

---

## 6GEI300 - Électronique I

### Examen Final

Automne 2012

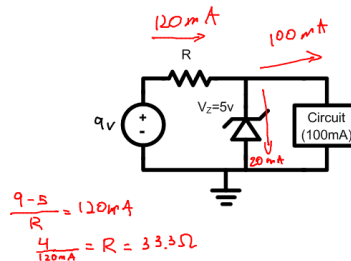
---

#### 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. (7 points)

- a) Dessinez un circuit qui peut alimenter un circuit à 5v qui tire un courant de 100mA. Vous avez en votre possession 1 source de tension de 9v, une résistance de valeur à déterminer et une diode Zener ( $V_Z=5v$ ). La diode doit avoir un courant minimal de 20mA qui circule au travers en tout temps. (1 point)



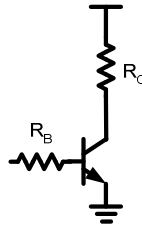
- b) Pourquoi ne veut-on pas amplifier un signal avec un transistor en saturation? (1 point)

*Le gain baisse puisque  $\beta$  n'est plus à son maximum*

- c) Qu'est-ce qui détermine la couleur émise par une diode électroluminescente (LED)? (1 point)

*Son bandgap (énergie entre la bande de conduction et de valence)*

Pour les questions 1d, 1e et 1f, considérez le circuit suivant où la tension à gauche de la résistance  $R_B$  est plus grande que 0.7v:



- d) Dans quelle région se retrouverait le transistor si  $R_B$  était très élevé et que  $R_C$  était faible. Pourquoi ? (1 point)

En région active puisque le courant  $I_B$  serait faible, donc  $I_C$  serait faible et  $V_C$  serait élevé. La jonction  $V_{BC}$  serait bloquée ce qui justifierait la région active.

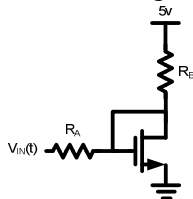
- e) À partir de la situation décrite en d), dans quelle région se retrouverait le transistor si on augmentait  $R_B$  ? Pourquoi ? (1 point)

En région active encore, puisque le courant  $I_B$  baisserait, donc  $I_C$  baisserait et  $V_C$  serait encore plus élevé. La jonction  $V_{BC}$  serait encore bloquée.

- f) À partir de la situation décrite en d), dans quelle région se retrouverait le transistor si on augmentait  $R_C$  ? Pourquoi ? (1 point)

En saturation puisque la chute de tension au collecteur sera grande. La tension  $V_C$  pourrait possiblement être assez faible pour tomber en saturation.

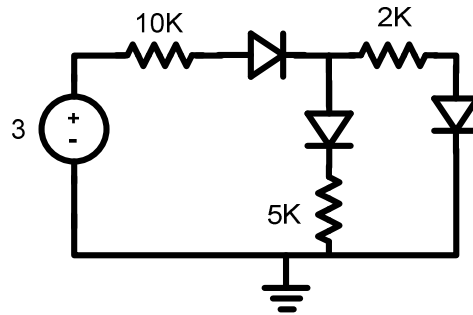
- g) Dans le circuit suivant, le signal  $V_{IN}(t)$  monte tranquillement de 0 à 3v. Par quelles régions d'opération passe-t-il lors de l'augmentation en tension? (1 point)



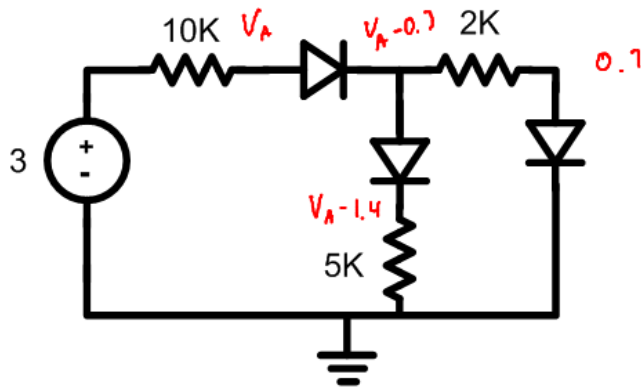
Le transistor est d'abord en cutoff et tombe ensuite en saturation

