

ETUDE D'UN AMPLIFICATEUR A LIAISONS CONTINUES ¹

On considère le montage amplificateur à liaisons continues de la figure 1 composé de deux étages qui utilisent à la température de 25°C des transistors NPN intégrés rigoureusement identiques de gain en courant β de 250.

Les transistors T_1 et T_2 ont une résistance interne r_{ce} très importante. Pour le transistor T_3 on prendra $r_{ce3} = 50 \text{ k}\Omega$. On donne de plus la loi liant le courant de collecteur à la tension V_{BE} : $I_C = I_{SBC} \exp\left(\frac{V_{BE}}{U_T}\right)$ (1) avec : $U_T = 25 \text{ mV}$ à 25 °C. Les transistors ont le même courant inverse de saturation de la jonction base collecteur I_{SBC} .

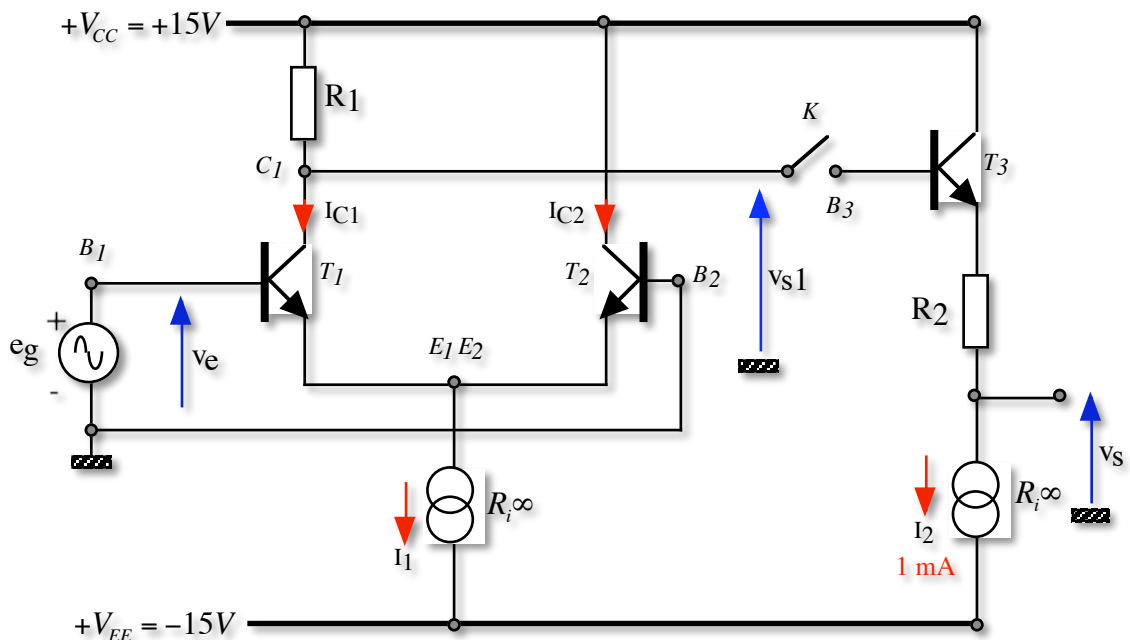


Figure 1 : schéma du montage amplificateur continu

L'interrupteur K est ouvert pour isoler le premier étage.

1. Au repos, c'est à dire pour $e_g = V_E = 0 \text{ V}$, montrer que les courants de repos I_{C10} et I_{C20} de T_1 et T_2 sont égaux.
2. La base de T_1 est maintenant excitée par un générateur sinusoïdal e_g d'amplitude faible. Dessiner le schéma équivalent aux petites variations et aux fréquences moyennes du 1^{er} étage.

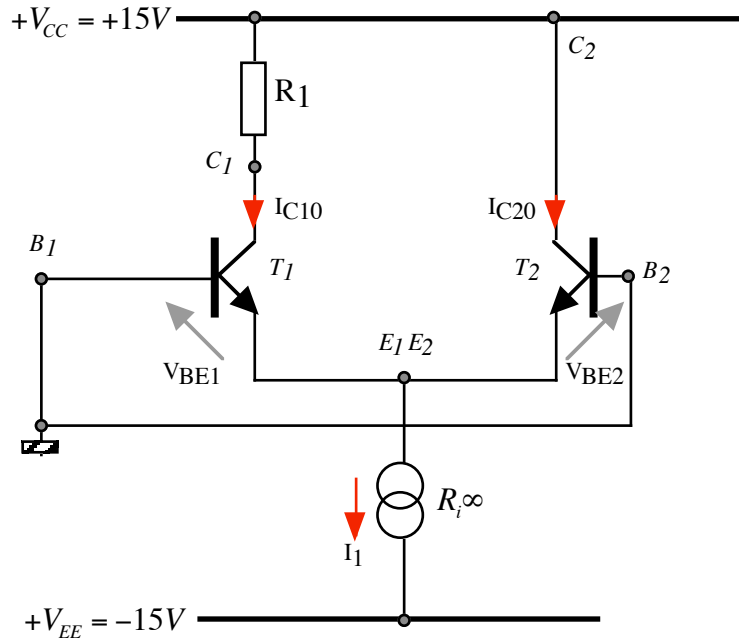
3. Déterminer les expressions de la résistance d'entrée R_{e1} du premier étage et de son gain en tension $A_1 = \frac{v_{s1}}{v_e}$.
4. On désire obtenir un gain en tension A_1 de -200 et une résistance d'entrée R_{e1} de 250 k Ω . Calculer la valeur de la résistance R_1 et de la source de courant I_1 .
5. Déterminer l'expression de la résistance de sortie R_{s1} du premier étage. Faire l'A.N.

