

¹MONTAGE AMPLIFICATEUR A TRANSISTORS JFET CANAL N ET BIPOLAIRE PNP

On considère le montage amplificateur donné en figure 1 qui utilise deux transistors au silicium à la température $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, alimentés par une tension $+V_{CC} = +15\text{ V}$.

T_1 : JFET canalN	$I_{DSS} = 12\text{ mA}$	$V_p = -2\text{ V}$	$\lambda = 10^{-3}\text{ V}^{-1}$
T_2 : bipolaire PNP	$\beta = 200$	$V_{BE} = -0,6\text{ V}$	$V_A = 100\text{ V}$

V_A est la tension de Early de T_2 .

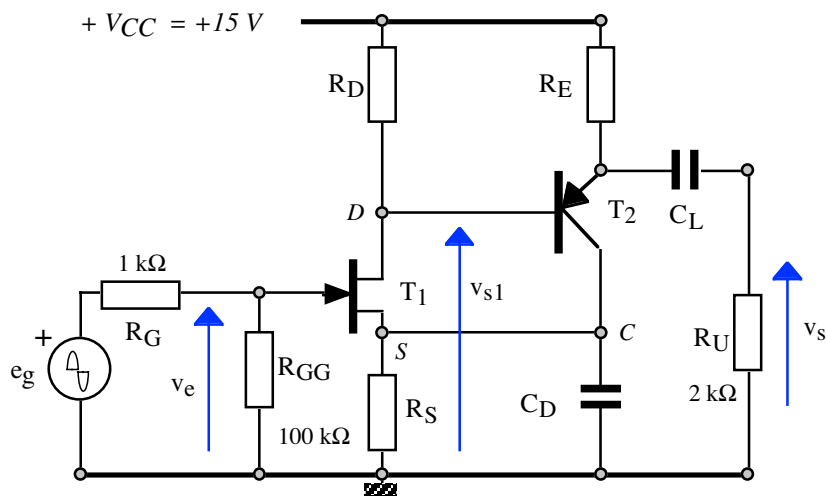


Figure 1

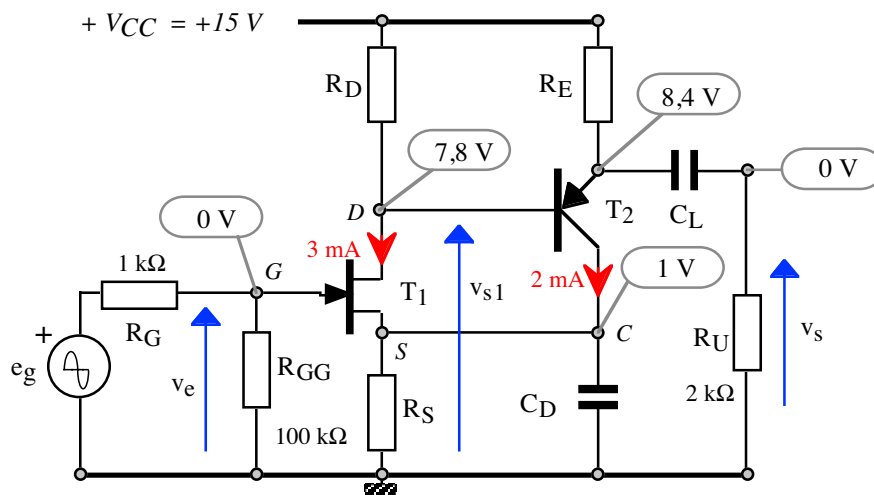
- On désire fixer le point de repos du transistor T_1 de telle manière que : $I_D = 3\text{ mA}$, $V_{DS} = 6,8\text{ V}$. Calculer la valeur de la tension V_{GS} de T_1 .
- Exprimer la tension V_{GS} en fonction de R_S et des courants de drain I_D de T_1 et de collecteur I_C de T_2 .
Sachant que l'on prend $I_C = 2\text{ mA}$, en déduire la valeur de la résistance R_S .
Déterminer le potentiel par rapport à la masse de tous les noeuds du schéma et reporter leur valeur dans les cadres prévus à cet effet.
- En déduire la valeur à donner aux résistances R_D et R_E .
- Déterminer la valeur des paramètres suivants: g_m , r_{ds} pour T_1 , r_{be} et r_{ce} pour T_2 .
- Dessiner le schéma équivalent aux petites variations et aux fréquences moyennes du montage complet en utilisant le modèle en " βi_b " pour T_2 sachant que les condensateurs de découplage C_D et de liaison C_L ont alors une impédance très faible.
- Calculer dans l'ordre les expressions (en posant $R_{\text{équi}} = r_{ce} // R_E // R_U$) :
 - De la résistance d'entrée R_{e2} de l'étage T_2 .
 - De son gain en tension A_2 .

