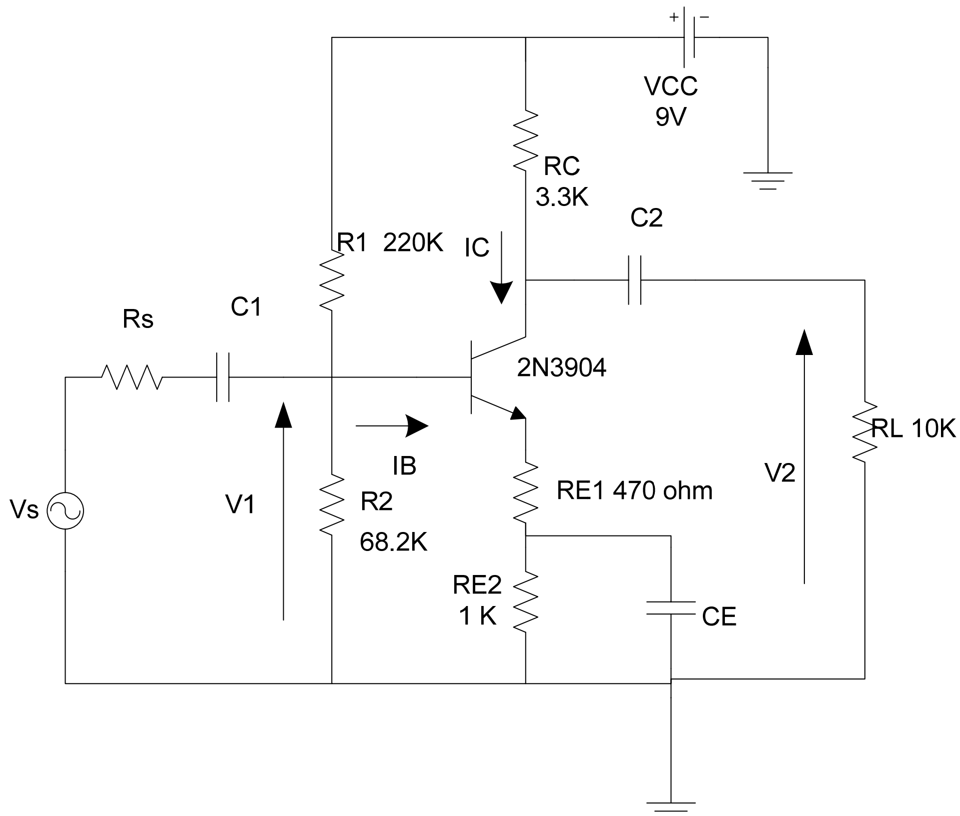
CHAPITRE 9.- EXERCICES

EXERCICE NO. 9.1.- REPONSE EN FREQUENCE

Soit l'amplificateur à un transistor ci-dessous :



V_{cc} = 9 V   T = 2n3904 (ß typique : 150)

R_{E1} = 470 Ω R_{E2} = 1 kΩ R_C = 3.3 kΩ R_1 = 220 kΩ R_2 = 68 kΩ

R_s = 10 kΩ R_L = 10 kΩ

a) Calculer le courant de polarisation I_{C0}.

b) Dessiner le circuit équivalent pour petits signaux en bande passante.

c) Calculer A'_v = dans la bande passante en négligeant l'effet de gce.

d) Dimensionner C_1, C_2 et C_E pour avoir une fréquence de coupure basse à -3 dB égale ou inférieure à 20 Hz en négligeant l'effet de g_{ce}.

CORRIGÉ

a) Etant donné que le gain en courant ß du transistor est >>1, on admet que :

$I_C = \frac{\beta}{1+\beta} I_E \approx I_E$ et donc : $I_{C0} = \frac{V_{Eo}}{R_{E1} + R_{E2}} = I_E$

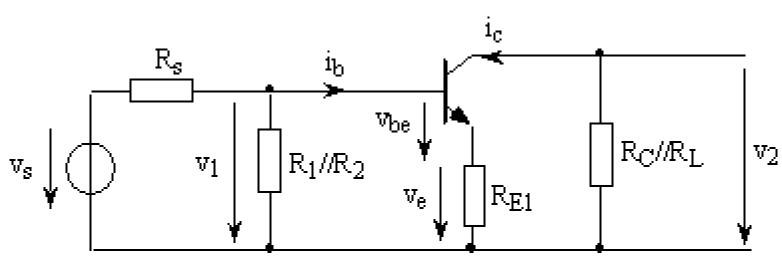
Si le courant au travers R_1 et R_2 est >> I_{B0} (à vérifier à posteriori) alors :

$I_E = \frac{1}{R_{E1} + R_{E2}} \cdot \left(\frac{V_{cc} \cdot R_2}{R_1 + R_2} - U_j \right) = 0.97$ mA avec Uj = 0.7 V.

