
6GEI300 - Électronique I

Examen Partiel #2

Automne 2007

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 20% de la note finale.
-

NOTE : À moins d'indication contraire, le β sera 100 pour tous les problèmes.

Question 1. Questions théoriques. (15 points)

- a) Pour chacun des courants I_B , I_C et I_E d'un transistor NPN en région active, dites si le courant est composé de trous, d'électrons ou des deux. Justifiez.

Le courant de la base est principalement composé de trous.

Le courant au collecteur est principalement les électrons qui viennent de l'émetteur

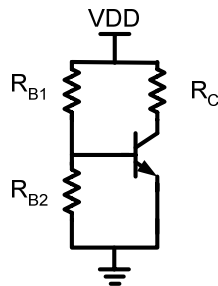
Le courant à l'émetteur est une combinaison de trou et d'électrons.

- b) Dans un transistor NPN en région active, les électrons vont de l'émetteur à la base et ensuite au collecteur. Dites comment le courant circule dans chacune des jonctions («drift» ou «diffusion»). Justifiez.

La jonction base-emetteur conduit. C'est donc de la diffusion.

La jonction base-collecteur est polarisée en inverse. C'est le drift qui porte les charges.

Pour les questions d), e), f) et g) utilisez le circuit suivant :



- c) Imaginez un transistor en région active. Si je DIMINUAIS la valeur de R_C , comment change mon I_C ?

En region active, I_C ne depend pas de R_C .

Reponse : ca reste constant.

- d) Imaginez le circuit suivant sur le bord de la saturation. Dans quelle région se retrouve-t-il si je baissais R_{B2} ?

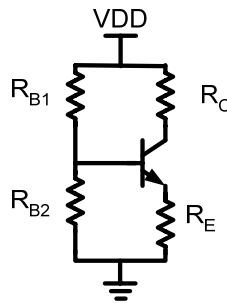
En baissant R_{B2} , j'augmente le courant qui passe par R_{B2} . Ca veut dire qu'il en reste moins pour I_B et donc, je REDUIS I_B . Si je reduis I_B , I_C sera reduit et je tomberai en region active.

- e) Dans quelle région d'opération veut-on typiquement opérer si on mettait une résistance faible à la base ? Justifiez.

En temps normal, on utilise une faible resistance a la base pour etre en saturation.

Un resistance faible a la base nous donne un courant « fort ». Ce courant sera multiplie par β (ou du moins, β_F) et ca nous donnera un gros I_C qui cause une grosse chute de tension a R_C .

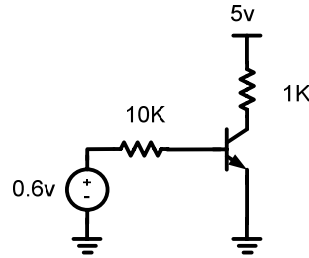
- f) Imaginez que le circuit suivant soit sur le bord de la saturation. Dans quelle région se retrouve votre transistor si on AUGMENTAIT R_E ? Expliquez votre raisonnement.



Imaginez qu'on ait un gros courant qui entre dans la base. Ce courant sera amplifié et se retrouvera au collecteur et à l'émetteur. Ce courant augmentera V_E ce qui fera aussi augmenter V_B . En augmentant V_B , le courant I_B diminue. Alors, un gros R_E sert à nous repousser dans la region active.

Autre façon de le voir : une grosse resistance R_E baisse le courant à l'émetteur. Sachant que $I_C = \alpha I_E$, I_C baisse aussi. Ca nous rapproche de la region active.

- g) Trouvez V_E , V_C et V_B pour le circuit suivant :



En regardant le circuit, on peut déjà voir que V_{BE} ne sera pas 0.7. Pour que ce soit 0.7 il faudrait que le courant ENTRE dans la source de 0.7v et donc, que ce courant SORTE de la base. En région active ou saturation, ce ne sera jamais le cas...

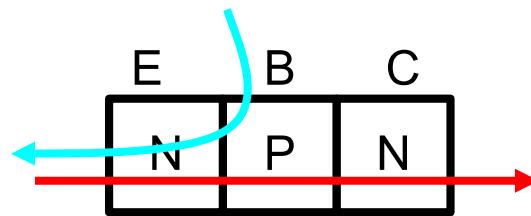
Notre transistor est en cut-off.

$$V_E=0$$

$$V_B=0.6$$

$$V_C=5$$

- h) Dessinez à l'aide de flèches la direction des électrons et des trous dans un transistor en région active.



Trous : en bleu

Electrons : en rouge

- i) Décrivez le déplacement des électrons et des trous à travers les différentes jonctions quand le transistor fonctionne en saturation.

On polarise la jonction BE en conduction. Les trous vont de la base à l'émetteur. Les électrons vont de l'émetteur à la base. Rendu à la base, les électrons se diffusent et vont partout. Ceux qui diffusent proche de la jonction BC vont être poussés vers le collecteur à cause du champ dans la région charge espace. En même temps, la jonction BC est aussi polarisée pour conduire. Il y a des trous qui passent vers le collecteur. Ça diminue un peu le courant entre émetteur-collecteur.

