

AMPLIFICATEUR DEUX VOIES A TRANSISTORS BIPOLAIRES NPN ET PNP ¹

On considère le montage amplificateur de la figure 1 qui possède deux sorties utilisables. Il utilise deux transistors au silicium à la température de 25 °C :

- T_1 transistor bipolaire NPN tel que : $\beta_1 = 200$
- T_2 transistor bipolaire PNP tel que : $\beta_2 = 100$
- La résistance interne r_{ce} de T_1 et T_2 , importante, sera négligée.
- On donne de plus : $V_{CC} = 15 \text{ V}$ et $|V_{BE}| = 0,6 \text{ V}$.

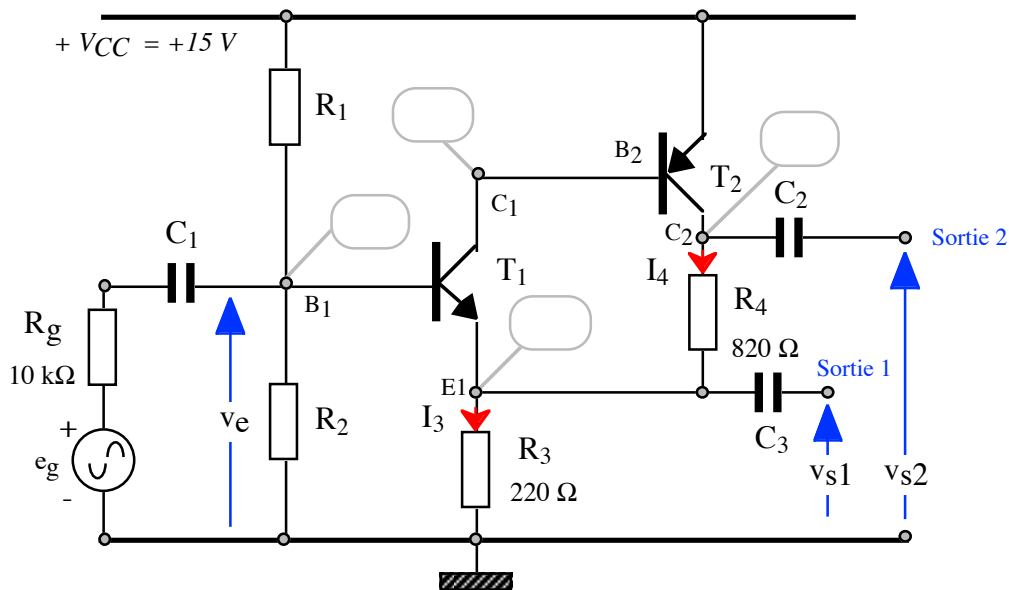


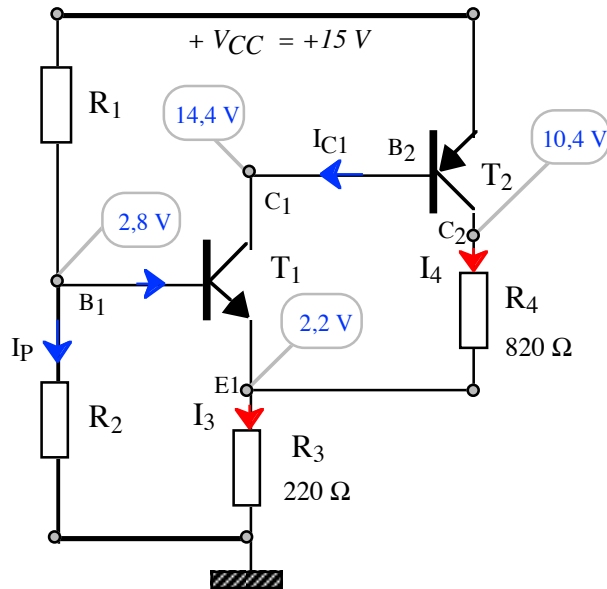
Figure 1

- 1) Calculer l'expression des courants continus I_3 et I_4 du schéma en fonction du courant de base I_{B1} de T_1 et des gains en courant β_1 et β_2 de T_1 et T_2 .
Montrer que les courants I_3 et I_4 sont sensiblement égaux.
- 2) On fixe $I_4 = 10 \text{ mA}$. Déterminer le potentiel par rapport à la masse de tous les nœuds du schéma et reporter leur valeur dans les cadres prévus à cet effet.
- 3) Calculer la valeur à donner aux résistances R_1 et R_2 qui fixent le point de repos de T_1 et par conséquent, celui de T_2 .
- 4) Sachant que l'impédance des condensateurs de liaisons est négligeable, dessiner le schéma équivalent aux petites variations et aux fréquences moyennes du montage complet en utilisant le schéma équivalent en « $\beta_i i_{bi}$ » pour chaque transistor.
- 5) Déterminer l'expression du gain en tension de la voie 1 du montage : $A_1 = v_{s1}/v_e$.