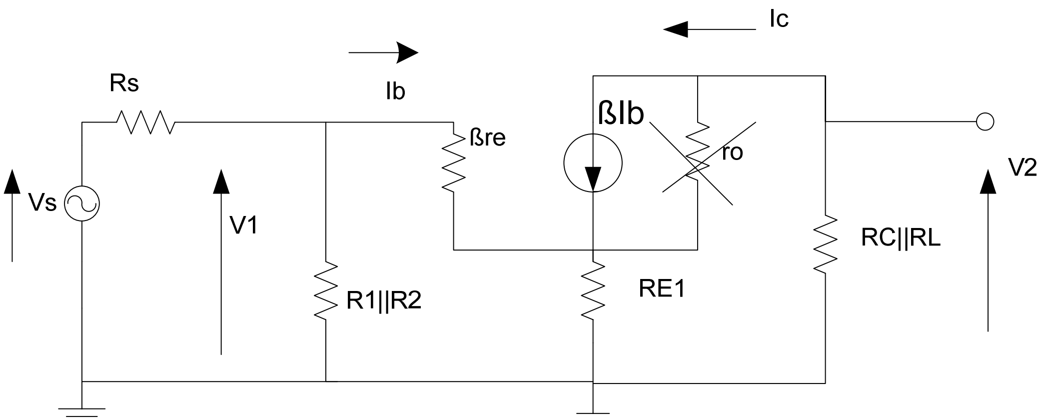
et l'on peut vérifier que $\frac{V_{cc}}{R_1 + R_2} = 31$ µA est bien >> $I_{B0} = \frac{I_{C0}}{\beta} = 6.5$ µA

De la valeur de I_E on tire : $r_e = \frac{26mV}{I_E} = 27\Omega$

b) Le schéma équivalent pour petits signaux en bande passante est le suivant :



Ou encore en remplaçant le transistor par son modèle pour petits signaux :



c) $v_1 = v_{be} + v_e$

$v_2 = = - i_c(R_L//R_C) = - ßi_b(R_L//R_C)$
$v_e = (i_c+i_b)R_{E1} = (ß + 1)i_bR_{E1}$

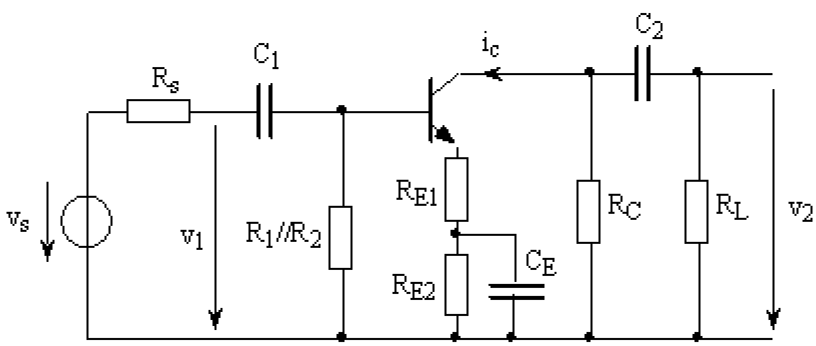
En considérant que ß >> 1 on obtient :

$$A_v = \frac{V_2}{V_1} = -\frac{R_C \Uparrow R_L}{R_E} = -5.3$$

$$R_i = ß(r_e + R_E) \Uparrow R_1 \Uparrow R_2 = 74.5 \text{ Kohm}$$

$$A_{vs} = \frac{V_1}{V_s} * \frac{V_2}{V_1} = -\frac{R_1 \Uparrow R_2 \Uparrow R_i}{(R_1 \Uparrow R_2 \Uparrow R_i) + R_s} * \frac{R_C \Uparrow R_L}{R_E} = -3.8$$

d) Le schéma équivalent pour petits signaux avec les éléments déterminant la fréquence de coupure basse est le suivant :



Les pôles sont donnés par:

$$f_E = \frac{1}{2\pi * C_E(R_{E2} \Uparrow (R_{E1} + r_e + \frac{R_1 \Uparrow R_2 \Uparrow R_S}{\beta}))}$$

$f_1 = [2\pi\cdot C_1(R_s + R_1//R_2//ß(R_{E1} + r_e))]-1$

$f_2 = [2\pi\cdot C_2(R_C + R_L)]-1$

En choisissant par exemple $f_E = 17$ Hz et $f_1 = f_2 = 1.5$ Hz, on aura une fréquence de coupure basse $f_L \approx (f_1 + f_2 + f_E) = 20$ Hz.

