

Séance 3 : Réalisation d'un ampli à transistor

1 Introduction

Les passages nécessitant des pré-déterminations ou des réflexions théoriques sont indiqués par un symbole ⚙️ dans la marge, ceux nécessitant de manipuler du matériel par le symbole 🛠️ et les passages informatif par ℹ️.

1.1 But de la manipulation et objectifs d'apprentissage

Le but de ce laboratoire est de réaliser un pré-amplificateur audio pour une radio AM en utilisant un transistor MOS. Ce pré-amplificateur est un amplificateur de classe A, particulièrement apprécié des audiophiles mais ayant un mauvais rendement.

À la fin de ce laboratoire, vous devez être capable :

- de réaliser le pré-amplificateur audio avec un étage source commune
- d'expliquer le fonctionnement de l'étage source commune et sa polarisation.
- d'utiliser le mode XY d'un oscilloscope.

1.2 Prérequis

- Chapitre n° 17 du livre de référence (ed 5)
- Circuit RC du premier ordre.
- TP n° 2, exercice 6 sur la polarisation
- TP n° 5 portant sur les transistors MOS

1.3 Matériel

Composant	Valeur	Quantité
Résistance	56 ♂	x1
	100 ♂	x1
	150 ♂	x1
	10 k♂	x2
	30 k♂	x1
Condensateur	10 nF	x2
Transistor TN0604N3- G		x1

1.4 Prédéterminations

Les déterminations des questions 1, 6 et 9 doivent être faites avant l'arrivée au laboratoire. Le TP 5 portant sur les transistors MOS fait également office de prédéterminations.

2 Caractérisation du transistor

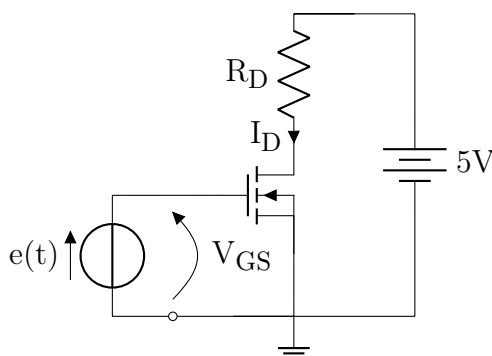


Le transistor utilisé dans ce laboratoire est un TN0604N3-G. Référez-vous à sa fiche technique lorsque des résultats analytiques sont demandés.

Avant de dimensionner l'étage en source commune, il est nécessaire de caractériser le transistor afin de déterminer sa transconductance g_m . On cherche en particulier à déterminer sous quelles conditions il se comporte comme une source de courant commandée en tension.

2.1 Caractéristique $I_D = f(V_{GS})$

Pour relever la caractéristique $I_D = f(V_{GS})$, vous utiliserez le montage suivant. La résistance R_D sert à limiter le courant traversant le transistor pour ne pas le détruire.



Question 1. Déterminez R_D tel que le transistor ne dissipe pas plus de 65mW.

Astuce

Trouvez d'abord l'expression de la puissance dissipée par le transistor en fonction de son courant de drain I_D . Trouvez ensuite la valeur de I_D maximisant la puissance.



Assemblez ce montage en utilisant un transistor TN0604N3-G et une résistance R_D de 100 Ω .

Astuce

Référez-vous à la documentation technique pour connaître la configuration des pattes du transistor. Faites attention à bien identifier la partie *bombée* du composant et ne mélangez pas les pattes !

Question 2. Relevez manuellement des points de la caractéristique $I_D = f(V_{GS})$ pour V_{GS} compris entre 0V et 2V.

Astuce

Pour aller plus loin, vous pouvez directement afficher la caractéristique en utilisant le mode XY de l'oscilloscope. Vous pourrez ainsi observer V_{DS} en fonction de V_{GS} . Puisque $I_D = \frac{E - V_{DS}}{R_D}$, on peut retrouver la caractéristique par opération graphique.



Question 3. Cette caractéristique est-elle linéaire ou quadratique ? Peut-on utiliser ce montage pour amplifier des signaux (V_{in})

- ☐ de grande amplitude ;
- ☐ de petite amplitude ;
- ☐ de n'importe quelle amplitude.