Cette résistance de sortie étant trop élevée, on ferme l'interrupteur K pour connecter le 2^o étage. Le générateur de courant parfait I_2 délivre un courant de 1 mA. On admettra que le courant de base de T_2 est négligeable devant le courant de collecteur de T_1 .

6. Au repos, c'est à dire pour $e_g = V_E = 0V$, on désire obtenir une tension de sortie V_S nulle. Calculer la valeur à donner à la résistance R_2 .
7. Donner le schéma aux petites variations du deuxième étage.
8. Déterminer le gain en tension $A_2 = \frac{v_s}{v_{s1}}$ du deuxième étage.
9. Donner le schéma équivalent permettant de déterminer la résistance de sortie R_s du montage complet.
10. Déterminer l'expression de la résistance de sortie R_s . A.N.

CORRECTION ²

1. Schéma du premier étage avec tension d'entrée nulle.

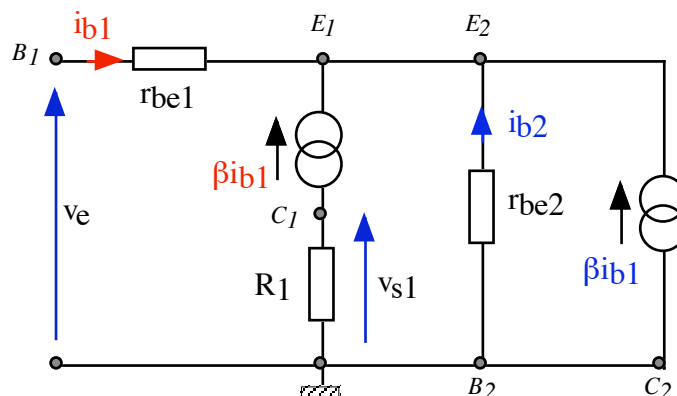


Exprimons les courants de collecteur avec la relation (1) : $I_{C10} = I_{SBC} \exp\left(\frac{V_{BE1}}{U_T}\right)$

$$I_{C20} = I_{SBC} \exp\left(\frac{V_{BE2}}{U_T}\right) \text{ soit : } \frac{I_{C10}}{I_{C20}} = \exp\left(\frac{V_{BE1} - V_{BE2}}{U_T}\right)$$

Sachant que : $0 = V_{BE1} - V_{BE2}$, on en déduit : $I_{C10} = I_{C20}$.

2. Schéma aux petites variations sinusoïdales. Une tension de Early importante correspond à une résistance interne r_{ce} infinie.



3. Sachant que les courants de repos sont égaux, on $r_{be1} = r_{be2} = r_{be} = \beta \frac{U_T}{I_{C0}}$.

Expression de la tension v_e : $v_e = r_{be}(i_{b1} - i_{b2})$

Nœud E_1 : $(\beta + 1)i_{b1} + (\beta + 1)i_{b2} = 0$ soit : $i_{b1} = -i_{b2}$

$$R_{e1} = \frac{v_e}{i_{b1}} = 2r_{be} = 2\beta \frac{U_T}{I_{C0}} \quad (2)$$

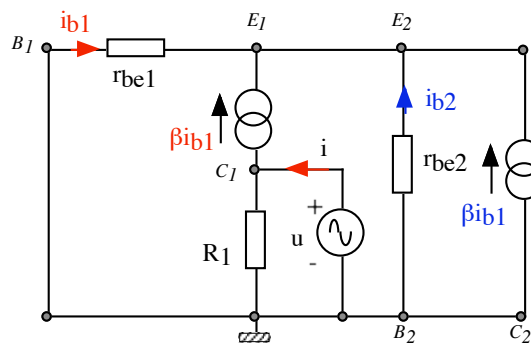
Exprimons la tension v_{s1} : $v_{s1} = -\beta i_{b1} R_1$ et exploitons la relation précédente :

$$A_1 = \frac{v_{s1}}{v_e} = -\frac{\beta R_1}{2r_{be}} \quad (3)$$

4. La relation (2) permet de calculer le courant de repos de collecteur : $I_{C01} = I_{C02} = 50 \mu A$ soit une source de courant I_1 de $100 \mu A$.

Avec $r_{be} = 125 k\Omega$, Pour obtenir un gain A_1 de -200 on doit choisir $R_1 = 200 k\Omega$.