- 7) En déduire le gain en tension A_1 du premier étage ainsi que celui du montage complet A.
- 8) Déterminer l'expression de la résistance d'entrée R_e du montage complet vue par le générateur d'attaque (e_g, R_G).
- 9) Déterminer l'expression de la résistance de sortie R_S du montage complet vue par la résistance d'utilisation R_U .
- 10) En supposant qu'à la fréquence $f = 20$ Hz , la capacité de liaison C_L a encore une impédance négligeable, calculer la valeur à donner au condensateur de découplage C_D pour assurer une fonction découplage égale à -0,1 dB (à $f = 20$ Hz).
A cet effet, calculer d'abord l'expression de la résistance de sortie R_{sd} du montage vue par le condensateur de découplage C_D entre C et M . Simplifier au maximum cette expression.
Attention: on négligera alors les résistances r_{ds} de T_1 et r_{ce} de T_2 .

CORRECTION

Q1 : Tension V_{GS} du JFET : $V_{GS} = V_P \left(1 - \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}(1 + \lambda V_{DS})}}\right) = -1V$

Q2 : $V_{GS} = V_{GM} - R_S (I_D + I_C)$. Sachant que le courant de grille est supposé nul : $V_{GM} = 0V$
 $R_S = 200 \Omega$.



Q3 : Le courant de base de T_2 ($10 \mu A$) est négligeable devant $I_D = 3 mA$.
 $R_E = 3,3 k\Omega$ $R_D = 2,4 k\Omega$.

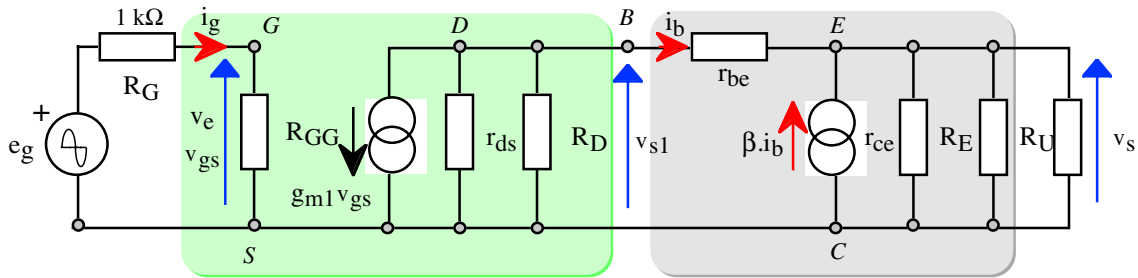
Q4 : Pour le JFET :

- $g_{m1} = -\frac{2}{V_P} \sqrt{I_{DSS} I_D (1 + \lambda V_{DS})} = 6mS$
- $r_{ds} = \frac{1 + \lambda V_{DS}}{\lambda I_D} = 335k\Omega$

Pour le transistor bipolaire :

- $r_{be} = \beta \frac{U_T}{I_C} = 2,5k\Omega$
- $r_{ce} \approx \frac{V_A + V_{CE}}{I_C} = 53,7k\Omega$
- $g_{m2} = \frac{I_C}{U_T} = 80mS$

Q5 : Schéma équivalent aux petites variations et aux fréquences moyennes du montage :



Q6a : Résistance d'entrée du deuxième étage : $R_{e2} = \frac{v_{s1}}{i_b}$

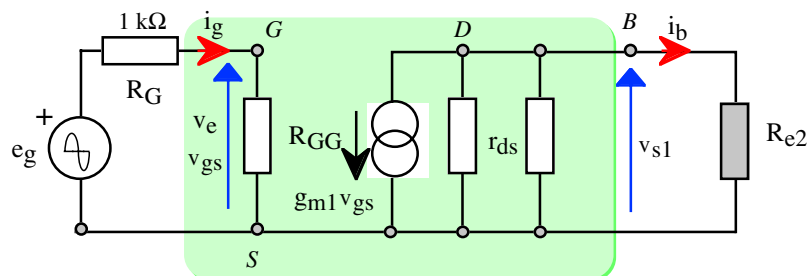
On pose : $R_{eq} = r_{ce} // R_E // R_U$ $R_{e2} = r_{be} + (\beta + 1)R_{eq} = 247k\Omega$

Q6b

Gain en tension : $A_2 = \frac{v_s}{v_{s1}} = \frac{(\beta + 1)R_{eq}}{R_{e2}} = 0,99$

Résultat logique car T_2 est monté en collecteur commun.

