

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS

ELECTRONIQUE A 11 (code n° 26067)

Seconde session

samedi 2 avril 2005

9 h – 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.

Les exercices peuvent être traités dans un ordre quelconque.

EXERCICE 1 : dopage (3 points)

1) On donne un fragment du tableau de la classification périodique des éléments suivants :

PERIOD ↓	GROUP																	
	1A	2A	3B	4B	5B	6B	7B	8		1B	2B	3A	4A	5A	6A	7A	0	
1	⁺¹ ₋₁ H 1																⁰ He 2	
	LIGHT METALS		HEAVY METALS						NON METALS						INERT GAS			
2	⁺¹ Li 3	⁺² Be 4	BRITTLE				DUCTILE				LOW-MELTING		⁺³ B 5	⁺² ₋₄ C 6	⁺¹ ₋₁ ⁺² ₋₃ N 7	⁻² O 8	⁻¹ F 9	⁰ Ne 10
3	⁺¹ Na 11	⁺² Mg 12										⁺³ Al 13	⁺² ₋₄ Si 14	⁺³ ₋₃ P 15	⁺⁴ ₋₂ S 16	⁺¹ ₋₁ ⁺³ Cl 17	⁰ Ar 18	
4	⁺¹ K 19	⁺² Ca 20	⁺³ Sc 21	⁺² ⁺³ Ti 22	⁺² ⁺³ V 23	⁺² ⁺³ Cr 24	⁺² ⁺³ Mn 25	⁺² Fe 26	⁺² ⁺³ Co 27	⁺² ⁺³ Ni 28	⁺² Cu 29	⁺² Zn 30	⁺³ Ga 31	⁺² Ge 32	⁺³ As 33	⁺⁴ Se 34	⁺¹ ₋₁ ⁺³ Br 35	⁰ Kr 36
5	⁺¹ Rb 37	⁺² Sr 38	⁺³ Y 39	⁺⁴ Zr 40	⁺³ Nb 41	⁺² Mo 42	⁺³ ⁺⁴ Tc 43	⁺³ Ru 44	⁺³ Rh 45	⁺² ⁺⁴ Pd 46	⁺¹ Ag 47	⁺² Cd 48	⁺³ In 49	⁺² Sn 50	⁺³ ₋₂ Sb 51	⁺⁴ ₋₂ Te 52	⁺¹ ₋₁ ⁺³ I 53	⁰ Xe 54
6	⁺¹ Cs 55	⁺² Ba 56	◆ 57-71	⁺⁴ Hf 72	⁺⁵ Ta 73	⁺⁶ W 74	⁺³ ⁺⁴ Re 75	⁺³ ⁺⁴ Os 76	⁺³ ⁺⁴ Ir 77	⁺² ⁺⁴ Pt 78	⁺¹ ⁺³ Au 79	⁺² ⁺³ Hg 80	⁺³ Tl 81	⁺² ⁺³ Pb 82	⁺³ Bi 83	⁺² ⁺⁴ Po 84	⁺¹ ₋₁ At 85	⁰ Rn 86
7	⁺¹ Fr 87	⁺² Ra 88	★ 89-103															
TRANSITION ELEMENTS { BETWEEN GROUPS 2A AND 3A.																		

TRANSITION ELEMENTS { BETWEEN GROUPS 2A AND 3A.

On considère un cristal de silicium intrinsèque de concentration intrinsèque $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ à 300K. On rappelle que le nombre d'atomes par cm^{-3} du silicium est de $5 \cdot 10^{22}$.

On dope le silicium au moyen d'atomes d'arsenic (As). On introduit dans le réseau cristallin un atome d'arsenic pour $2 \cdot 10^7$ atomes de silicium.

- Quel est le type de semi-conducteur obtenu ?
- Quelle est la concentration des atomes d'arsenic ?
- En déduire la concentration en électrons libres et en trous libres de ce semi-conducteur ainsi dopé.

EXERCICE 2 : Circuit à diode (4 points).

On considère une diode dont le constructeur donne la caractéristique de la figure 1 (**on ne considérera que la caractéristique typique.**) Cette diode est utilisée dans le schéma de la figure 2.

