

AMPLIFICATEUR RETROACTIONNE ¹

A - AMPLIFICATEUR A TRANSISTORS COMPLEMENTAIRES

Dans l'étude qui suit, les transistors sont considérés comme des générateurs de courant dépendants parfaits (résistance interne de sortie infinie). Uniquement pour les applications numériques, on prendra $\beta_1 = \beta_2 = 100$. Les condensateurs C_1 et C_2 sont des condensateurs de liaisons d'impédance négligeable. La température est fixée à 25 °C.

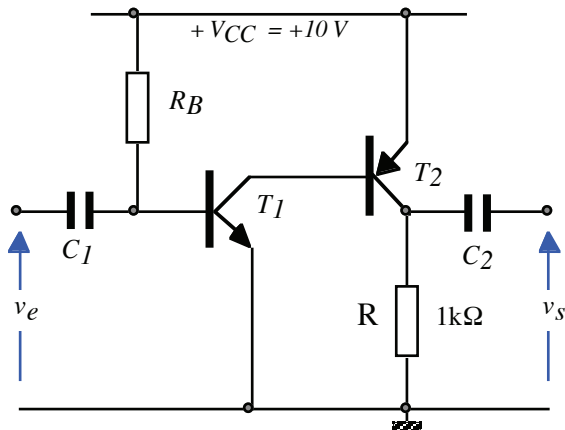


Figure 1

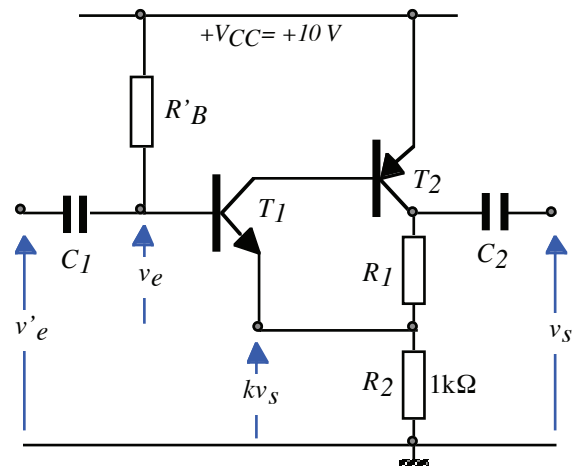


Figure 2

- 1) On considère le montage amplificateur de la figure 1. Le point de fonctionnement du transistor T_2 est centré sur la droite de charge. Déterminer et marquer sur le schéma tous les courants et tensions par rapport à la masse. Calculer la valeur à donner à la résistance R_B .
- 2) Dessiner le schéma aux petites variations du montage de la figure 1. Quel est le type de montage de chaque transistor ?
- 3) Déterminer l'expression du gain en tension $A_0 = v_s/v_e$ du montage ainsi que sa résistance d'entrée. Faire l'A.N.

On veut établir une rétroaction négative. Pour cela, on divise la résistance R en deux résistances R_1 et R_2 de manière à disposer d'une fraction $k.v_s$ de la tension de sortie v_s et on connecte l'émetteur E_1 de T_1 au point commun entre R_1 et R_2 (figure 2). On obtient alors un amplificateur dont l'entrée est maintenant constituée par la tension v'_e . Les courants de repos des transistors sont inchangés et on prend $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ (on suppose à priori que : $R_1 \ll R_2$).

- 4) Calculer la valeur à donner à la résistance de polarisation R'_B .
- 5) Dessiner le schéma équivalent au montage aux petites variations (choisir « $\beta.i_b$ » pour représenter les transistors).
- 6) Montrer, en exploitant le schéma, que le courant i_{e1} du transistor T_1 peut être négligé. Dans ces conditions exprimer le facteur k en fonction de R_1 et R_2 .