Question 4. Quelle est la tension de seuil V_{th} que vous observez ? Vérifiez que cette valeur est cohérente avec l'intervalle de valeurs donné dans la fiche technique.



Question 5. Choisissez judicieusement un point de fonctionnement sur le relevé précédent.

Munissez-vous ensuite des caractéristiques de sortie du transistor se trouvant en annexe de cet énoncé et tracez-y la droite de charge du transistor pour une tension d'alimentation de 5V et $R_D = 100\Omega$. Indiquez dans quelle zone fonctionne le transistor sur cette droite de charge.

Déduisez-en l'amplitude maximale possible en sortie pour le point de fonctionnement choisi.

3 Amplifier avec un montage en source commune

La partie précédente permet de conclure que l'amplification est possible avec un transistor MOS. Nous allons donc construire un montage amplificateur autour du transistor.

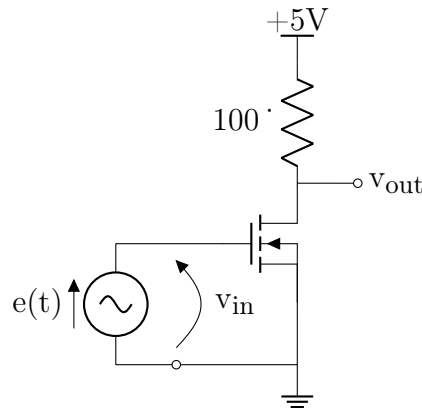


FIGURE 1 – Montage à améliorer



Question 6. Déterminez théoriquement la **forme** du signal de sortie v_{out} pour

$$v_{in} = V_{max} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$$

avec $V_{max} = 2V$, $V_{TH} \simeq 0.6V$ et $f = 10kHz$.



Question 7. Vérifiez expérimentalement la forme de V_{out} .

Donnez **deux raisons** pour lesquelles ce circuit ne convient pas pour réaliser un amplificateur linéaire ? Comment pourriez-vous régler ces problèmes ?



Question 8. Manipulez votre signal V_{in} pour essayer d'améliorer la forme de V_{out} .

Astuce

Le générateur possède une fonctionnalité « *offset* » permettant de décaler le signal positivement ou négativement.

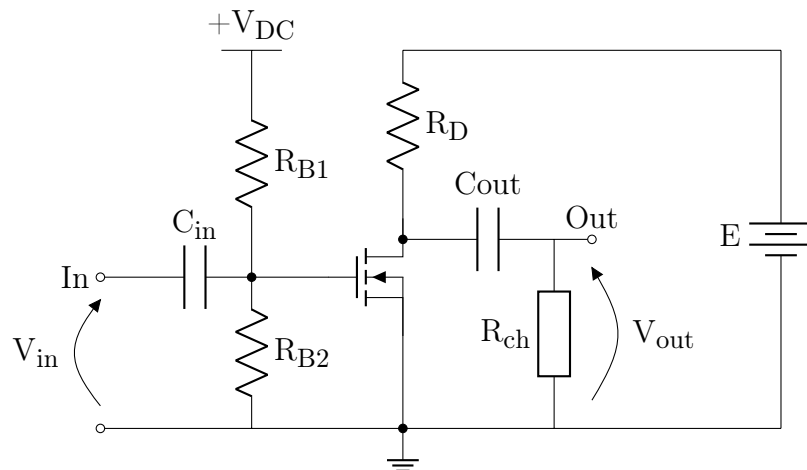


Question 9.

- Comment injecter un signal à moyenne nulle dans ce circuit en considérant les corrections apportées au circuit à la question précédente ?
- De même, que faire pour obtenir une tension de sortie à moyenne nulle ?



Vous devriez obtenir le montage suivant :



Question 10. Réalisez ce montage avec $V_{DC} = 5V$, $E = 5V$, $C_{in} = C_{out} = 10nF$ et $R_{B1} = 30k\Omega$, $R_{B2} = 10k\Omega$. Dans un premier temps, considérez un montage à vide, c'est-à-dire sans résistance de charge R_{ch} .



