

EXAMEN FINAL D'ÉLECTRONIQUE

mercredi 6 juin 2007

Durée 3 heures. Un seul instrument de calcul autorisé, autonome, de format A5 au maximum.

Un seul document A3 (copie double) MANUSCRIT recto-verso est autorisé.

Photocopies et les pochettes plastiques seront confisquées. Livres et téléphones portables sont interdits.

Numérotez vos réponses conformément aux numéros des questions.

Toute simplification devra être justifiée.

I. AMPLIFICATEUR À TRANSISTORS NMOSFET

Soit l'amplificateur présenté ci-dessous. Vous devez déterminer son point de repos, puis ses propriétés dynamiques.

Les petits signaux ont une fréquence à laquelle les capacités sont assimilables à des courts-circuits.

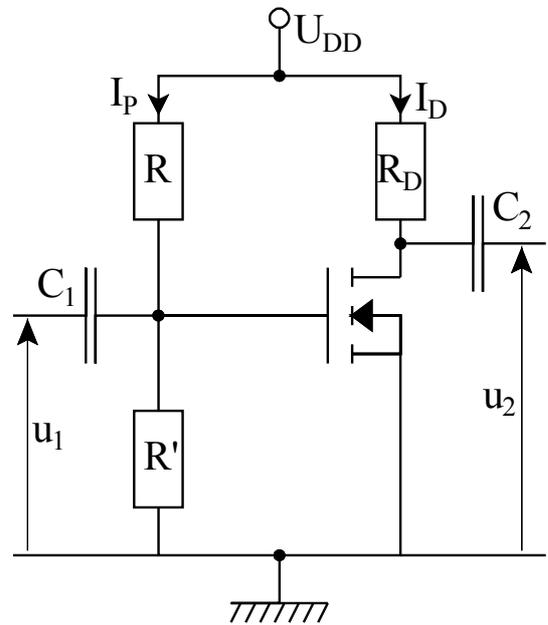
Prenez garde de distinguer les variables (v_{GS}), les constantes (V_{GS}) et les petits signaux (v_{gs})

Rappel : pour un transistor NMOS fonctionnant en amplificateur, la caractéristique de transfert $i_D(v_{GS})$ est donnée par : $i_D = K(v_{GS} - V_{TH})^2$, avec K une constante et V_{TH} la tension de seuil du transistor.

Pour le composant considéré ici, $K = 31 \mu A/V^2$ et $V_{TH} = 1,5 V$.

I. ETUDE DU POINT DE POLARISATION

1. Reproduisez le schéma en ne gardant que ce qui est nécessaire à l'étude statique. Placez les tensions importantes. Calculez R_D , puis V_{GS} pour avoir, au point de repos, $V_{DS} = 12 V$ et $I_D = 150 \mu A$.
2. Calculez R et R' les résistances du pont de grille pour avoir $I_P = 10 \mu A$ et la valeur de V_{GS} calculée précédemment.
3. Calculez P_a la puissance totale fournie par l'alimentation et absorbée par le circuit.
4. Exprimez la transconductance $s = y_{21} = \frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}}$.
Calculez y_{21} au point de repos.



Amplificateur à transistor NMOS à enrichissement. $V_{DD} = 24 V$

II. ETUDE DYNAMIQUE (RÉGIME PERMANENT DE PETITS SIGNAUX PÉRIODIQUES)

5. Tracez le schéma équivalent au montage pour le régime permanent de petits signaux périodiques. Dans le schéma équivalent du transistor MOS à effet de champ, vous négligerez la conductance de sortie ($y_{22} \ll 1/R_D$).
6. Exprimez $A_v = (v_2/v_1)$ le gain en tension du montage, au point de repos considéré. Calculez A_v et donnez sa valeur en décibels.
7. Calculez Z_1 et Z_2 les impédances d'entrée et de sortie du montage, respectivement.
8. Quelle est l'amplitude maximale V_{2M} du signal de sortie ? Quelle est la puissance moyenne maximale P_{um} , dissipée dans R_D ? Calculez le rendement $\eta = (P_{um}/P_a)$.