¹ Ph.ROUX © 2009

<http://rouxphi3.perso.cegetel.net>

- 7) En déduire l'expression du gain en tension de l'amplificateur rétroactionné : $A' = v_s/v'_e$. Montrer qu'on peut l'écrire sous la forme (en supposant que $R_1 \ll R_2$) : $A' = \frac{v_s}{v'_e} = \frac{A_0}{1 + kA_0}$.
- 8) Calculer le facteur k , puis R_1 , afin que le gain A' soit exactement égal à 1.
- 9) Calculer littéralement la résistance d'entrée du montage en fonction de R'_B , r_{be1} , A' et le facteur k . Faire l'A.N.

B - APPLICATION : CHARGE LINEAIRE D'UN CONDENSATEUR

Le montage de la figure 3 comprend un amplificateur de tension de gain en tension A_v , de résistance d'entrée infinie. E_0 est une source de tension continue. L'interrupteur K étant fermé, on l'ouvre à l'instant zéro.

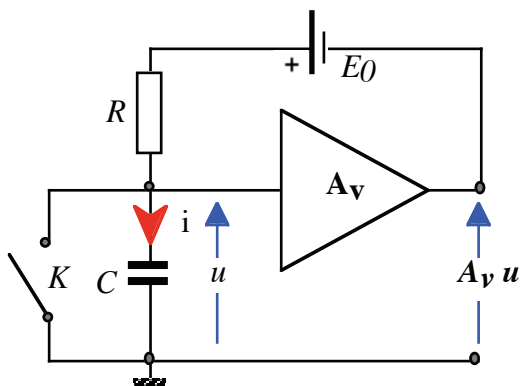


Figure 3

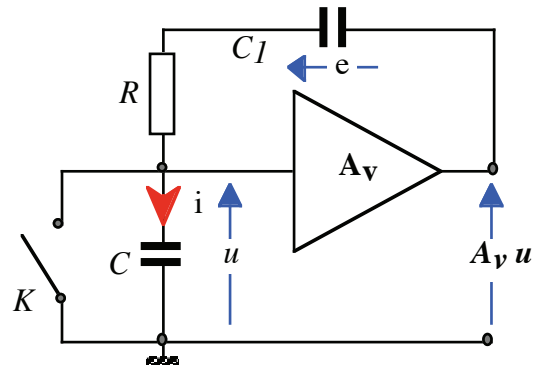


Figure 4

- 10) Montrer que si $A_v = 1$, le condensateur se charge à courant constant.
- 11) La source E_0 n'ayant aucun point à la masse, on préfère la remplacer par un condensateur C_1 de forte valeur (figure 4). Le condensateur C_1 sera rechargé périodiquement par un moyen non représenté ici. E_0 est alors remplacée par la différence de potentiel e présente aux bornes de C_1 . L'amplificateur ayant un gain en tension A_v quelconque, une résistance d'entrée toujours infinie, trouver l'équation différentielle reliant le courant i aux éléments du montage. La mettre sous la forme :

$$\frac{di}{dt} + \frac{a}{RC}i = 0$$

Où a est un paramètre fonction des éléments du montage.

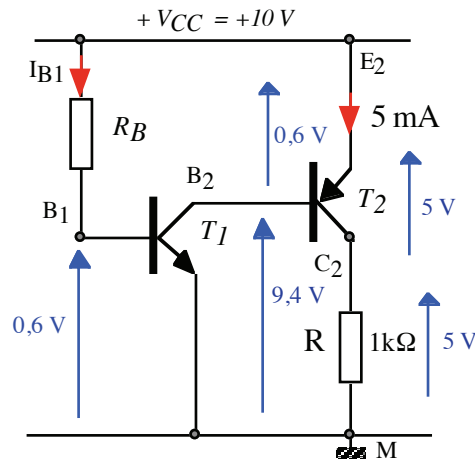
- 12) A l'aide de l'expression de a , déterminer la valeur de A_v en fonction de C et C_1 pour que C se charge à courant constant. Faire l'A.N. avec $C_1 = 10 C$.
- 13) L'amplificateur de gain A_v est en fait constitué par le montage 2 de la partie A. Déterminer la valeur de la résistance R_1 pour obtenir la valeur de A_v souhaitée.

