

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

ECOLE POLYTECHNIQUE UNIVERSITAIRE DE NICE SOPHIA



Cycle Initial Polytech - PeiP
Première Année
Année scolaire 2011/2012



Epreuve d'électronique analogique N°2 - CORRECTION

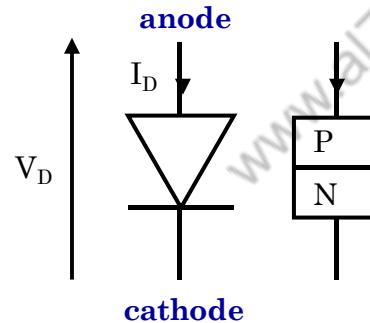
Vendredi 30 mars 2012

Durée : 1h30

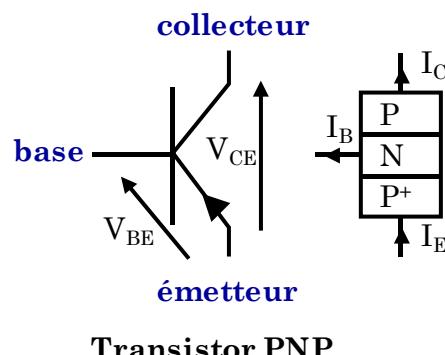
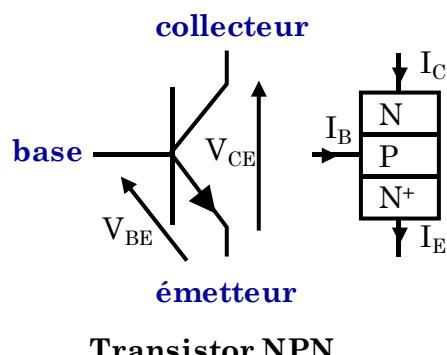
- Cours et documents non autorisés.
- Calculatrice de type collège autorisée
- Vous répondrez directement sur cette feuille.
- Tout échange entre étudiants (gomme, stylo, réponses...) est interdit
- Vous devez :
 - indiquer votre nom, prénom et groupe (- 1 point).
 - éteindre votre téléphone portable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

RAPPELS :

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 : $I_D = 0$



EXERCICE I : Fonctionnement du transistor bipolaire (3.5 pts)

