

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



ECOLE POLYTECHNIQUE UNIVERSITAIRE DE NICE SOPHIA
Cycle Initial Polytech - PeiP
Première Année
Année scolaire 2012/2013



Epreuve d'électronique analogique N°3 - **CORRECTION**

Mardi 7 mai 2013

Durée : 1h30

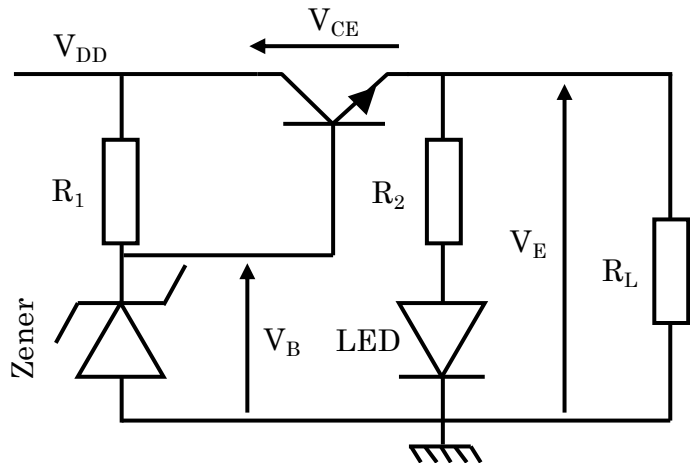
- ❑ Cours et documents non autorisés.
- ❑ Calculatrice de type collège autorisée
- ❑ Vous répondrez directement sur cette feuille.
- ❑ Tout échange entre étudiants (gomme, stylo, réponses...) est interdit
- ❑ Vous devez :
 - indiquer votre nom et votre prénom.
 - éteindre votre téléphone portable (– 1 point par sonnerie).

RAPPELS :

Transistor NPN	Schéma électrique équivalent du transistor bipolaire NPN en régime de petit signal		
Préfixes	milli	m	10 ⁻³
	micro	μ	10 ⁻⁶
Impédance d'une capacité C : 1/(jCω) [Ω]	Impédance d'une bobine L : jLω [Ω]		
Filtre passe bas : $G(\omega)=\frac{H}{1+j\omega RC}=\frac{H}{1+j\frac{\omega}{\omega_0}}$	Filtre passe haut : $G(\omega)=\frac{H}{1-j\frac{1}{\omega RC}}=\frac{H}{1-j\frac{\omega_0}{\omega}}$		
Forme générale de la tension aux bornes de la capacité d'un circuit R.C :			
$V_C(t)=A.\exp\left(-\frac{t}{R.C}\right)+B$			
Quadripôle :	$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix}.\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$		
matrice impédance	$\begin{cases} V_1=Z_{11}.I_1+Z_{12}.I_2 \\ V_2=Z_{21}.I_1+Z_{22}.I_2 \end{cases}$		

EXERCICE I : Alimentation stabilisée (3.5 pts)

Soit le circuit ci-contre dont les éléments sont : $R_1 = 180 \, \Omega$, $R_2 = 220 \, \Omega$, pour le transistor : $V_S = 0,6 \, \text{V}$, $R_S = 0 \, \Omega$, $\beta = 150$, $V_{CEsat} = 0,2 \, \text{V}$. La diode Zener : $V_Z = 5,6 \, \text{V}$, $R_Z = 0 \, \Omega$. La LED : $V_{LED} = 2 \, \text{V}$, $R_{LED} = 10 \, \Omega$



La tension d'entrée, V_{DD} , est fournie pour un transformateur suivi d'un pont de diode et d'une capacité. V_{DD} présente une ondulation et on considérera que sa valeur moyenne est $V_{DD} = 12 \, \text{V}$. Vous utiliserez cette valeur pour tous les calculs.