- 1) Déterminer graphiquement le point de fonctionnement de cette diode.
- 2) Donner les valeurs du courant et de la tension au point de fonctionnement.

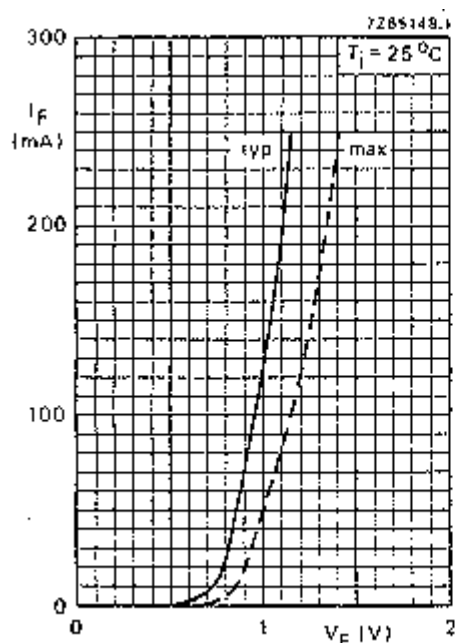


Figure 1

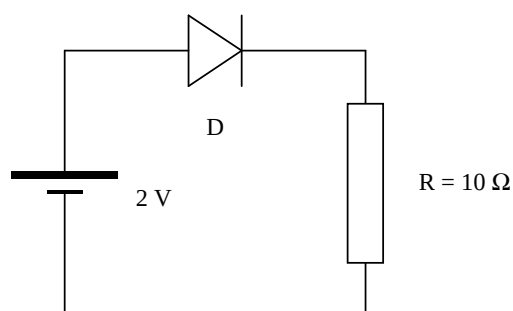
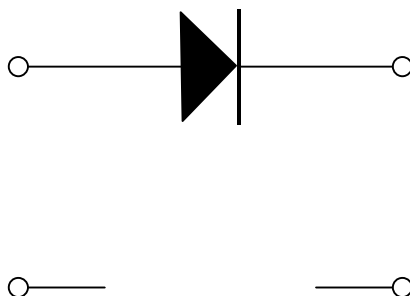


Figure 2

- 3) En déduire en ce point de fonctionnement la résistance dynamique r_d de la diode.
- 4) On désire linéariser cette caractéristique (typique) par deux segments de droite. Montrer que le schéma équivalent de la diode polarisée en direct se met sous la forme d'une résistance en série avec un générateur de tension. Dessiner ce schéma équivalent en précisant les valeurs numériques du générateur et de la résistance équivalente.



- 5) Remplacer dans le schéma du circuit de la figure 2 la diode D par son schéma équivalent déterminé à la question 4. Retrouver les valeurs du courant de repos en utilisant uniquement ce nouveau schéma. Conclusion ?

EXERCICE 3 : Redressement (4 points)

Soit le circuit de la figure 1 suivante constitué d'un transformateur idéal de rapport 12/1, de diodes idéales et d'une charge R_L de $3,3\text{ k}\Omega$. Le secondaire est à point milieu. Le primaire est alimenté par une tension sinusoïdale de 220V efficace et de fréquence 50 Hz.

