0.75W$

Question 3. Transistors bipolaires (8 points)

- a) Trouvez les tensions et les courants du transistor dans le circuit suivant. Lorsque pertinent, trouvez aussi le $\beta_{\text{forcé}}$. (4 points)



Hypothese: active

$$\frac{2 - 0.7}{200k} = \frac{0.7}{200k} + I_B$$

$$\frac{2 - 1.4}{200k} = I_B$$

$$I_B = \frac{2 - 1.4}{200k} = 3\mu A$$

$$I_C = 300\mu A = 0.3mA$$

$$\frac{5 - V_C}{1k} = I_C + \frac{V_C}{10k}$$

$$\frac{50 - 10V_C}{10k} = 0.3mA + \frac{V_C}{10k}$$

$$\frac{50 - 11V_C}{10k} = 0.3mA$$

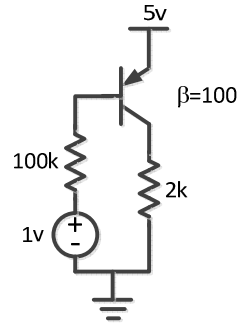
$$50 - 11V_C = 3$$

$$47 = 11V_C$$

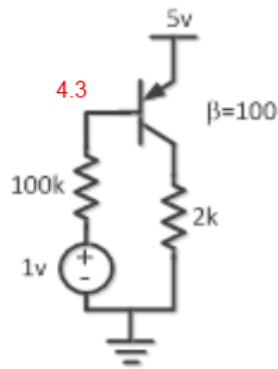
$$V_C = \frac{47}{11} = 4.27$$

Région active

- 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? (4 points)



Hypothese: active

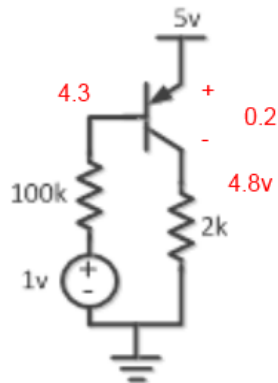


$$I_B = \frac{4.3 - 1}{100k} = 33\mu A$$

$$I_C = 3.3mA$$

$$V_C = 3.3mA \cdot 2k = 6.6v$$

Pas bon



$$I_C = \frac{4.8}{2k} = 2.4mA$$

$$\beta_F = \frac{2.4mA}{33\mu A} = 72.7$$

Saturation

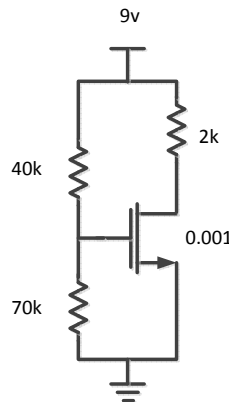
$$I_B = \frac{2.4mA}{100} = 24\mu A = \frac{4.3 - V_{BB}}{100k}$$

$$24\mu A = \frac{4.3 - V_{BB}}{100k}$$

$$V_{BB} = 1.9v$$

Question 4. Transistors CMOS (8 points)

- a) Trouvez les tensions et les courants du transistor qui a une caractéristique $\mu C_{OX}(W/L)=0.001$. (4 points)



Hypothese: Saturation

$$V_{GS} = V_G = 9 \frac{70K}{70K + 40K} = 5.73$$

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

$$I_D = \frac{1}{2} 0.001 (5.73 - 0.7)^2$$

$$I_D = \frac{1}{2000} (5.03)^2 = 12.7mA$$

$$V_D = 9 - 12.7mA \cdot 2k = -16.4$$

Hypothese: linéaire

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

$$I_D = \frac{1}{1000} (5.03)(9 - I_D 2K)$$

$$I_D = (0.045 - 10.06I_D)$$

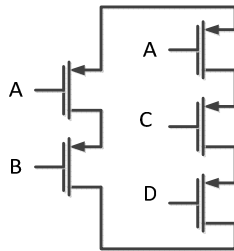
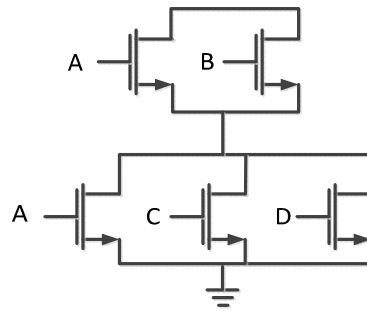
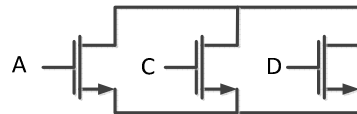
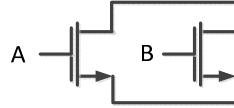
$$11.06I_D = 0.045$$

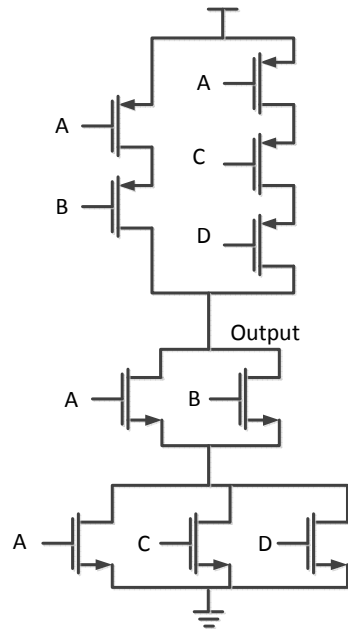
$$I_D = \frac{0.045}{11.06} = 4.1mA$$

$$V_D = 9 - 4.1mA \cdot 2k = 0.8v$$

Région linéaire

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

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

Saturation

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