I.1. Donner la valeur de la tension V_B sur la base du transistor en considérant que la diode Zener est passante. 0,25

$$V_B = 5,6 \, \text{V}$$

I.2. Donner la valeur du courant qui circule dans R_1 . 0,25

$$I_{R1} = \frac{V_{DD} - V_Z}{R_1} = 35,5 \, \text{mA}$$

I.3. Donner la valeur de la tension V_E sur l'émetteur du transistor. 0,25

$$V_E = 5,6 - 0,6 = 5 \, \text{V}$$

I.4. Déterminer l'expression et la valeur du courant qui circule dans la LED. 0,5

$$I_{LED} = \frac{V_E - V_{LED}}{R_2 + R_{LED}} = 13 \, \text{mA}$$

I.5. Déterminer la valeur de la tension V_{CE} . 0,25

$$V_{CE} = V_{DD} - V_E = 7 \, \text{V}$$

I.6. Est-ce que la tension V_{CE} dépend (a priori) de la valeur de R_L ? 0,25

OUI X NON

I.7. Le transistor peut dissiper au maximum $P = 25 \, \text{W}$. En négligeant la puissance dissipée due au courant de base, I_B , déterminer le courant I_{Cmax} que peut délivrer le transistor 0,5

$$I_{Cmax} = P/V_{CE} = 3,57 \, \text{A}$$

I.8. Quelle est la valeur de R_L qui permet d'obtenir I_{Cmax} ?

0,5

$$R_L = \frac{V_E}{I_{Cmax} - I_{LED}} = 1,4 \Omega$$

I.9. Pour I_{Cmax} , donner la valeur de I_{Bmax} ?

0,25

$$I_{Bmax} = 23,8 \text{ mA}$$

I.10. Dans ce cas, dire pourquoi la diode Zener est toujours passante.

0,5

$I_{Bmax} < I_{R1}$ donc il y a toujours du courant qui circule dans la diode Zener.

EXERCICE II : Amplificateur en base commune (5.5 pts)

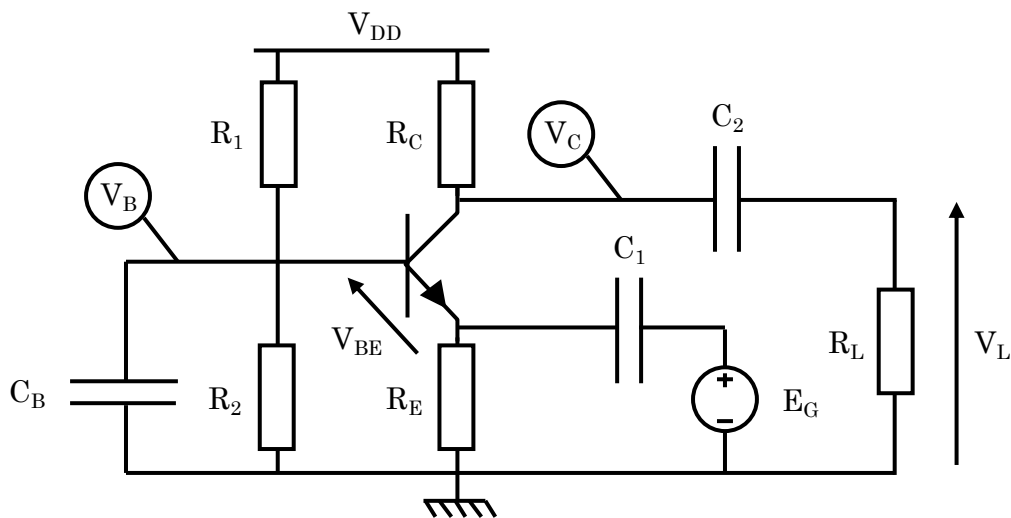


Figure II

On se propose d'étudier les propriétés de l'amplificateur de la figure II où E_G est le signal qu'il faut amplifier et, R_L , la charge branchée en sortie. Les tensions V_B et V_C sont référencées par rapport à la masse. On supposera que $1 + \beta \approx \beta$ pour le transistor.

II.1. Gain de l'amplificateur

On considère que les capacités C_1 , C_2 et C_B sont des court-circuits pour les fréquences du signal E_G .

