

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS

ELECTRONIQUE A 11 (code n° 26067)

Première session

vendredi 4 février 2005

18h 15 - 21h 15

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 (3,5 pts)

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

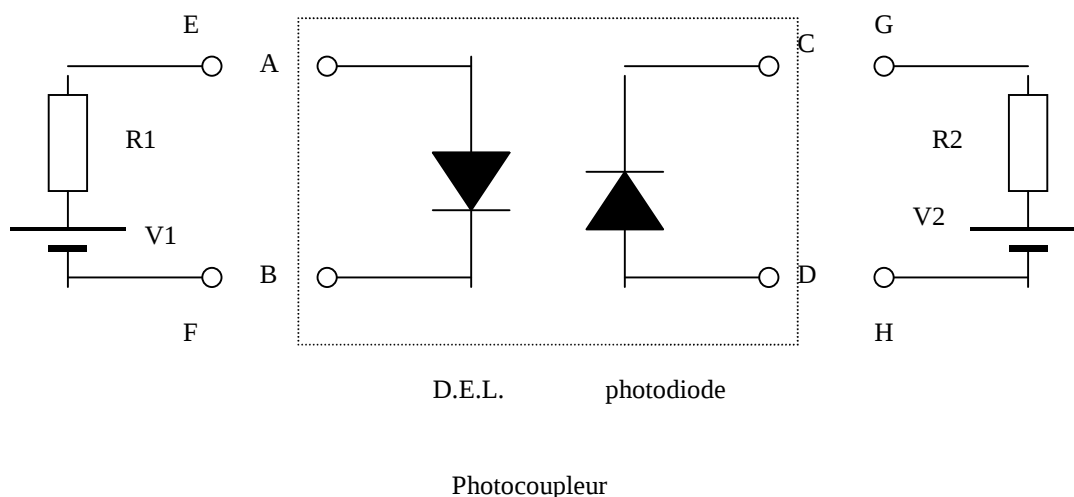
On considère un cristal de silicium intrinsèque de concentration intrinsèque $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ à 300K. On désire obtenir à partir de ce cristal un semi-conducteur de type P en le dopant.

- Quels atomes de la classification allez vous choisir comme impuretés, pour quelles raisons ?
- On désire obtenir une concentration en trous libres $p_0 = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$
Quelle est la concentration des impuretés nécessaire au dopage et leur proportion dans le silicium sachant que le nombre d'atomes par cm^{-3} du silicium est de $5 \cdot 10^{22}$?
- En déduire la concentration en électrons de ce semi-conducteur ainsi dopé.

EXERCICE 2 photodiode et diode électroluminescente. (3 pts)

1) Donner la définition du potentiel photovoltaïque (on ne demande pas d'équations). Illustrer cette définition au moyen de la caractéristique d'une photodiode sous éclairement que l'on aura tracée.

2) On réalise un photocoupleur au moyen d'une diode électroluminescente à l'émission et d'une photodiode à la réception. Sachant que les deux diodes doivent être polarisées pour faire fonctionner le photocoupleur, indiquer en reliant les connexions (E,F, A,B) et (C,D, G,H) les branchements corrects des alimentations.



EXERCICE 3 Transistor MOSFET (5 pts)

Soit le transistor MOSFET à enrichissement BSS 83 dont les caractéristiques sont les suivantes :

- 1) Rappeler en dix lignes maximum le principe de conduction d'un transistor à enrichissement en précisant ce que représente physiquement la tension de seuil.
- 2) En utilisant les graphes fournis, préciser la valeur de la tension de seuil de ce transistor.
- 3) Préciser la nature du substrat (p ou n) de ce transistor
- 4) On se polarise au point P des caractéristiques. Donner les valeurs numériques au point de repos de I_D ; V_{DS} et V_{GS} .
- 5) Dessiner le schéma équivalent en petits signaux basses fréquences de ce transistor.
- 6) Préciser, au moyen des caractéristiques fournies, les valeurs numériques des éléments de ce schéma équivalent au point de repos. (une précision de 20% est suffisante).

