

'CONCEPTION D'UN AMPLIFICATEUR SIMPLE A GAIN VARIABLE

On considère le montage amplificateur donné en figure 1. Ce montage utilise un transistor NPN T_1 au silicium à $T = 25^\circ\text{C}$, alimenté sous une tension continue V_{CC} de 15 V. Le transistor possède un gain en courant β de 250 et sa résistance r_{ee} est considérée comme infinie.

Dans l'émetteur de T_1 , on a disposé un potentiomètre tel que seule la portion (αR_{E1} telle que : $0 \leq \alpha \leq 1$) de sa résistance totale R_{E1} soit découplée à la masse par le condensateur C_d de valeur suffisante.

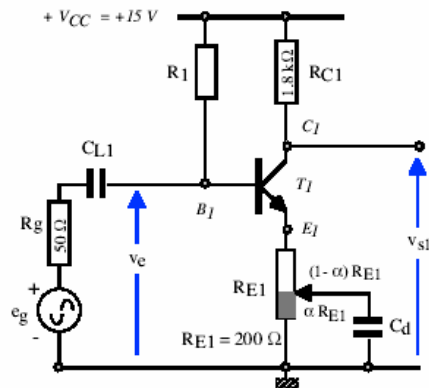


Figure 1

- Dessiner le schéma du montage en régime continu. Sachant que le courant de repos de collecteur est tel que : $I_{C1\text{ repos}} = 5 \text{ mA}$, déterminer :
 - La tension par rapport à la masse de tous les nœuds.
 - La valeur à donner à la résistance de polarisation R_1 .
- Dessiner le schéma équivalent aux petites variations et aux fréquences moyennes du montage complet sachant que toutes les capacités ont alors une impédance faible. Choisir une représentation en « β, i_b » pour le transistor.
- Déterminer l'expression de la résistance d'entrée R_{ei} du montage vue par le générateur d'excitation (e_g, R_g). Tracer le graphe $R_{ei} = g(\alpha)$. Commenter.
- Déterminer l'expression du gain en tension $A_1 = v_{s1}/v_e$ et tracer le graphe $|A_1| = f(\alpha)$.
- On veut que le gain évolue de la valeur minimale à -40. Donner la solution technique.
- Montrer, en utilisant la « méthode de l'ohmmètre », que la résistance de sortie R_{si} du montage vue entre le collecteur C_1 de T_1 et la masse est égale à R_{C1} .

Le concepteur considère que cette résistance de sortie est trop élevée. Il décide d'ajouter un étage en utilisant un transistor T_2 identique à T_1 comme indiqué en figure 2. La base de T_2 est reliée au collecteur de T_1 . Aussi le courant de base de T_2 est prélevé sur le courant qui circule dans la résistance R_{C1} .

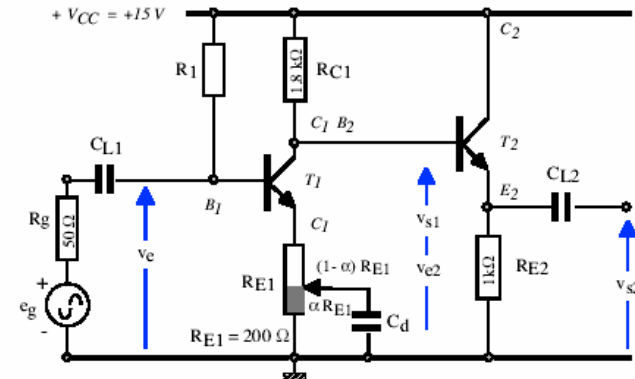


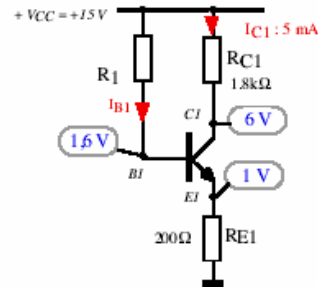
Figure 2

- Sachant que $R_{E2} = 1 \text{ k}\Omega$, en déduire la valeur du courant de repos I_{C2} de T_2 .
- Montrer que le gain en tension du premier étage est peu affecté par la présence du deuxième.
- Que devient le gain en tension A du montage complet ?
- On choisit une position du potentiomètre telle que : $A_1 = -40$. Sachant que la sortie v_{s1} du premier étage est représentée sous la forme de Thévenin (e_{g1}, R_{g1}), on se propose de calculer la résistance de sortie R_s du montage complet vue entre E_2 et la masse.
 - Donner la valeur de e_{g1} et R_{g1} .
 - Calculer R_s et faire l'application numérique.