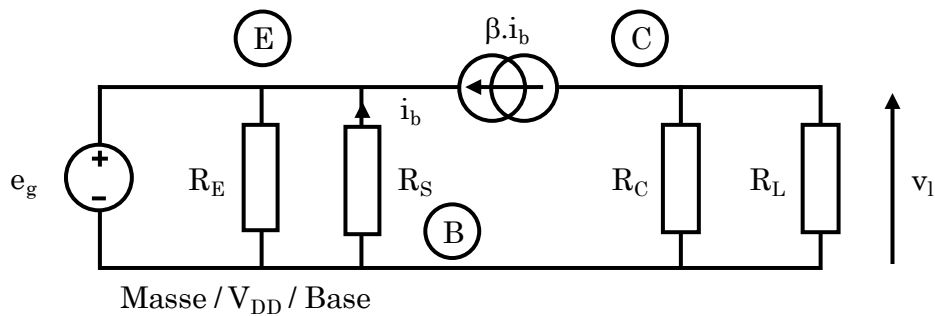
II.1.1. Quelle est la signification de « base commune » ?

0,25

- A. La base de ce montage est commune à tous les élèves
- B. La base du transistor est tout ce qu'il a de plus commun
- X C. La base du transistor est reliée à la masse en régime de petit signal
- D. La base de l'émetteur est reliée à la masse en régime de petit signal

II.1.2. Donner le schéma en petit signal du montage. Vous ferez apparaître la base, l'émetteur et le collecteur du transistor. La résistance parasite $1/h_{oe}$ sera négligée.

1,5



II.1.3. Donner l'expression du gain en tension

0,5

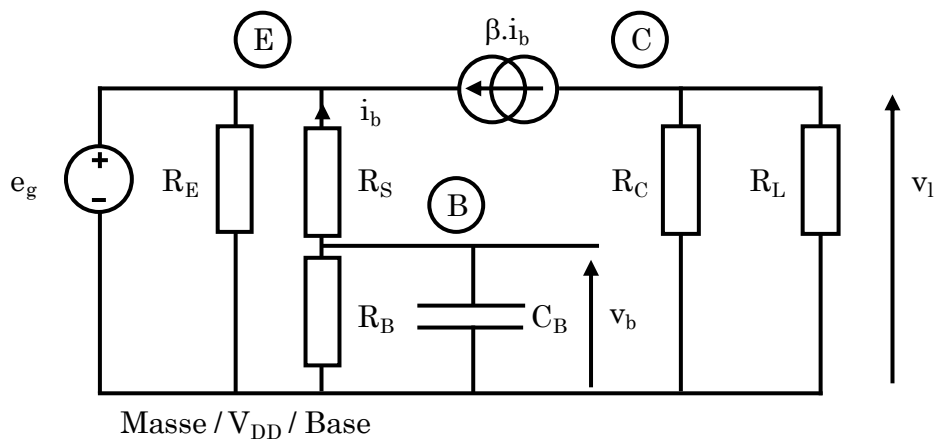
$$A_v = \frac{v_l}{e_g} = \frac{\beta \cdot R_C // R_L}{R_S}$$

II.2. Fréquence de coupure basse due à C_B

On considérera que les capacités C_1 , C_2 sont des court-circuits pour cette étude.

II.2.1. Représenter le schéma petit signal en gardant C_B . On posera $R_B = R_1 // R_2$. La résistance parasite $1/h_{oe}$ sera négligée.

0,5



II.2.2 Quel est le rôle de la capacité C_B (entourer la bonne réponse) ?

0,25

- A ☒ Augmenter le gain en alternatif en court-circuitant la résistance R_B
- B ☐ Eviter l'échauffement du transistor
- C ☐ Empêcher que la partie statique de E_G modifie le point de polarisation du transistor.
- D ☐ Court-circuiter l'émetteur pour laisser passer la partie alternative de E_G
- E ☐ Empêcher que la partie statique de V_{DD} modifie le point de polarisation du transistor.

II.2.3 Pour le circuit, la capacité C_B représente un filtre :

0,5

- A ☒ Passe bas

B Passe haut

C Passe partout

II.2.4 Déterminer alors l'expression du gain en tension A_{VCB} . Vous ferez clairement apparaître la forme du filtre (c.f. rappels).

