

Exercices

Exercices

Exercice 01:

On considère le montage amplificateur de la figure 5.9 utilisant un transistor NPN au Si. On donne $V_{CC}=10\text{ V}$, $\beta=100$, $R_g = 50\ \Omega$, $R_U = R_C$. On pose $R_B = R_1 // R_2$. Les condensateurs utilisés ont des impédances nulles aux fréquences de travail.

1.1. On désire polariser ce transistor de sorte que :

$$V_{CE0} = 5\text{ V}, I_{C0} = 1\text{ mA}, V_{BE0} = 0.7\text{ V} \text{ et } R_C = 4R_E \text{ et } I_p = 10 I_B.$$

Calculer les valeurs de R_C , R_E , R_1 et R_2 .

1.2. En régime variable le transistor est caractérisé par ses paramètres hybrides :

$$h_{11} = 1\text{ k}\Omega, h_{12} = 0, h_{21} = 100 \text{ et } h_{22} = 0.$$

1.2.1. Donner le schéma équivalent en BF et petits signaux de cet amplificateur.

1.2.2. Calculer le gain en tension $A_v = v_s/v_e$.

1.2.3. Calculer le gain en tension $A_{vc} = v_s/e_g$.

1.2.4. Calculer le gain en courant $A_i = i_s/i_e$.

1.2.5. Calculer les impédances d'entrée Z_e et de sortie Z_s .

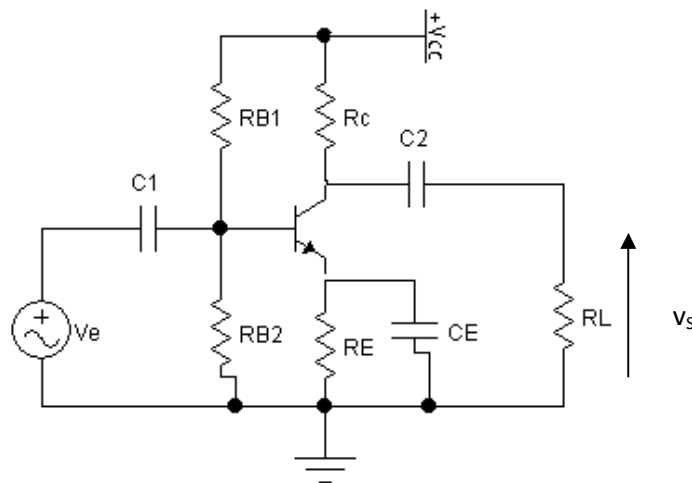


Figure 5.9

Exercice 0 2 :

Le transistor NPN, utilisé dans le montage de la figure 5.10, est défini par ses paramètres hybrides :

$$h_{11e} = 1\text{ k}\Omega, h_{12e} = 0, h_{21e} = 100 \text{ et } h_{22e} = 10^{-4}\ \Omega^{-1}$$

1. Définir quel type de montage du transistor.
2. Donner le schéma équivalent du montage
3. Calculer le gain en tension A_v , le gain en courant A_i et les impédances d'entrée Z_e et de sortie Z_s de cet étage amplificateur.

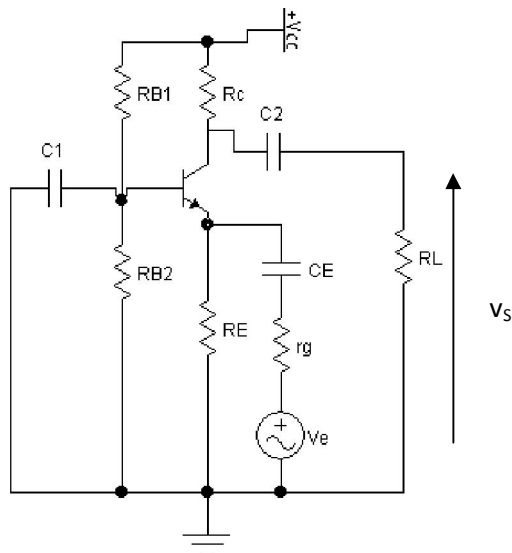


Figure 5.10

Exercice 0 3 :

Les deux transistors T_1 et T_2 utilisés dans le montage de la figure 5.11 sont identiques et caractérisés par les paramètres suivants : $\beta = h_{21e} = 100$ et $h_{11e} = 1 \text{ k}\Omega$, $h_{12e} = 0$ et $h_{22e} = 10^{-4} \Omega^{-1}$.