## Question 2. Diodes (7 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):



On fait l'hypothèse que toutes les diodes conduisent



$$\frac{3 - V_A}{10K} = \frac{V_A - 1.4}{5K} + \frac{V_A - 1.4}{2K}$$

$$\frac{3 - V_A}{10K} = \frac{2V_A - 2.8}{10K} + \frac{5V_A - 7}{10K}$$

$$3 - V_A = 7V_A - 9.8$$

$$12.8 = 8V_A$$

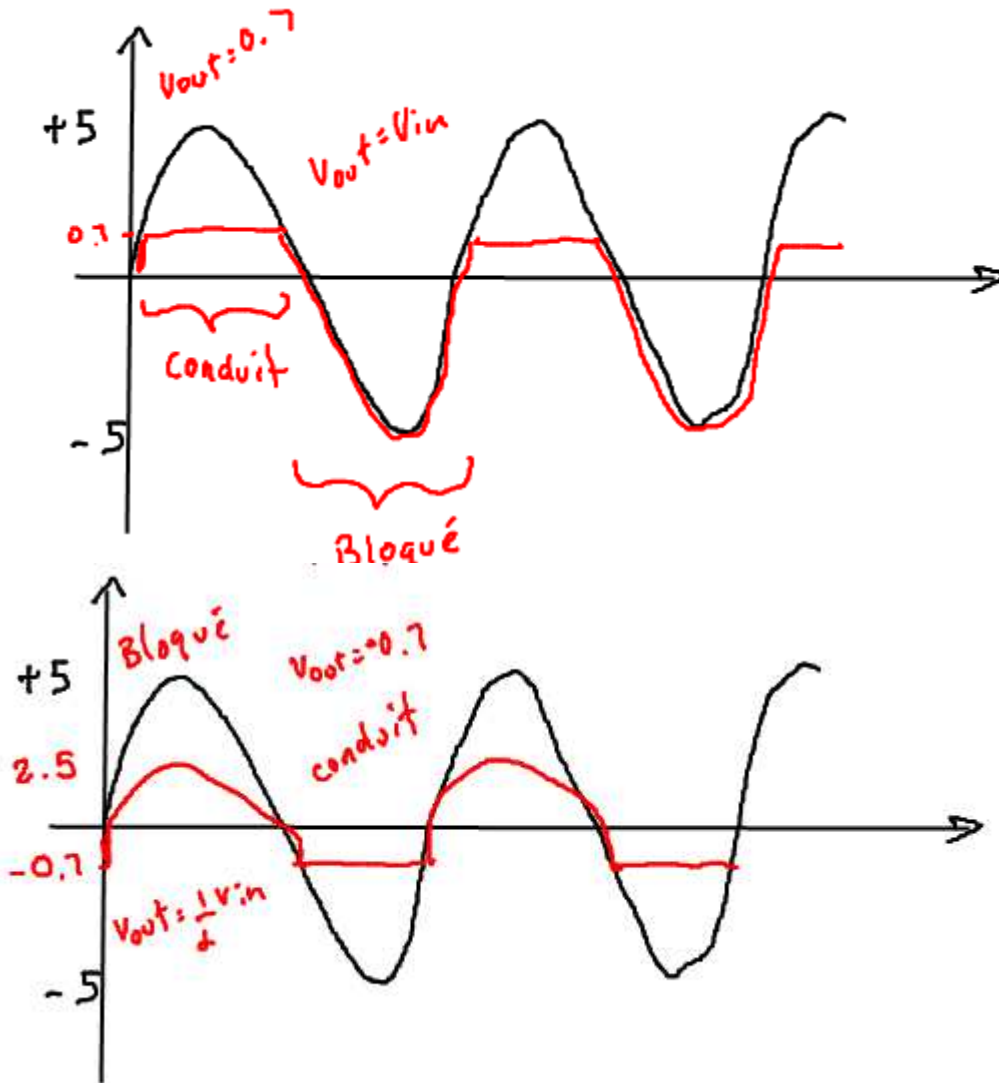
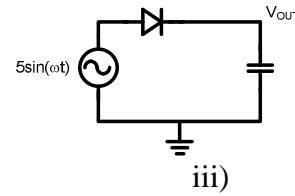
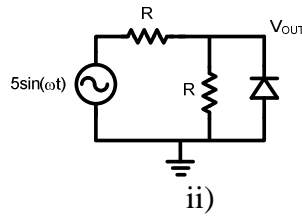
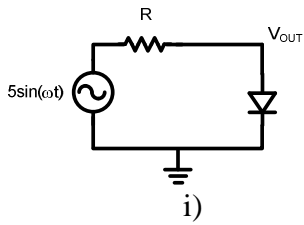
$$V_A = \frac{12.8}{8} = 1.6$$

