

## AMPLIFICATEUR DIFFERENTIEL JFET CANAL N A CHARGE ACTIVE ⇒

*But du problème : le transistor JFET possède une transconductance  $g_m$  faible. Dans ces conditions, les montages habituels, avec une résistance  $R_D$  dans le drain, ont un gain en tension faible. On préfère donc, remplacer  $R_D$  par " une charge active " qui, en continu, assure le courant de repos du JFET, et aux variations présente une résistance de valeur élevée.*

On considère le montage de la figure 1 qui constitue un " recopieur de courant " qui utilise, à la température de 25 °C, trois transistors PNP intégrés identiques ayant :

- Un gain en courant  $\beta_p$  de 20
- Une tension de Early  $V_{AP}$  de 60 V.

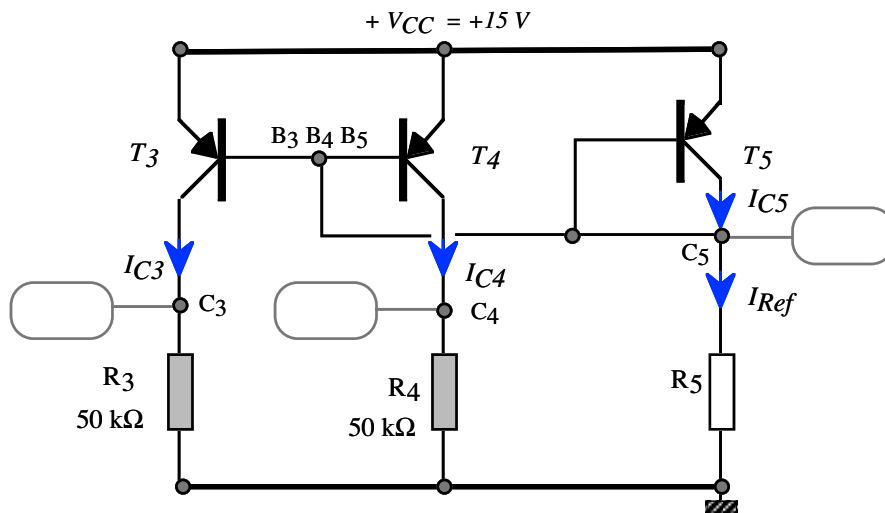


Figure 1 : montage recopieur de courant

Les transistors sont câblés de telle manière que leur tension base émetteur soit identique.

Ces transistors obéissent à la loi :  $I_C = I_{SBC} \exp\left(\frac{|V_{BE}|}{U_T}\right)$  avec le même courant  $I_{SBC}$ .

Dans ces conditions, les courants  $I_{C3}$  et  $I_{C4}$  sont égaux et tels que :  $I_{C3} = I_{C4} = \frac{I_{ref}}{1 + \frac{3}{\beta_p}}$

- 1) Calculer la valeur à donner à la résistance  $R_5$  pour obtenir :  $I_{C3} = I_{C4} = 200 \mu A$ . Donner la valeur des potentiels par rapport à la masse des noeuds indiqués en figure 1.
- 2) Dessiner le schéma équivalent au montage aux petites variations et aux fréquences moyennes. On aura intérêt à nommer  $R_{eq}$  la résistance équivalente à la mise en parallèle des résistances  $r_{be3}$ ,  $r_{be4}$ ,  $r_{be5}$ ,  $R_5$  et  $r_{ce5}$ . Justifier que les transistors ont la même transconductance  $g_m$ .
- 3) Déterminer en justifiant, l'expression de la résistance de sortie  $r$  du montage vue par la résistance  $R_3$  entre  $C_3$  et la masse. Faire l'application numérique.  
On admettra que la résistance de sortie du montage vue par la résistance  $R_4$  entre  $C_4$  et la masse est identique à la précédente.

On supprime les résistances  $R_3$  et  $R_4$  de la figure 1 qui sont remplacées par un étage différentiel à transistors JFET ( $T_1, T_2$ ) rigoureusement identiques (figure 2). La source de  $T_1$  et de  $T_2$  est reliée à un générateur de courant  $I_0$  parfait de résistance interne  $R_i$  infinie. L'ensemble des transistors bipolaires et  $R_5$  constitue "la charge active" des transistors JFET.