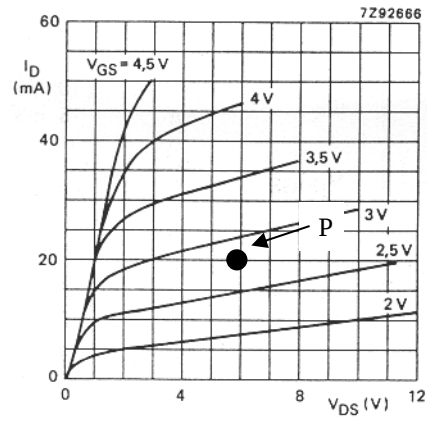


Fig. 3 $V_{SB} = 0$; typical values.

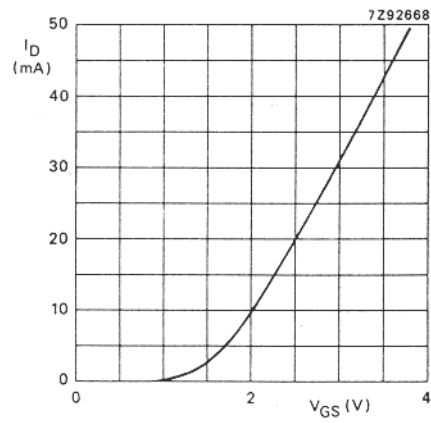


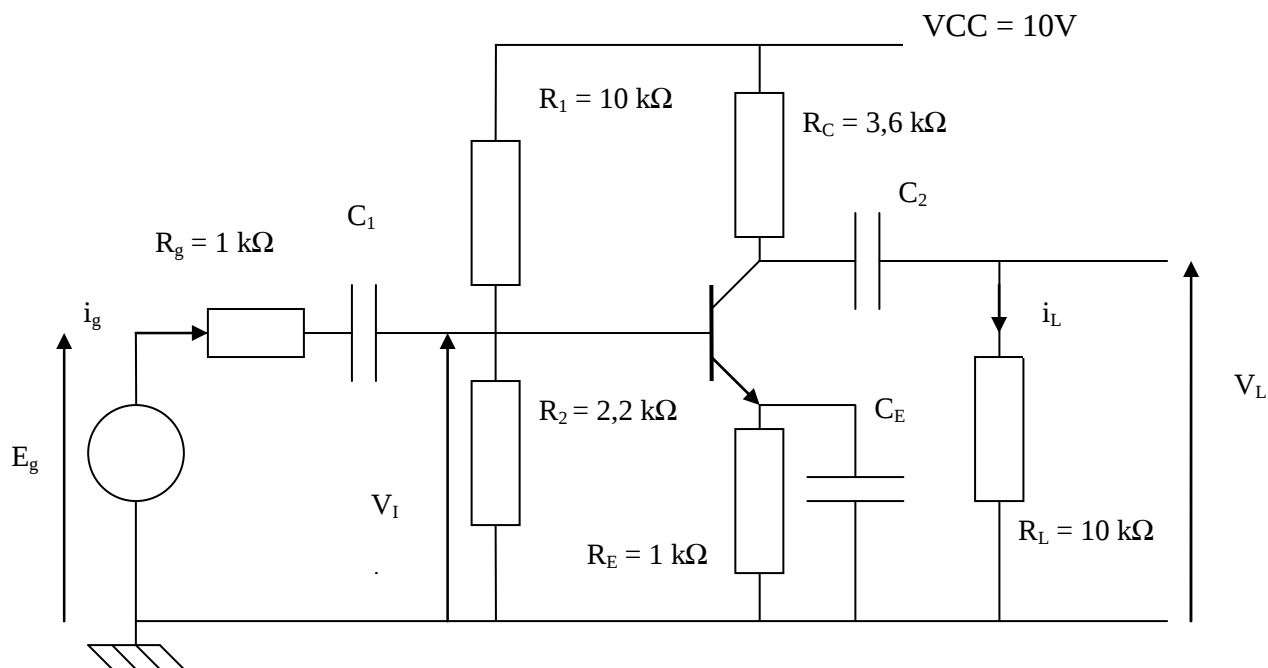
Fig. 5 $V_{DS} = 10$ V; $V_{BS} = 0$; typical values.