Le point de fonctionnement de chaque transistor est défini : $V_{CE} = 3\text{V}$, $I_C = 2\text{mA}$, $I_B = 20\mu\text{A}$ et $V_{BE} = 0.2\text{V}$.

Pour des raisons de stabilité thermique en utilise la résistance $R_E = 2 \text{ k}\Omega$ et $R_1 = 21 \text{ k}\Omega$.

1. Déterminer R_2 , R_3 et R_{C2} .
2. Donner le schéma équivalent du montage. En déduire le type de montage de chaque transistor.
3. Calculer le gain en tension (BF) A_v et les impédances d'entrée Z_e et de sortie Z_s .

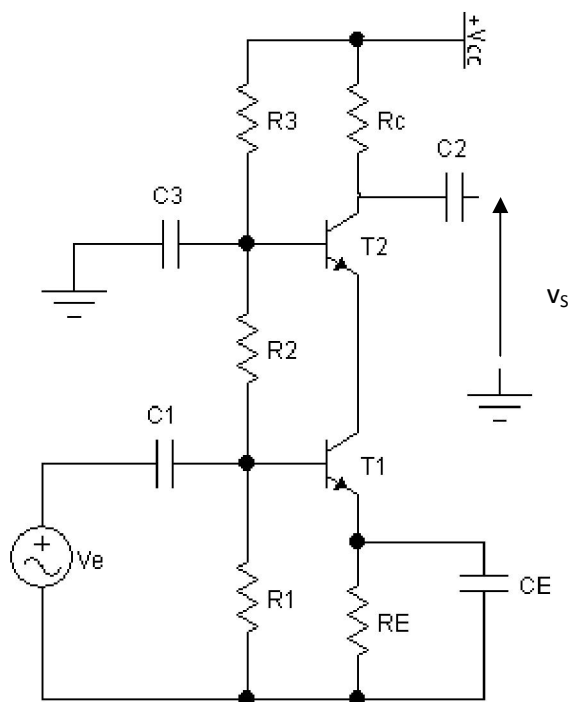


Figure 5.11

Exercices

Exercice 0 4 :

On considère le montage de la figure 5.12 dans lequel on associe deux transistors T et T' (*montage Darlington*). Les deux transistors sont définis par leurs paramètres hybrides E-C.

Pour le transistor T : $h_{11} = 100 \text{ k}\Omega$, $h_{21} = 150$, $h_{12} = 0$ et $h_{22} = 0$.

Pour le transistor T' : $h'_{11} = 5.7 \text{ k}\Omega$, $h'_{21} = 100$, $h'_{12} = 0$ et $h'_{22} = 0$.

1. Etude statique :

Le point de repos du transistor T est défini par :

$V_{CE0} = 7.5 \text{ V}$, $I_{C0} = 75 \text{ mA}$, $V_{BE0} = 0.7 \text{ V}$ et $I_C = 150 I_B$. On donne $V_{CC} = 15 \text{ V}$

Calculer les résistances R_1 , R_2 et R_E . On admet que $I_C = 100 I'_B$ et $I'_p = 10 I'_B$. On négligera V'_{BE} .

2. Etude dynamique :

Le montage est utilisé en régime alternatif sinusoïdal. Aux fréquences d'étude, les condensateurs possèdent des impédances nulles.

