

TP 4. Étude d'un transistor JFET

Par Dimitri GALAYKO
Unité d'enseignement Élec-info
pour master ACSI à l'UPMC

Octobre-décembre 2005

1 Introduction

Dans ce TP nous allons étudier un transistor appartenant à la famille des transistors à effet de champ, un *transistor à jonction* couramment appelé JFET (comme *Junction Field Effect Transistor*). Sa structure est un peu différente de celle du transistor MOSFET à enrichissement que nous avons étudié en cours et qui est utilisé dans les circuits intégrés. Cependant, le principe de fonctionnement de tous les transistors à effet de champ est sensiblement le même : un contrôle de la conduction du canal par la tension entre la grille et la source.

Un transistor JFET a les mêmes caractéristiques qu'un transistor MOSFET à enrichissement que nous avons étudié en cours, à ceci près que la tension de seuil U_{th} est négative, et lorsque la tension grille-source est nulle, la conduction du canal est *maximale*. Pour bloquer le transistor, *i.e.* pour faire disparaître le canal, il faut appliquer une tension U_{GS} *négative*. À part cela, le comportement et les caractéristiques des transistors de deux types sont les mêmes.

Autrement dit, un transistor JFET se comporte de la même manière qu'un transistor MOSFET à appauvrissement, *i.e.* un transistor MOSDET dans lequel un canal conducteur est implémenté à l'étape de la fabrication.

Nous montrons un exemple des caractéristiques de transmission et de sortie d'un transistor JFET (figure 1).

Dans ce TP nous allons étudier les caractéristiques d'un transistor JFET et nous allons voir comment il peut être utilisé pour une amplification de signal.

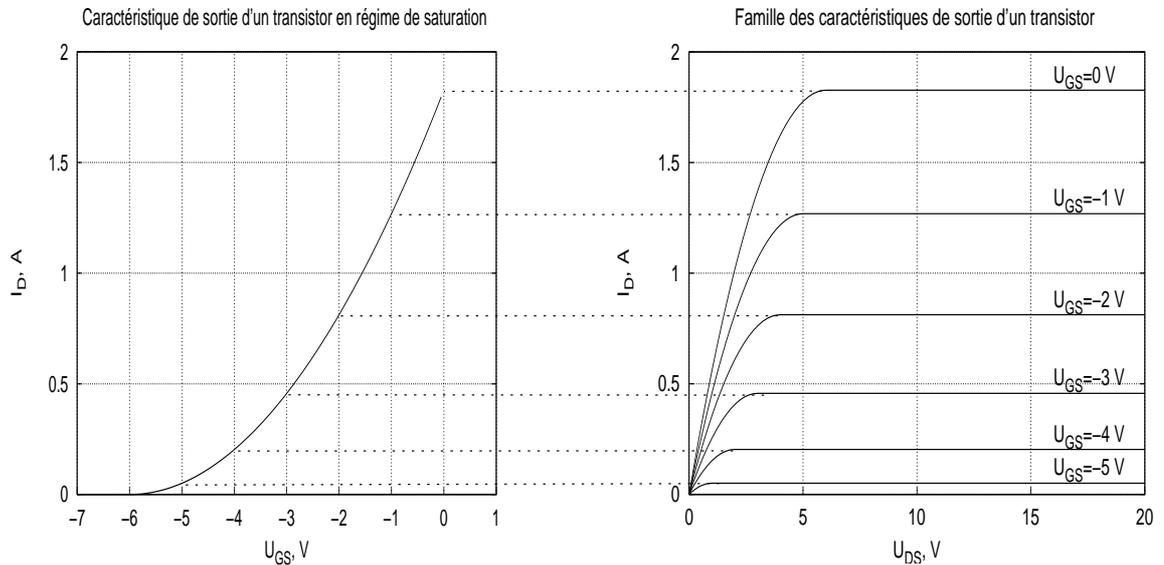


FIG. 1 – Caractéristiques d'un transistor JFET. Notez que U_{GS} est toujours non-positive.

2 Étude des caractéristiques statiques d'un transistor JFET

Nous allons mesurer les caractéristiques statiques d'un transistor JFET en utilisant les sources de tension continue réglables et le multimètre dont chaque poste est équipé (figure 2). Rappelons, qu'une caractéristique statique est une fonction algébrique reliant deux ou plusieurs grandeurs. On la mesure en régime de courant continu : on applique les tensions et les courants correspondant aux arguments, et on mesure, avec un voltmètre ou avec un ampèremètre, la valeur de la grandeur de sortie. On constitue ainsi une table de valeurs que l'on utilise ensuite pour tracer un graphique.

Nous utilisons un transistor BF245B dont les fiches techniques sont données dans l'annexe. C'est un transistor avec un canal n .

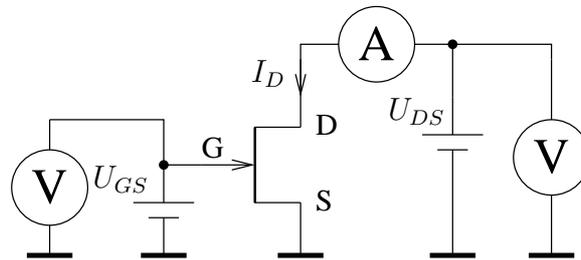


FIG. 2 – Schéma de mesure des caractéristiques statiques. Attention! La tension grille-source U_{GS} est non-positive!

Attention!

Les tensions grille-source et grille-drain d'un transistor JFET avec un canal n ne doivent jamais être positives! À la différence d'un transistor MOSFET, dans un transistor JFET la grille est isolée du canal non pas par une couche d'oxyde, mais par une jonction pn polarisée à l'inverse. Si jamais le potentiel du canal (de type n) est plus bas que le potentiel de la grille (de type p), la diode grille-canal devient passante : la structure peut se détériorer.