EXERCICE 4 Amplification (9 pts)

Les parties I, II, sont indépendantes

On considère le montage suivant utilisant un transistor bipolaire npn et une alimentation $V_{CC} = +10V$

Le gain statique en courant β nominal (typique) est de 100. La tension $(V_{BE})_{on}$ est de 0,65V.



I) Etude générale et polarisation

- 1) Quel est le type de montage élémentaire utilisé (E.C. B.C. C.C.)? justifier votre choix.
- 2) Quelles sont les propriétés essentielles de ce type de montage?
- 3) Dessiner le schéma valable pour la polarisation.
- 4) Donner l'expression de la droite de charge statique et tracer cette droite. Voir la feuille en annexe.
- 5) Déterminer le point de fonctionnement statique du transistor I_{CR} et V_{CER} . (R pour Repos). Ce point de fonctionnement vous semble-t-il correctement choisi ? Justifier votre réponse.

II) Etude en régime dynamique

Pour cette étude on supposera que les condensateurs présentent une impédance nulle à la fréquence de travail.

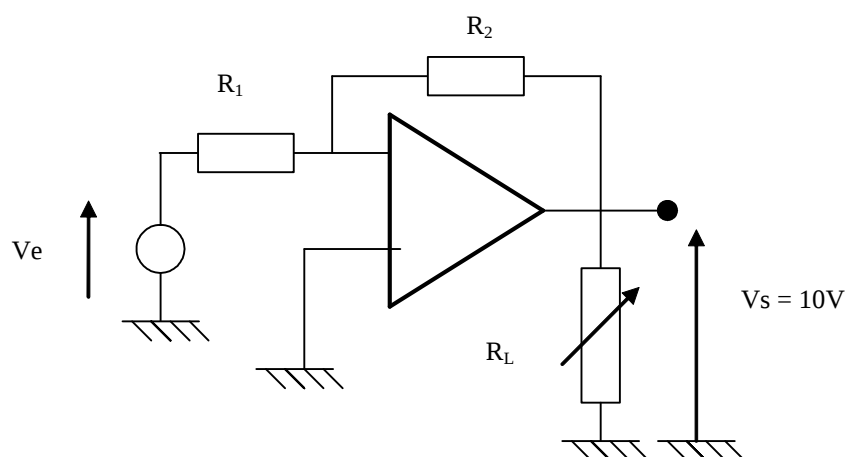
Les caractéristiques dynamiques du transistor sont les suivantes :

$$h_{11} = 2 \text{ k}\Omega; \quad h_{12} = h_{22} = 0; \quad h_{21} = 100.$$

- 1) Dessiner le schéma équivalent du montage valable pour les petits signaux.
- 2) Tracer sur le même graphe que celui de la question I-4 la droite de charge dynamique. Voir la même feuille annexe.
- 3) Donner les expressions littérales puis numériques du gain en tension $A_v = V_L/V_i$; de l'impédance d'entrée du montage Z_e et du gain composite en tension $A_{vc} = V_L/e_g$.
- 4) Déterminer le gain en courant $A_i = i_L/i_g$.
- 5) Déterminer l'expression et la valeur de l'impédance de sortie de ce montage. Conclusion ou remarques sur les valeurs des gains et des impédances obtenues.
- 6) Quelle est la valeur de l'amplitude maximale de la sinusoïde présente à l'entrée du montage que l'on peut atteindre afin de ne pas avoir de distorsion en sortie.