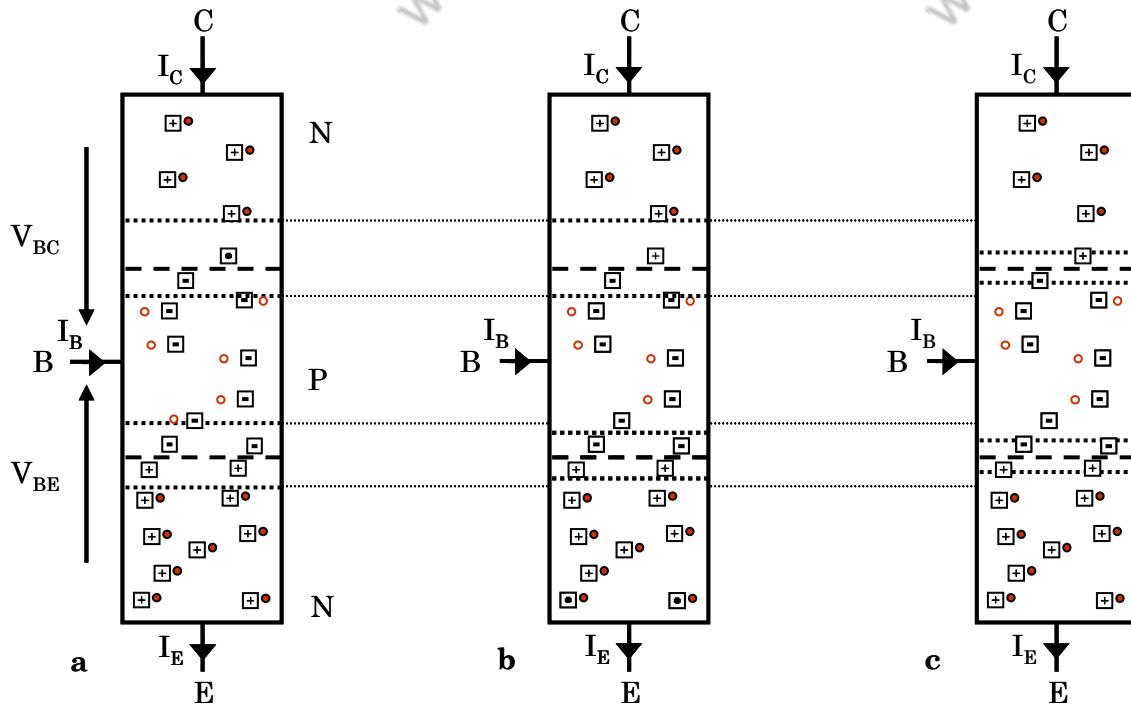


Figure (I.1).

A l'aide de la figure (I.1), décrivez le fonctionnement interne du transistor bipolaire suivant ses trois régimes : bloqué (a), linéaire (b) et saturé (c). Vous pourrez ajouter le mouvement des électrons et des trous sur les figures.

bloqué (a) / linéaire (b) / saturé (c)

EXERCICE II : détecteur d'humidité (8 pts)

On se propose d'étudier le montage de la figure (II.1) qui permet l'allumage d'une diode rouge à partir d'un certain pourcentage d'humidité dans l'air détecté par un capteur.

Les éléments du montage sont : $V_{DD} = 3$ V, $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 100 \Omega$, $R_3 = 270 \Omega$. Diode D_1 : $V_{SD1} = 1,2$ V, $R_{SD1} = 12 \Omega$. Transistor T_1 : $\beta = 100$, $V_{CEsat} = 0,2$ V et sa base $V_{ST1} = 0,6$ V, $R_{ST1} = 1 \text{ k}\Omega$

La valeur de la résistance R_H dépend du pourcentage (noté X) d'humidité dans l'air suivant la relation $R_H = 30.X$; où R_H est en Ω et X en %

Dans tous les calculs, on supposera que : $\beta + 1 \approx \beta$. V_{DD} est référencé par rapport à la masse.

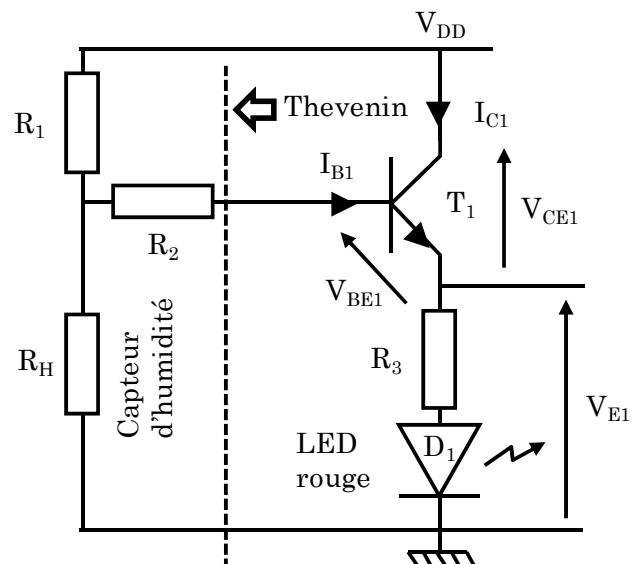


Figure II.1.

