

## ETUDE D'UN AMPLIFICATEUR DE TENSION A GAIN ASSERVI →

On désire réaliser un amplificateur dont l'amplitude de la tension de sortie reste sensiblement fixe lorsque l'amplitude de la tension d'entrée varie autour d'une valeur nominale. Cet amplificateur est donc équipé d'un régulateur de gain. Cette régulation est obtenue en faisant varier automatiquement le taux de rétroaction négative à l'aide d'une résistance variable constituée par un transistor J.F.E.T canal N.

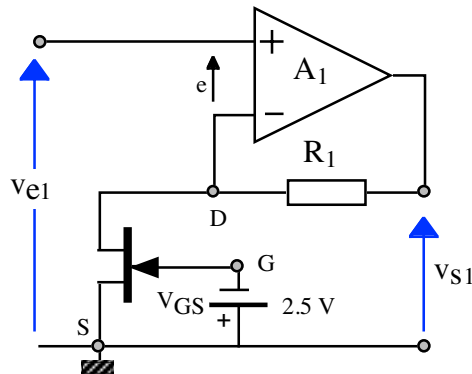


Figure 1

L'amplificateur dont le schéma est donné en figure 1, utilise un amplificateur opérationnel  $A_1$  parfait utilisé en mode linéaire. Entre l'entrée - et la masse, on a disposé un transistor JFET canal N utilisé dans sa zone ohmique, c'est-à-dire travaillant sous une tension  $V_{DS}$  faible ( $v_{DS} = v_{e1}$ ) où ses caractéristiques sont symétriques par rapport à l'origine. Dans la zone ohmique, la résistance  $R_{DS}$  du JFET est donnée par la loi :

$$R_{DS} = \frac{R_{DS0}}{1 + kV_{GS}}$$

Avec :  $R_{DS0} = 100 \Omega$  et  $k = 1/3 \text{ V}^{-1}$ . Le graphe de la figure 2 indique l'évolution de la résistance  $R_{DS}$  du JFET en fonction de la tension  $V_{GS}$ .

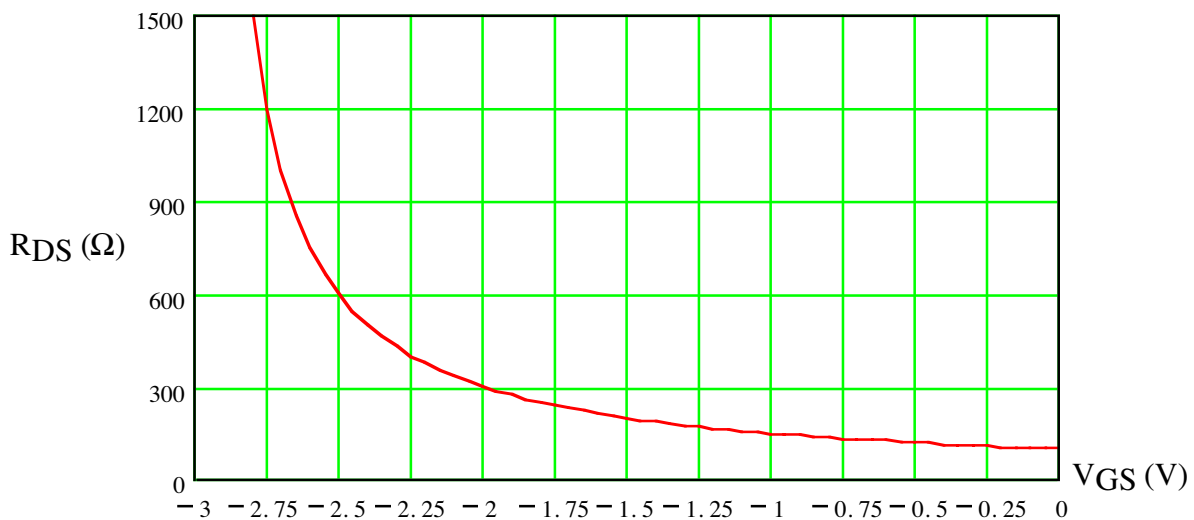


Figure 2 : Evolution de la résistance  $R_{DS}$  en fonction de  $V_{GS}$

## I. ETUDE DE L'AMPLIFICATEUR

1.1) Sachant que la tension de repos  $V_{GS}$  du JFET est fixée à  $-2,5$  V, calculer la valeur à donner à la résistance  $R_1$  pour obtenir un gain en tension du montage :  $A = v_{s1} / v_{e1}$  de 101.