2.1. Donner le schéma équivalent de l'étage.

2.2. Calculer l'amplification en tension $A_v = v_s/v_e$

2.3. Calculer son impédance d'entrée Z_e .

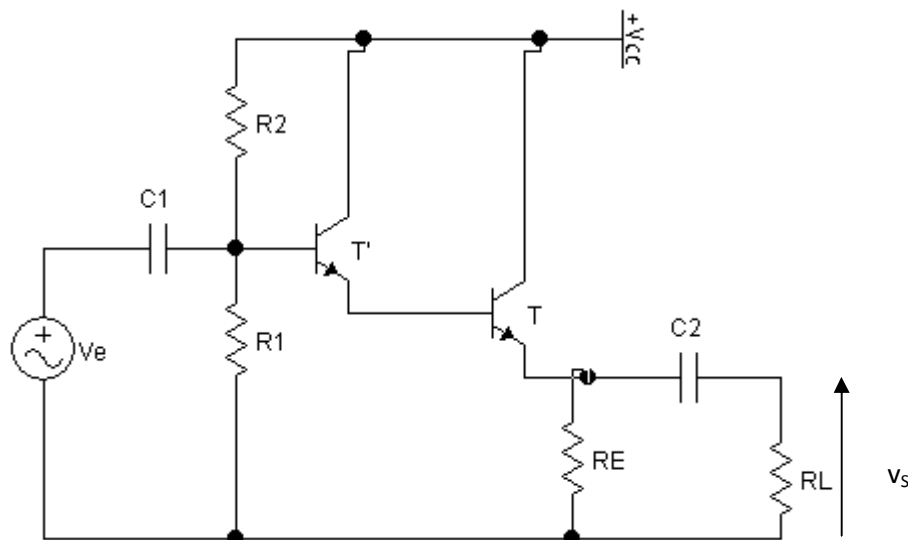


Figure 5.12

Correction des Exercices

Exercice 0 1 :

1.1. partie statique : C_1, C_2 et C_3 sont équivalents à des interrupteurs ouverts
Le point de fonctionnement est défini par :

$V_{CE0} = 5 \text{ V}, I_{C0} = 1 \text{ mA}, V_{BE0} = 0.7 \text{ V}$ et $I_{B0} = I_{C0} / \beta = 10 \mu\text{A}$
 $R_C = 4 R_E$ et $I_P = 10 I_B$

* $V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + R_E (I_C + I_B) \rightarrow V_{CC} = R_C (1 + 0.25*(1 + 1/\beta)) I_C + V_{CE}$

D'où :
$$R_C = \frac{(V_{CC} - V_{CE})}{\left(1 + 0.25 \times \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)\right) I_C}$$

$\beta \gg 1$

$$R_C = \frac{4 (V_{CC} - V_{CE})}{5 I_C} \quad \text{et} \quad R_E = \frac{1 (V_{CC} - V_{CE})}{5 I_C}$$

* $R_2 I_P = V_{BE} + R_E (I_C + I_B) \rightarrow R_2 = \frac{\beta}{10} \left(\frac{V_{BE}}{I_C} + \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) R_E \right)$

$\beta \gg 1$

$$R_2 = \frac{\beta}{10} \left(\frac{V_{BE}}{I_C} + R_E \right)$$

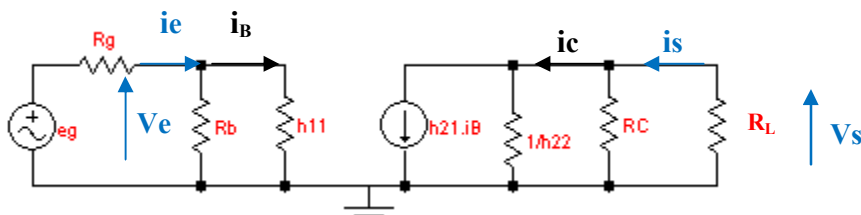
* $V_{CC} = R_1 (I_P + I_B) + R_2 I_P \rightarrow R_1 = \beta \times \left(\frac{V_{CC}}{11 \times I_C} - \frac{R_2}{10} \right)$

AN:

$R_C = 4 \text{ k}\Omega, \quad R_E = 1 \text{ k}\Omega, \quad R_1 = 75 \text{ k}\Omega \quad \text{et} \quad R_2 = 17 \text{ k}\Omega$

1.2. Partie dynamique: C_1, C_2 et C_3 sont équivalents à des interrupteurs fermés

1.2.1. Schéma équivalent :



1.2.2. Gain en tension $A_v = v_s/v_e$

$v_e = (R_1 // R_2 // h_{11}) i_e = h_{11} i_b$

$v_s = -h_{21} (R_C // R_L) i_b \rightarrow A_v = \frac{v_s}{v_e} = -\frac{h_{21} R_C // R_L}{h_{11}}$