II.1. Mise en équation du circuit

II.1.1. Déterminer les expressions des éléments du générateur de Thévenin équivalent (indiqué sur la figure) en fonction de V_{DD} , R_1 , R_2 et R_H . (1 pt)

$$E_{th} = \frac{R_H}{R_1 + R_H} V_{DD}$$

$$R_{th} = \frac{R_1 R_H}{R_1 + R_H} + R_2$$

II.1.2. En tenant compte du fonctionnement du transistor, donner l'expression du courant qui traverse la résistance R_3 en fonction de I_{B1} . (0,5 pt)

$$I_{R3} = I_{E1} = \beta \cdot I_{B1} + I_{B1} \approx \beta \cdot I_{B1}$$

II.1.3. Déterminer l'expression de la tension V_{E1} en fonction de I_{B1} . (0,5 pt)

$$V_{E1} = \beta \cdot I_{B1} \cdot (R_3 + R_{SD1}) + V_{SD1}$$

II.1.4. En déduire l'expression de V_{CE1} . (0,5 pt)

$$V_{CE1} = V_{DD} - V_{E1}$$

II.1.5. Déterminer l'expression du courant I_{B1} en fonction de E_{th} , R_{th} , β , V_{ST1} , R_{ST1} , V_{SD1} , R_{SD1} et R_3 . (1,5 pt)

$$I_{B1} = \frac{E_{th} - V_{ST1} - V_{SD1}}{R_{th} + R_{ST1} + \beta \cdot R_3 + \beta \cdot R_{SD1}}$$

II.2. Pourcentage d'humidité détecté

Dans cette partie, on recherche le pourcentage d'humidité qui débloque le transistor

II.2.1. Parmi les 4 propositions suivantes, laquelle est correcte ? (0,5 pt)

- A) Si D_1 est bloqué alors T_1 est saturé
- B) Si T_1 est passant alors D_1 est saturé
- C) X D_1 devient passant que si T_1 devient passant
- D) T_1 devient saturé que si D_1 devient passant

II.2.2. Dans ce cas, quelle est la valeur particulière de E_{th} ? (1 pt)

$$E_{th} = V_{ST1} + V_{SD1} = 1,8 \text{ V}$$

II.2.3. Quelle est la valeur particulière de R_H ? (0,5 pt)

$$R_H = \frac{1,8 \cdot R_1}{V_{DD} - 1,8} = 1500 \Omega$$

II.2.4. Déterminer alors le pourcentage d'humidité qui permet de débloquer le transistor (et la diode) (0,5 pt)

$$X = \frac{R_H}{30} = 50\%$$

II.3. Pour un pourcentage d'humidité X = 80 %

II.3.1. Déterminer les valeurs de : (1,25 pt)

$$E_{th} = 2,12 \text{ V}$$

$$R_{th} = 806 \Omega$$

$$I_{B1} = 10,6 \mu A$$

$$V_{E1} = 1,5 \text{ V}$$

$$V_{CE1} = 1,5 \text{ V}$$

II.3.2. Dans quel régime est polarisé le transistor ? (0,25 pt)

Régime :

Bloqué

X Linéaire

Saturé

EXERCICE III : Robot Microbug MK127 de VELLEMAN (8 pts)