1.2) Pour les petites variations autour du point de repos choisi, à savoir  $V_{GS} = -2,5$  V, l'on peut écrire, en assimilant la courbe  $R_{DS} = f(V_{GS})$  à sa tangente :  $dR_{DS} = -a dV_{GS}$ . Déterminer l'expression du coefficient de proportionnalité  $a$  et donner sa valeur numérique sans oublier son unité.

1.3) En supposant maintenant que la tension continue  $V_{GS}$  varie légèrement autour de sa valeur nominale, montrer qualitativement que le gain  $A$  du montage varie. Indiquer le sens de ces variations.

## II. ETUDE DE L'ELEMENT DE COMMANDE AUTOMATIQUE

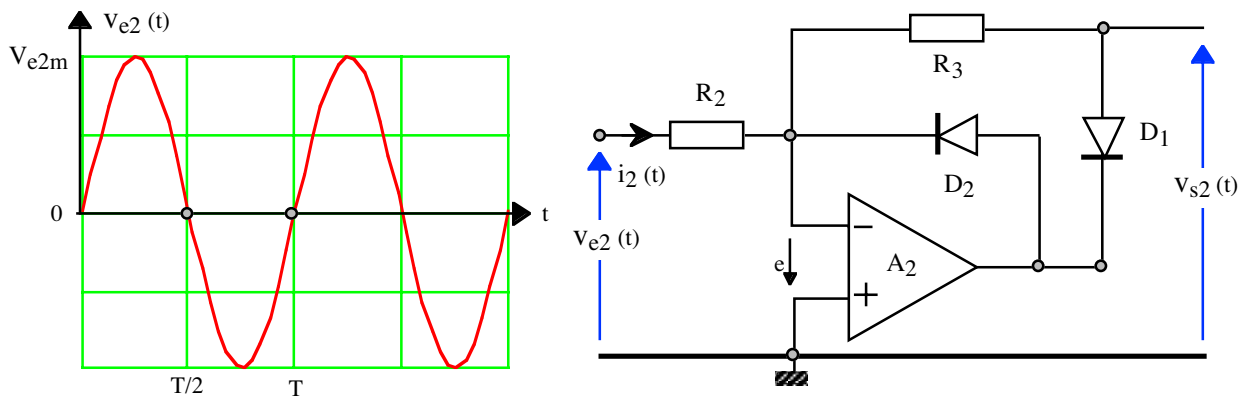


Figure 3

Le montage de commande (figure 3) utilise un autre amplificateur opérationnel idéal  $A_2$  attaqué par une tension sinusoïdale  $v_{e2} = V_{e2m} \sin(\omega.t)$ , d'amplitude  $V_{e2m}$ . Les diodes  $D_1$  et  $D_2$  sont idéales.

2.1) Montrer qualitativement, en analysant l'état des diodes  $D_1$  et  $D_2$ , pour :

- $0 < t < T/2$
- $T/2 < t < T$ ,

que la tension de sortie  $v_{s2}(t)$  est obtenue par redressement mono-alternance de la tension d'entrée  $v_{e2}(t)$ . Dessiner sur une période la forme de la tension de sortie  $v_{s2}(t)$ .

2.2) En déduire lorsque la diode  $D_1$  est passante, l'expression du rapport des amplitudes  $V_{s2m} / V_{e2m}$  en fonction des résistances  $R_2$  et  $R_3$ .

