

Travail PSpice3-Diode

Lamouline – Laurent – FSA13BA

Cette fois nous nous intéressons au fonctionnement d'un NMOS (technologie $0.5\mu\text{m}$) présent dans un circuit d'amplification. J'ai choisis d'étudier le comportement de ce dernier dans un amplificateur à drain commun (« Common-Drain or Source-Follower Amplifier ») qui a pour principale caractéristique d'avoir un gain de 1. Ce circuit permettra d'avoir une puissance plus importante à la sortie, c'est donc ici le principal intérêt d'un tel amplificateur.

Le circuit a typiquement l'aspect suivant :

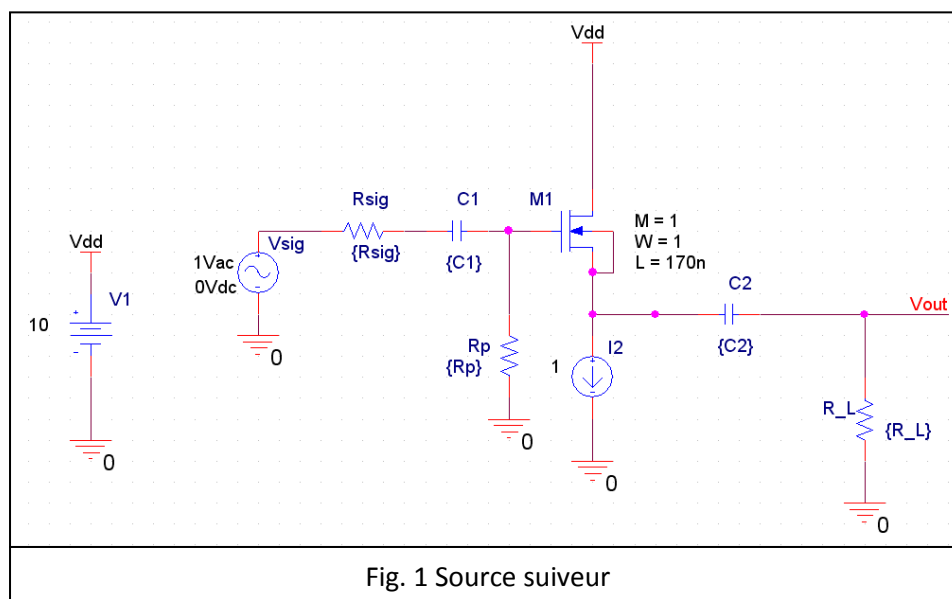
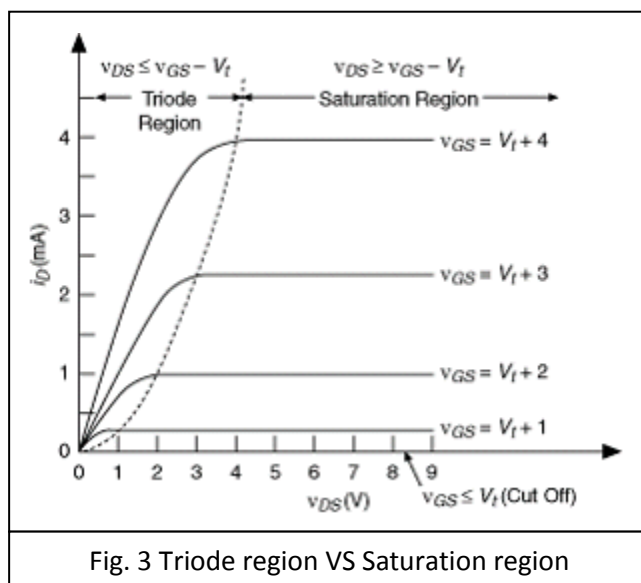
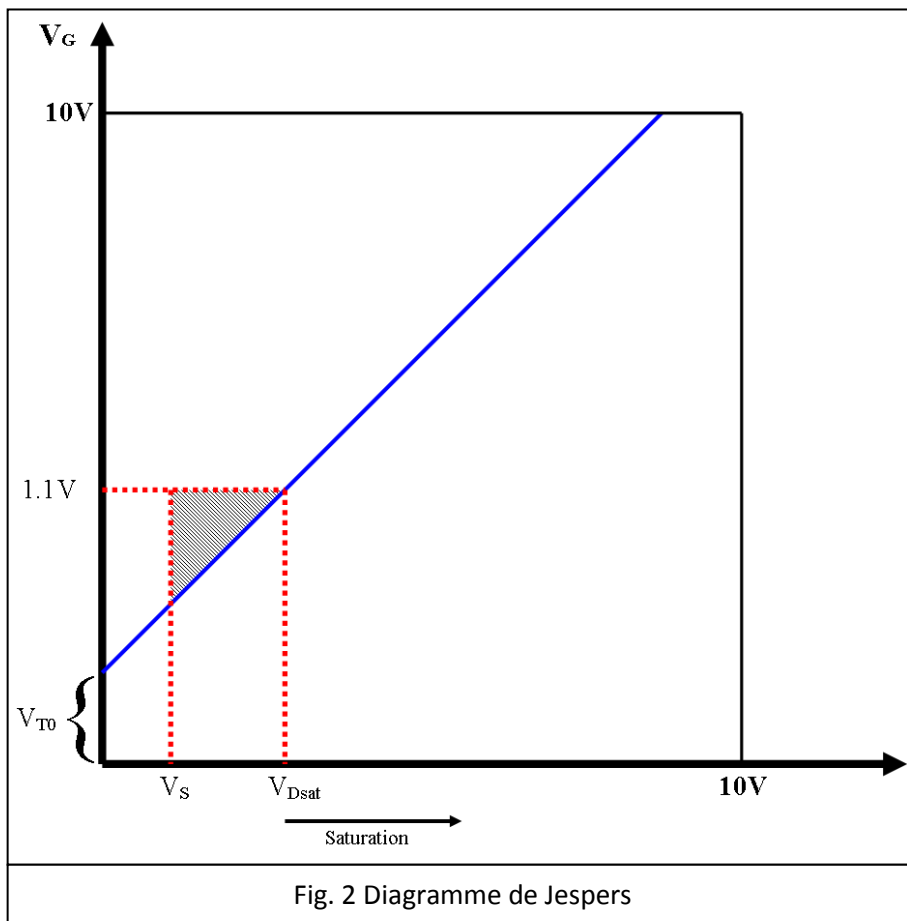


