

Nom :	Prénom :	Groupe :
-------	----------	----------

ECOLE POLYTECHNIQUE UNIVERSITAIRE DE NICE SOPHIA-ANTIPOLIS



Cycle Initial Polytech
Première Année
Année scolaire 2009/2010



Epreuve d'électronique analogique N°4 (correction)

Vendredi 4 Juin 2010

Durée : 1h30

- ☐ Cours et documents non autorisés.
- ☐ Calculatrice de l'école autorisée.
- ☐ Vous répondrez directement sur cette feuille.
- ☐ Tout échange entre étudiants (gomme, stylo, réponses...) est interdit
- ☐ Vous êtes prié :
 - d'indiquer votre nom, prénom et groupe.
 - d'éteindre votre téléphone portable (– 1 point par sonnerie).

RAPPELS :

Schéma électrique de l'oscillateur Abraham Block

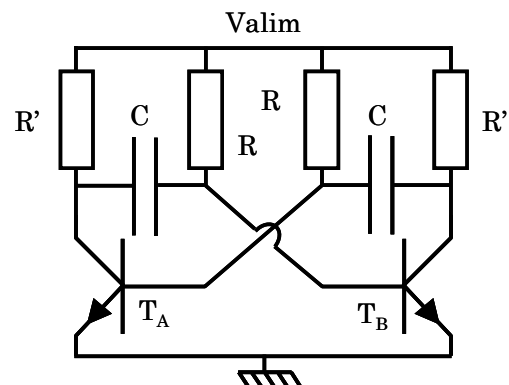


Table de vérité de la mémoire RS (à 2 transistors bipolaires comme en cours)

Set	Reset	Q	\bar{Q}
0	0	0	1
1	0	1	0
0	0	1	0
0	1	0	1
1	1	0	0
0	0	?	?

Préfixes

milli	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}

EXERCICE I : Communication par laser (10 pts)

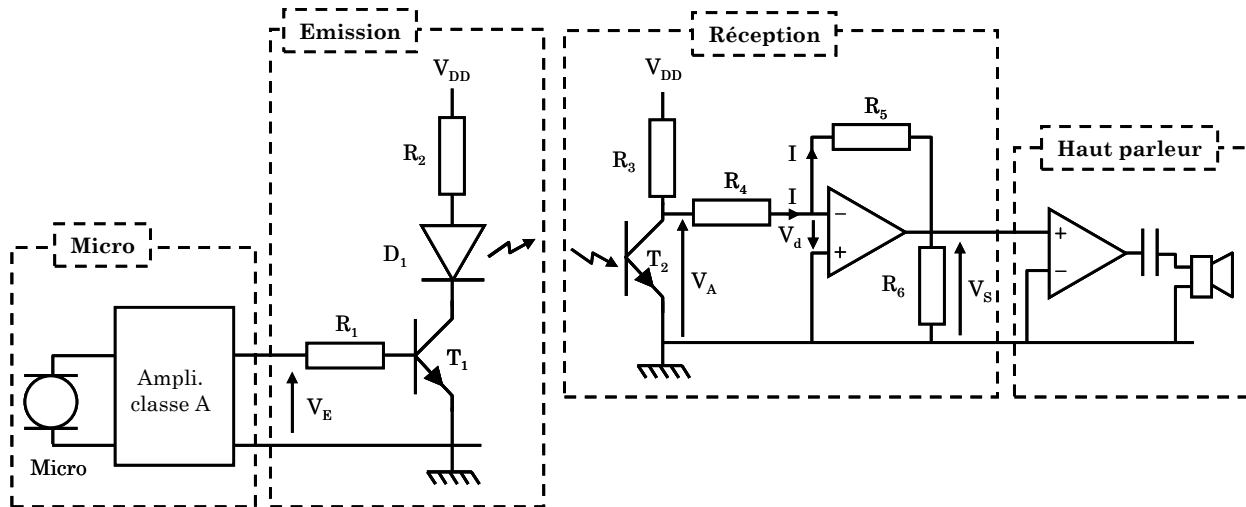


Figure I.1. $V_{DD} = 9 \text{ V}$, $R_1 = 4 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ }\Omega$, $R_3 = 600 \text{ }\Omega$, $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_5 = 100 \text{ k}\Omega$. Les caractéristiques de la diode laser D_1 sont : $V_{SD} = 2.5 \text{ V}$, $R_{SD} = 10 \text{ }\Omega$. Le transistor bipolaire a pour paramètres : $\beta = 100$, $V_{CEsat} = 0.2 \text{ V}$ et on supposera que $\beta + 1 \approx \beta$. La tension de seuil de la jonction base – émetteur est $V_S = 0.6 \text{ V}$ et sa résistance a pour valeur $R_S = 1.2 \text{ k}\Omega$.

