

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



ECOLE POLYTECHNIQUE UNIVERSITAIRE DE NICE SOPHIA

Cycle Initial Polytech

Première Année

Année scolaire 2010/2011

Epreuve d'électronique analogique N°3 CORRECTION

Mercredi 1 juin 2011

Durée : 1h30

- ☐ Cours et documents non autorisés.
- ☐ Calculatrice autorisée (type TI40 ou fx92).
- ☐ Vous répondrez directement sur cette feuille.
- ☐ Tout échange entre étudiants (gomme, stylo, réponses...) est interdit
- ☐ Vous êtes prié :
 - d'indiquer votre nom, votre prénom et votre groupe.
 - d'éteindre votre téléphone portable (– 1 point par sonnerie).

RAPPELS :

Forme générale de la tension aux bornes de la capacité d'un circuit R.C :			
$V_C(t) = A \cdot \exp\left(-\frac{t}{R.C}\right) + B$			
Modèle électrique équivalent de la diode lorsqu'elle est passante : $V_D = V_S + R_S \cdot I_D$			
Modèle électrique équivalent de la diode lorsqu'elle est bloquée : $V_D = 0$ et $I_D = 0$			
Table de vérité de la mémoire RS (à 2 transistors bipolaires comme en cours)	Set		
	Reset		
	Q		
	$\overline{Q}$		
	0	0	0
	1	0	1
	0	0	1
Préfixes	0	1	0
	1	1	0
	0	0	?
	0	0	?
	0	0	?
	0	0	?
	0	0	?
Préfixes	milli	m	10^{-3}
	micro	μ	10^{-6}
	nano	n	10^{-9}

EXERCICE I : Touch control (5 pts)

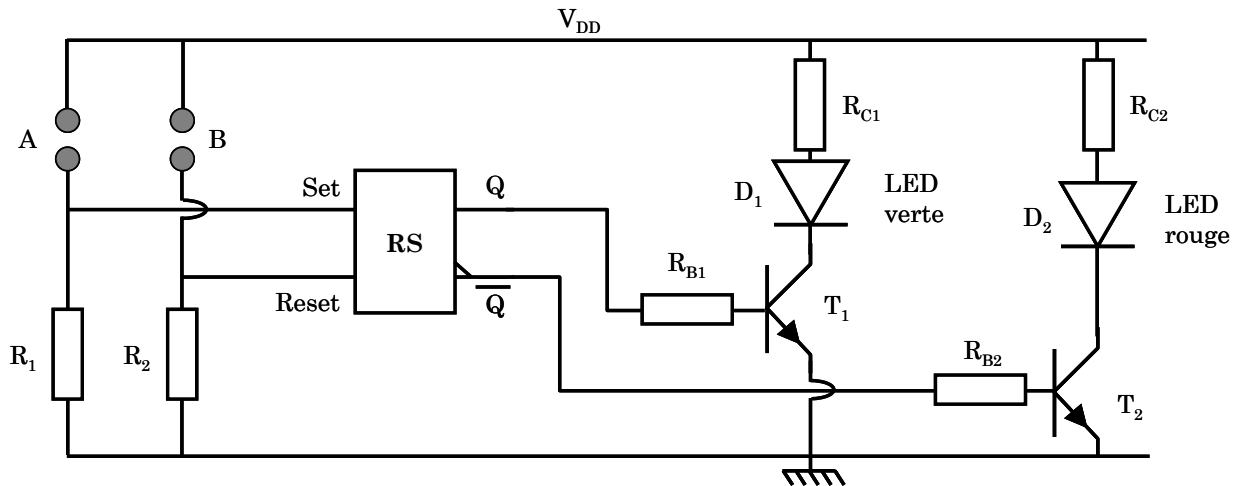


Figure (I.1). $R_1 = R_2 = 4,7 \text{ M}\Omega$, $R_{B1} = R_{B2} = 4,4 \text{ k}\Omega$, $R_{C1} = R_{C2} = 10 \text{ }\Omega$, $V_{DD} = 6 \text{ V}$. Pour les deux transistors : $V_{CEsat} = 0 \text{ V}$, $\beta = 100$ ($\beta + 1 \approx \beta$), $R_S = 1 \text{ k}\Omega$, $V_S = 0,6 \text{ V}$. Pour la LED verte : $V_{S1} = 1 \text{ V}$, $R_{S1} = 10 \text{ }\Omega$. Pour la LED rouge : $V_{S2} = 1,2 \text{ V}$, $R_{S2} = 10 \text{ }\Omega$.