Pour cela il faut que :

- $C_E = [2\pi \cdot f_E \cdot (R_{E2}//(R_{E1} + r_e))]^{-1} = 26\ \mu F$

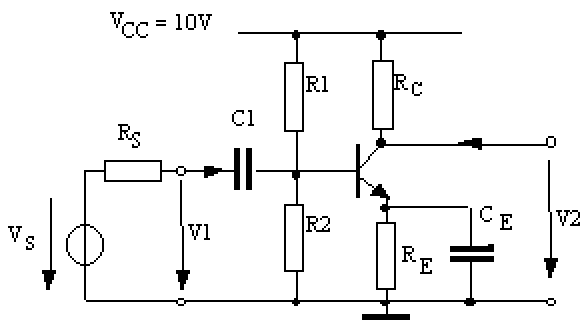
$C_1 = [2\pi \cdot f_1 \cdot (R_s + R_1//R_2//ß(R_{E1} + r_e))]^{-1} = 2.6\ \mu F$

$C_2 = [2\pi \cdot f_2 \cdot (R_C + R_L)]^{-1} = 8\ \mu F$

Dans la pratique on pourra prendre $C_1 = 4.7\mu F$, $C_2 = 10\mu F$ et $C_E = 33\mu F$ (valeurs normalisées dans la série E6).

EXERCICE 9.2.- REPONSE EN FREQUENCE

On considère le montage émetteur commun de la figure suivante :



$R_1 = 100K\Omega$ $R_2 = 33K\Omega$ $R_E = 2.2K\Omega$ $R_C = 1.8K\Omega$ $R_S = 1K\Omega$

$C_1 = C_E =$ infini ß =150 U_j=0.7V

On demande :

a) de calculer le courant de polarisation I_{C0},

b) de calculer le paramètres petits signaux r_e ,

c) de dessiner le circuit équivalent petits signaux,

d) de calculer : $A_v = \Delta V_2 / \Delta V_s$ $A_{v'} = \Delta V_2 / \Delta V_1$

$R_{in} = \Delta V_1 / \Delta i_1$ $R_{out} = \Delta V_2 / \Delta i_2$

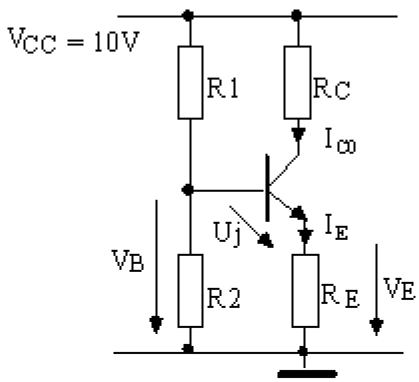
e) pour quelle amplitude du signal V_s obtient-on en sortie (V_2) une amplitude maximale.

f) En gardant C_E=infini, calculer C_1 de manière à garantir un gain ne variant pas de plus de 1% pour une fréquence minimale de 100 Hz.

g) En gardant C_1=infini et C_E nul. Calculer le gain A_v, R_{in}, R_{out}.

CORRIGÉ

a) Pour déterminer le courant de repos dans le transistor, on se sert du schéma DC suivant :

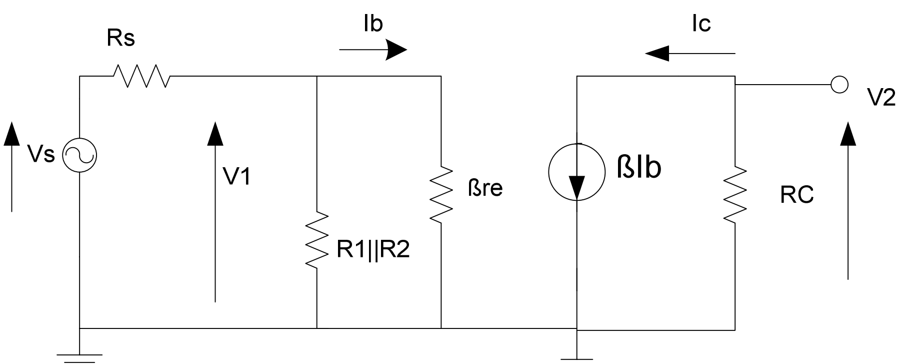


$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} = 2{,}48$ V $\qquad V_E = V_B - U_j = 1{,}78$ V