Les transistors JFET canal N  $T_1$  et  $T_2$  sont tels que dans la zone de plateau utilisée :

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2 (1 + \lambda V_{DS})$$

Paramètres	$I_{DSS}$	$V_p$	$g_m$	$\lambda$
Valeurs ou expressions	2 mA	-1 V	$g_m = \left[ \frac{\partial I_C}{\partial V_{GS}} \right]_{V_{DS\,ct}}$	$10^{-2} (V^{-1})$

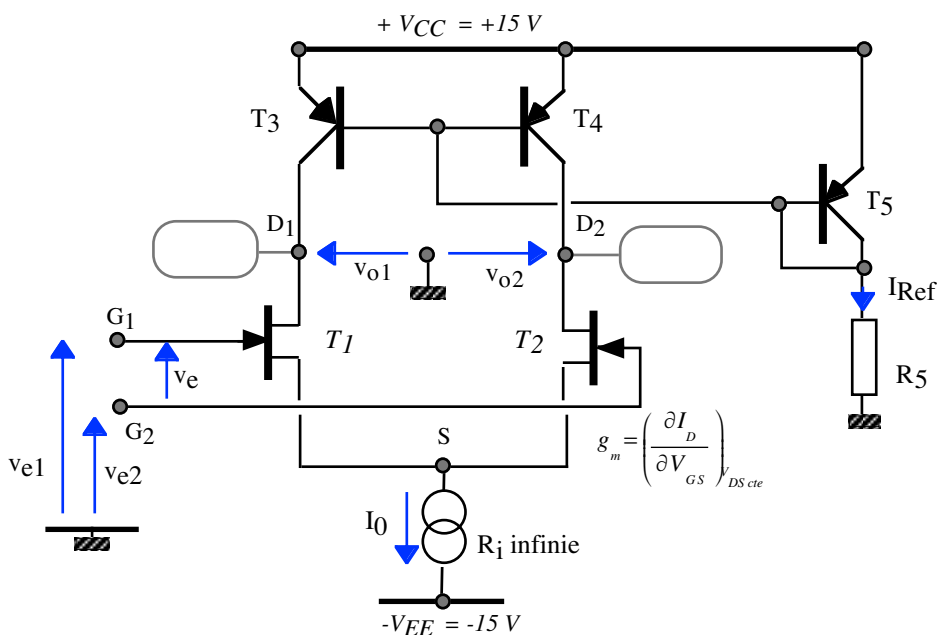


Figure 2 : amplificateur différentiel à charge active

4) Au repos, lorsque les grilles  $G_1$  et  $G_2$  sont reliées à la masse, déterminer la valeur du courant de repos de drain de  $T_1$  et  $T_2$ . Déterminer la valeur de la source de courant  $I_0$ . Remarque : le potentiel par rapport à la masse du drain de  $T_1$  et  $T_2$  est identique à celui qui a été calculé en question 1.

5) Aux variations, la résistance de charge de  $T_1$  et  $T_2$  est constituée par la résistance  $r$  calculée en question 3. Dans ces conditions, dessiner le schéma équivalent au montage, aux petites variations et aux fréquences moyennes.

6) Déterminer l'expression du gain différence du montage différentiel :  $A_d = \frac{v_{o1} - v_{o2}}{v_{e1} - v_{e2}}$  en fonction de

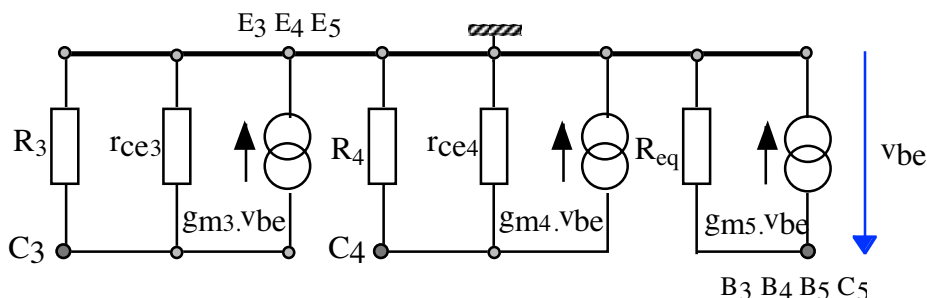
$g_m, r_{ds}$  et  $r$ .

7) Faire l'application numérique.

## CORRECTION

Q1 :  $V_{C3M} = 10 \text{ V}$      $V_{C5M} = 14,4 \text{ V}$      $I_{\text{ref}} = 230 \mu\text{A}$ .  
 Avec  $V_{BE} = 0,6 \text{ V}$  :  $R_5 = 62,6 \text{ k}\Omega$ .