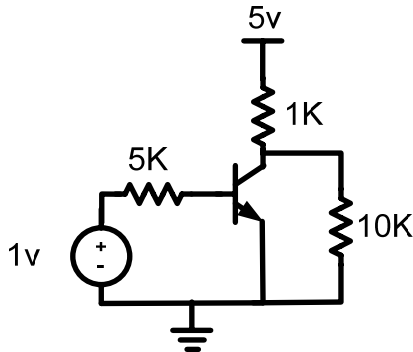
- j) Pourquoi a-t-on besoin d'une résistance à la base du transistor? Pensez à une autre façon d'accomplir la même fonction en mettant une résistance ailleurs et justifiez

La résistance est là pour protéger le transistor. Pourquoi? Parce qu'il y a des diodes entre BC et BE. Si on ne le « protègeait » pas, on pourrait se retrouver avec un V_{BE} élevé. Or, on sait qu'à partir de $V_{BE}=0.7$, le courant commence à monter assez rapidement. Donc, en

mettant une résistance, on limite la chute de tension aux bornes de la diode et donc, on limite son courant.

Puisque la diode BE doit fonctionner pour être en région active et en saturation, on peut limiter le courant en mettant une résistance à l'émetteur à la place de le mettre à la base. Rappelez-vous du circuit diode-résistance. La résistance peut aller AVANT ou APRES la diode, et ça la protège quand même.

Question 2. A l'aide du circuit suivant, trouvez :



- Les tensions V_B , V_C et V_E du transistor (15 points)
- Les courants I_B , I_C et I_E du transistor (15 points)
- La région d'opération du transistor et si c'est pertinent, trouvez le β_F (15 points)

$$I_B = \frac{1 - 0.7}{5K} = 60\mu A$$

$$I_C = \beta \cdot 15\mu A = 6mA$$

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

$$-V_C \left(\frac{1}{1K} + \frac{1}{10K} \right) = I_C - \frac{5}{1K}$$

$$V_C = \frac{\frac{5}{1K} - I_C}{\left(\frac{1}{1K} + \frac{1}{10K} \right)} = -0.909$$

On se retrouve en saturation.

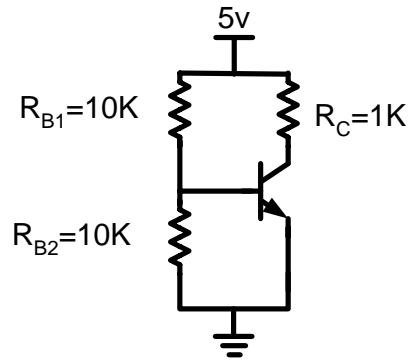
$$V_C = \frac{\frac{5}{1K} - I_C}{\left(\frac{1}{1K} + \frac{1}{10K} \right)} = 0.2$$

$$I_C = 4.78mA$$

$$\beta_F = \frac{I_C}{I_B} = \frac{4.78mA}{0.06mA} = 79.6$$

Question 3. Considérez le circuit de la figure X. Le but de cet exercice est de mettre le transistor sur le bord de la saturation. Il faut le faire en ajustant un seul paramètre (celui qui sera spécifié) tout en laissant les autres paramètres tels quels dans la figure X.

- Trouvez la valeur de R_C qui mettrait ce circuit sur le bord de la saturation.
- Trouvez la valeur de R_{B1} qui mettrait ce circuit sur le bord de la saturation.
- Trouvez la valeur de R_{B2} qui mettrait ce circuit sur le bord de la saturation.
- Trouvez la valeur de β qui mettrait ce circuit sur le bord de la saturation.



$$\frac{V_{DC} - 0.7}{R_{B1}} = I_B + \frac{0.7}{R_{B2}}$$

$$I_B = \frac{V_{DC} - 0.7}{R_{B1}} - \frac{0.7}{R_{B2}}$$

$$I_C = \beta I_B = \beta \left(\frac{V_{DC} - 0.7}{R_{B1}} - \frac{0.7}{R_{B2}} \right)$$

$$V_C = V_{DC} - R_C I_C = V_{DC} - R_C \beta \left(\frac{V_{DC} - 0.7}{R_{B1}} - \frac{0.7}{R_{B2}} \right)$$

Pour R_C :

$$0.2 = 5 - R_C 100 \left(\frac{5 - 0.7}{10K} - \frac{0.7}{10K} \right)$$

$$\frac{5 - 0.2}{100 \left(\frac{5 - 0.7}{10K} - \frac{0.7}{10K} \right)} = R_C$$

Pour R_{B1} :

$$V_C = V_{DC} - R_C \beta \left(\frac{V_{DC} - 0.7}{R_{B1}} - \frac{0.7}{R_{B2}} \right)$$

$$0.2 = 5 - 1K \cdot 100 \left(\frac{5 - 0.7}{R_{B1}} - \frac{0.7}{10K} \right)$$

$$\frac{5 - 0.2}{1K \cdot 100} + \frac{0.7}{10K} = \left(\frac{5 - 0.7}{R_{B1}} \right)$$

$$R_{B1} = \left(\frac{5 - 0.7}{\frac{5 - 0.2}{1K \cdot 100} + \frac{0.7}{10K}} \right)$$