On se propose d'étudier le schéma de la figure (I.1) où les zones A et B permettent de poser un doigt dont la peau à une résistance d'environ $1 \text{ M}\Omega$.

Pour la mémoire RS on considère :

- que les entrées ne consomment pas de courant
- qu'une tension en entrée inférieure à $V_{DD} / 2$ correspond à un "0" logique
- qu'une tension en entrée supérieure à $V_{DD} / 2$ correspond à un "1" logique
- En sortie un "0" logique correspond à 0 V et un "1" logique à V_{DD} .

I.1. Qu'elle est la valeur logique de la sortie Q si on pose le doigt sur la zone A (0.5 pt)

Q = 1

La tension à l'entrée SET est égale à $\frac{R_1}{R_1 + R_{\text{doigt}}} = 7,42 \text{ V}$ qui est supérieure à $V_{DD} / 2$ donc Q devient égale à 1

I.2. Qu'elle est la valeur de la sortie Q si on enlève le doigt de la zone A (0.5 pt)

Q = 1

La tension à l'entrée SET devient égale à 0 (donc inférieure à $V_{DD} / 2$) et Q reste égale à 1

I.3. Qu'elles sont les valeurs logiques des sorties Q et $\bar{Q}$ si on pose le doigt sur la zone B (0.5 pt)

Q = 0

$\bar{Q} = 1$

Cette fois, SET = 0 et RESET = 1 donc la sortie Q passe à 0 et la sortie $\bar{Q}$ à 1.

I.4. Si $Q = 0$, quelle est la LED qui est éteinte avec certitude ? (0.5 pt)

C'est la LED verte qui est éteinte car le transistor T_1 est bloqué.

I.5. Si $Q = 1$, quelle est la LED qui est éteinte avec certitude ? (0.5 pt)

C'est la LED rouge qui est éteinte car le transistor T_2 est bloqué.

I.6. Pour $Q = 1$,

I.6.a. Déterminer la valeur du courant dans la base du transistor T_1 ? (1 pt)

$$I_{B1} = \frac{V_{DD} - V_S}{R_{B1} + R_S} = 1 \text{ mA.}$$

I.6.b. Déterminer la valeur de la tension V_{CE1} et donner le régime de fonctionnement du transistor ? (1 pt)

$$V_{CE1} = V_{DD} - V_{S1} - (R_{C1} + R_{S1})\beta I_{B1} = 3 \text{ V donc le transistor est en régime linéaire.}$$

I.7. Que se passe-t'il si on appuie en même temps sur les zones A et B ? (0.5 pt)

Les deux LED sont éteintes car $Q = \bar{Q} = 0$.

EXERCICE II : Programme minceur (12 pts)