Deux étudiants sont logés en cité Universitaire dans des chambres distantes de 30 m et qui se font face. Ils souhaitent pouvoir discuter ensemble (des cours) sans passer par le téléphone. Pour cela, ils décident de réaliser le montage électronique de la figure (I.1) qui se compose de quatre parties :

- Le micro et son petit amplificateur
- L'émission avec sa diode laser
- La réception avec le phototransistor et son amplificateur
- Le haut parleur précédé de son AOP audio

On ne s'intéressera qu'aux parties émission et réception dans les questions (I.1) et (I.2). La tension V_E est composée d'une partie statique $V_{E0} = 4.5 \text{ V}$ et d'une partie dynamique qui dépend de ce qui est dit dans le micro. **On ne considère dans cet exercice que la partie statique de V_E .**

I.1. Partie émission pour $V_E = V_{E0} = 4.5 \text{ V}$.

I.1.1. Donner l'expression et la valeur du courant I_{B1} . (1 pt)

$$I_{B1} = \frac{V_{E0} - V_S}{R_1 + R_S} = 0.75 \text{ mA}$$

I.1.2. Déterminer l'expression et la valeur de V_{CE} ainsi que la valeur de I_{C1} . Préciser le régime de fonctionnement du transistor. (2 pts)

$$I_{C1} = \beta I_{B1} = 75 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{DD} - V_{SD} - (R_2 + R_{SD}) I_{C1} = 5 \text{ V}$$

Comme $V_{CE} > V_{CEsat}$, le transistor est en régime linéaire

I.1.3. Déterminer l'expression et la valeur du gain dynamique : $A_v = \frac{\partial V_{CE}}{\partial V_E}$. **(1 pt)**

On a : $V_{CE} = V_{DD} - V_{SD} - \beta(R_2 + R_{SD}) \frac{V_E - V_S}{R_1 + R_S}$

Donc $A_v = \frac{\partial V_{CE}}{\partial V_E} = -\frac{\beta(R_2 + R_{SD})}{R_1 + R_S} = -0,38$

I.2. Partie réception pour $V_E = V_{E0} = 4,5 \text{ V}$.

En tenant compte de l'angle d'émission de la diode laser, de la distance entre les deux chambres, de la surface du phototransistor et de sa capacité à convertir les photons en courant, on peut écrire que le courant de base du phototransistor est donné par : $I_{B2} = 0,001 \times I_{C1}$.

I.2.1. Donner la valeur du courant I_{B2} . **(0,5 pt)**

On a $I_{B2} = 0,001 \times I_{C1} = 75 \mu\text{A}$

I.2.2. On considère que le courant qui circule dans R_4 est négligeable devant celui qui circule dans R_3 . Donner la valeur de la tension V_A . On n'oubliera pas de vérifier si le transistor est saturé **(2 pts)**

$I_{C2} = \beta I_{B2} = 7,5 \text{ mA}$

$V_{CE} = V_A = V_{DD} - R_3 \cdot I_{C2} = 4,5 \text{ V} > V_{CEsat}$ donc le transistor est en régime linéaire

I.2.3. On cherche ici à redémontrer la formule du cours qui donne le gain en tension du montage avec l'AOP, R_4 et R_5 : $\frac{V_S}{V_A} \approx -\frac{R_5}{R_4}$. Pour cela, vous pouvez utiliser le courant I

(indiqué sur le schéma électrique) comme variable intermédiaire en notant que $V_S = A \times V_d$ et que les entrées + et - de l'AOP ne consomment pas de courant. Au final, il faudra tenir compte de la valeur du gain de l'AOP : $A = 10^5$ qui est très grand devant 1. **(1,5 pts)**

On a $V_A = R_4 \cdot I - V_d$ et $-V_d = R_5 \cdot I + V_S$ et en combinant ces deux équations on

obtient : $\frac{R_1}{R_2} = \frac{V_A + \frac{V_S}{A}}{-V_S \left(1 + \frac{1}{A}\right)} = \frac{A + \frac{V_S}{V_A}}{-\frac{V_S}{V_A} (A + 1)}$ soit : $\frac{V_S}{V_A} = \frac{-A}{1 + \frac{R_4}{R_5} (A + 1)} \approx -\frac{R_5}{R_4}$

I.3. Expliquer en quelques phrases et sans équation le fonctionnement global du circuit de la figure (I.1) en partant de la voix (donc du micro) jusqu'au haut parleur **(2 pts)**.

La voix induit une variation de tension aux bornes du micro qui une fois amplifiée fait varier les courants de base et de collecteur du transistor T_1 . Cela implique une variation du courant dans la diode laser et donc une variation du nombre de photons émis. Cette variation du nombre de photons implique une variation du courant de collecteur du phototransistor T_2 , variation qui est amplifiée par l'AOP puis par l'AOP audio. Finalement le haut parleur branché en sortie de l'AOP audio (via une capacité pour éliminer la tension continue) permet d'entendre la voix.