Question 11. Exprimez V_{out} en fonction de V_{in} et des différents paramètres de votre montage. Quel est le gain de votre montage ?

Astuce

Utilisez une représentation du montage à petit signal.



Question 12. Vérifiez expérimentalement votre résultat.

Astuce

Le mode XY de l'oscilloscope vous permet d'afficher directement V_{out} (i.e. V_{ds}) en fonction de V_{in} (i.e. V_{gs}). Chargez votre montage avec $R_{ch} = 10k\Omega$ pour réduire le déphasage entre les signaux.

Indiquez sur votre relevé les limites d'écrouissage et de linéarité, comparez avec le résultat de la question 5.

4 Impact des paramètres du montage



Question 13.

- Que se passe-t-il si la résistance de drain R_D change ?
- Que devient g_m ?
- La relation déterminée à la question 11 est-elle remise en cause ?



Question 14. Changez R_D par une résistance de 56 Ω puis de 150 Ω . Observez l'impact sur la forme de V_{out} .



Question 15. Quelle sera la puissance dissipée par le transistor si vous utilisez une charge de 56 Ω ou 150 Ω ? En vous référant à la fiche technique du transistor, quelle puissance le TN0604N3-G est-il capable de dissiper ? Était-il raisonnable de vous faire réaliser le montage avec 56 Ω malgré le dimensionnement de la question 1 ?



Question 16. Que se passe-t-il si une charge est branchée en sortie ?



Question 17. Vérifiez expérimentalement vos résultats en branchant les différentes résistances à votre disposition en sortie du montage (R_{ch}).

5 Synthèse – dimensionnement d'un étage

Ce dimensionnement vous est proposé en guise d'exercice supplémentaire. Il n'est pas nécessaire de l'implémenter sur le protoboard.

Cahier des charges :

- Transistor : BS170 (caractéristiques en annexe B)
- Bande passante : 20Hz–20kHz
- Gain à vide : 26dB
- Amplitude de l'entrée : 0.1V, sinusoïdale, moyenne nulle
- Tensions de sortie à moyenne nulle
- Impédance d'entrée : $Z_{in} \geq 10k\Omega$
- Impédance de sortie : $Z_{out} \leq 1k\Omega$
- Puissance statique dissipée par le transistor : $P_T \leq 0.5W$
- Alimentation : 12V continue
- Impédance de la charge : $Z_{ch} \geq 3.3k\Omega$

Question 18. *Démarche proposée :*

1. Identifier les contraintes imposées par le cahier des charges.
2. Choisir la topologie de l'amplificateur (= schéma que vous avez obtenu en répondant aux questions précédentes).
3. Identifier les différents paramètres en fonction du cahier des charges (faire un schéma à petit signal).
4. Dimensionner les valeurs des différents composants du circuit sur base des courbes théoriques en annexe.
5. Déterminer la valeur de la tension de polarisation.