1

$$A_{VCB} = \frac{v_b}{e_g} = \frac{Z_B}{R_S + Z_B} \text{ avec } Z_B = \frac{R_B}{R_B + \frac{1}{jC_B\omega}} = \frac{R_B}{jC_B\omega R_B + 1}$$

Soit :

$$A_V = \frac{v_b}{e_g} = \frac{\frac{R_B}{jC_B\omega R_B + 1}}{R_S + \frac{R_B}{jC_B\omega R_B + 1}} = \frac{R_B}{jC_B\omega R_B R_S + R_S + R_B} = \frac{R_B}{R_S + R_B} \frac{1}{1 + j\omega C_B \frac{R_B R_S}{R_S + R_B}}$$

II.2.5 Déterminer la fréquence de coupure du filtre.

0,5

$$F_{CB} = \frac{R_S + R_B}{2\pi C_B R_B R_S}$$

II.2.6 On souhaite amplifier un signal audio dont les fréquences sont comprises entre 1 kHz et 10 kHz. Quelle valeur choisissez-vous pour la fréquence F_{CB} ?

0,5

Il faut que $F_{CB} \leq 1 \text{ kHz}$

EXERCICE III : LMFAO – Shuffle bot (6 pts)

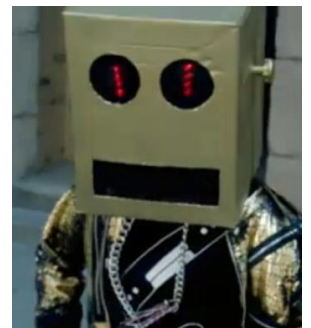
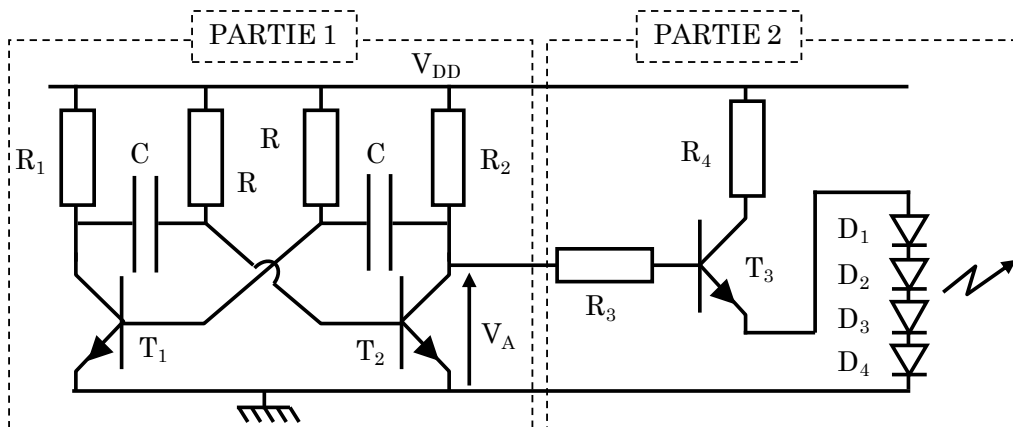


Figure III.1. Les données du montage sont : $V_{DD} = 9 \text{ V}$, $R_1 = R_2 = 500 \Omega$. Pour les transistors T_1 et T_2 : $V_{CEsat} = 0$, $R_S = 0 \Omega$, $V_S = 0,6 \text{ V}$. Pour T_3 : $V_{CEsat} = 0$, $R_S = 1 \text{ k}\Omega$, $V_S = 0,6 \text{ V}$, $\beta = 300$. Pour les diodes $V_{LED} = 2 \text{ V}$, $R_{LED} = 0$

On se propose de réaliser les yeux clignotants rouges du shuffle bot du groupe LMFAO. Il existe plusieurs schémas électriques qui peuvent réaliser cette fonction et nous étudierons celui de la figure (III.1). Il se compose d'un oscillateur Abraham Bloch (partie 1) sur lequel on branche les diodes via un transistor (partie 2). Cette deuxième partie est en deux exemplaires pour les yeux donc il y a deux parties 2 branchées sur V_A .

