

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS

ELECTRONIQUE ANALOGIQUE (code ELE 004)

Seconde session

samedi 8 avril 2006

9h – 12h

sans documents

Tout résultat donné sans unités sera considéré comme faux

Tout schéma électrique sans orientation des générateurs, des courants et des tensions sera considéré comme faux.

Exercice 1 : Amplification (10 points)

On étudiera le montage amplificateur suivant (figure 1) réalisé à partir d'un transistor MOSFET. L'entrée est représentée par son générateur de Thévenin équivalent R_g et e_g . La charge R_L de l'amplificateur est supposée fixe.

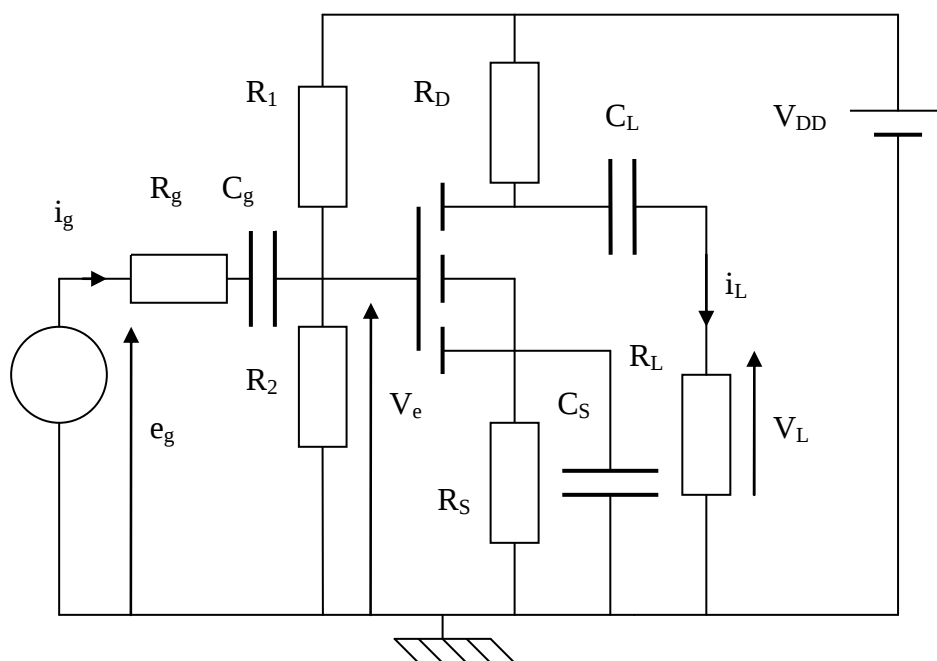


Figure 1

Les caractéristiques du transistor MOSFET sont données sur les figures 2 et 3 suivantes :

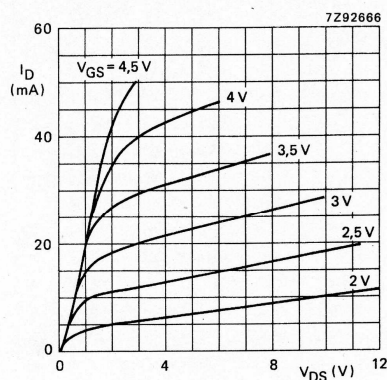


Fig. 2. $V_{GS} = 0$; typical values.

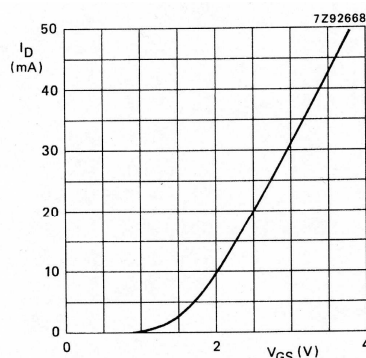


Fig. 3 $V_{DS} = 10$ V; $V_{BS} = 0$; typical values.

Les valeurs des résistances du montage sont les suivantes :

$R_D = 180\ \Omega$; $R_S = 20\ \Omega$; $R_L = 150\ \Omega$; $R_g = 100\ k\Omega$ et $R_1/R_2 = 2M\Omega$.

L'alimentation stabilisée est $V_{DD} = 10V$.

A) Questions générales.