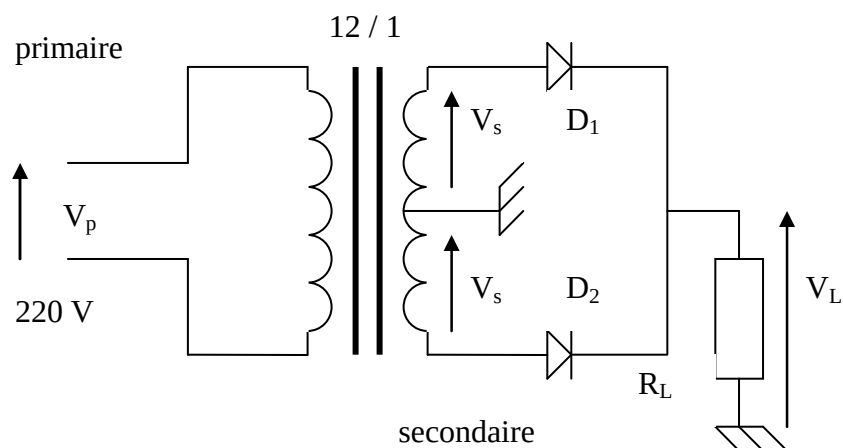


Figure 1

- 1) Représenter sur un même graphe l'allure de la tension d'entrée au primaire et de la tension de sortie V_L sur la charge. On précisera sur le graphe l'état des diodes.
- 2) Quelle est la tension maximale inverse supportée par chaque diode et quel est le courant direct maximal qui traverse chaque diode ?
- 3) Quelle est la valeur moyenne de la tension de sortie. (On ne demande pas de refaire la démonstration du calcul de la valeur moyenne !).
- 4) Pour avoir une tension de sortie qui soit plus proche d'une tension continue, quel élément faudrait-il ajouter au montage ? Dessiner le nouveau schéma.

EXERCICE 4 Amplification (9 points)

Les parties I, II, III sont indépendantes

On se propose d'étudier le montage élémentaire suivant réalisé à partir d'une alimentation continue et d'un transistor bipolaire.

Les caractéristiques statiques du transistor sont les suivantes :

$$V_{BE\text{ on}} = 0,7\text{ V} ; \beta_{\text{typ}} = 100.$$

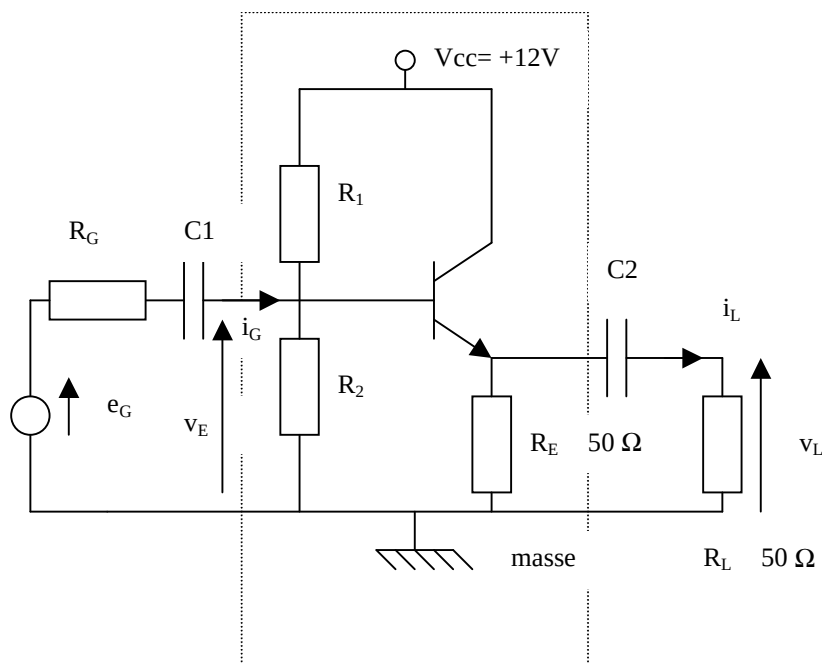


Figure 1

I) QUESTIONS PRELIMINAIRES

- 1) Quel est le montage élémentaire de base réalisé avec ce transistor ? Justifier votre choix.
- 2) Rappeler en quelques lignes les propriétés fondamentales d'un tel étage amplificateur.
- 3) Quel est le rôle des condensateurs C1 et C2 ?

II) POLARISATION.

- 1) Dessiner le schéma du montage valable pour la polarisation.
- 2) Donner l'expression de la droite de charge et représenter cette droite sur la copie.
- 3) On choisit le point de fonctionnement tel que $V_{CE} = 4\text{V}$. Que vaut le courant I_C ?
- 4) Donner l'expression de la droite de charge dynamique et représenter cette droite sur le même graphe que celui de la question 3. (voir figure 1)
- 5) Que peut-on en conclure pour le choix du point de repos ?
- 6) Pour déterminer les valeurs des résistances R_1 et R_2 on procèdera de la manière suivante :
La résistance équivalente à R_1 et R_2 disposées en parallèle est $R_1 // R_2 = R = 1\text{k}\Omega$
Dessiner le schéma de Thévenin équivalent à gauche de la base du transistor.
En déduire les valeurs de R_1 et de R_2 .