Donner l'expression approchée du gain A_1 et faire l'application numérique.

- 6) Déterminer l'expression de la résistance d'entrée R_e du montage complet vue par le générateur d'excitation (e_g, R_g) entre B_1 et M .
Donner l'expression approchée de R_e et faire l'application numérique.
- 7) Déterminer l'expression du gain en tension $A_2 = v_{s2} / v_e$ lorsqu'on utilise la deuxième voie de sortie. Donner l'expression approchée de A_2 . Que pensez-vous du résultat ?
Faire l'application numérique.
- 8) Déterminer l'expression de la résistance de sortie de la voie 1 : R_{s1} vue entre E_1 et la masse. Dessiner le schéma d'analyse. On négligera l'influence du pont de polarisation de T_1 devant la résistance R_g du générateur.

CORRECTION ²

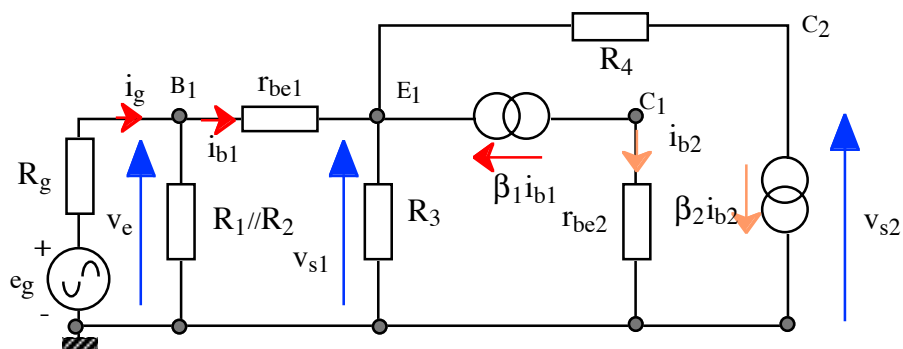
- Expression des courants continus I_3 et I_4 .
Schéma du montage en régime continu :



Courant d'émetteur de T_1 : $I_{E1} = (\beta_1 + 1)I_{B1}$
 Courant de collecteur T_2 : $I_4 = \beta_2 I_{B2} = \beta_2 (\beta_1 I_{B1})$
 Sachant que : $I_3 = I_{E1} + I_4$, on obtient : $I_3 = (\beta_2 \beta_1 + \beta_1 + 1)I_{B1}$

$$\frac{I_3}{I_4} = \frac{\beta_2 \beta_1 + \beta_1 + 1}{\beta_2 \beta_1} \approx 1$$

- Avec $I_4 = 10$ mA, les potentiels des nœuds par rapport à la masse sont indiqués sur la figure.
- Le courant de base de T_1 est de 500 nA. On choisit un courant de pont $I_p = 10$ μ A. Dans ces conditions, on obtient : $R_1 = 1.2$ M Ω et $R_2 = 280$ k Ω .
- Schéma aux petites variations du montage :