- 1) Quel est le type d'amplificateur réalisé (Drain commun, source commune, Grille commune) ? Justifier votre choix.
- 2) Quels sont les avantages et inconvénients d'avoir choisi un transistor MOSFET par rapport à un bipolaire pour ce montage ?
- 3) Pourquoi l'utilisation d'un montage de polarisation automatique ($R_1 = \infty$) ne peut être utilisé ?
- 4) Quelle est la valeur de la tension de seuil V_{TH} de ce transistor ? Quels sont les natures (p ou n) du substrat et du canal de ce transistor ?

B) Polarisation

- 1) Dessiner le schéma valable pour la polarisation.
- 2) Donner l'expression de la droite de charge statique et tracer cette droite sur le réseau de caractéristiques. On pourra remettre la feuille annexe avec la copie.
- 3) Le point de fonctionnement que l'on choisit est donné par $I_D = 20\ mA$ et $V_{DS} = 6V$.
En déduire les valeurs des résistances R_1 et R_2 .

C) Schéma équivalent du transistor.

- 1) Dessiner le schéma équivalent petits signaux (basses fréquences) **du transistor seul**.
- 2) A partir des figures 2 et 3 donner les valeurs numériques des paramètres g_m (transconductance) et g_{ds} (admittance de sortie).

D) Etude de l'amplificateur.

- 1) Dessiner le schéma équivalent en petits signaux de **l'ensemble du montage**.
- 2) Quelle est l'expression de l'impédance d'entrée de ce montage ? Préciser sa valeur.
- 3) Quelle est l'expression de l'impédance de sortie de ce montage ? Préciser sa valeur.
- 4) Déterminer l'expression et la valeur du gain en tension V_L/V_e et du gain composite en tension V_L/e_g .
- 5) Déterminer l'expression et la valeur du gain en courant i_L/i_g .

Pour les applications numériques on prendra : $g_m = 20\ mA/V$; $r_{ds} = 1/g_{ds} = 1k\Omega$.

Exercice 2 : Filtre actif réalisé à partir d'amplificateurs opérationnels (8 points)

On se propose de déterminer un filtre passe-bande dont le diagramme de Bode asymptotique du module de la fonction de transfert est le suivant :

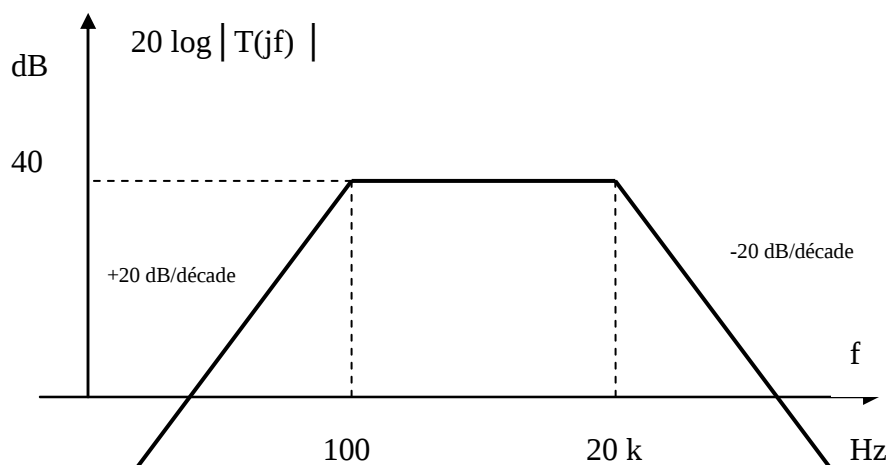
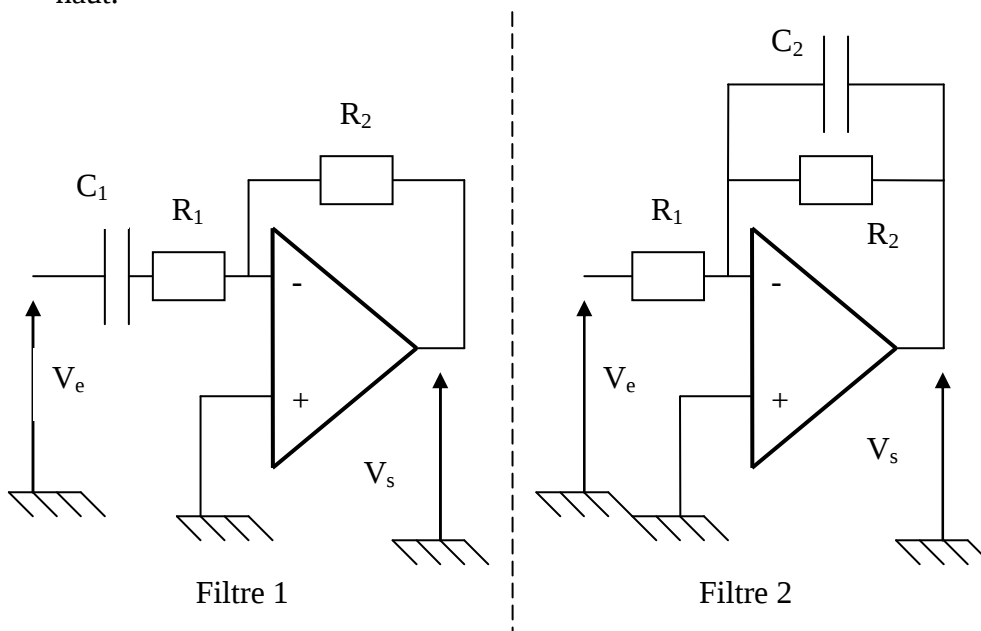