Fig. 1 Source suiveur

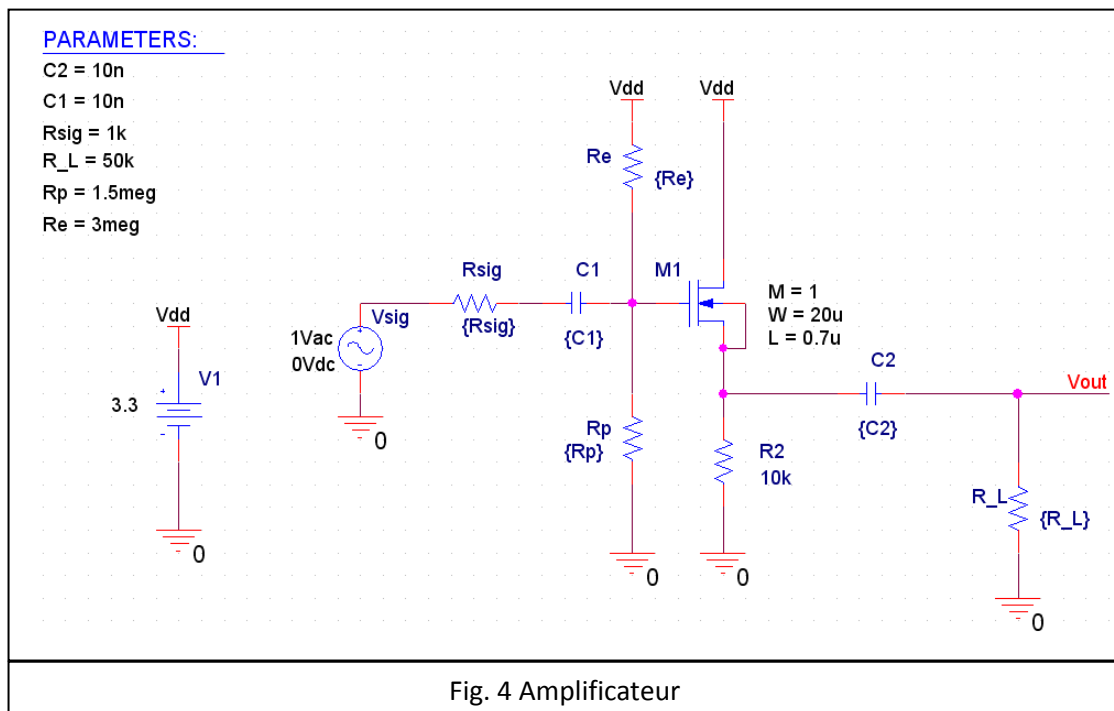
Un tel circuit ne pourra fonctionner correctement que si on sature le NMOS, pour cela, il est nécessaire de fixer un point de fonctionnement, c'est-à-dire imposer une tension à la grille de façon à ce que V_{DS} soit supérieure à V_{DSat} qui est la tension de saturation (cfr Fig.2). Pour un tel fonctionnement, I_D ne dépend plus de V_{DS} et est linéaire (cfr Fig. 3).



