

Solution série de TD4

Exercice 1

Rappel

Loi des nœuds : $I_E = I_B + I_C$

❖ **1er cas état bloqué (commutation) :**

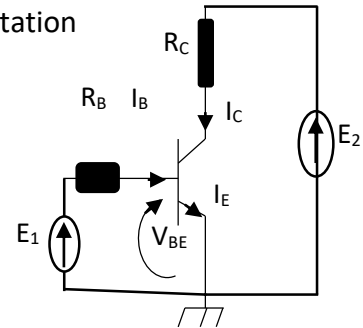
$I_B = 0$ le transistor est un circuit ouvert $I_C = I_E = 0$; $V_{CE} =$ tension d'alimentation

❖ **2ème cas état linéaire (amplification)**

$0 < I_B < I_{Bsat}$; $I_C = \beta I_B$; $I_E = (1 + \beta) I_B$; $V_{CE} > V_{CEsat}$; si $I_B = I_{Bsat}$ donc $V_{CE} = V_{CEsat}$

❖ **3ème cas état saturé (commutation)**

$I_B > I_{Bsat}$; $V_{CE} = V_{CEsat}$



On suppose que $I_B = I_{Bsat}$ donc $I_C = \beta I_{Bsat}$ et $V_{CE} = V_{CEsat}$

D'après la loi des mailles : $E_2 = R_C I_C + V_{CE} \Rightarrow E_2 = R_C \beta I_{Bsat} + V_{CE}$

Donc $I_{Bsat} = \frac{E_2 - V_{CEsat}}{\beta R_C} = 0.7933 \text{mA}$

D'après la loi des mailles : $E_1 = R_B I_{Bsat} + V_{BE}$ donc **$R_B = \frac{E_1 - V_{BE}}{I_{Bsat}} = 5.54 \text{K}\Omega$**

1. Si $R_B > 5.5 \text{K}\Omega$; $I_B < I_{Bsat}$ le transistor est en mode linéaire (amplification)

2. Si $R_B < 5.5 \text{K}\Omega$; $I_B > I_{Bsat}$ le transistor est en mode saturé (commutation)

3. Si $R_B = 25 \text{K}\Omega$; $I_B < I_{Bsat}$ le transistor est en mode linéaire (amplification) :

$E_1 = R_B I_B + V_{BE}$ donc **$I_B = \frac{E_1 - V_{BE}}{R_B} = 0.176 \text{mA}$**

$I_C = \beta I_B = 17.6 \text{mA}$

$E_2 = R_C I_C + V_{CE} \Rightarrow V_{CE} = E_2 - R_C I_C = 18.72 \text{V}$

4. Si $R_B = 4 \text{K}\Omega$; $I_B > I_{Bsat}$ le transistor est en mode saturé (commutation)

$V_{CE} = V_{CEsat} = 0.2 \text{V}$

$E_1 = R_B I_B + V_{BE}$ donc **$I_B = \frac{E_1 - V_{BE}}{R_B} = 1.1 \text{mA}$**

$E_2 = R_C I_C + V_{CEsat} \Rightarrow I_C = \frac{E_2 - V_{CEsat}}{R_C} = 79.333 \text{mA}$

Exercice 2

1. Maille d'entrée

$V_{BE} + R_B I_B = V_{CC}$ on a $I_B = \frac{I_C}{\beta}$

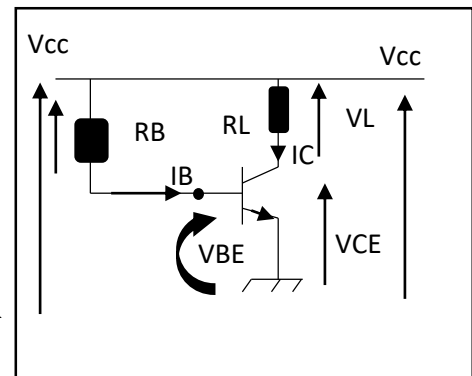
$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \beta \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_C} = 11.3 \text{k}\Omega$

2. I_C est maximal lorsque $V_{CC} = V_L$

On a $V_{CC} = R_L I_C \Rightarrow I_C = \frac{V_{CC}}{R_L} = \frac{12}{60} = 0.2 \text{A} = 200 \text{mA}$

Le transistor est saturé lorsque I_C atteint 200mA c'est I_{Csat}

3. Le transistor saturé $I_C = I_{Csat}$ donc $I_{Bsat} = \frac{I_{Csat}}{\beta} = 2 \text{mA}$



$$R_{Bsat} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_{Bsat}} = \beta \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_{Csat}} = 5.65 \text{ k}\Omega$$