CORRIGE

A - AMPLIFICATEUR A TRANSISTORS COMPLEMENTAIRES

Question 1

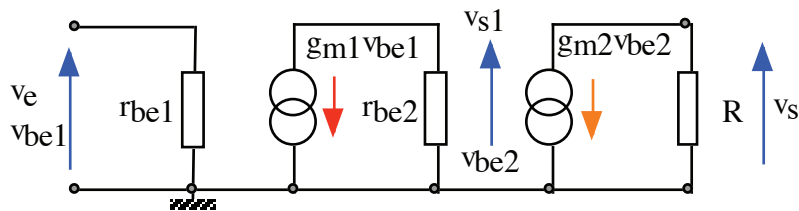
Le point de repos de T_2 étant centré sur la droite de charge, on a alors : $V_{CE}(T_2) = \frac{V_{CC}}{2}$. On en déduit : $I_{C2} = 5 \text{ mA}$.



Courant de base de T_1 : $I_{B1} = \frac{I_{C2}}{\beta^2} = 500 \text{ nA}$ soit : $R_B = 18,8 \text{ M}\Omega$.

Question 2

Schéma aux petites variations du montage.



Montages émetteurs communs classiques.

Question 3

Paramètres aux variations des transistors T_1 et T_2 .

$$r_{be1} = 50 \text{ k}\Omega \quad g_{m1} = 2 \text{ mS} \quad r_{be2} = 500 \text{ }\Omega \quad g_{m2} = 200 \text{ mS}$$

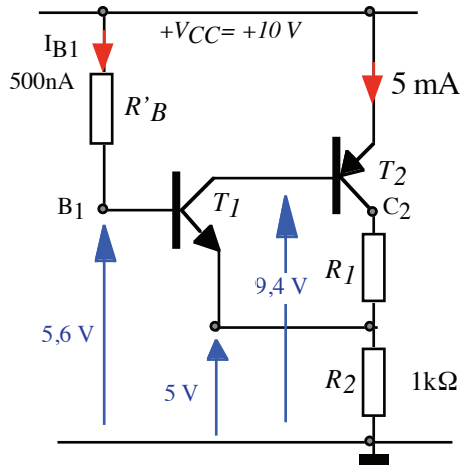
- Gain en tension du 1^o étage : $A_1 = -g_{m1} \cdot r_{be2} = -1$.
- Gain en tension du 2^o étage $A_2 = -g_{m2} R = -200$.

Gain du montage complet :

$$A_0 = \frac{\beta^2 R}{r_{be1}} = 200$$

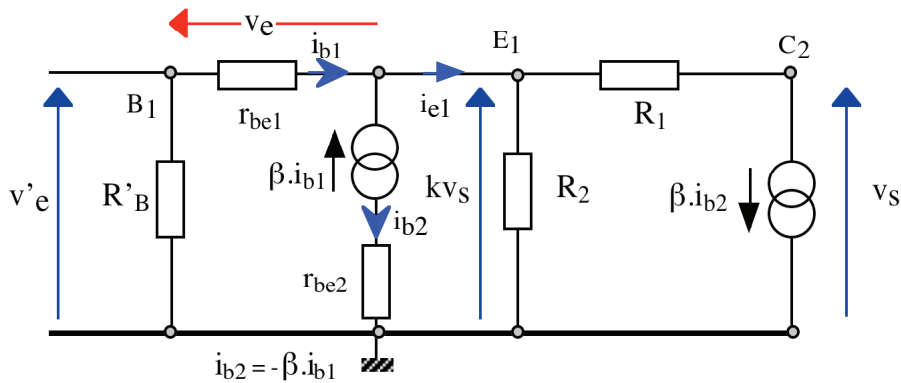
Résistance d'entrée : $R_e = R_B // r_{be1} = 50 \text{ k}\Omega$.

Question 4 : schéma du montage en régime continu.



Le courant de base I_{B1} de T_1 est inchangé. Pour assurer ce courant, on doit choisir : $R'_B = 8,8 \text{ M}\Omega$.