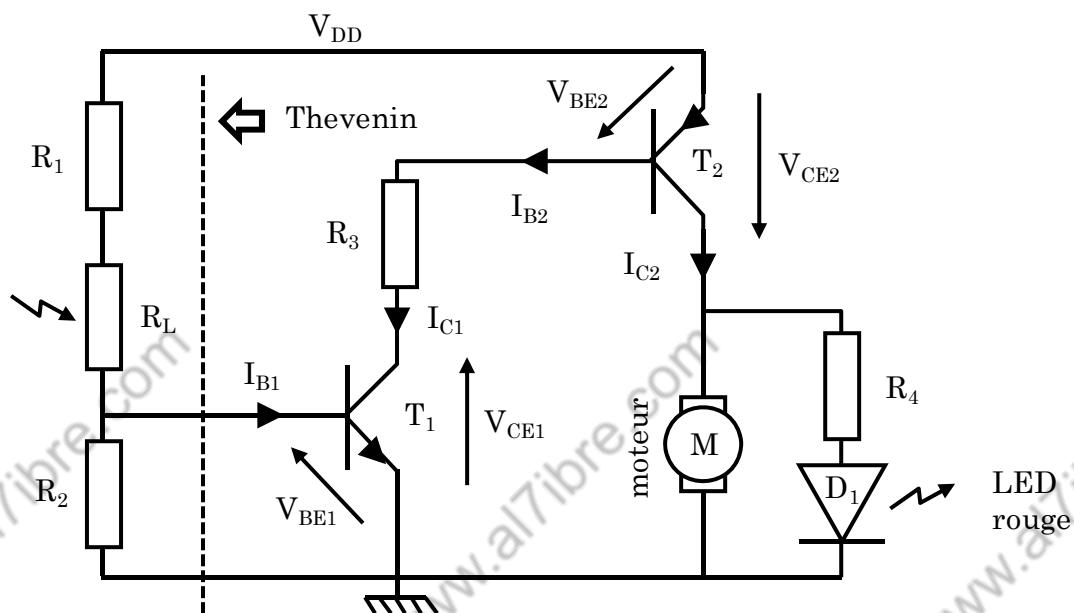


Figure III.1. La tension d'alimentation est $V_{DD} = 3$ V et les valeurs des résistances du montage sont : $R_1 = R_3 = 100 \Omega$, $R_2 = 1,1 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 220 \Omega$ et la valeur de R_L est de $4 \text{ k}\Omega$ en présence de lumière et $20 \text{ M}\Omega$ dans l'obscurité. M est un moteur dont l'influence sur les courants ne sera pas prise en considération dans cette étude.

| | Tension de seuil | Résistance | Gain | Saturation |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Diode D ₁ | $V_{SD1} = 1,2 \text{ V}$ | $R_{SD1} = 12 \Omega$ | | |
| NPN T ₁ | $V_{ST1} = 0,6 \text{ V}$ | $R_{ST1} = 1 \text{ k}\Omega$ | $\beta_{T1} = 500$ | $V_{CEsatT1} = 0,2 \text{ V}$ |
| PNP T ₂ linéaire | $V_{ST2} = - 0,6 \text{ V}$ | $R_{ST2} = 1 \text{ k}\Omega$ | $\beta_{T2} = 500$ | |
| PNP T ₂ saturé | $V_{ST2sat} = - 0,65 \text{ V}$ | $R_{ST2sat} = 100 \Omega$ | | $V_{CEsatT2} = - 0,2 \text{ V}$ |

Tableau III.1. V_{ST2sat} sera considéré comme une constante bien que cela soit inexact.

On se propose d'étudier la partie électronique du Kit MK127 de VELLEMAN. Une fois monté, ce Kit est un robot qui rampe vers la lumière à l'aide de deux moteurs. Le circuit d'alimentation de chaque moteur est donné à la figure (III.1) et certains éléments du montage sont donnés au tableau (III.1).

III.1. Générateur de Thévenin équivalent indiqué à la figure (II.1)

III.1.1. Déterminer les expressions des éléments du générateur en fonction de V_{DD} , R_1 , R_2 et R_L . (1 pt)

$$E_{th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_L} V_{DD}$$

$$R_{th} = \frac{R_2 \cdot (R_1 + R_L)}{R_1 + R_2 + R_L}$$

III.1.2. Déterminer les valeurs des éléments du générateur. (0,5 pt)

| | | |
|-------------|----------------------------|--------------------------------|
| Lumière : | $E_{th} = 0,635 \text{ V}$ | $R_{th} = 867 \Omega$ |
| Obscurité : | $E_{th} = 0,16 \text{ mV}$ | $R_{th} = 1,1 \text{ k}\Omega$ |

III.2. Base du transistor T_1 .