A Caractéristiques du TN0604N3-G

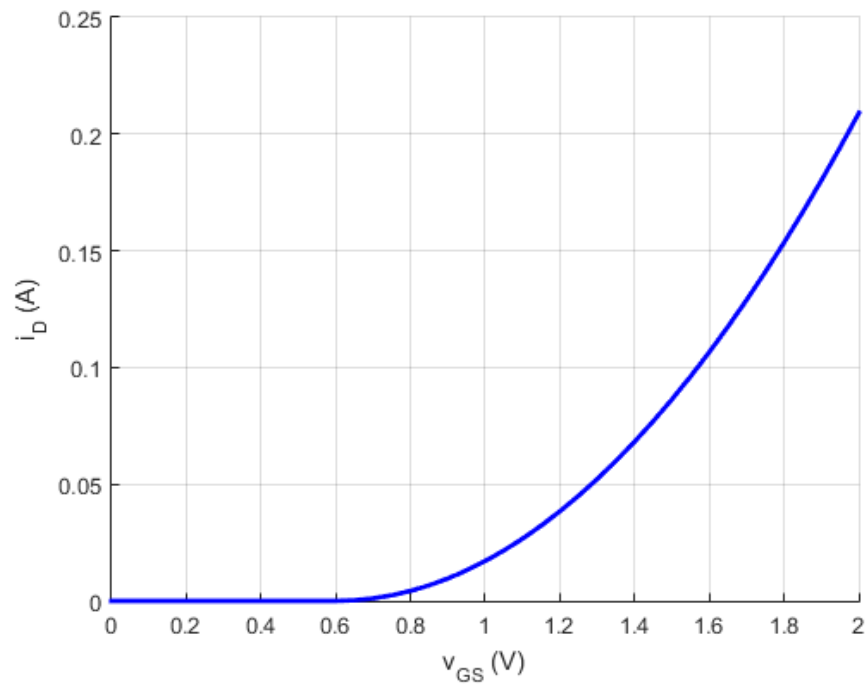


FIGURE 2 – Caractéristique de transfert

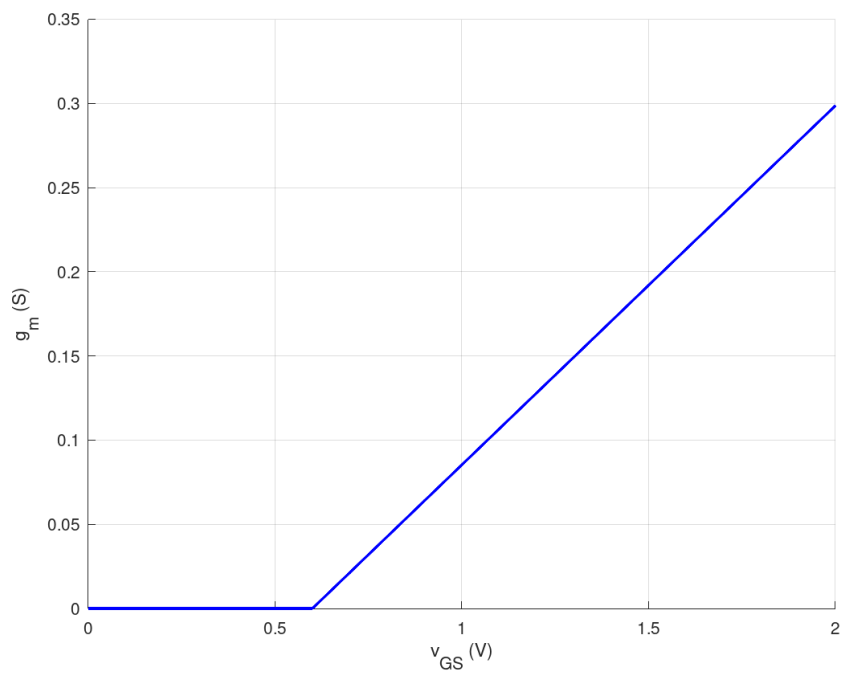


FIGURE 3 – Transconductance

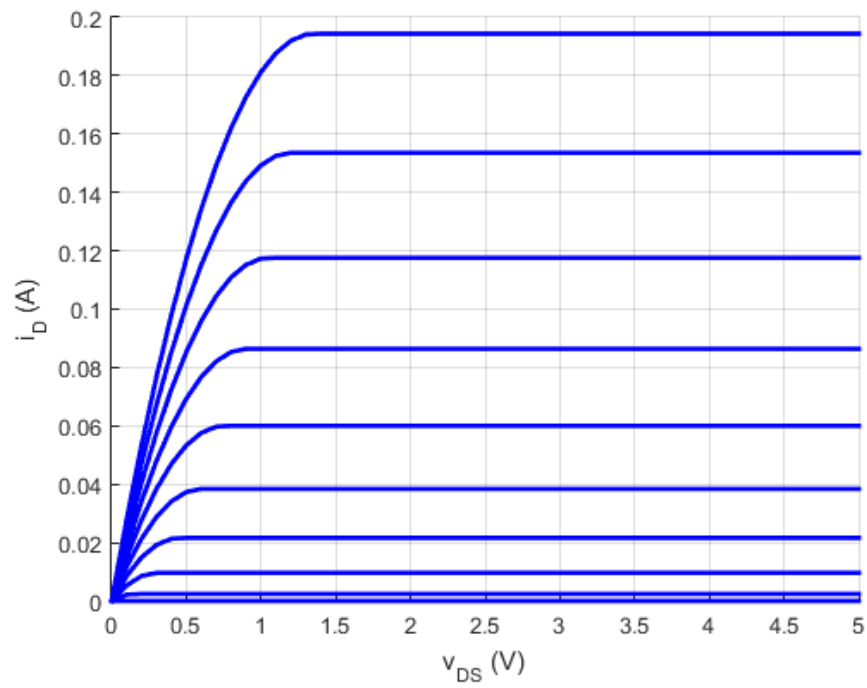