$\Rightarrow I_{C0} \approx I_E = \frac{V_E}{R_E} = 0{,}81$ mA

b) $r_e = 26\text{mV}/ I_E = 31$ ohm

c) Hypothèse : Les capacités C_1 et C_e sont assimilées à des court-circuits (C_1 et $C_E = \infty$).



d) $R_{in} = \frac{v1}{i1} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{\beta * r_e}\right)^{-1} = 4{,}16\ k\Omega$

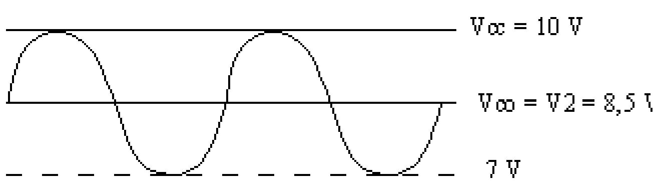
$R_{out} = \left.\frac{v_2}{i_2}\right|_{v_s=0} = R_C = 1{,}8\ k\Omega$

$A_{v'} = \frac{v_2}{v_1} = -\frac{Rc}{r_e} = -55{,}8$

$A_v = \frac{v_2}{v_s} = \frac{v_1}{v_s} \cdot \frac{v_2}{v_1} = \frac{R_{in}}{R_s + R_{in}}\left(-\frac{Rc}{r_e}\right) = -45$

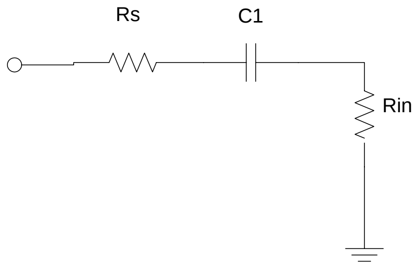
e) I_{c0} étant connu, on trouve $V_{C0} = V_{CC} - R_C I_{C0} = 8{,}5V$

Pour avoir la meilleure dynamique possible, il faut que V_{C0} soit le point central de l'amplitude crête - crête.



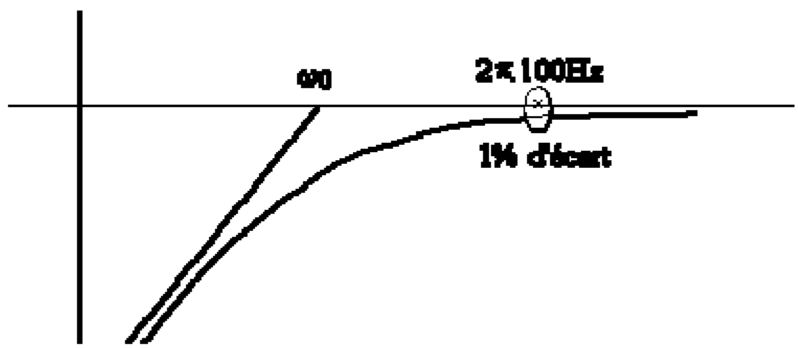
$v_{2max} = 1.5V$ donc $v_{smax} = \frac{v_{2max}}{A_v} = 33\ mV$

f) Avec le dispositif suivant on détermine la fonction de transfert.



avec: $R_{in} = \beta * r_e \Uparrow R1 \Uparrow R2$

H(jω) = $\dfrac{R_{in}}{R_s + R_{in}} \cdot \dfrac{j\omega/\omega_0}{1 + j\omega/\omega_0}$ avec ω_0 = $\dfrac{1}{C_1(R_s + R_{in})}$



$$\left| \frac{j\omega/\omega_0}{1+j\omega/\omega_0} \right| \geq 0.99 \qquad \text{avec} \omega_0 = 2\pi * 100Hz$$

$$\frac{\omega/\omega_0}{\sqrt{1+\omega^2/\omega_0^2}} \geq 0.99 \;\; => \;\; \omega_0^2/\omega^2 \leq 0.02 \;\; => \;\; \omega_0 \leq 0.142\omega$$

C > 2.17 μF