Figure 1

- 1) Montrer que la fonction de transfert correspondant se met sous la forme

$$\text{mathématique suivante : } T(jf) = A_0 \frac{j \frac{f}{f_A}}{(1 + j \frac{f}{f_A}) \cdot (1 + j \frac{f}{f_B})}.$$

- 2) En déduire les valeurs de A_0 , f_A et f_B .
 3) Montrer qu'on peut réaliser cette fonction de transfert au moyen de deux circuits élémentaires mis en cascade: un filtre passe-bas et un filtre passe-haut.
 4) On donne les schémas de deux filtres (filtre1 et filtre 2) : Préciser et justifier sans faire de calculs lequel est le filtre passe-bas et lequel est le filtre passe-haut.



- 5) Déterminer les fonctions de transfert $T_1(jf)$ et $T_2(jf)$ de chacun des filtres. Les résistances R_1 (et R_2) sont les mêmes dans les deux montages.
 6) En déduire les valeurs des éléments R_2 , C_1 et C_2 si $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$.

- 7) Les deux amplificateurs opérationnels sont identiques et le constructeur précise la valeur de la fréquence de transition qui est de 1MHz. L'association des deux filtres élémentaires disposés en cascade convient-elle ?
- 8) Pour économiser un amplificateur opérationnel on envisage un seul circuit réalisant la même fonction de transfert à partir d'un seul amplificateur opérationnel. Si la fréquence de transition est toujours de 1MHz, cette solution convient-elle ? Justifier votre réponse.

Exercice 3 : Semi-conducteur. (6 points)

Dans cet exercice on prendra les valeurs suivantes concernant le silicium :

La concentration intrinsèque $n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ à 300°K. Les mobilités sont pour les électrons $\mu_n = 150 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ et pour les trous $\mu_p = 500 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

On rappelle également les valeurs des constantes universelles suivantes :

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$.

A Semi-conducteur intrinsèque.

- 1) Rappeler la définition de la concentration intrinsèque
- 2) Calculer la conductivité σ_i et la résistivité ρ_i du silicium intrinsèque à 300°K. Préciser les unités de ces deux grandeurs.
- 3) Calculer la résistance R_i d'un barreau de silicium intrinsèque à 300°K ayant pour longueur $l = 5 \text{ cm}$ et pour section $S = 2 \text{ mm}^2$.
- 4) La résistance R_i précédente est maintenant portée à la température de 400°K. Sans effectuer de calculs, indiquez en justifiant votre réponse si la résistance sera nettement plus petite, sensiblement identique ou nettement plus grande que celle obtenue à 300K ?

B Semi-conducteur extrinsèque, réalisation d'une jonction.

Un échantillon A de silicium intrinsèque est dopé avec des atomes d'antimoine (Sb) appartenant à la colonne V de la classification périodique des éléments. La concentration en atomes d'impureté est de 10^{15} cm^{-3} .