III.1. Etude de l'oscillateur (PARTIE 1).

On considère que la partie 2 n'a pas d'influence sur l'oscillateur

III.1.1. Donner les valeurs min et max de la tension V_A .

0,5

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

$$V_{Amax} = V_{DD} = 9 \text{ V}$$

III.1.2. On considère qu'à l'instant $t = 0$, le transistor T_2 devient passant et que par conséquent la tension sur la base de T_1 devient égale à $V_S - V_{DD}$. Donner l'expression de l'évolution temporelle de la tension V_{BE} du transistor T_1 .

1

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

$$V_{BE}(t) = A \cdot \exp\left(-\frac{t}{R.C}\right) + B \text{ Avec } V_{BE}(t=0) = V_S - V_{DD} = A + B$$

$$\text{et } V_{BE}(t \rightarrow \infty) = V_{DD} = B \quad \text{Soit : } V_{BE}(t) = (V_S - 2.V_{DD}) \cdot \exp\left(-\frac{t}{R.C}\right) + V_{DD}$$

III.1.3. A partir du résultat de la question (III.1.2), donner l'expression de la période de l'oscillateur.

0.5

$$T_P = -2.R.C \cdot \ln\left(\frac{V_S - V_{DD}}{V_S - 2.V_{DD}}\right)$$

III.2. Etude de l'étage de sortie (PARTIE 2).

On souhaite faire circuler un courant de 20 mA dans les 4 diodes en série. **Vous conserverez 3 chiffres après la virgule**

III.2.1. Quelle doit être la valeur de R_4 pour que le transistor T_4 soit à la limite de la saturation

0.5

$$R_4 = \frac{V_{DD} - 4.V_{LED} - V_{CEsat}}{I_{C3}} = 50 \Omega$$

III.2.2. Déterminer la valeur du courant de base.

0.5

$$I_{B3} = 66,67 \mu A$$

III.2.3. Lorsque T_2 est bloqué déterminer la valeur maximale de V_A .

0.5

$$V_{Amax} = V_{DD} - R_2 \cdot I_{B3} = 8,967 \text{ V}$$

III.2.4. Est-ce que cette valeur de V_{Amax} impacte le fonctionnement de l'oscillateur ?

0.5

Non car $V_{Amax} \approx V_{DD}$ qui est la valeur donnée à la question III.1.1

III.2.5. Déterminer la valeur de la résistance R_3

$$R_3 = \frac{V_{DD} - R_2 \cdot I_{B3} - R_S \cdot I_{B3} - V_S - 4 \cdot V_{LED}}{I_{B3}}$$

1

$$R_3 = \frac{V_{Amax} - R_S \cdot I_{B3} - V_S - 4 \cdot V_{LED}}{I_{B3}} = 4,5 \text{ k}\Omega$$

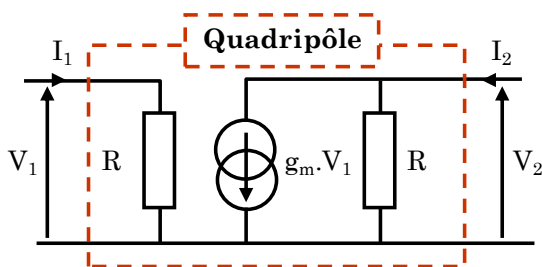
III.2.6. Est-il possible de faire clignoter les deux yeux de façon alternée, expliquer comment ?