Question 5 : Schéma aux petites variations du montage complet :



Question 6

Calculons le rapport $\frac{i_{e1}}{\beta i_{b2}}$:

$$\frac{i_{e1}}{\beta i_{b2}} = \frac{(\beta + 1) i_{b1}}{\beta i_{b2}} = \frac{(\beta + 1) i_{b1}}{\beta^2 i_{b1}} \approx \frac{1}{\beta} = \frac{1}{100}$$

On peut donc négliger i_{e1} devant βi_{b2} , entrainant : $k = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

Question 7

Sachant que : $v'_e = v_e + k.v_s$, le gain du montage s'exprime : $\frac{v_s}{v'_e} = \frac{v_s}{v_e + k.v_s} = \frac{\frac{v_s}{v_e}}{1 + k \frac{v_s}{v_e}}$

Calculons le rapport v_s/v_e :

$$v_e = r_{be1} i_{b1} \quad v_s = -\beta^2 i_{b1} (R_1 + R_2)$$

Soit : $\frac{v_s}{v_e} = \frac{\beta^2 (R_1 + R_2)}{r_{be1}} \approx A_0$ si $R_1 \ll R_2$.

Donc :

$$A' = \frac{v_s}{v'_e} = \frac{A_0}{1 + kA_0}$$

Question 8 : Application numérique : $A_0 = 200$, $k = 0,995$ et $R_1 = 5 \Omega$.

Question 9

Résistance d'entrée de l'amplificateur rétro actionné : $R_e = R'_B // \frac{v'_e}{i_{b1}}$

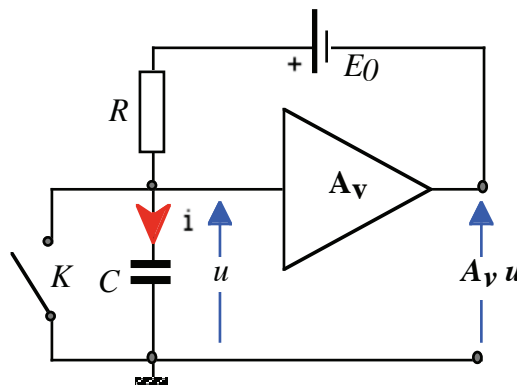
Avec : $v'_e = r_{be1} i_{b1} + k v_s$ et $v'_e = r_{be1} i_{b1} + k A' v'_e$

$$\frac{v'_e}{i_{b1}} = \frac{r_{be1}}{1 - kA'}$$

A.N. $R_e = 4,7 M\Omega$, valeur beaucoup plus élevée que celle du premier montage.

B - APPLICATION : CHARGE LINEAIRE D'UN CONDENSATEUR

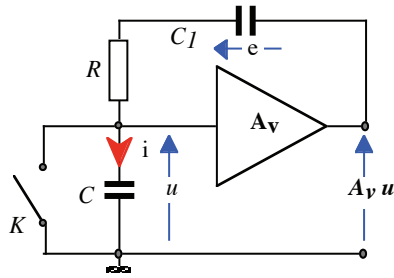
Question 10



Expression du courant i : $i = \frac{E_0 + A_v u - u}{R} = \frac{E_0}{R} + u(A_v - 1)$

Lorsque le gain A_v est égal à 1 alors le courant i est constant.

Question 11



Mise en équations du montage.

$$u = -Ri + e + A_v u$$

$$u(1 - A_v) = -Ri + e \quad \text{avec : } i = -C_1 \frac{de}{dt}$$

$$\text{Soit en dérivant par rapport au temps : } \frac{du}{dt}(1 - A_v) = -R \cdot \frac{di}{dt} + \frac{de}{dt}$$

$$\frac{di}{dt} + \frac{i}{R} \left(\frac{1 - A_v}{C} + \frac{1}{C_1} \right) = 0$$

$$\text{Soit le paramètre : } a = 1 - A_v + \frac{C}{C_1}$$

Question 12 : La charge de C est à courant constant pour $a = 0$ soit : $A_v = 1 + \frac{C}{C_1} = 1,1$

Question 13 : valeur de la résistance : $R_1 = 106 \Omega$