Pour RB2:

$$V_C = V_{DC} - R_C \beta \left(\frac{V_{DC} - 0.7}{R_{B1}} - \frac{0.7}{R_{B2}} \right)$$

$$0.2 = 5 - 1K \cdot 100 \left(\frac{5 - 0.7}{10K} - \frac{0.7}{R_{B2}} \right)$$

$$\frac{5 - 0.2}{1K \cdot 100} = \left(\frac{5 - 0.7}{10K} - \frac{0.7}{R_{B2}} \right)$$

$$\frac{5 - 0.7}{10K} - \frac{5 - 0.2}{1K \cdot 100} = \frac{0.7}{R_{B2}}$$

$$R_{B2} = \frac{0.7}{\frac{5 - 0.7}{10K} - \frac{5 - 0.2}{1K \cdot 100}}$$

Pour β :

$$V_C = V_{DC} - R_C \beta \left(\frac{V_{DC} - 0.7}{R_{B1}} - \frac{0.7}{R_{B2}} \right)$$

$$0.2 = 5 - 1K \beta \left(\frac{5 - 0.7}{10K} - \frac{0.7}{10K} \right)$$

$$\beta = \frac{5 - 0.2}{1K \left(\frac{5 - 0.7}{10K} - \frac{0.7}{10K} \right)}$$

Question 4. On aimerait utiliser le circuit suivant comme un inverseur logique. Utilisez les approximations suivantes :

- $V_{CESAT} = 0V$
- Quand le transistor conduit, on approxime son comportement avec $R_{ON} = 10\Omega$.

a) Dans quelles régions (2) doit opérer ce transistor ?

Saturation et cutoff

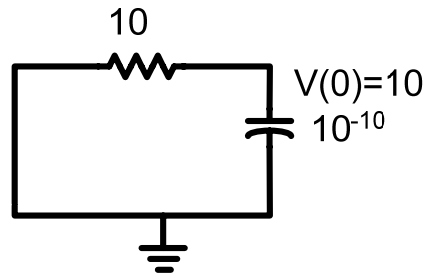
- b) Trouvez la plus GRANDE valeur de R_B qui ferait fonctionner ce transistor dans les régions énumérées en a).

$$0 = 10 - 5K \cdot 100 \frac{9 - 0.7}{R_B}$$

$$\frac{10}{5K \cdot 100} = \frac{9 - 0.7}{R_B}$$

$$R_B = \frac{9 - 0.7}{\frac{10}{5K \cdot 100}} =$$

- c) Quand l'entrée change de 0v à 9v, la sortie devrait aller de 10v à 0v. Quel sera le temps requis pour que la sortie se rende à 5v? (négligez l'impact du 5K)



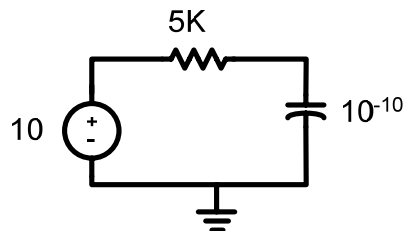
$$v(t) = V_{DC} e^{-t/RC}$$

$$5 = 10 e^{-t/10 \cdot 10^{-10}}$$

$$\ln\left(\frac{1}{2}\right) = -t/10 \cdot 10^{-10}$$

$$-10 \cdot 10^{-10} \ln\left(\frac{1}{2}\right) = t$$

- d) Quand l'entrée change de 9v à 0v, la sortie devrait aller de 0v à 10v. Quel sera le temps requis pour que la sortie se rende à 5v?



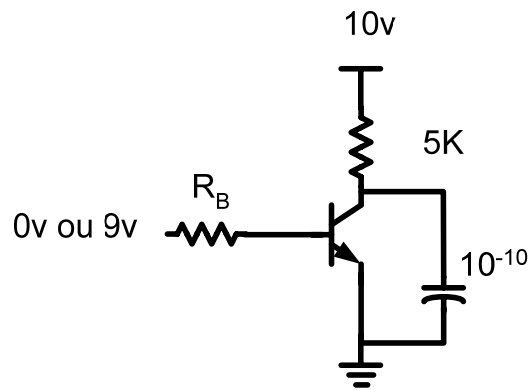
$$v(t) = V_{DC} (1 - e^{-t/RC})$$

$$5 = 10 (1 - e^{-t/5K10^{-10}})$$

$$1 - \frac{5}{10} = e^{-t/5K10^{-10}}$$

$$\ln \frac{1}{2} = -t/5K10^{-10}$$

$$-5K10^{-10} \ln \frac{1}{2} = t$$



Équations

$$V_{BE} = 0.7v$$

$$V_{CESAT} = 0.2v$$

$$I_E = I_C + I_B$$

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

$$v(t) = VDC e^{-t/RC}$$

$$v(t) = VDC(1 - e^{-t/RC})$$