EXERCICE 5 : Amplification à partir d'amplificateurs opérationnels. (4 pts)

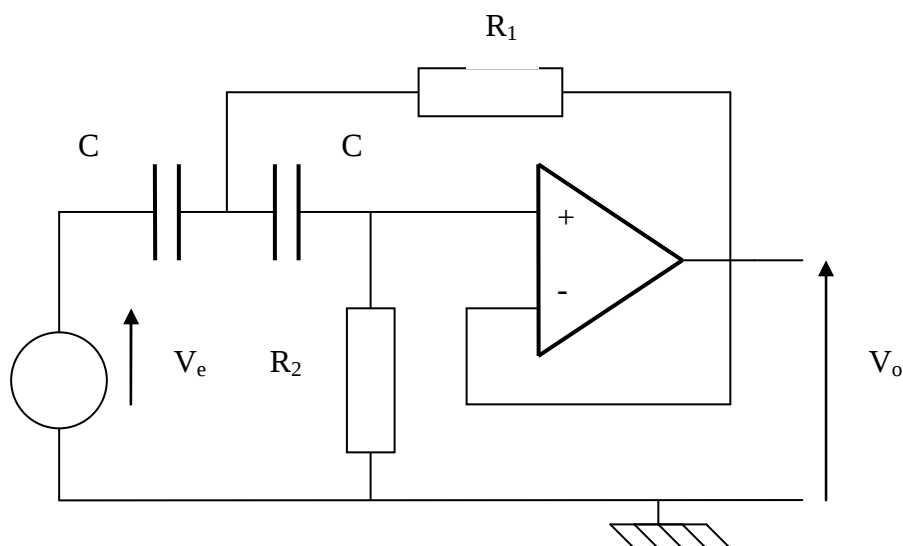
On considère le circuit suivant.



- 1) Ce montage est-il un montage inverseur ou non inverseur ?
- 2) Préciser l'entrée inverseuse $-$ et l'entrée non inverseuse $+$ sur le schéma.
- 3) La tension d'entrée est une sinusoïde d'amplitude 25 mV et dont la fréquence est comprise entre 20Hz et 20 kHz.
Quel doit être le gain de ce montage pour obtenir en sortie une amplitude de 10V ? On supposera l'amplificateur opérationnel idéal.
- 4) L'amplificateur réel utilisé possède un gain en boucle ouverte aux très basses fréquences de $5 \cdot 10^5$ et admet une fréquence de transition de 3 MHz. Peut-il convenir compte tenu du gain désiré obtenu à la question 3 ?
- 5) On dispose maintenant en cascade de deux amplificateurs identiques à celui de la figure précédente (avec les mêmes couples de résistances). Montrer que cette solution permet d'avoir la bonne amplitude en sortie. Préciser la valeur de R_2 si $R_1 = 1k\Omega$.

EXERCICE 6 : Filtre réalisé à partir d'un amplificateur opérationnel. (5,5 pts)

Soit le circuit suivant :



- 1) De quel type de filtre s'agit-il ? (passe-bas ; passe-haut ; passe-bande ou coupe bande) ? Justifier les raisons de votre choix.
- 2) Quel est l'ordre de ce filtre ? Justifier votre réponse.
- 3) La tension d'entrée est sinusoïdale. Déterminer la fonction de transfert de ce filtre $T(j\omega) = V_o/V_e$ en fonction de C , R_1 et R_2 et de ω .
- 4) On prend les valeurs suivantes : $R_1 = 12 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 24 \text{ k}\Omega$; $C = 4,7 \text{ nF}$.
 - a) Quelle est la fréquence f_0 de ce filtre déterminant le point de cassure du diagramme asymptotique du module?
 - b) Quel est le coefficient de qualité Q de ce filtre ?
 - c) Tracer sommairement le diagramme de Bode du module de cette fonction de transfert. On précisera les pentes des asymptotes.

Note : On rappelle que $T(j\omega)$ peut se mettre sous la forme mathématique suivante :

$$T(j\omega) = A_0 \frac{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{1 + j \frac{1}{Q} \frac{\omega}{\omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \text{ avec } A_0 \text{ un nombre réel constant et } Q \text{ coefficient de qualité.}$$

Numéro de Copie :