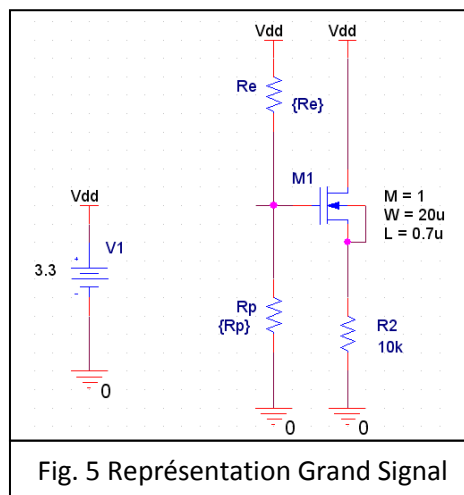
Simulations 1 : <Common-Drain.opj>

Nous allons maintenant tenter de fixer des valeurs aux différents composants afin que le circuit reproduise le résultat attendu, c'est-à-dire un gain proche de 1.

Pour commencer, il va falloir fixer un point de fonctionnement à notre circuit, pour cela on va ajouter une résistance R_e connectée au gate et à une tension V_{dd} (cfr Fig. 4). Les valeurs de R_e et R_p devront être relativement élevées afin qu'un très faible courant les traverse, on évite ainsi une consommation trop importante de puissance. On va donc choisir de manière arbitraire $R_e=3\text{meg}$ et $R_p=1.5\text{meg}$.

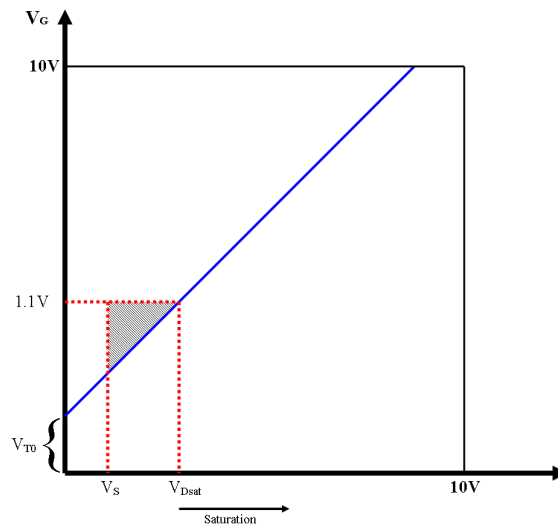


Afin de déterminer la tension V_G , on va considérer la représentation du circuit en grand signal. Dès lors, le circuit se simplifie comme représenté à la figure Fig. 5.



La valeur de V_G peut dès lors être calculée grâce à la formule du diviseur de tension : $V_G = V_{DD} \cdot \frac{R_p}{R_p + R_e} = 3,3 \cdot \frac{1,5e^6}{1,5e^6 + 3e^6} = 1,1V$

On va maintenant se baser sur le diagramme de Jaspers (cfr Fig. 2) pour déterminer la tension de saturation V_{Dsat} . Il est maintenant temps de donner une valeur à V_{T0} et à λ (représente la pente de la courbe bleue ci-dessous). Des valeurs courantes pour ces deux paramètres sont respectivement 0.7V et $1V^{-1}$.



Si l'on connaît V_{GS} (1.1V), λ ainsi que V_{T0} , on peut déterminer V_{Dsat} qui est donné par : $V_{Dsat} = \frac{V_{GS} - V_{T0}}{\lambda} = \frac{1,1 - 0,312 - 0,7}{1} = 0,088V$.

Il faut donc que V_D soit supérieure à 0.088V, ce qui est bien le cas car on a choisi $V_{DD} = 3.3V$.

Nous pouvons maintenant déterminer I_D :

$$I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L_{eff}} (1 + \lambda \cdot V_{DS}) (V_{GS} - V_{T0})^2 \text{ avec } \mu_n C_{ox} = 170,1 \mu A/V^2$$

$$\text{et } L_{eff} = 0,6 - 2,0,08 = 0,44 \mu m \text{ et } W = 22 \mu m \text{ (cfr table 4.8)}$$

$$I_D = 8,505e^{-5} \frac{W}{L} (1,1 - 0,312 - 0,7)^2 (1 + 0,1 \cdot V_{DS}) = 33,52 \mu A$$

Il est à présent possible de déterminer la transconductance g_m :

$$g_m = \frac{2I_D}{V_{ov}} \text{ avec } V_{ov} = V_{GS} - V_t = 0,088V$$

$$\text{Et donc, } g_m = \frac{2 \cdot 33,52e^{-6}}{0,088} = 7,62e^{-4} \frac{A}{V}$$