Pour saturer le transistor $I_B > 2\text{mA}$ et $R_B < 5.65$

Remarque

Si on diminue R_B $\searrow I_B$ \nearrow augmente donc I_C \nearrow augmente. Lorsque R_B devient inférieure à 5.65 k Ω le courant I_B devient plus grand que la valeur de 2mA mais le courant I_C ne peut plus suivre cette augmentation et se sature à la valeur

Exercice 3

Maille d'entrée

$$V_{BE} + R_B I_B + R_E I_E = V_{CC}$$

$$\text{Loi des nœuds : } I_E = I_C + I_B$$

$$V_{BE} + R_B I_B + R_E (I_C + I_B) = V_{CC}$$

$$\text{on a } I_B = \frac{I_C}{\beta} \text{ donc } I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B \left(\frac{1}{\beta}\right) + R_E \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)} = 8\text{mA}$$

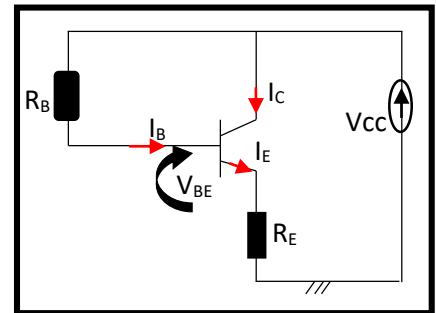
Maille de sortie

$$V_{CE} + R_E I_E = V_{CC}$$

$$\text{Loi des nœuds : } I_E = I_C + I_B$$

$$V_{CE} + R_E (I_C + I_B) = V_{CC}$$

$$\text{on a } I_B = \frac{I_C}{\beta} \text{ donc } V_{CE} = V_{CC} - R_E I_C \left(\frac{1 + \beta}{\beta}\right) = 5.96\text{V}$$



Exercice 4

$$1) V_{BB} - R_{B1} I_{B1} - V_{B1E1} - V_{B2E2} = 0$$

$$I_{B1} = \frac{V_{BB} - V_{B1E1} - V_{B2E2}}{R_{B1}} = 3.4\mu\text{A}$$

$$I_{C1} = \beta_1 I_{B1} = 0.34\text{mA}$$

$$V_{CC} - R_{C1} I_{C1} - V_{C1E1} - V_{B2E2} = 0$$

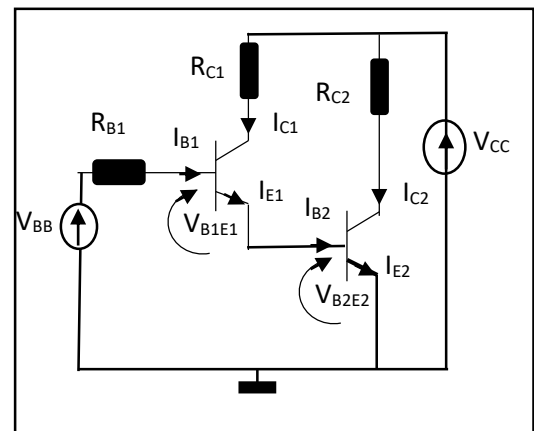
$$V_{C1E1} = V_{CC} - R_{C1} I_{C1} - V_{B2E2} = 7.702\text{V}$$

$$2) I_{B2} = I_{E1} = (\beta_1 + 1) I_{B1} = 343.4\mu\text{A}$$

$$I_{C2} = \beta_2 I_{B2} = 17.17\text{mA}$$

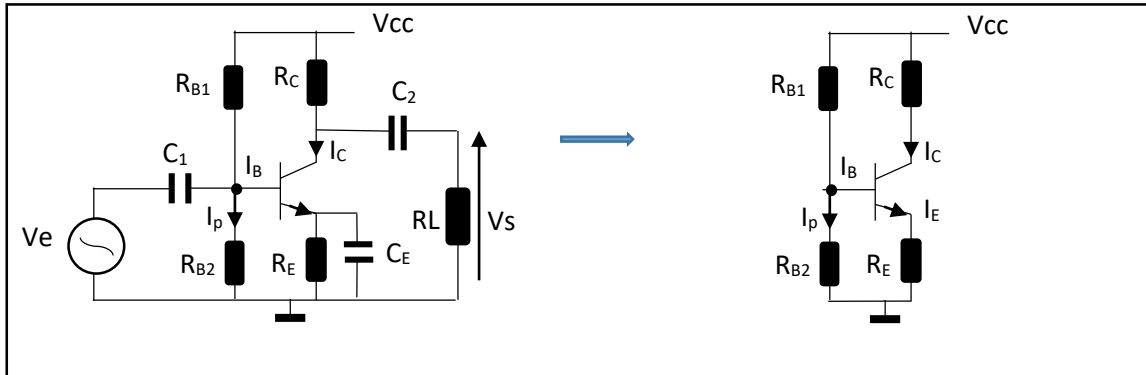
$$V_{CC} - R_{C2} I_{C2} - V_{C2E2} = 0$$

$$V_{C2E2} = V_{CC} - R_{C2} I_{C2} = 1.93\text{V}$$



Exercice 5

- 1) Partie statique : C1, C2 et CE sont remplacées par des interrupteur ouvert, comme indiqué sur la figure:



Le point de fonctionnement est définie par $V_{CE0} = 5 \text{ V}$, $I_{C0} = 1 \text{ mA}$, $V_{BE0} = 0.7 \text{ V}$ et $I_{B0} = \frac{I_{C0}}{\beta} = 10 \mu\text{A}$,
 $R_C = 4R_E$ et $I_p = 10 I_B$; nous avons $I_E = I_C + I_B$

Maille de sortie :

$$R_C I_C + V_{CE} + R_E (I_C + I_B) - V_{CC} = 0$$

$$4R_E I_C + V_{CE} + R_E (I_C + I_B) - V_{CC} = 0 ; \text{donc : } R_E = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{5I_C + I_B} = 998 \Omega ; \text{donc : } R_C = 4R_E = 3992 \Omega$$

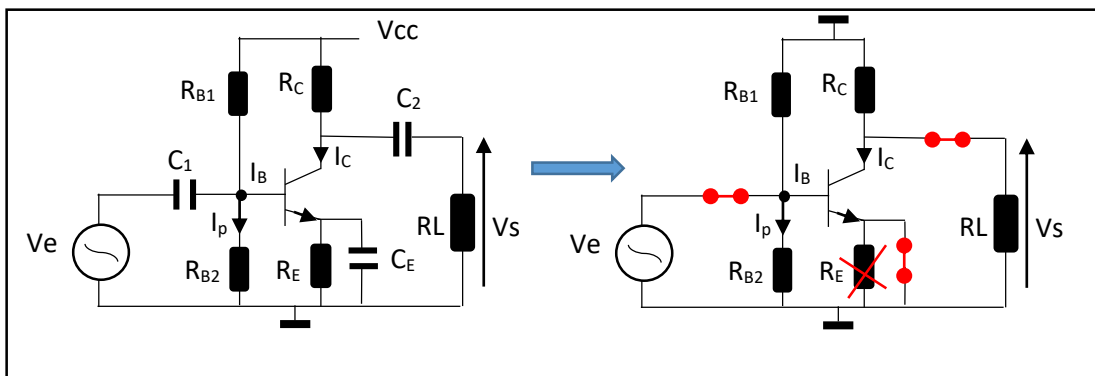
Maille d'entrée :

$$R_{B2} I_p - V_{BE} - R_E (I_C + I_B) = 0 ; R_{B2} = \frac{V_{BE} + R_E (I_C + I_B)}{10 I_B} = 17079 \Omega$$

Nous avons aussi l'autre maille

$$R_{B1} (I_p + I_B) + R_{B2} I_p - V_{CC} = 0 ; R_{B1} = \frac{V_{CC} - R_{B2} I_p}{(I_p + I_B)} = 75382 \Omega$$

- 2) Partie dynamique : : C1, C2 et CE sont remplacées par des court-circuit, la source de tension continue est mise à la terre



Nous remarquons que R_{B1} est en parallèle à R_{B2} et R_C est en parallèle à R_L

Le transistor peut être remplacé par un quadripôle



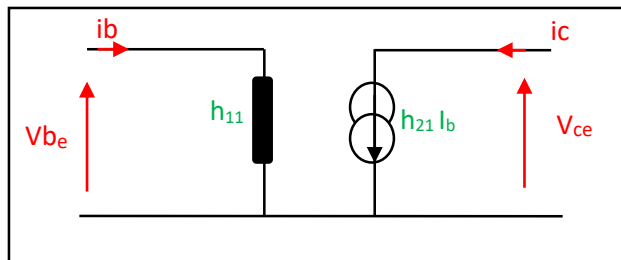
Matrice Hybride (en alternatifif)

$$\begin{cases} V_{be} = h_{11}i_b + h_{12}V_{ce} \\ i_c = h_{21}i_b + h_{22}V_{ce} \end{cases}$$