1.2.3. $A_{VC} = \frac{v_s}{e_g} = \frac{v_e}{e_g} \times \frac{v_s}{v_e} = -\frac{R_1 // R_2 // h_{11}}{r_g + R_1 // R_2 // h_{11}} \times \frac{h_{21} R_C // R_L}{h_{11}}$

1.2.4. Gain en courant $A_i = i_s/i_e$

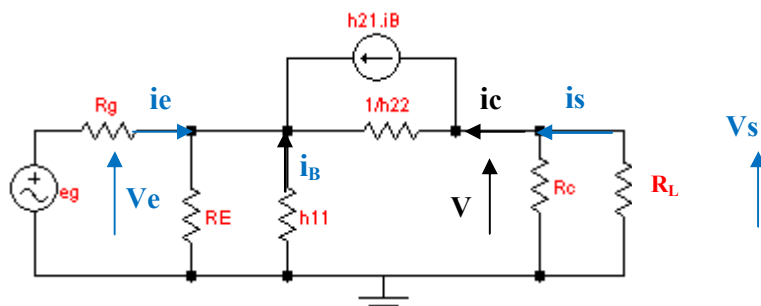
$$\left. \begin{aligned} i_e &= \frac{h_{11}}{R_1 // R_2 // h_{11}} i_b \\ i_s &= h_{21} i_b + \frac{v_s}{R_C} = h_{21} i_b - \frac{R_L}{R_C} i_s \end{aligned} \right\} \rightarrow A_i = \frac{h_{21} R_C}{R_C + R_L} \times \frac{R_1 // R_2 // h_{11}}{h_{11}}$$

1.2.5. Impédance d'entrée $Z_e = v_e/i_e$ et impédance de sortie $Z_s = v_s/i_s$ ($e_g=0$)

$$\begin{aligned} Z_e &= R_1 // R_2 // h_{11} \\ Z_s &= R_C \text{ (sans la charge)} \end{aligned}$$

Exercice 02:

1. Le transistor est monté en Base Commune
2. Schéma équivalent (le transistor est caractérisé par ses paramètres hybrides Emetteur Commun)



3. Gain en tension $A_v = v_s/v_e$

$$\begin{aligned} v_e &= -h_{11} i_b \\ v_s &= -R_L i_s \\ i_s &= v_s/R_C + h_{21} i_b + (v_s - v_e) h_{22} \end{aligned}$$

$$A_v = \frac{v_s}{v_e} = \left(\frac{h_{21}}{h_{11}} + h_{22} \right) \frac{R_L}{1 + R_L/R_C + R_L h_{22}}$$

* Gain en courant $A_i = i_s/i_e$

$$v_e = -h_{11} i_b = (R_E // h_{11})(i_e + h_{21} i_b + (v_s - v_e) h_{22}) \quad (1)$$

$$i_s = -\frac{R_L}{R_C} i_s + h_{21} i_b + (v_s - v_e) h_{22} \Rightarrow \left(1 + \frac{R_L}{R_C} + h_{22} R_L \right) i_s = (h_{21} + h_{11} h_{22}) i_b \quad (2)$$

On remplace i_b de (2) dans (1), on obtient une relation entre les courants i_e et i_s , on en déduit ainsi le gain en courant A_i

* Impédance d'entrée $Z_e = v_e/i_e$

$$Z_e = \frac{v_e}{i_e} = \frac{v_e}{i_b} \times \frac{i_b}{i_s} \times \frac{i_s}{i_e} = -h_{11} \times \frac{1 + \frac{R_L}{R_C} + h_{22}R_L}{h_{21} + h_{11}h_{22}} \times A_i$$

* Impédance de sortie $Z_s = v_s/i_s$ ($e_g = 0$) (r_g négligeable donc $v_e = e_g$)

$$Z_s = R_C // h_{22}^{-1}$$

Exercice 03 :