EXERCICE II : Triple témoin de niveau d'eau (10 pts)

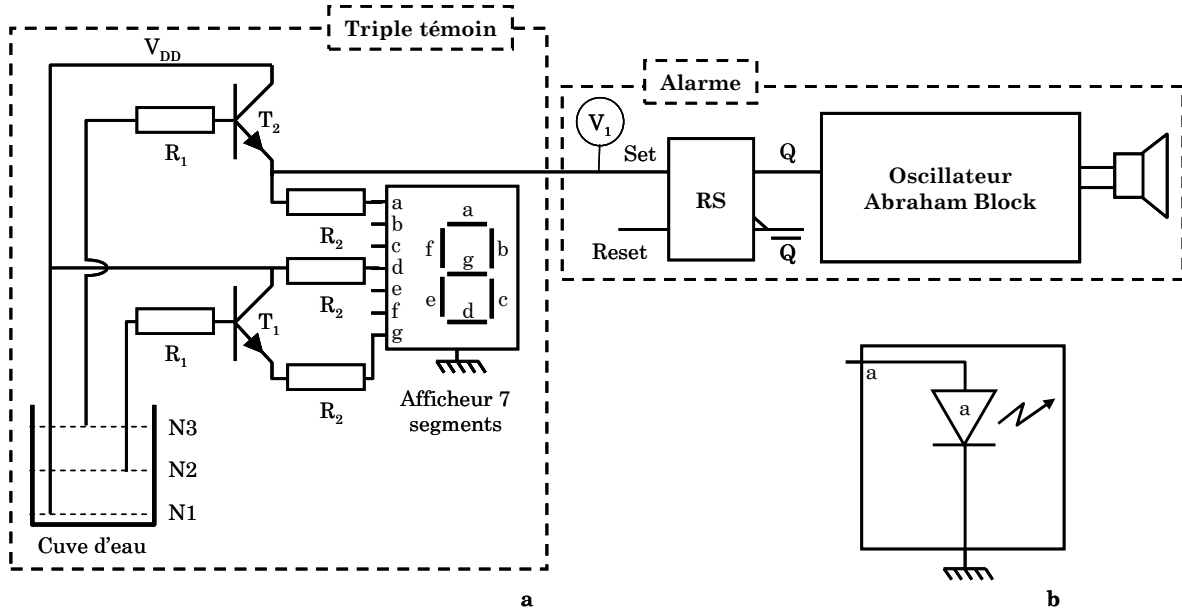


Figure II.1.a $V_{DD} = 9\text{ V}$, $R_1 = 38\text{ k}\Omega$, $R_2 = 200\text{ }\Omega$. Les caractéristiques des diodes électroluminescentes (LED) de l’afficheur 7 segments sont : $V_{SD} = 0,6\text{ V}$, $R_{SD} = 200\text{ }\Omega$. Le courant maximum pour ces diodes est de 30 mA . Les transistors bipolaires sont identiques avec $\beta = 100$, $V_{CEsat} = 0\text{ V}$ et on supposera que $\beta + 1 \approx \beta$. La tension de seuil de la jonction base – émetteur est $V_S = 0,6\text{ V}$ et sa résistance est nulle, $R_S = 0$. **b.** Détail de la connexion de la diode “a” dans l’afficheur 7 segments.

On se propose d’étudier le fonctionnement d’un “triple témoin de niveau d’eau” qui est composé de deux parties comme le montre la figure (II.1.a). La partie “triple témoin” fait apparaître une cuve, qui peut être plus ou moins remplie d’eau, dans laquelle on a placé 3 fils métalliques dont l’extrémité basse correspond aux niveaux N1 à N3. La tension V_{DD} est appliquée au fil le plus à gauche et on rappelle que l’eau conduit l’électricité (on considèrera sa résistance est négligeable devant R_1).

L’afficheur 7 segments est constitué de 7 LEDs rouges en forme de barre dont la connexion dans le circuit est donnée à la figure (II.1.b).

La partie “alarme” permet d’avertir par un signal sonore si la cuve est trop pleine. Elle est constituée d’un oscillateur Abraham Block et d’une mémoire RS. La mémoire RS est alimentée avec V_{DD} **et une tension en entrée inférieure à 4 V est considérée comme un 0 logique** alors qu’une tension supérieur est considérée comme un 1 logique. Les entrées de cette mémoire ne consomment pas de courant.