III.2.1. Déterminer l'expression du courant I_{B1} (0,5 pt)

$$I_{B1} = \frac{E_{th} - V_{ST1}}{R_{th} + R_{ST1}}$$

III.2.2. Déterminer la valeur de I_{B1} (0,5 pt)

Lumière : $I_{B1} = 18,5 \mu\text{A}$

Obscurité : $I_{B1} = 0$

III.2.3. Déterminer la valeur de la tension V_{BE1} (0,5 pt)

Lumière : $V_{BE1} = 0,618 \text{ V}$

Obscurité : $V_{BE1} = E_{th} = 0,16 \text{ mV}$

III.3. Transistor T_2 .

On suppose ici que le moteur n'est pas branché et on cherche à savoir quel est le régime de fonctionnement de T_2 . On supposera aussi que le transistor T_1 est en régime linéaire.

III.3.1. Quel est le lien entre le courant de collecteur de T_1 et le courant de base de T_2 (0,5 pt)

$$I_{C1} = -I_{B2}$$

$$I_{C1} > I_{B2}$$

$$I_{C1} = I_{B2}$$

$$I_{C1} < I_{B2}$$

III.3.2. Donner la valeur de I_{B2} . (0,5 pt)

Lumière : $I_{B2} = 9,26 \text{ mA}$

Obscurité : $I_{B2} = 0$

III.3.3. Donner l'expression et la valeur de la tension V_{CE2} en présence de lumière. (1 pt)

$$\text{Expression : } V_{CE2} = -V_{DD} + V_{SD1} + (R_4 + R_{SD1})\beta I_{B2}$$

$$\text{Valeur : } V_{CE2} = 1073 \text{ V}$$

III.3.4. Dire alors si le transistor T_2 est saturé et pourquoi. Donner aussi la véritable valeur de V_{CE2} . (0,5 pt)

On a $V_{CE2} > V_{CE2\text{sat}}$ dont T_2 est saturé

$$\text{Valeur : } V_{CE2} = -0,2 \text{ V}$$

III.3.5. Donner alors la véritable valeur de I_{C2} .

$$\text{Valeur : } I_{C2} = \frac{V_{CE2} + V_{DD} - V_{SD1}}{R_4 + R_{SD1}} = 6,9\text{mA}$$

III.3.6. Donner l'expression et valeur de la tension V_{BE2} en présence de lumière. **(0,5 pt)**

$$\text{Expression : } V_{BE2} = V_{ST2sat} - R_{ST2sat} \cdot I_{B2}$$

$$\text{Valeur : } V_{BE2} = -1,58 \text{ V}$$

III.3.7. Donner l'expression et la valeur de la tension V_{BE2} en présence de lumière en supposant que le transistor T_2 n'est pas saturé. **(0,5 pt)**

$$\text{Expression : } V_{BE2} = V_{ST2} - R_{ST2} \cdot I_{B2}$$

$$\text{Valeur : } V_{BE2} = -9,86 \text{ V}$$

III.4. Régime de fonctionnement du transistor T_1 .

III.4.1. En présence de lumière, déterminer l'expression de V_{CE1} en fonction de I_{B1} , β , R_3 et V_{BE2} . **(1 pt)**

$$\text{Expression : } V_{CE1} = V_{DD} + V_{BE2} - R_3 \cdot \beta \cdot I_{B1}$$

III.4.2. Donner la valeur de V_{CE1} et dire alors dans quel régime est polarisé le transistor T_1 . **(0,5 pt)**

$$\text{Valeur : } V_{CE1} = 0,498 \text{ V}$$

| Régime : | Bloqué | Linéaire | Saturé |
|----------|--------|----------|--------|
|----------|--------|----------|--------|

III.4.3. Si on suppose que T_2 n'est pas saturé, que devient la valeur de V_{CE1} ? **(0,5 pt)**

$$\text{Valeur : } V_{CE1} = -7,8 \text{ V donc } T_1 \text{ serait saturé}$$