III) ETUDE EN PETITS SIGNAUX AUX FREQUENCES MOYENNES

On admettra qu'aux fréquences de travail les condensateurs n'interviennent pas.

Les paramètres dynamiques du transistor sont les suivants :

$$h_{11e} = 15 \, \Omega ; \quad h_{12e} = 0 ; \quad h_{21e} = \beta = 100 ; \quad h_{22e} = 0 \, \Omega^{-1}.$$

Les résistances du montage sont : $R_1 // R_2 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_G = 100 \, \Omega$; $R_E = R_L = 50 \, \Omega$.

- 1) Dessiner le schéma équivalent en petits signaux de l'ensemble du montage.
- 2) Calculer le gain en tension v_L/v_E ; l'impédance d'entrée ; le gain composite en tension v_L/e_G ; et le gain en courant i_L/i_G .
- 3) Calculer la résistance de sortie du montage.

EXERCICE 5 : filtrage utilisant un amplificateur opérationnel (7 points)

On désire réaliser un filtre actif au moyen d'un seul amplificateur opérationnel. On supposera dans les questions 1 à 5 que l'amplificateur opérationnel peut être considéré comme idéal. Le schéma est celui de la figure 1 ci-dessous.

Les spécifications du filtre recherché sont les suivantes:

Fréquence de cassure du diagramme asymptotique basse = 100 Hz;

Fréquence de cassure du diagramme asymptotique haute = 10 kHz;

Gain en décibels dans la région médiane = 20 dB.

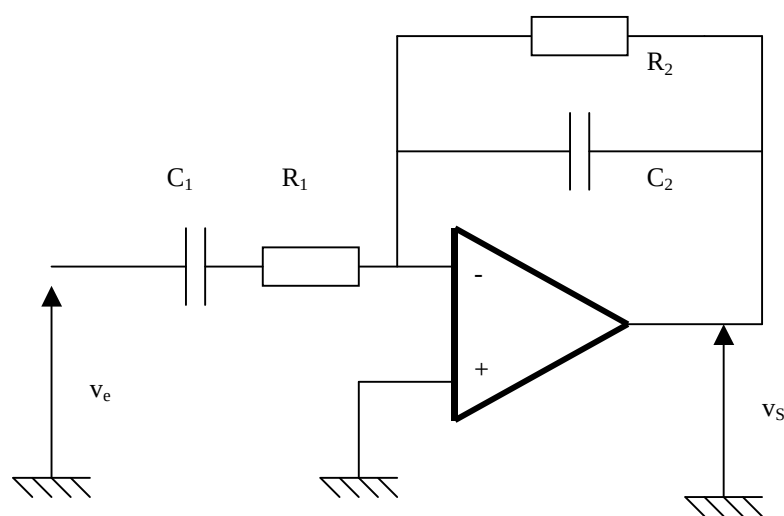


Figure 1

On se place en régime sinusoïdal permanent.

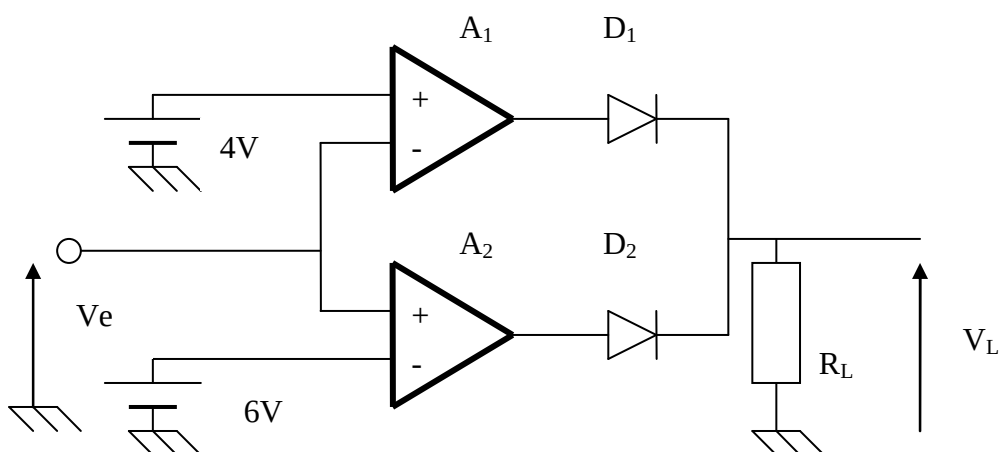
- 1) Quel est l'ordre du filtre et quel est le type de filtre réalisé ? (justifier votre réponse)
- 2) Déterminer la fonction de transfert $V_s/V_e = T(j\omega)$ de ce filtre en fonction de R_1 , R_2 , C_1 et C_2 .