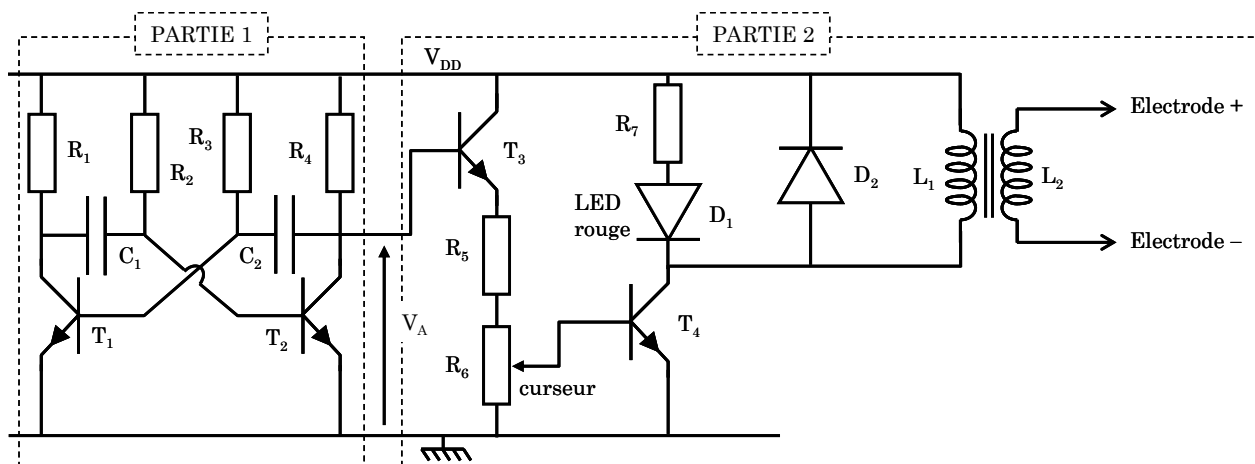


Figure II.1. $V_{DD} = 3 \text{ V}$ et les autres éléments du montage sont :

- Transistors T_1 à T_3 : $V_{CEsat} = 0 \text{ V}$, $\beta = 100$ ($\beta + 1 \approx \beta$), $R_S = 1 \text{ k}\Omega$, $V_S = 0,6 \text{ V}$
- Transistor T_4 : $V_{CEsat} = 0 \text{ V}$, $\beta = 1000$ ($\beta + 1 \approx \beta$), $R_{ST4} = 1 \text{ k}\Omega$, $V_{ST4} = 0,6 \text{ V}$
- Résistances : $R_1 = R_4 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 18 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 150 \text{ k}\Omega$, $R_5 = 2,2 \text{ k}\Omega$, $R_6 = 4,7 \text{ k}\Omega$, $R_7 = 10 \Omega$
- Capacités : $C_1 = 10 \text{ nF}$, $C_2 = 100 \text{ nF}$
- LED D_1 : $V_{SD1} = 1 \text{ V}$, $R_{SD1} = 10 \Omega$

L'été approche et il est grand temps d'affiner sa silhouette pour aller sur la plage. Plus sérieusement, le montage de la figure (II.1) est un stimulateur musculaire qui permet de contracter les muscles via des décharges électriques pour des applications fitness ou thérapeutiques. C'est aussi le principe du pacemaker qui contrôle le rythme cardiaque. **ATTENTION : on ne tentera pas de réaliser et d'utiliser ce montage.**

A. Etude de la partie 1

II.1. Sans tenir compte de la partie 2, donner les valeurs min et max de la tension V_A . **(0.5 pt)**

$$V_{Amin} = V_{CEsat} = 0 \text{ V}$$

$$V_{Amax} = V_{DD} = 3 \text{ V}$$

II.2. On considère qu'à l'instant $t = 0$. Le transistor T_1 devient passant et T_2 se bloque. La tension sur la base de T_2 devient alors égale à $0,6 - V_{DD}$ et la tension $V_A = V_{DD}$. Donner l'expression de l'évolution temporelle de la tension V_{BE2} du transistor T_2 en fonction de V_{DD} , V_S , R_2 et C_1 . **(1.5 pts)**

La forme générale de l'expression de V_{BE2} est :

$$V_{BE2}(t) = A \cdot \exp\left(-\frac{t}{R_2 \cdot C_1}\right) + B$$

Avec $V_{BE2}(t=0) = V_S - V_{DD} = A + B$ et $V_{BE2}(t \rightarrow \infty) = V_{DD} = B$ donc $A = V_S - 2 \cdot V_{DD}$

Soit : $V_{BE2}(t) = (V_S - 2V_{DD}) \cdot \exp\left(-\frac{t}{R_2 \cdot C_1}\right) + V_{DD}$

II.3. Avec un changement d'axe temporel, on considère qu'à $t = 0$ le transistor T_1 se bloque. Dédurre de la question (II.2) l'expression de $V_{BE1}(t)$ lorsque T_1 est bloqué. **(1.5 pts)**

Par identification on obtient : $V_{BE1}(t) = (V_S - 2V_{DD}) \cdot \exp\left(-\frac{t}{R_3 \cdot C_2}\right) + V_{DD}$

II.4. La période totale du signal est donnée par :

$$T_P = T_{T1} + T_{T2} \quad (\text{II.1})$$

où T_{T1} correspond au temps durant lequel le transistor T_1 est passant et T_{T2} correspond au temps durant lequel le transistor T_2 est passant.