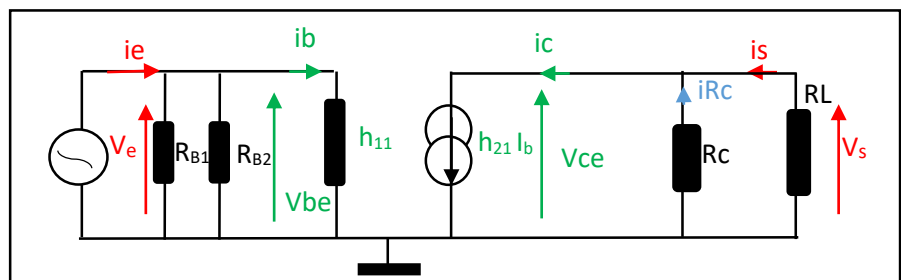
- ∞ h_{11} Résistance d'entrée (base, émetteur) Est l'impédance d'entrée du transistor, Sa valeur dépend du transistor (β) et du point de fonctionnement statique: $h_{11} = \frac{26\beta}{I_E}$
- ∞ $h_{21} = \beta$ Gain en courant
- ∞ $\frac{1}{h_{22}}$ Résistance de sortie (collecteur, émetteur), très grande valeur on la remplace parfois par un circuit ouvert
- ∞ $h_{12} \approx 0$ Réaction en tension qui est négligeable dans le mode amplification

Le schéma équivalent simplifié du transistor

$$\begin{cases} V_{be} = h_{11}i_b \\ i_c = h_{21}i_b + h_{22}V_{ce} \end{cases}$$



a) Le schéma équivalent de tous le circuit :



b) Gain en tension

$A_V = \frac{V_s}{V_e}$; $V_e = h_{11}i_b$; R_c est en parallèle avec R_L ; donc on peut les regrouper $R_{eq} = \frac{R_c R_L}{R_c + R_L}$ donc le courant qui va circuler dans R_{eq} est i_c donc c'est $i_c = h_{21}i_b$ ce qui donne : $V_s = -\beta R_{eq} i_b$

$$A_V = \frac{V_s}{V_e} = -\frac{\beta R_{eq}}{h_{11}}$$

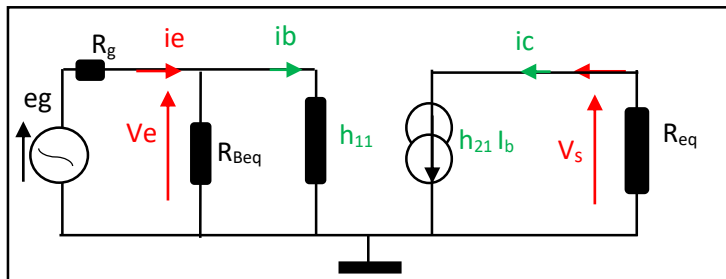
c) Le gain en tension A_{VC}

$$A_{VC} = \frac{V_s}{e_g} = \frac{V_e}{e_g} \frac{V_s}{V_e}$$

R_{B1} est en parallèle avec R_{B2} ; donc on peut les regrouper $R_{Beq} = \frac{R_{B1} R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$

$$V_e = \frac{R_{Beq} h_{11}}{h_{11} + R_{Beq}} i_e ; e_g = \left(R_g + \frac{R_{Beq} h_{11}}{h_{11} + R_{Beq}} \right) i_e$$

$$A_{VC} = -\frac{R_{Beq} h_{11}}{R_g (h_{11} + R_{Beq}) + h_{11}} \frac{h_{21} R_{eq}}{h_{11}} = -\frac{\beta R_{Beq} R_{eq}}{R_g (h_{11} + R_{Beq}) + h_{11}}$$



d) Le gain en courant A_i

$$A_i = \frac{i_s}{i_e} ; i_b = \frac{R_{Beq}}{R_{Beq} + h_{11}} i_e \Rightarrow i_e = \frac{R_{Beq} + h_{11}}{R_{Beq}} i_b ; \text{diviseur de courant}$$

$$i_s = \frac{R_c}{R_c + R_L} i_c = \frac{\beta R_c}{R_c + R_L} i_b \Rightarrow A_i = \frac{i_s}{i_e} = \frac{\beta R_c}{R_c + R_L} \frac{R_{Beq}}{R_{Beq} + h_{11}}$$

e) Les impédances d'entrée Z_e et de sortie Z_s

$$V_e = \frac{R_{Beq} h_{11}}{h_{11} + R_{Beq}} i_e \Rightarrow Z_e = \frac{V_e}{i_e} = \frac{R_{Beq} h_{11}}{h_{11} + R_{Beq}}$$

$$Z_s = \frac{V_s}{i_s} ; e_g = 0 \text{ et sans la charge donc } Z_s = Z_c$$

A la fin le résultat final est la superposition des deux régimes

$$\begin{aligned} V_{EB} &= V_{EB0} + V_{eb} \\ V_{EC} &= V_{EC0} + V_{ec} \\ I_B &= I_{B0} + i_b \\ I_C &= I_{C0} + i_c \end{aligned}$$