- 1) Préciser la nature du matériau obtenu (type P ou type N).
- 2) En déduire les concentrations en électrons libres et en trous de ce semi-conducteur extrinsèque.
- 3) On cherche à réaliser une jonction en associant à la partie A une partie B. Quelle est la nature des impuretés à utiliser pour réaliser la partie B et dans quelle colonne se situent ces atomes d'impuretés ?
- 4) On suppose que la concentration des atomes d'impuretés de la partie B est de 10^{17} cm^{-3} . calculer le potentiel de diffusion de la jonction réalisée. On rappelle que

$$V_d = \frac{kT}{e} \cdot \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2}$$

- 5) Dessiner l'allure du potentiel interne $V(x)$ sans effectuer de calculs littéraux. On supposera que la jonction pn est au repos. On pourra utiliser la feuille annexe pour dessiner l'allure du potentiel interne.

Feuille annexe à remettre avec la copie.

Numéro de copie :

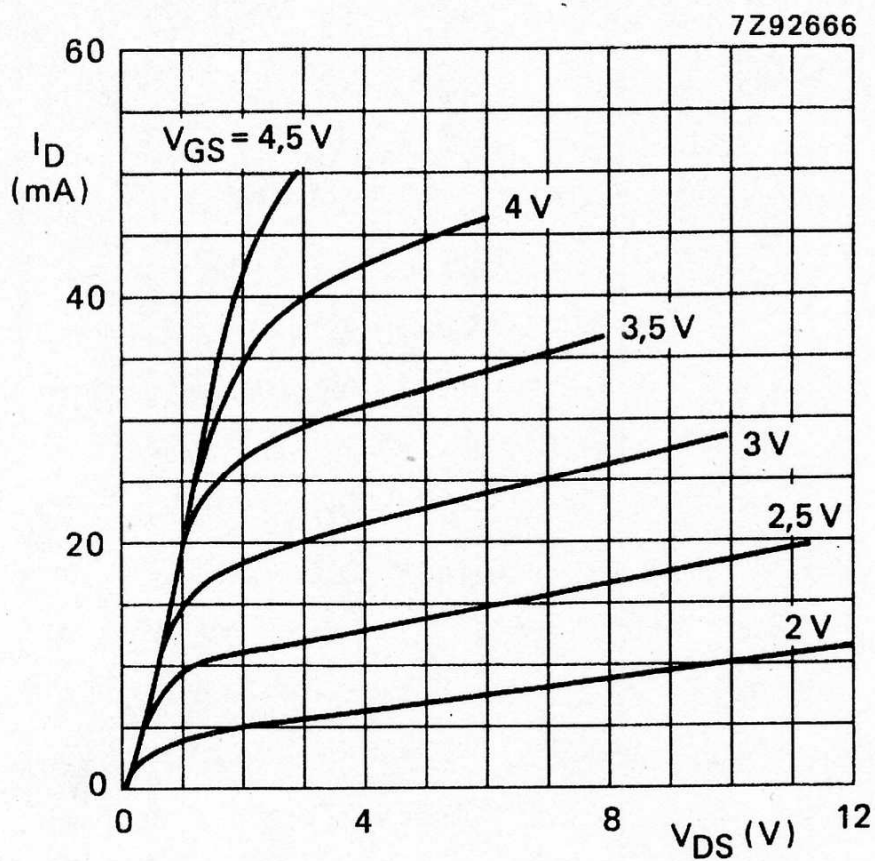
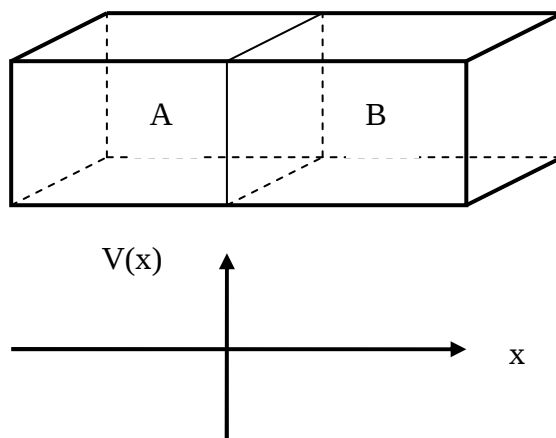


Fig. 2 $V_{SB} = 0$; typical values.

EXERCICE 1



EXERCICE 3