II.4.1. Donner l'expression du temps durant lequel le transistor T_1 est passant. **(1 pt)**

$$T_{T1} = -R_2 \cdot C_1 \cdot \ln\left(\frac{V_S - V_{DD}}{V_S - 2 \cdot V_{DD}}\right)$$

II.4.2. Donner la valeur de T_{T1} . **(0.5 pt)**

$$T_{T1} = 146 \mu s$$

II.4.2. Donner l'expression du temps durant lequel le transistor T_2 est passant. **(1 pt)**

$$T_{T2} = -R_3.C_2.\ln\left(\frac{V_S - V_{DD}}{V_S - 2.V_{DD}}\right)$$

II.4.3. Donner la valeur de T_{T2} . **(0.5 pt)**

$$T_{T2} = 12,2 ms$$

II.4.4. Donner la valeur de la fréquence du signal. **(0.5 pt)**

$$F_P = 1/(T_{T1} + T_{T2}) = 81,2 Hz \approx 1/T_{T2}$$

A. Etude de la partie 2

II.5. Détermination de la valeur maximale de V_A .

II.5.a. Déterminer l'expression du courant de base du transistor T_3 en fonction de R_4 , R_5 , R_6 , R_S et V_S . On supposera que le transistor T_2 est bloqué, que la capacité C_2 est chargée (donc R_4 n'est traversée que par I_{B3}) et que le courant de base du transistor T_4 , I_{B4} , est négligeable devant I_{C3} . **(1 pt)**

$$I_{B3} = \frac{V_{DD} - V_S}{R_4 + R_S + \beta(R_5 + R_6)}$$

II.5.b. Donner la valeur du courant I_{B3} . **(0.5 pt)**

$$I_{B3} = 3.47 \mu A$$

II.5.c. Donner la valeur de la tension V_A et conclure sur votre réponse à la question (II.1). **(0.5 pt)**

$V_A = V_{DD} - R_4.I_{B3} = 2,996 V$ soit à peu près V_{DD} donc la partie 2 n'impacte pas le fonctionnement de l'oscillateur.

II.6. On suppose que le transformateur (L_1 - L_2) n'est pas branché et on souhaite faire passer un courant de 20 mA dans la diode D_1 .

II.6.a. Est-ce que la diode D_2 peut être passante ? **(0.5 pt)**

non

II.6.b. Déterminer la valeur de la tension V_{CE} et ainsi que le régime de fonctionnement du transistor. **(0.5 pt)**

$$V_{CE} = V_{DD} - (R_7 + R_{S1}).I_{C4} - V_{S1} = 1,6 V \text{ donc régime linéaire}$$

II.6.c. Déterminer alors la valeur de la tension V_{BE} du transistor T_4 . **(0.5 pt)**

$$V_{BE} = V_{ST4} + R_{ST4}.I_{C4}/\beta_4 = 0,62 \text{ V}$$

II.6.d. Déterminer la valeur de la portion du potentiomètre R_6 qui se trouve entre la masse et le curseur (I_{B4} est toujours négligeable devant I_{C3} !). **(0.5 pt)**

La portion de R_6 est donnée par $V_{BE} = R.I_{C3}$ soit $R = 1,79 \text{ k}\Omega$

II.6.e. Que doit-on remarquer pour la diode D_1 si cette portion du potentiomètre R_6 augmente. **(0.5 pt)**

Dans ce cas V_{BE} augmente ce qui augmente I_{C4} et donc la luminosité de la LED.

II.7. On rebranche le transformateur (L_1 - L_2). Les pulses de tension aux bornes de L_1 se retrouvent aux bornes de L_2 avec une amplitude d'environ 200 V et quasiment aucun courant (ce qui évite l'électrocution). Sachant que le courant dans une bobine ne peut pas s'annuler instantanément, donner le rôle de la diode D_2 dite diode de roue libre. **(0.5 pt)**

Quand le transistor T_4 se bloque, le courant de la bobine circule dans la diode D_2 ce qui permet à l'énergie d'être évacuée et de protéger le transistor.