## III ETUDE DE L'AMPLIFICATEUR A GAIN ASSERVI

Le schéma complet de l'amplificateur à gain asservi est donné en figure 4 où la tension sinusoïdale d'entrée  $v_{e1}$  a une amplitude nominale (ou par défaut)  $V_{e1m}$  de 10 mV.

On utilise ici, le montage de la figure 3 avec  $v_{s1} = v_{e2}$  et la sortie  $v_{s2}$  connectée sur la grille du JFET par l'intermédiaire d'une capacité  $C$ . Cette capacité a une valeur suffisante (100  $\mu$ F) pour conserver entre ses bornes, la valeur de crête de la tension  $V_{s2}(t)$  analysée dans la 2<sup>o</sup> partie.

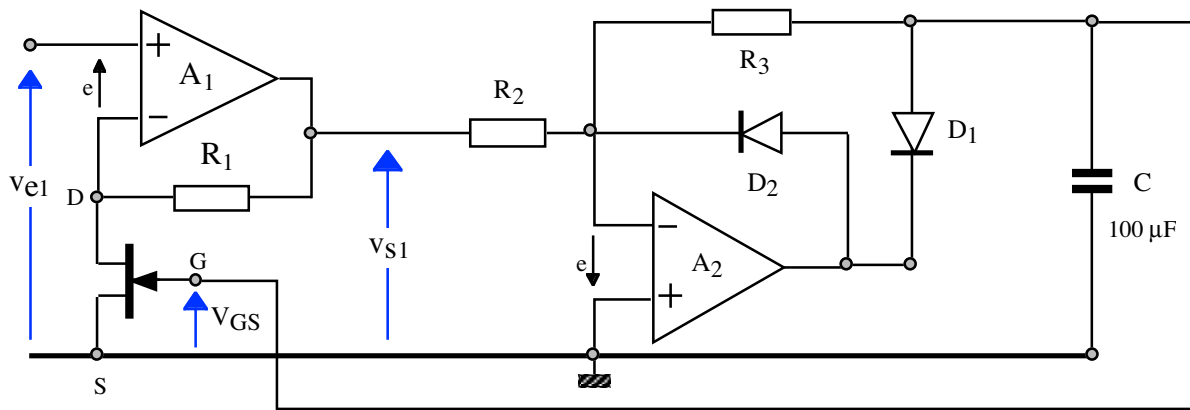


Figure 4

3.1) Ecrire la relation liant la tension continue  $V_{GS}$  et l'amplitude  $V_{e1m}$  de la tension d'entrée  $v_{e1}$  en fonction de  $R_{DS}$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$ .

On donne  $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ , calculer la valeur à donner à la résistance  $R_3$  pour obtenir :  $V_{GS} = -2,5\text{V}$ .

3.2) On suppose maintenant que l'amplitude  $V_{e1m}$  de la tension d'entrée varie de  $dV_{e1m}$  autour de sa valeur nominale égale à 10 mV. Le système étant rétro actionné, la variation de l'amplitude de  $v_{e1}$  entraîne une variation de la tension  $V_{GS}$  qui va modifier  $R_{DS}$ .

Comme le montre le résultat de la question 3.1, la tension  $V_{GS}$  est fonction de deux variables  $V_{e1m}$  et  $R_{DS}$ . En déduire l'expression de la variation  $dV_{GS}$  de  $V_{GS}$  (différentielle totale) en fonction des variations  $dV_{e1m}$  de  $V_{e1m}$  et  $dR_{DS}$  de  $R_{DS}$ .

3.3) En exploitant les propriétés du montage (questions 1.2, 3.1), rechercher l'expression du facteur

de régulation :  $S = \frac{dV_{s1m}}{dV_{e1m}}$  en fonction de  $R_{DS}$ ,  $R_1$ ,  $a$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  et  $V_{e1m}$ .

Faire l'application numérique pour la valeur nominale  $V_{e1m} = 10\text{mV}$ .