Q7 : Vis-à-vis du premier étage, le second présente sa résistance d'entrée R_{e2} qui vient en parallèle avec r_{ds} et R_D .



$A_1 = \frac{v_{s1}}{v_e} = -g_m(r_{ds} // R_D // R_{e2}) = -14,6$

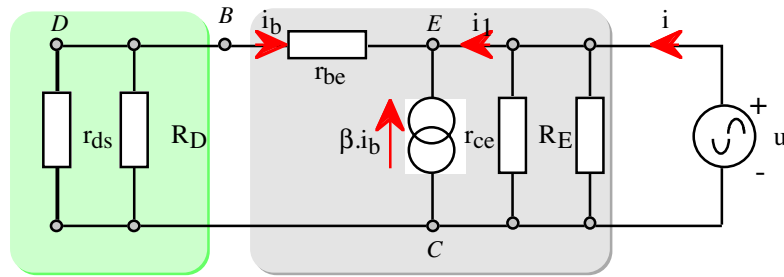
$$A = A_1 \cdot A_2 = -14$$

Q8 : $R_e = \frac{v_e}{i_g} = R_{GG}$

Q9 : Pour obtenir l'expression de la résistance de sortie R_s on utilise la méthode de l'ohmmètre. Il faut alors, court-circuiter le générateur indépendant e_g , enlever R_U , et placer en sortie, un générateur de tension parfait, sinusoïdal, nommé u , maintenu à l'instant t sur l'alternance positive et délivrant alors un courant i . Selon la loi d'Ohm, on obtient l'expression de la résistance R_s en déterminant l'expression du rapport u/i .

Le générateur e_g nul, entraîne l'annulation de v_{gs} et donc du générateur dépendant $g_m \cdot v_{gs}$.

Le schéma d'analyse est donc le suivant :



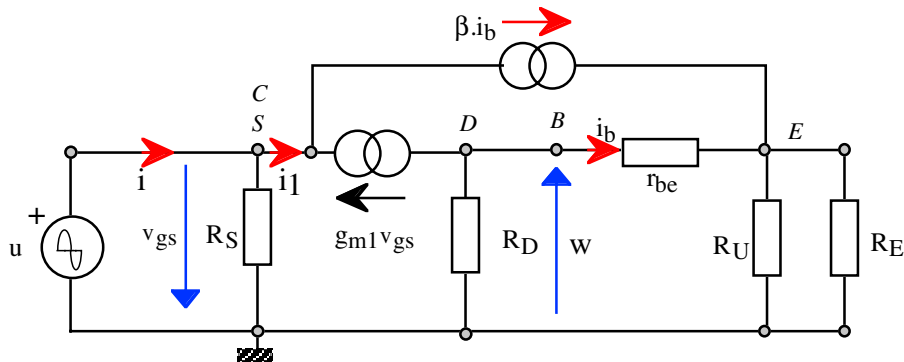
$$R_s = \frac{u}{i} = R_E // r_{ce} // \frac{u}{i_1}$$

$$i_1 = -(\beta + 1)i_b$$

$$u = -(r_{be} + (r_{ds} // R_D))i_b$$

$$R_s = R_E // r_{ce} // \frac{r_{be} + (r_{ds} // R_D)}{\beta + 1} = 24 \Omega$$

Q10 : Pour obtenir R_{sd} , on utilise la méthode de « l'ohmmètre » vis à vis de C_D que l'on enlève du schéma car c'est elle qui voit R_{ds} . Le schéma d'analyse est alors le suivant :



$$R_{sd} = R_S // \frac{u}{i_1} \quad \text{avec : } i_1 = \beta i_b + g_m u \quad \text{et } v_{gs} = -u$$

Ecrivons l'équation au nœud B (ou D) :

$$g_m u - \frac{w}{R_D} - i_b = 0$$

Exprimons la tension w : $w = i_b [r_{be} + (\beta + 1)(R_E // R_U)]$

Soit :

$$g_m u = i_b \frac{R_D + r_{be} + (\beta + 1)(R_E // R_U)}{R_D}$$

$$i_b \approx u \frac{g_m R_D}{(\beta + 1)(R_E // R_U)}$$

Il vient alors :

$$R_{sd} = R_S // \frac{u}{i_1} = R_S // \frac{1}{g_m \left(1 + \frac{R_D}{R_E // R_U}\right)} = 44 \Omega$$

Pour calculer la capacité de découplage, on utilise la règle approximative du « 1/10 » car la fonction de découplage est fixée à -0,1 dB pour 20 Hz.

$$\frac{1}{2\pi f C_D} = \frac{R_{ds}}{10} \quad \text{soit : } C_D = 1800 \mu\text{F}$$