1. Partie statique

I_{B1} et I_{B2} sont négligeables devant les courants I_{C1} et I_{C2}

$$R_1 I = V_{BE1} + R_E I_{C1} \quad \Rightarrow \quad I = \frac{V_{BE1} + R_E I_{C1}}{R_1}$$

$$R_2 (I + I_{B1}) = V_{BE2} + V_{CE1} - V_{BE1} \quad \Rightarrow \quad R_2 = \frac{V_{BE2} + V_{CE1} - V_{BE1}}{I + I_{B1}}$$

$$V_{CC} = R_3 (I + I_{B1} + I_{B2}) + R_2 (I + I_{B1}) + R_1 I$$

$$V_{CC} = R_{C2} I_{C2} + V_{CE2} + V_{CE1} + R_E I_{C1}$$

$$R_{C2} = \frac{V_{CC} - V_{CE2} - V_{CE1} - R_E I_{C1}}{I_{C2}}$$

$$R_3 = \frac{V_{CC} - R_2 (I + I_{B1}) - R_1 I}{I + I_{B1} + I_{B2}}$$

2. Partie dynamique

* Schéma équivalent

T_1 et T_2 sont montés respectivement en EC et en BC

* Gain en tension $A_v = v_s/v_e$

$$v_e = (R_1 // R_2 // h_{11}) i_e = h_{11} i_{b1}$$

$$-\frac{v_s}{R_{C2}} = h_{21} i_{b2} + (v_s + h_{11} i_{b2}) h_{22}$$

$$-h_{11} i_{b2} = h_{22}^{-1} ((1 + h_{21}) i_{b2} + (v_s + h_{11} i_{b2}) h_{22} - h_{21} i_{b1})$$

$$\frac{i_{b1}}{i_{b2}} = 1 + \frac{1}{h_{21}} + 2 \frac{h_{11} h_{22}}{h_{21}} - \frac{h_{22}}{h_{21}} \frac{h_{21} + h_{22} h_{11}}{h_{22} + \frac{1}{R_{C2}}}$$

$$A_v = \frac{v_s}{v_e} = \frac{1}{h_{11}} \times \left(\frac{i_{b1}}{i_{b2}} \right)^{-1} \times \frac{v_s}{i_{b2}} = \frac{1}{h_{11}} \times \left(-\frac{h_{21} + h_{22} h_{11}}{h_{22} + \frac{1}{R_{C2}}} \right) \times \frac{1}{1 + \frac{1}{h_{21}} + 2 \frac{h_{11} h_{22}}{h_{21}} - \frac{h_{22}}{h_{21}} \frac{h_{21} + h_{22} h_{11}}{h_{22} + \frac{1}{R_{C2}}}}$$

Corrigés des Exercices

* Impédance d'entrée

$$Z_e = R_1 // R_2 // h_{11}$$

* Impédance de sortie

$$Z_s = v_s / i_s \quad (v_e = 0)$$

$$\frac{1}{Z_s} = \frac{1}{R_{C2}} + h_{22} \quad \Rightarrow \quad Z_s = R_{C2} // h_{22}^{-1}$$

Exercice 04 :

1. Etude statique

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

$$R_E = \frac{V_{CC} - V_{CE0}}{I_{C0}}$$

$$I'_C \approx I_B \quad I'_B \ll I'_C$$

$$V'_{CE} = V_{CE} - V_{BE} \quad I_C = 150 I_B$$

$$I'_C = 100 I'_B$$

$$V_{CC} = (11R_1 + 10R_2) I'_B$$

$$10R_2 I'_B = V_{BE} + R_E I_C + V'_{BE} \quad V'_{BE} \text{ négligeable}$$

$$R_2 = \frac{V_{BE} + R_E I_C}{10 I'_B}$$

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{BE} - R_E I_C}{11 I'_B}$$

2. Etude dynamique

2.1. Schéma équivalent

Corrigés des Exercices

2.2. Gain en tension :
$$A_v = \frac{1}{1 + \frac{h_{11}}{h_{21} \times R_E // R_L} + \frac{1}{R_E // R_L} \frac{h'_{11} h'_{21}}{h_{21}}}$$

2.3. Impédance d'entrée

$$Z_e = (R_1 // R_2) \times \frac{h_{21} h'_{21}}{A_v + h_{21} h'_{21}}$$