II.1. Partie “triple témoin”

II.1.1. Quel que soit le niveau de l’eau dans la cuve, une des 7 diodes est toujours allumée. Dire quelle est cette diode et donner la valeur du courant qui la traverse. **(0,5 pt)**

La diode “d” est toujours connectée à V_{DD} via R_2 donc elle est toujours éclairée.

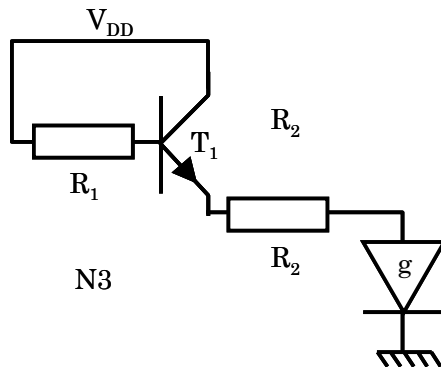
Le courant qui la traverse est donné par : $I_a = \frac{V_{DD} - V_{SD}}{R_{SD} + R_2} = 21\text{ mA}$

II.1.2. A quelles conditions, sur le niveau de l'eau, les transistors T_1 et/ou T_2 deviennent passant et dire quelles sont les diodes qui s'éclairent. **(1 pt)**

T_1 devient passant lorsque le niveau de l'eau dépasse N2 et la diode "g" s'éclaire.

T_2 devient passant lorsque le niveau de l'eau dépasse N3 et la diode "a" s'éclaire.

II.1.3. Dans le cas où le transistor T_1 devient passant, redessiner ci-après le schéma électrique comprenant ce transistor, la diode "g", les résistances R_1 et R_2 , le potentiel V_{DD} et la masse. Déterminer le courant qui circule dans la base, I_{B1} , et le courant de collecteur I_{C1} . On n'oubliera pas de vérifier si le transistor est saturé. **(3,5 pts)**



Le niveau de l'eau permet à la base du transistor T_1 d'être alimentée via R_1 . Le courant de la base est donné par : $I_{B2} = \frac{V_{DD} - V_{SD} - V_S}{R_S + \beta(R_{SD} + R_2)} = 100\mu A$

Donc le courant de l'émetteur est $I_{E2} = (\beta + 1)I_{B2} = \beta I_{B2} = I_{C1} = 10 \text{ mA}$. Il faut alors vérifier si le transistor est saturé en déterminant V_{CE} :

$$V_{CE} = V_{DD} - (R_2 + R_{SD})I_{E2} - V_{SD} = 4,4V > V_{CEsat}$$

Donc le transistor est en régime linéaire et on a bien $I_{E2} = 10 \text{ mA}$.

II.1.4. Quel est la valeur du courant de collecteur du transistor T_2 lorsque celui-ci devient passant. **(0,5 pt)**

Il est identique à I_{C1} donc $I_{C2} = 10 \text{ mA}$.

II.1.5. Parmi les diodes qui peuvent s'éclairer, est ce qu'il y en a une en particulier qui s'éclaire plus que les autres et est ce que les diodes risquent d'être détruites ? **(1 pt)**

Le courant qui passe dans la diode "d" est deux fois plus fort que celui qui passe dans les diodes "g" et "a" donc la diode "d" est plus lumineuse. Le courant dans les diodes sont inférieurs à 30 mA donc elle ne seront pas détruites.

II.1.6. Expliquer le phénomène physique qui est à l'origine de l'émission de lumière (photons) par les diodes. On n'oubliera pas de parler des phonons. **(1 pt)**

Certains des électrons qui circulent dans la diode se recombinent avec des trous. L'énergie perdue par l'électron se transforme pour partie en phonon (vibration du réseau cristallin, donc chaleur) et une autre partie en photon.

II.2. Partie ALARME

II.2.1. Initialement la sortie Q est à 0. Quelle valeur binaire prend la sortie Q lorsque le niveau de l'eau dépasse N3 ? On donnera la valeur de la tension V_1 . **(0,5 pt)**

Avec $V_1 = 9 - 4,4 = 4,6$ V la sortie Q prend la valeur binaire 1 soit la tension V_{DD} .

II.2.2. Comment doit-on connecter la sortie Q à l'oscillateur pour entendre la sirène. Donner une seule solution (il peut en exister plusieurs). **(1 pt)**

On peut alimenter l'oscillateur avec la sortie Q de la mémoire

II.2.3. Est-ce que la sirène continue de retentir si le niveau de l'eau descend en dessous de N3. On notera que la tension V_{CE2} est égale à environ 9 V lorsque le transistor T_2 est bloqué. **(0,5 pt)**

Oui car si V_1 passe à 0, la sortie Q reste à 1.

II.2.4. Quel est l'intérêt de la présence de l'entrée RESET ? **(0,5 pt)**

Remettre la sortie Q à 0 pour ne plus alimenter l'oscillateur et donc arrêter la sirène.