Montrer qu'elle se met sous la forme:
$$T(j\omega) = G_0 \cdot \frac{j \frac{\omega}{\omega_1}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_1}} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_2}}$$

- 3) Exprimer G_0 en fonction de R_1 et R_2 et les pulsations ω_1 et ω_2 en fonction des produits $R_1 C_1$ et $R_2 C_2$.
- 4) Dessiner l'allure du diagramme asymptotique de Bode du module de cette fonction de transfert en utilisant les données numériques des spécifications décrites au début de l'énoncé.
- 5) Déterminer les valeurs numériques des éléments R_2 , C_1 et C_2 . (on prendra $R_1 = 1k\Omega$).
- 6) L'amplificateur opérationnel n'est plus idéal et son gain s'exprime en fonction de la fréquence de la manière suivante : $A_d = \frac{A_0}{1 + j \frac{f}{f_0}}$. Le gain A_0 de l'amplificateur opérationnel réel est de $2 \cdot 10^5$. Sa fréquence de coupure f_0 est de 10 Hz.
Cet amplificateur peut-il être utilisé dans le montage précédent sans modifier ses propriétés fréquentielles ?

EXERCICE 6 : Comparateur (3 points)

Soit le circuit suivant utilisant deux amplificateurs opérationnels supposés idéaux et de diodes idéales.



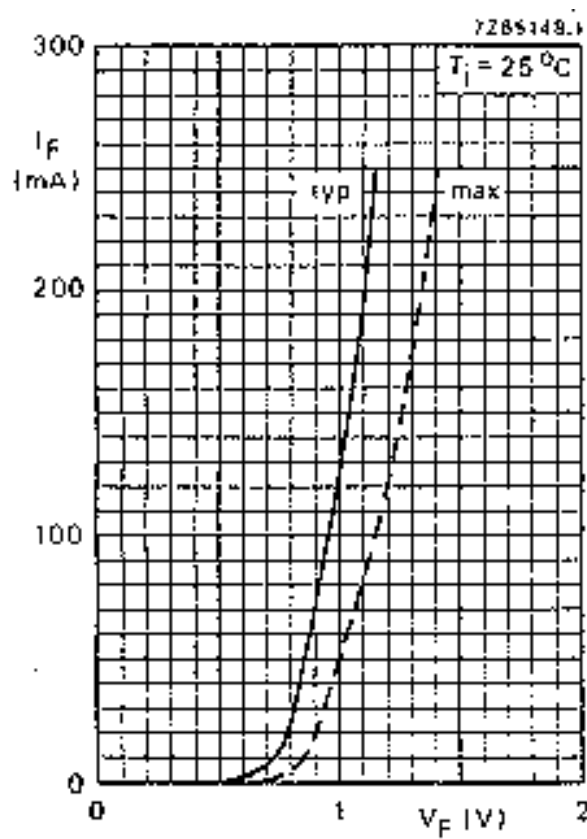
La tension continue d'alimentation des amplificateurs est double $\pm V_{CC} = \pm 12V$. (alimentation non représentée sur le schéma).

La tension d'entrée V_e peut varier entre 0V et 10V.

- 1) Tracer la caractéristique de transfert de ce circuit $V_s = f(V_e)$ (On portera V_e en abscisse et V_s en ordonnée). On pourra préciser le fonctionnement du dispositif suivant les valeurs de la tension d'entrée.
- 2) Ce système présente-t-il une hystérésis ?

Numéro de Copie :

EXERCICE 2 Circuit à diode



EXERCICE 3 : Redressement