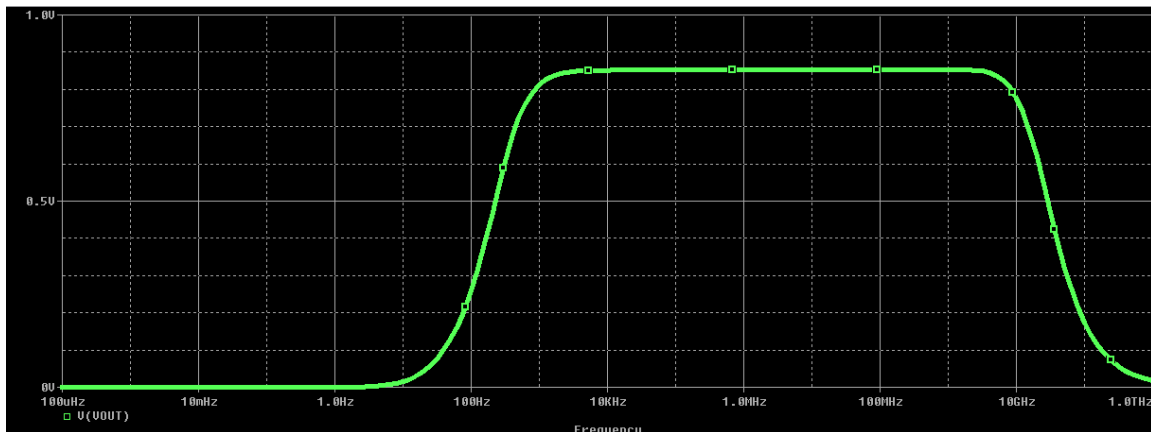
On peut en déduire r_0 :

$$r_0 = \frac{1}{\lambda I_D} = 300k\Omega$$

Pour terminer, on peut enfin déterminer le gain du circuit ainsi monté :

$$A_v = \frac{\left(\frac{1}{R_L} + \frac{1}{r_0} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1}}{\left(\frac{1}{R_L} + \frac{1}{r_0} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1} + \frac{1}{g_m}} = 0,86$$

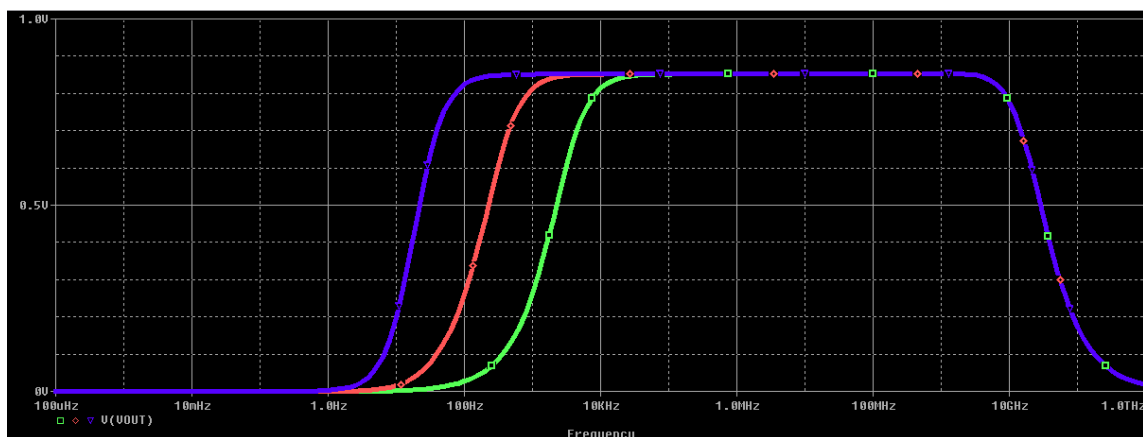
On va maintenant comparer la solution obtenue avec la simulation PSpice :



On retrouve bien le gain calculé d'environ 0.86 sur la simulation ci-dessus.

Simulations 2 : <Common-Drain.opj>

On va maintenant s'intéresser au comportement du circuit lorsqu'on fait varier la capacité C2 avec trois valeurs différentes : 1nF, 10nF et 150nF.



Lorsqu'on augmente la valeur de la capacité, on s'attend à ce que la fréquence de coupure soit plus petite et augmente lorsque la capacité diminue.

Pour une capacité de 1nF (courbe verte), on trouve comme fréquence de coupure :

$$f_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_L \cdot C_2} = 3183\text{Hz} \quad \text{ce qui est proche de la valeur sur le graphe ci-dessus}$$

Pour une capacité de 10nF (courbe verte), on trouve comme fréquence de coupure :

$$f_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_L \cdot C_2} = 318\text{Hz} \text{ ce qui est aussi proche de la valeur sur le graphe ci - dessus}$$

Et enfin, pour une capacité de 150nF (courbe verte), on trouve comme fréquence de coupure :

$$f_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_L \cdot C_2} = 21.22\text{Hz} \text{ idem}$$