2.1 Caractéristiques de sortie

Mesurez la caractéristique de sortie pour les U_{GS} suivants : 0 V, -2 V, -4 V en faisant varier la tension U_{DS} entre 0 et 16 V : avec un pas de 1 V entre 0 et 5 V, et avec un pas de 2 V entre 6 et 16 V.

Estimez la résistance de sortie petit signal en régime de saturation.

2.2 Caractéristique de transmission

En fixant la tension U_{GS} à 15 V, mesurez la caractéristique de transmission en faisant varier la tension U_{GS} entre 0 et -8 V avec un pas de 1 V. En déduisez la tension de seuil, *i.e.* la tension qui bloque le transistor.

À partir de ces données, estimez la transconductance petit signal g_m en étudiant la zone la plus linéaire de la caractéristique de transmission.

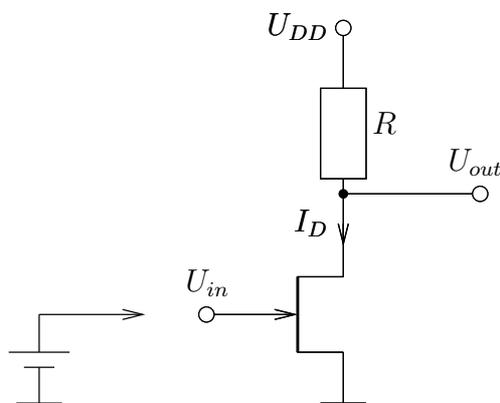


FIG. 3 – Schéma de l'amplificateur pour une caractérisation en régime statique.

3 Étude d'un étage à source commune

3.1 Étude de caractéristique de transmission

Nous allons maintenant étudier un étage d'amplification à source commune contenant une résistance en série avec le canal (dipôle drain-source) du transistor (figure 3).

1) En prenant $R=4.7$ kOhms et en appliquant la tension d'alimentation $U_{DD} = +15V$, tracer la caractéristique de transmission en régime de courant continu (tension de sortie en fonction de la tension d'entrée). Pour cela appliquez les tensions U_{in} entre $-5V$ et $0V$ avec un pas de 0.5 V. Tracer le graphique de la caractéristique.

2) Identifier les zones de fonctionnement. Quelle zone va-t-on choisir pour effectuer une amplification linéaire d'une tension variable? Quel est le gain d'un tel amplificateur? Où placera-t-on le point de fonctionnement? Quelle est l'amplitude maximale de la tension sinusoïdale que l'on pourra amplifier avec un tel amplificateur?

3.2 Réalisation d'un amplificateur de tension

On va superposer sur la tension continue U_{in} une tension sinusoïdale u_{in} . Pour cela on branche le générateur de tension sinusoïdale en série avec la source de tension continue (figure 4). On fixe la fréquence de la sinusoïde à 500 Hz.

1) Réglez l'amplitude de la tension sinusoïdale de sorte à ce qu'elle balaie la plage des tensions d'entrée entre 0 et 5 V. Afficher simultanément la tension

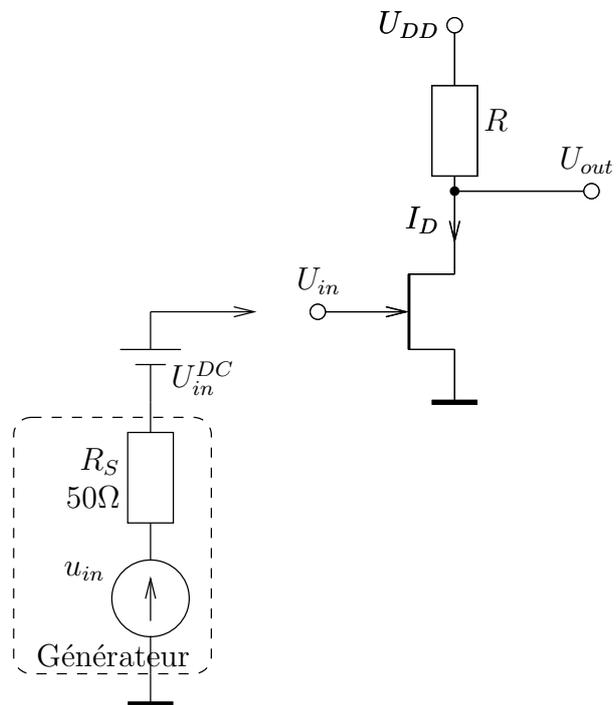


FIG. 4 – Schéma de l'amplificateur pour une caractérisation en régime dynamique.

de sortie sur la voie 1 de l'oscilloscope, la tension d'entrée sur la voie 2. Activez le mode XY de l'oscilloscope et observez le tracé de la caractéristique de transmission. Comparez avec la caractéristique de transmission que vous avez mesurée manuellement.

2) Faites revenir l'oscilloscope en mode normal, tout en affichant en même temps les tensions d'entrée et de sortie.

Réglez la tension générée par la source continue au niveau nécessaire pour assurer un fonctionnement linéaire (cette tension doit avoir été calculée précédemment). Réglez l'amplitude de la tension d'entrée à la valeur maximale pour laquelle une amplification linéaire est possible (calculée précédemment). Observez la tension de sortie : vous devez voir une onde sinusoïdale non-déformée ou faiblement déformée.

En calculant la relation entre les amplitudes des deux ondes, estimez le gain et comparez le avec la valeur déduite du graphique de la caractéristique de transmission.

3) Augmentez l'amplitude de la tension sinusoïdale : comment évolue la forme d'onde de la tension de sortie ?