Tableau des valeurs de résistances disponibles dans la série E12, à multiplier par des puissances de 10 :

1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

II. FILTRE

(10 pts)

A. CAHIER DES CHARGES

Nous cherchons à réaliser un filtre passe-bas du 1^{er} ordre avec $f_c = 8\text{kHz}$ de fréquence de coupure et 28dB de gain dans la bande passante.

9. Quelle est la forme canonique de la fonction de transfert de ce filtre ? Quelle est la valeur de son amplification dans la bande passante ?
10. Établissez les équations du gain (dB) et de la phase ($^\circ$) en fonction de la pulsation puis de $x = \omega/\omega_c = f/f_c$, la fréquence réduite.
11. Dressez un tableau des valeurs de la fréquence, du gain (dB) et de la phase ($^\circ$) pour les valeurs suivantes de la fréquence réduite : $x \in \{1/10; 1/2; 1; 2; 10\}$.
12. Sur le graphe fourni, tracez soigneusement le diagramme de Bode complet de ce filtre. Vous placerez f_c dans le deuxième module en partant de la gauche.
13. Quelle est f_T la fréquence de transition de ce filtre, ou fréquence de gain unité (0 dB) ?

B. RÉALISATION

Pour réaliser le filtre précédent, nous utilisons un amplificateur linéaire intégré standard, deux résistances et un condensateur. L'entrée non -inverseuse de l'amplificateur est reliée à la masse du montage. La contre-réaction de l'amplificateur est assurée par une résistance R en parallèle sur un condensateur C. Le signal d'entrée v_1 est appliqué à l'entrée inverseuse de l'amplificateur à travers une résistance $R_1 = 3,3\text{ k}\Omega$.

14. Dessinez le schéma de ce circuit.
15. Dans ce montage, l'amplificateur linéaire intégré peut-il être considéré comme parfait ?
16. Établissez la fonction de transfert du filtre obtenu.
17. Sans tenir compte de son signe, identifiez cette fonction de transfert à sa forme canonique et calculez R et C.

3. ALIMENTATION D'UN AMPLIFICATEUR

Soit un amplificateur alimenté sous $V_{CC} = 14\text{ V}$, qui peut consommer jusqu'à 100 mA de courant. Nous le modélisons à l'aide d'une résistance de charge R_A . On se propose de l'alimenter à l'aide du circuit le plus simple possible (transformateur, diode, condensateur, charge), en s'assurant que le ronflement maximum¹ ne dépasse pas 1% de V_{CC} . Il vous est rappelé que la fréquence du secteur est de 50 Hz.

18. Dessinez le schéma de ce circuit de redressement. Calculez la valeur de R_A (correspondant à la consommation maximale de l'amplificateur).
19. Dessiner l'allure du signal de sortie de l'alimentation v_A . Vous supposerez qu'il n'est constitué que de segments de droites. N'oubliez rien de ce qui fait un graphe correct (titre, variables, unités, échelles,...). Précisez les intervalles de temps durant lesquels la diode conduit et ceux où elle est bloquée.
20. On admet que l'intervalle de temps où la diode est passante est négligeable devant la période T du signal. Lorsque la diode est bloquée, la tension de l'alimentation suit quasiment une droite décroissante
$$v_A(t) = V_{AM} \left(1 - \frac{t}{R_A C} \right)$$
. Déduisez-en l'équation de C en fonction de la période et de la charge. Calculez la valeur minimale de C pour avoir un ronflement inférieur à 1% de $V_{AM} \sim V_{CC}$. Proposez une valeur E12.

1 Ronflement : amplitude du petit signal résiduel qui s'ajoute à une tension continue issue d'un circuit de redressement.