5. Expression du gain en tension de la voie 1.

$$v_e = r_{be1} i_{b1} + v_{s1}$$

$$v_{s1} = R_3 [(\beta_1 + 1) i_{b1} - \beta_2 i_{b2}]$$

$$\text{Avec : } i_{b2} = -\beta_1 i_{b1}$$

$$v_{s1} = R_3 [\beta_1 \beta_2 + \beta_1 + 1] i_{b1}$$

Gain en tension sur la voie 1 :

$$\frac{v_{s1}}{v_e} \approx \frac{\beta_1 \beta_2 R_3}{r_{be1} + \beta_1 \beta_2 R_3}$$

$$\text{Avec : } r_{be1} = \beta_1 \frac{U_T}{I_{C1}} = 50k\Omega \ll \beta_1 \beta_2 R_3$$

$$A_1 = \frac{v_{s1}}{v_e} \approx 1$$

6. Résistance d'entrée R_e du montage complet vue par le générateur d'excitation (e_g, R_g) entre B_1 et M.

Par définition : $R_e = \frac{v_e}{i_g}$. Ecrivons l'équation au nœud B_1 .

$$i_g = \frac{v_e}{R_1 // R_2} + i_{b1} \text{ soit : } \frac{I}{R_e} = \frac{i_g}{v_e} = \frac{I}{R_1 // R_2} + \frac{I}{v_e} i_{b1}$$

$$\text{Ce qui permet d'écrire : } R_e = R_1 // R_2 // \frac{v_e}{i_{b1}}$$

$$\text{Or } v_e \approx i_{b1} [r_{be1} + \beta_1 \beta_2 R_3]$$

$$R_e \approx R_1 // R_2 // [r_{be1} + \beta_1 \beta_2 R_3] = 216k\Omega$$

7. Expression du gain en tension $A_2 = v_{s2} / v_e$

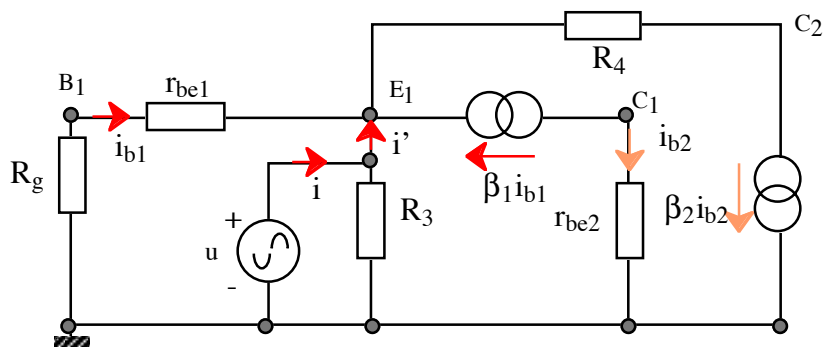
$$v_{s2} = -R_4 \beta_2 i_{b2} + v_{s1} \text{ avec : } i_{b2} = -\beta_1 i_{b1}$$

$$v_{s2} = R_4 \beta_2 \beta_1 i_{b1} + v_{s1}$$

$$v_e \approx i_{b1} [\beta_1 \beta_2 R_3]$$

$$A_2 = \frac{v_{s2}}{v_e} \approx \frac{R_4}{R_3} + \frac{v_{s1}}{v_e} \approx \frac{R_4}{R_3} + 1 = 4,73$$

8. Résistance de sortie de la voie 1. Schéma d'analyse : court-circuiter e_g et placer en sortie un générateur (u, i).



$$R_{s1} = \frac{u}{i} = R_3 // \frac{u}{i'}$$

$$i' = -(\beta_1 + 1)i_{b1} + \beta_1 i_{b2}$$

$$\frac{u}{i'} \approx \frac{R_g + r_{be1}}{\beta_1 \beta_2}$$

$$u = -(R_g + r_{be1})i_{b1}$$

$$i' = -(\beta_1 \beta_2 + \beta_1 + 1)i_{b1}$$

$$R_{s1} \approx R_3 // \frac{R_g + r_{be1}}{\beta_1 \beta_2} = 3\Omega$$