EXERCICE III : Sonomètre (3 pts)

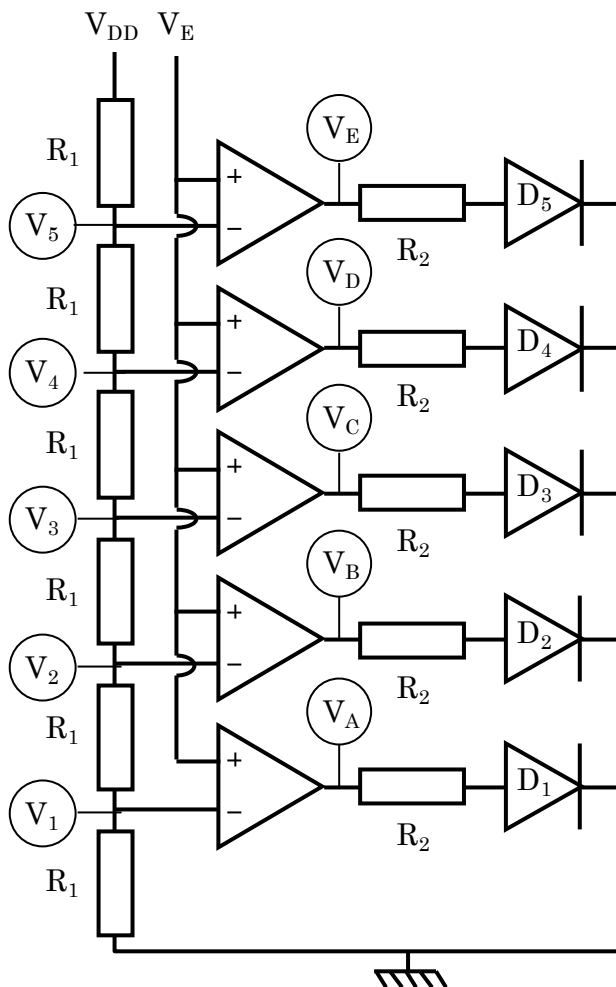


Figure III.1. $V_{DD} = 3 \text{ V}$. D_1 et D_2 sont des LED orange, D_3 et D_4 sont des LED vertes et D_5 est une LED rouge. Toutes les diodes ont les mêmes caractéristiques : $V_S = 1 \text{ V}$, $R_S = 10 \Omega$. Les AOP sont alimentés entre 0 et V_{DD} . Les tensions V_1 à V_5 et V_A à V_E sont référencées par rapport à la masse.

Le circuit de la figure (III.1) permet de visualiser le volume sonore via la tension V_E provenant d'un micro.

III.1. Déterminer les valeurs des tensions V_1 à V_5 . **(1 pt)**

$$V_1 = \frac{R_1}{6R_1} V_{DD} = 0.5V$$

$$V_2 = \frac{2R_1}{6R_1} V_{DD} = 1V$$

$$V_3 = \frac{3R_1}{6R_1} V_{DD} = 1.5V$$

$$V_4 = \frac{4R_1}{6R_1} V_{DD} = 2V$$

$$V_5 = \frac{5R_1}{6R_1} V_{DD} = 2.5V$$

III.2. Compléter le tableau ci-après en indiquant pour chaque domaine de variation de V_E , les tensions en sorties des AOP et si les diodes sont éteintes (**E**) ou allumées (**A**). **(2 pts)**

V_E (V)	V_A (V)	V_B (V)	V_C (V)	V_D (V)	V_G (V)	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
<0.5	0	0	0	0	0	E	E	E	E	E
$0.5 \leq <1$	3	0	0	0	0	A	E	E	E	E
$1 \leq <1.5$	3	3	0	0	0	A	A	E	E	E
$1.5 \leq <2$	3	3	3	0	0	A	A	A	E	E
$2 \leq <2.5$	3	3	3	3	0	A	A	A	A	E
≥ 2.5	3	3	3	3	3	A	A	A	A	A