1

Oui en branchant l'autre œil sur le collecteur du transistor 1

EXERCICE IV : Quadripôles (5 pts + 1 de bonus)

IV.1. Par la méthode de votre choix, déterminer les paramètres impédances de ce quadripôle :



$$Z_{11} = R$$

$$Z_{12} = 0$$

$$Z_{21} = -g_m \cdot R^2$$

$$Z_{22} = R$$

1

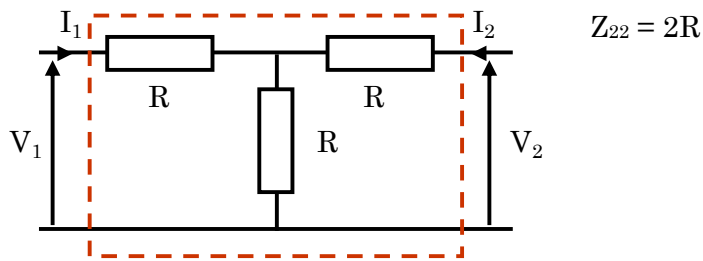
IV.2. Par la méthode de votre choix, déterminer les paramètres impédances de ce quadripôle :

$$Z_{11} = 2R$$

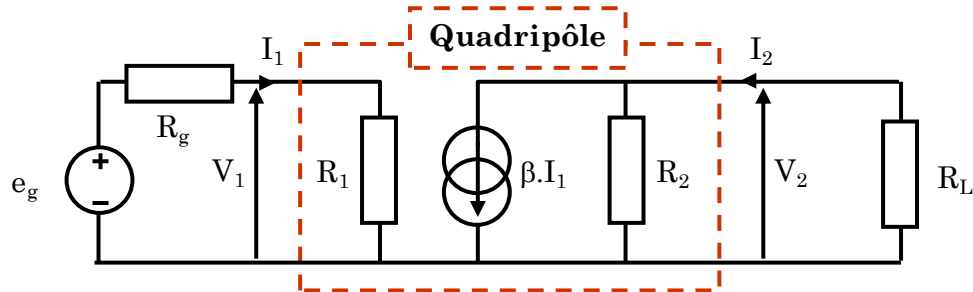
$$Z_{12} = R$$

$$Z_{21} = R$$

1



IV.3. Soit le montage suivant



IV.3.1 Par la méthode de votre choix, déterminer les paramètres impédances du quadripôle :

$$Z_{11} = R_1$$

$$Z_{12} = 0$$

$$Z_{21} = -\beta \cdot R_2$$

$$Z_{22} = R_2$$

IV.3.2 Déterminer alors l'expression du gain en tension en fonction des composants du quadripôle et de R_L

$$A_V = \frac{-\beta R_2}{R_1 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_L}} = \frac{-\beta R_2 R_L}{R_1 R_L + R_1 \cdot R_2} = -\frac{\beta}{R_1} R_2 // R_L$$

IV.3.3 Déterminer l'expression du gain en tension composite en fonction des éléments du circuit

$$A_{Vg} = \frac{V_2}{e_g} = \frac{V_2}{V_1} \frac{V_1}{e_g} = -\frac{\beta}{R_1} R_2 // R_L \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_g} = -\frac{\beta}{R_1 + R_g} R_2 // R_L$$

IV.3.4 Déterminer l'expression du gain en tension, A_V , en fonction des paramètres Z et de R_L

$$A_V = \frac{V_2}{V_1} = \frac{Z_{21}}{Z_{11} + \frac{Z_{11} \cdot Z_{22} - Z_{12} \cdot Z_{21}}{R_L}}$$

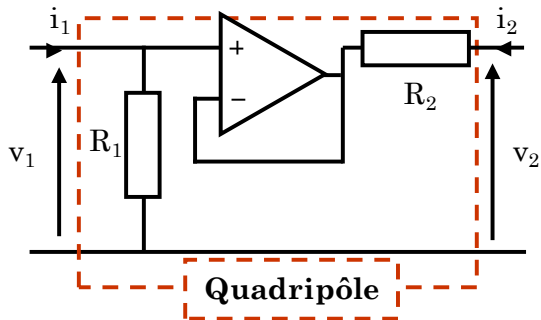
IV.4. Par la méthode de votre choix, déterminer les paramètres impédances de ce quadripôle (AOP monté en amplificateur) :

$$Z_{11} = R_1$$

$$Z_{12} = 0$$

$$Z_{21} = R_1$$

$$Z_{22} = R_2$$



1