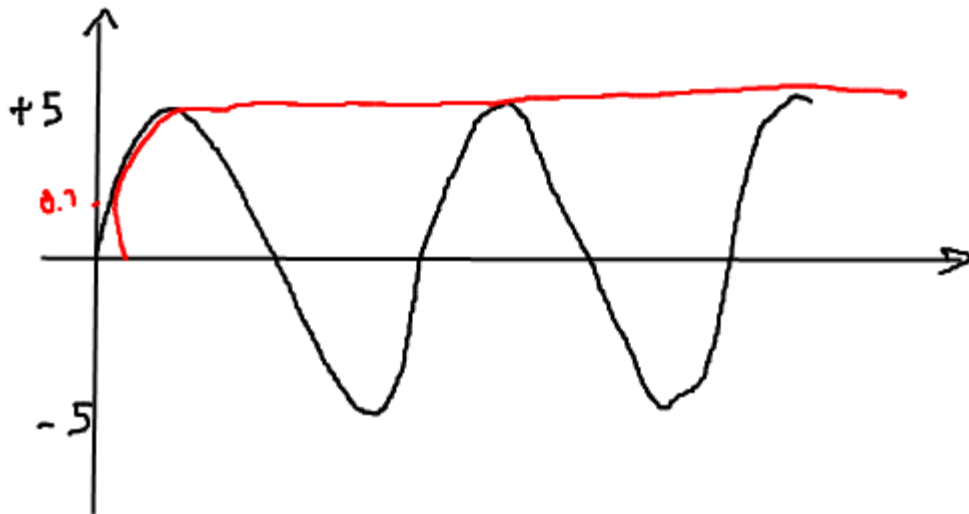
$$I_{in} = \frac{3 - 1.6}{10K} = 140\mu A$$

$$I_{\downarrow} = \frac{1.6 - 1.4}{5K} = 40\mu A$$

$$I_{\rightarrow} = \frac{1.6 - 0.7 - 0.7}{2K} = 100\mu A$$

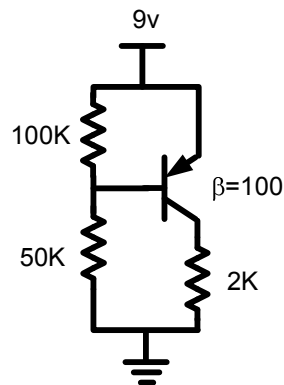
b) En utilisant le modèle ON-OFF avec chute de 0.7v, dessinez le signal  $V_{OUT}$  pour chacun des circuits. Identifiez les valeurs importantes. (3 points)



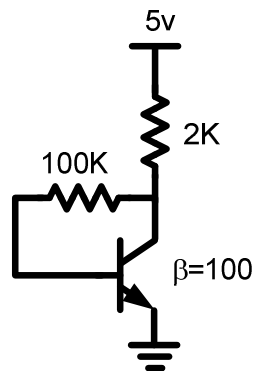


**Question 3. Transistors bipolaires (8 points)**

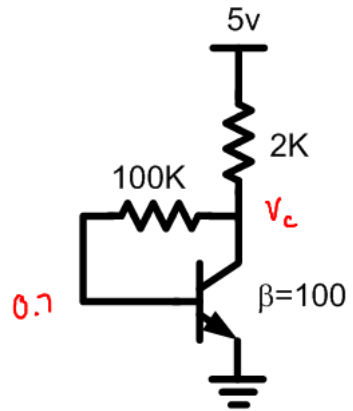
- a) Trouvez les tensions et les courants du transistor dans le circuit suivant. Lorsque pertinent, trouvez aussi le  $\beta_{\text{forcé}}$ . (4 points)