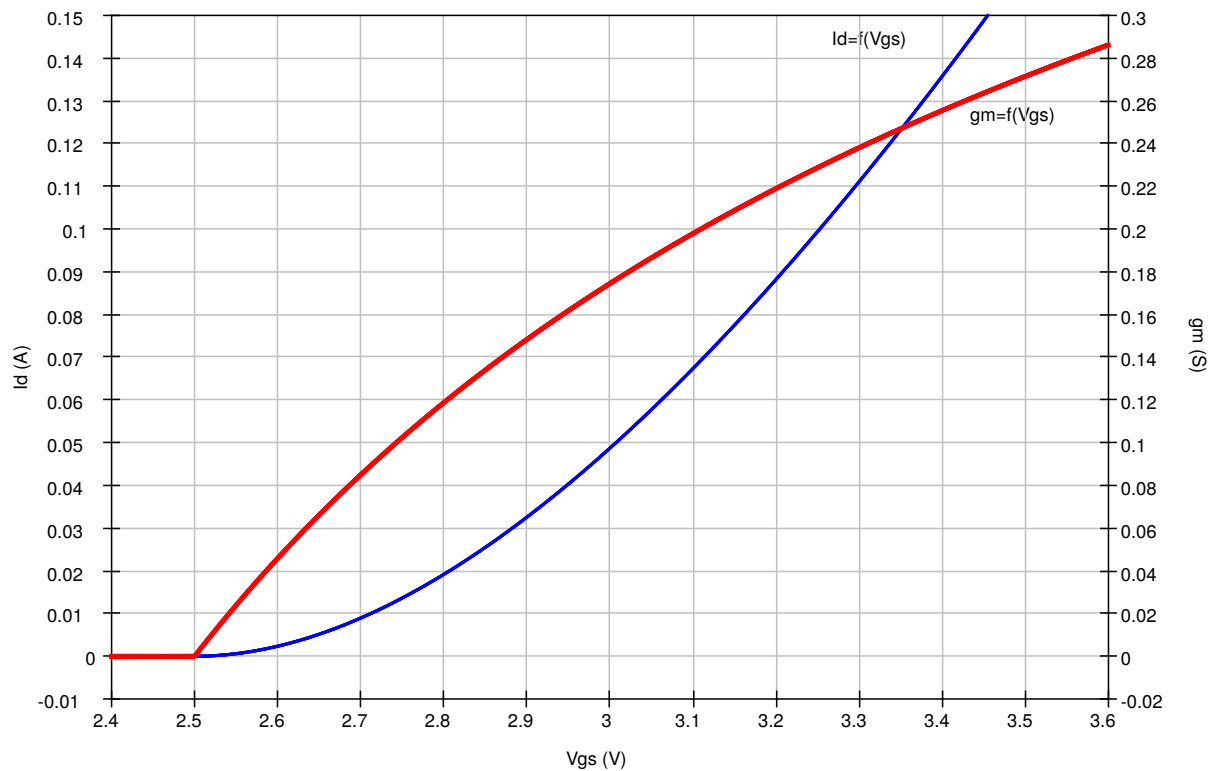


FIGURE 4 – Caractéristiques de sortie

B Caractéristiques du BS170

$$I_d = f(V_{gs}); g_m = f(V_{gs})$$



$$I_d = f(V_{ds}) @ V_{gs} = \text{cte}$$