## CORRIGE

Q11 :  $V_{GS} = -2,5 \text{ V}$        $R_{DS} = 600 \ \Omega$        $A = \frac{v_{sl}}{v_{e1}} = 1 + \frac{R_1}{R_{DS}}$        $R_1 = 60 \text{ k}\Omega$

---

Q12 :  $a = -\frac{dR_{DS}}{dV_{GS}}$       avec :  $R_{DS} = \frac{R_{DS0}}{1 + kV_{GS}}$        $a = \frac{kR_{DS0}}{(1 + kV_{GS})^2} = 1200 \text{ A}^{-1}$

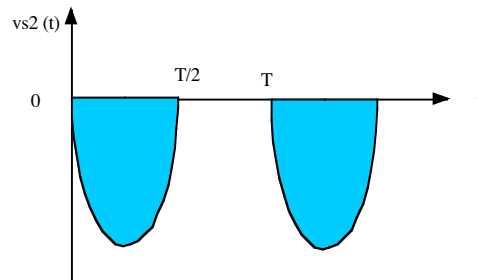
---

Q13 : Si  $V_{GS}$  diminue  $\rightarrow R_{DS}$  augmente  $\rightarrow A$  diminue  
 Si  $V_{GS}$  augmente  $\rightarrow R_{DS}$  diminue  $\rightarrow A$  augmente

---

Q21 : lorsque  $0 < t < T/2$  la diode  $D_1$  est passante et  $D_2$  bloquée ( $i_2(t) > 0$ )  
 Pour  $T/2 < t < T$ , la diode  $D_2$  est passante et  $D_1$  bloquée ( $i_2(t) < 0$ )

$V_{s2}(t)$  a la forme suivante qui correspond à un redressement mono alternance :



Q22 :  $D_1$  passante entraîne :  $\frac{V_{s2m}}{V_{e2m}} = -\frac{R_3}{R_2}$   
 $D_1$  est idéale c'est-à-dire analogue à un court-circuit.

---

Q31 :  $V_{GS} = V_{s2m} = -\frac{R_3}{R_2} V_{s1m}$       avec :  $V_{s1m} = (1 + \frac{R_1}{R_{DS}}) V_{e1m}$

$$V_{GS} = -\frac{R_3}{R_2} (1 + \frac{R_1}{R_{DS}}) V_{e1m}$$

$R_3 = 247,5 \text{ k}\Omega$

---

Q32 : Sachant que :  $V_{GS} = -\frac{R_3}{R_2} (1 + \frac{R_1}{R_{DS}}) V_{e1m}$

On calcule la différentielle totale :

$$dV_{GS} = \left( \frac{\partial V_{GS}}{\partial V_{e1m}} \right)_{R_{DS}cte} dV_{e1m} + \left( \frac{\partial V_{GS}}{\partial R_{DS}} \right)_{V_{e1m}cte} dR_{DS}$$

soit :

$$dV_{GS} = -\frac{R_3}{R_2} \left(1 + \frac{R_1}{R_{DS}}\right) dV_{e1m} + V_{e1m} \frac{R_3}{R_2} \frac{R_1}{R_{DS}^2} dR_{DS}$$

Q33 : Sachant que :  $dR_{DS} = -a dV_{GS}$        $dV_{GS} = -\frac{R_3}{R_2} \left(1 + \frac{R_1}{R_{DS}}\right) dV_{e1m} - V_{e1m} \frac{R_3}{R_2} \frac{R_1}{R_{DS}^2} a dV_{GS}$

Or :  $V_{GS} = -\frac{R_3}{R_2} V_{S1m}$  ce qui entraîne :  $dV_{GS} = -\frac{R_3}{R_2} dV_{S1m}$

Dans ces conditions :  $S = \frac{dV_{S1m}}{dV_{e1m}} = \frac{1 + \frac{R_1}{R_{DS}}}{1 + \frac{R_3}{R_2} V_{e1m} \frac{R_1}{R_{DS}^2} a}$

$S = 16,97$