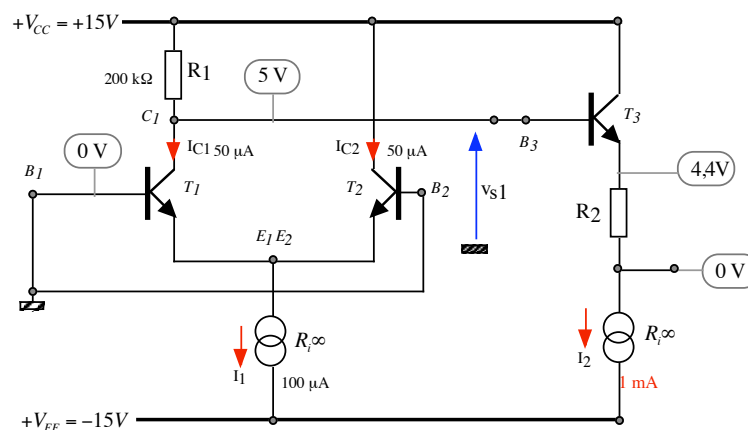
5. Schéma d'analyse pour déterminer la résistance de sortie R_{s1} à l'aide de la méthode de l'ohmmètre (c'est à dire : tension d'entrée nulle et générateur (u, i) placé à la sortie).



La tension d'entrée étant nulle, la relation (2) indique que $i_{b1} = 0$. On a alors i_{b2} nul et les générateurs dépendants βi_{b1} et βi_{b2} sont aussi nuls.

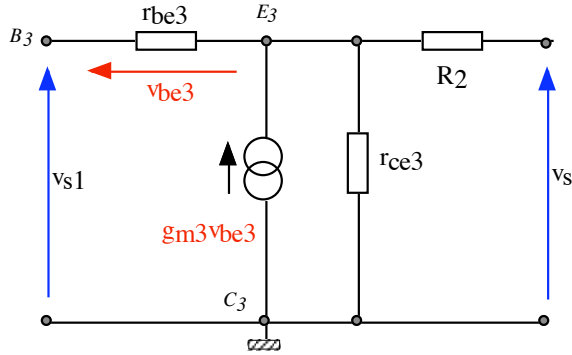
Résistance de sortie : $R_{s1} = R_1 = 200 k\Omega$.

6. Schéma en continu du montage complet avec $V_E = 0V$. Potentiels par rapport à la masse.



Valeur de la résistance R_2 : $4,4 k\Omega$.

7. Schéma aux variations du deuxième étage.



8. Gain en tension du 2° étage.

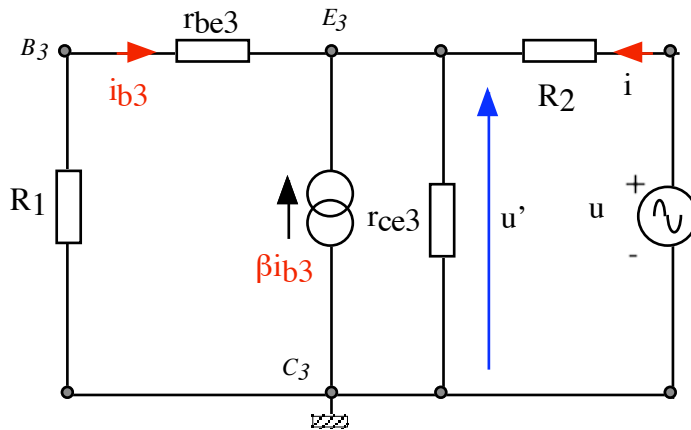
$$\text{Equation au nœud } E_3 : \frac{v_{s1} - v_s}{r_{be3}} + g_{m3}(v_{s1} - v_s) - \frac{v_s}{r_{ce3}} = 0$$

$$v_{s1} \left[\frac{1}{r_{be3}} + g_{m3} \right] = v_s \left[\frac{1}{r_{be3}} + g_{m3} + \frac{1}{r_{ce3}} \right]$$

$$A_2 = \frac{v_s}{v_{s1}} = \frac{\frac{1}{r_{be3}} + g_{m3}}{\frac{1}{r_{be3}} + g_{m3} + \frac{1}{r_{ce3}}} \approx 1 \quad (4)$$

$$r_{be3} = \beta \frac{U_T}{I_{C3}} = 6,25 \text{ k}\Omega \quad g_{m3} = \frac{I_{C3}}{U_T} = 40 \text{ mS} \quad r_{ce3} = 50 \text{ k}\Omega$$

9. Schéma d'analyse pour déterminer la résistance de sortie R_s à l'aide de la méthode de l'ohmmètre. On rappelle que le premier étage se comporte comme un générateur sinusoïdal (qui est annulé dans cette méthode) de résistance interne $R_{s1} = R_1$.



$$\text{Résistance de sortie : } R_s = \frac{u}{i} = R_2 + \frac{u'}{i}$$

$$i = -(\beta + 1)i_{b3} \quad u' = -(r_{be3} + R_1)i_{b3}$$

$$R_s = \frac{u}{i} = R_2 + \frac{R_1 + r_{be3}}{\beta + 1} = 5,2 \text{ k}\Omega \quad (5)$$