Solution :

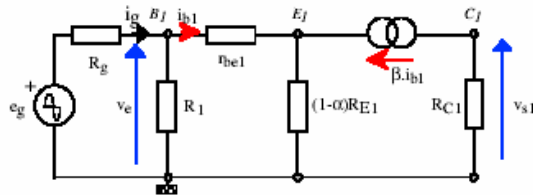
CORRECTION

Q1a Q1b : En régime continu, les condensateurs sont des circuits ouverts : $i_C = C \frac{dV_{const}}{dt} = 0$.



$$I_{B1} = I_{C1}/\beta = 20 \mu A \quad R_1 = 730 k\Omega$$

Q2 : schéma équivalent aux petites variations et aux fréquences moyennes du montage.



Q3 : Résistance d'entrée $R_{ei} = v_e/i_g$.

Ecrire l'équation au nœud B₁ : $i_g = \frac{v_e}{R_1} + i_{b1}$ Soit : $\frac{i_g}{v_e} = \frac{1}{R_{ei}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{\frac{v_e}{i_{b1}}}$

c'est à dire :

$$R_{ei} = R_1 // \frac{v_e}{i_{b1}}$$

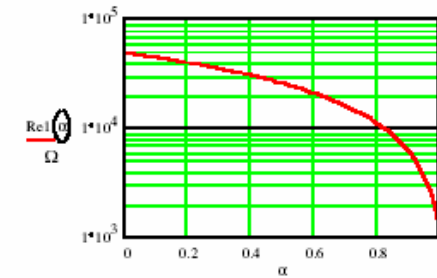
Sachant que : $v_e = r_{be1}i_{b1} + [(1-\alpha)R_{E1}](\beta+1)i_{b1}$, il vient :

$$R_{ei} = R_1 // \left\{ r_{be1} + [(1-\alpha)R_{E1}](\beta+1) \right\} \approx r_{be1} + [(1-\alpha)R_{E1}](\beta+1)$$

$$r_{be1} = \beta \frac{U_T}{I_{C1}} = 1,25 k\Omega.$$

La résistance d'entrée varie de 48 kΩ ($\alpha = 0$) à 1,25 kΩ ($\alpha = 1$). Elle est sensiblement proportionnelle à la résistance placée dans l'émetteur du transistor soit : $(1-\alpha)R_{E1}(\beta+1)$.

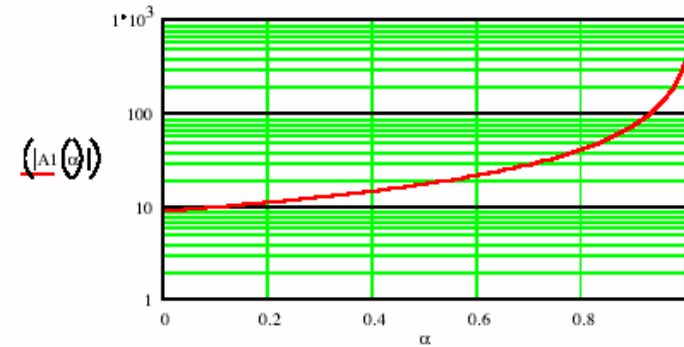
4



Evolution de R_{ei} en fonction de α .

Q4 : $v_d = -\beta R_{C1} i_{b1}$. Compte tenu de la question précédente (relation entre v_e et i_{b1}), il vient :

$$A_1 = \frac{v_d}{v_e} = -\frac{\beta R_{C1}}{r_{be1} + [(1-\alpha)R_{E1}](\beta+1)}$$



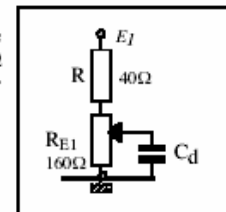
Evolution du gain en fonction de α .