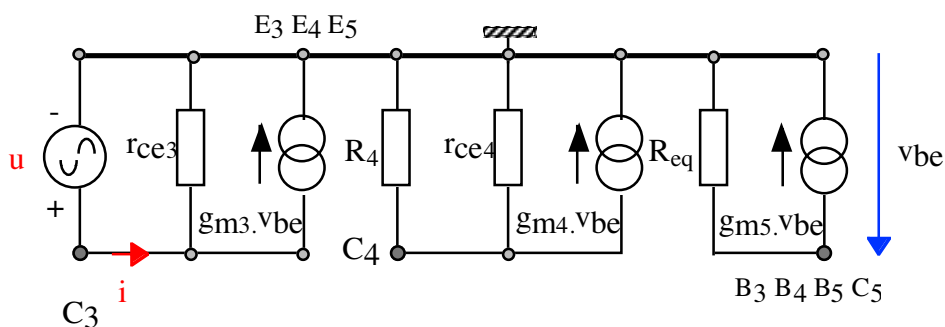
Q2 : Schéma équivalent au montage aux petites variations et aux fréquences moyennes.



Les transistors ont le même courant de collecteur. Leur transconductance  $g_m = \frac{I_C}{U_T}$  est identique.

Q3 : Résistance de sortie  $r$  du montage vue par la résistance  $R_3$  entre  $C_3$  et la masse. On utilise la méthode de l'ohmmètre :

- Enlever  $R_3$
- Mettre à sa place un générateur  $(u, i)$
- Alors  $r = u/i$



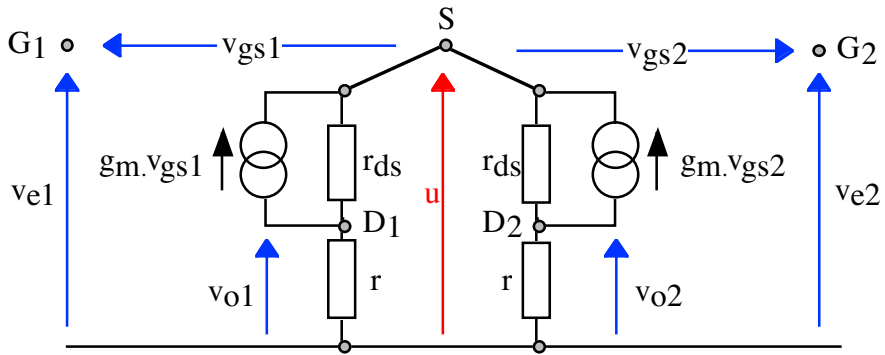
$$v_{be} = -R_{eq} g_{m5} v_{be} \quad \text{soit : } v_{be} (1 + R_{eq} g_{m5}) = 0 \quad \text{solution : } v_{be} = 0.$$

Conséquence : les générateurs de courant dépendants  $(g_m \cdot v_{be})$  sont nuls, alors :

$$r = r_{ce3} = \frac{V_{AP} + |V_{CE3}|}{I_{C3}} = 325 \text{ k}\Omega$$

Q4 : Les grilles  $G_1$  et  $G_2$  sont à la masse,  $0 = V_{GS1} - V_{GS2}$  soit :  $V_{GS1} = V_{GS2}$ . Dans ces conditions, la loi du JFET montre que :  $I_{D1} = I_{D2} = 200 \mu\text{A}$ . Soit  $I_0 = 400 \mu\text{A}$ .

Q5 : Schéma équivalent au montage, aux petites variations et aux fréquences moyennes.



Q6 :

$$\text{Equation au nœud } D_1 : \quad -\frac{v_{o1}}{r} - g_m v_{gs1} + \frac{u - v_{o1}}{r_{ds}} = 0 \quad (1)$$

$$\text{Equation au nœud } D_2 : \quad -\frac{v_{o2}}{r} - g_m v_{gs2} + \frac{u - v_{o2}}{r_{ds}} = 0 \quad (2)$$

L'élimination de la tension  $u$  des équations (1) et (2) permet d'écrire :

$$A_d = \frac{v_{o1} - v_{o2}}{v_{gs1} - v_{gs2}} = -\frac{g_m}{\frac{1}{r} + \frac{1}{r_{ds}}} = -g_m (r // r_{ds})$$

Q7 : Application numérique

$$g_m = -\frac{2}{V_P} \sqrt{I_{DSS} I_{Drepos} (1 + \lambda V_{DS})}$$

$$V_{GSrepos} = -0,683 \text{ V} \quad V_{DSrepos} = 10,68 \text{ V} \quad g_m = 1,26 \text{ mS}$$

$$r_{ds} = \frac{1 + \lambda |V_{DSrepos}|}{\lambda I_{Drepos}} = 500 \text{ k}\Omega$$

$$A_d = -248$$