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



Hypothese de la region active



$$\frac{5 - V_c}{2k} = I_c + I_B$$

$$\frac{5 - V_c}{2k} = \beta I_B + I_B$$

$$\frac{5 - V_c}{2k} = (\beta + 1) I_B$$

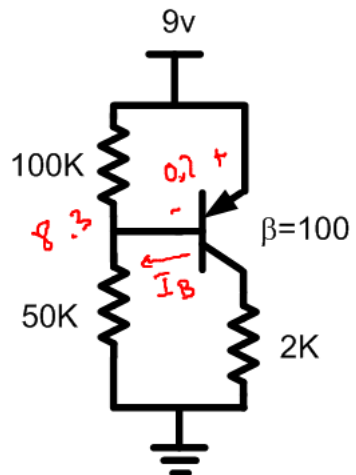
$$I_B = \frac{V_c - 0.7}{100k}$$

$$\frac{5 - V_c}{2k} = (\beta + 1) \frac{V_c - 0.7}{100k}$$

$$250 - 50V_c = 101V_c - 70.7$$

$$320.7 = 151V_c$$

$$V_c = \frac{320.7}{151} = 2.12$$



Hypothese de la region active

$$\frac{9-8.3}{100k} + I_B = \frac{8.3}{50k}$$

$$\frac{0.7}{100k} + \frac{100k I_B}{100k} = \frac{16.6}{100k}$$

$$I_B = \frac{16.6 - 0.7}{100k}$$
$$= \frac{15.9}{100k}$$

$$I_B = 0.16 \text{ mA}$$

$$I_C = 16 \text{ mA}$$

$$V_C = 32 \text{ V}$$

On est en saturation

$$I_C = \frac{8.8}{2k} = 4.4 \text{ mA}$$

$$\beta_F = \frac{4.4 \text{ mA}}{0.16 \text{ mA}} = 27.5$$

**Question 4.** Transistors CMOS (8 points)

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

$$I_D = \frac{1}{2000} (10 - V_s - 0.7)^2$$

$$I_D = \frac{1}{2000} (9.3 - V_s)^2$$

$$2000 I_D = 9.3^2 - 18.6 V_s + V_s^2$$

$$2000 \frac{V_s}{1000} = 9.3^2 - 18.6 V_s + V_s^2$$

$$\Rightarrow V_s^2 - 20.6 V_s + 86.49 = 0$$

$$20.6 \pm \sqrt{20.6^2 - 4 \cdot 86.49}$$

2

$$\frac{20.6 \pm 8.85}{2} \begin{cases} 14.73 \text{ V} \\ 5.87 \text{ V} \end{cases}$$

$$I_D = 5.87 \text{ mA}$$

$$V_D = 10 - I_D R_D \\ = 10 - 11.74$$

Lineaire



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

$$1000 I_D = (10 - V_S - 0.7) (V_D - V_S)$$

$$1000 I_D = (9.3 - 1000 I_D) (10 - 2000 I_D - 1000 I_D)$$

$$1000 I_D = (9.3 - 1000 I_D) (10 - 3000 I_D)$$

$$1000 I_D = 93 - 27900 I_D - 10000 I_D + 3000000 I_D^2$$

$$1000 I_D = 93 - 37900 I_D + 3000000 I_D^2$$

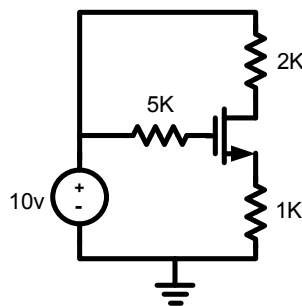
$$3000000 I_D^2 - 38900 I_D + 93 = 0$$

$$I_D \begin{cases} 9.8 \text{ mA (cutoff)} \\ 3.2 \text{ mA} \end{cases}$$

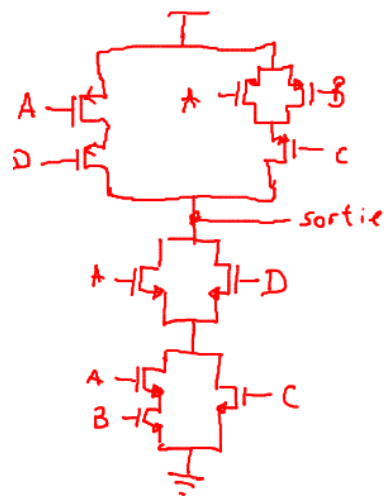
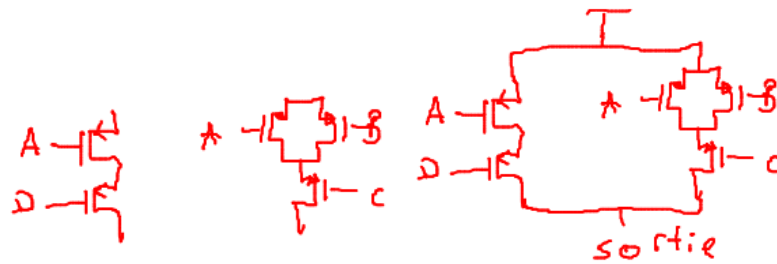
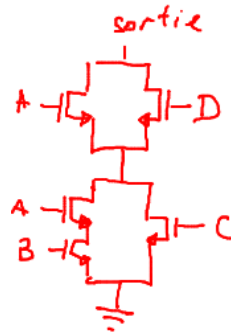
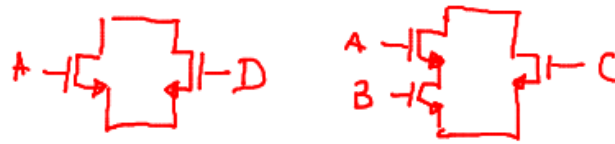
$$V_S = 3.2 \text{ V}$$

$$V_D = 3.6 \text{ V}$$

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



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




---

## Équations

$$V_{BE} = 0.7\text{v}$$

$$V_{CESAT} = 0.2\text{v}$$

$$I_E = I_C + I_B$$

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

Linéaire

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

Saturation

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