Le gain en tension varie de -360 ($\alpha = 1$) à -8,75 ($\alpha = 0$).

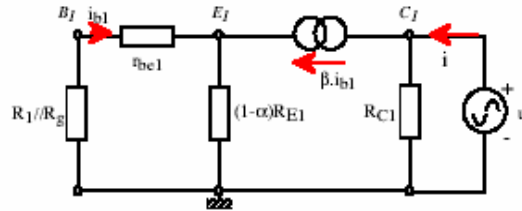
Q5 :

La solution technique consiste à placer dans l'émetteur une résistance fixe R de 40 Ω ($A_1 = -40$) en série avec un potentiomètre R_{E1} de 160 Ω monté en résistance variable dont le curseur est découplé à la masse par un condensateur C_d .

En effet pour la valeur : $R+R_{E1}$, le gain est minimum soit - 8,75.



Q6 : Méthode de l'ohmmètre : annuler e_g et placer à la sortie un générateur (u,i).



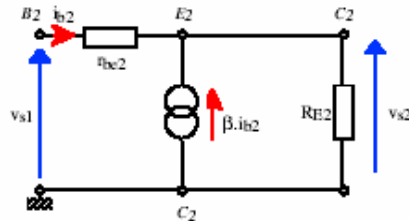
La maille B_1, E_1 , masse donne la relation : $0 = (R_1 // r_{be1})i_{b1} + (\beta + 1)(1 - \alpha)R_{E1}i_{b1}$ dont la solution est $i_{b1} = 0$ avec comme conséquence : $\beta i_{b1} = 0$. La résistance de sortie R_{sl} est alors :

$$R_{sl} = \frac{u}{i} = R_{C1}$$

Q7 : La liaison entre T_1 et T_2 est directe.

La tension V_{CIM} étant de 6V, $V_{E2M} = V_{CIM} - V_{BE2} = 5.4$ V. Alors : $I_{C2} = 5.4$ mA.

Q8 : Aux variations le premier étage est chargé par la résistance d'entrée R_{e2} du deuxième étage dont le schéma aux variations est le suivant :



$$R_{e2} = r_{be2} + (\beta + 1)R_{E2} = 252 k\Omega$$

Le gain du premier étage devient alors :

$$A_1 = \frac{v_{s1}}{v_e} = - \frac{\beta (R_{C1} // R_{e2})}{r_{be1} + [(1 - \alpha)R_{E1}] (\beta + 1)}$$

Avec : $R_{e2} \gg R_{C1}$, le gain A_1 n'est pas modifié.

Q9 : Gain du montage complet : $A = A_1.A_2$.

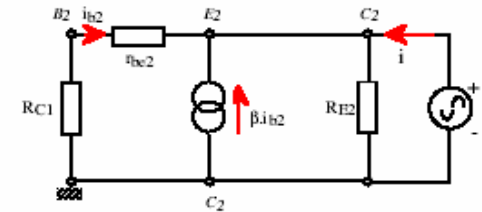
$$A_2 = \frac{v_{s2}}{v_{s1}} = \frac{\beta (R_{E2})}{r_{be2} + R_{E2} (\beta + 1)} = 0.99$$

Donc A est sensiblement égal à A_1 .

Q10a : Le générateur de Thévenin e_{g1} équivalent à la sortie du premier étage est égal à la tension de sortie à vide de cet étage à savoir ($e_{g1} = -40.v_e$). Sa résistance interne R_{g1} est la résistance de sortie de cet étage soit R_{C1} .

Q10b : Pour obtenir la résistance de sortie du montage complet on utilise la méthode de l'ohmmètre qui consiste d'une part à annuler e_g (ce qui annule le générateur lié e_{g1}) et d'autre part de placer en sortie du 2^e étage un générateur (u, i).

Le schéma du montage est alors le suivant :



En écrivant l'équation au nœud C_2 :

$$R_s = R_{E2} // \frac{R_{C1} + r_{be2}}{\beta + 1} = 11.6 \Omega$$

On remarquera que cette résistance de sortie faible, est indépendante du gain du premier étage.

