

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS

ELECTRONIQUE A 11 (26067)

Seconde session

Samedi 22 mars 2003
14h -17h

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.

Questions de cours sur 15 points ;

durée conseillée 1h 30

Les questions peuvent être traitées dans un ordre quelconque.

On rappelle les valeurs des constantes universelles.

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $h = 6,64 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$; $\epsilon_0 = (1/36\pi)10^{-9} \text{ Fm}^{-1}$.

$V_T = 0,025 \text{ V}$ à 300°K

Exercice 1 : (3 pts)

Semi-conducteur

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.

- 1) Dans quelle colonne de la classification périodique allez vous choisir les atomes d'impuretés, pour quelles raisons ?
- 2) On désire obtenir une concentration p_0 en trous libres $= 4 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$
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 $5 \cdot 10^{22}$?
- 3) En déduire la concentration en électrons n_0 de ce semi-conducteur ainsi dopé.

Exercice 2 : (2 pts)

Résistance: On veut réaliser une résistance en circuit intégré à partir de silicium dopé. On dope donc du silicium avec des impuretés donatrices de concentration N_D . On forme un barreau de longueur $100\mu\text{m}$ et de section $200 \mu\text{m}^2$.

- 1) Rappeler la relation donnant la conductivité en fonction des paramètres géométriques et des paramètres du semi-conducteur.
- 2) Quelle concentration des impuretés N_D doit on prendre pour le dopage si l'on veut réaliser une résistance de $10\text{k}\Omega$? On prendra pour μ_n mobilité des électrons la valeur

$1500 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$.

Exercice 3 : (3 pts)

Diode varicap

- 1) Expliquez qualitativement le principe physique d'une diode varicap.
- 2) Pour une utilisation correcte de cette diode doit-on la polariser en inverse ou en direct?

Justifier votre réponse . Dans quelle(s) application(s) utilise-t-on cette diode ? Donner au moins un montage ou une application.

Exercice 4 : (3 pts)

Amplificateur de différence.

On désire amplifier la différence entre les tensions suivantes :

$$V_1 = 1,5\text{V} + 2\text{mV} ; V_2 = 1,5\text{V} - 2\text{mV}.$$

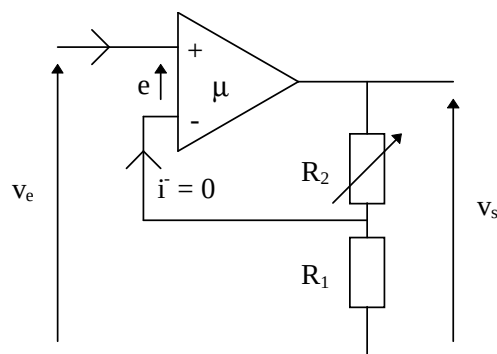
On utilise un amplificateur de différence de gain différentiel 800 et de taux de réjection de 60 dB.

- 1) Rappeler la définition du TRMC (taux de réjection en mode commun). En déduire la valeur numérique du gain en mode commun. Préciser la valeur de la tension de sortie. Conclusion ?
- 2) On veut pour un même gain différentiel de 800 que l'erreur introduite par le mode commun soit inférieure à 1% de la tension de sortie. Quelle est la valeur minimale du TRMC que l'on devrait avoir pour cet amplificateur?

Exercice 5 : (4 pts)

Amplificateur opérationnel

On utilise un amplificateur opérationnel dans le montage suivant. L'amplificateur est alimenté par une alimentation continue double $+15\text{V}$ et -15V .



1) L'amplificateur opérationnel est supposé **idéal**.

On désire un gain en tension $A = V_s/V_e = 50$.

Quelle valeur faut il donner à R_2 si $R_1 = 500\Omega$?

2) L'amplificateur **n'est plus idéal**.

a) Sa fréquence de transition est de 10 MHz.

Quelle est la fréquence limite de fonctionnement de l'amplificateur?

b) le slew-rate de l'amplificateur opérationnel est de $2V/\mu s$. Quelle est la fréquence limite de fonctionnement pour une tension sinusoïdale en sortie d'amplitude maximale de 14V (FPBW) full power bandwidth?

c) on veut amplifier au moyen du montage étudié des signaux dans la bande de fréquence 1kHz -50 kHz. Montrer que ceci est possible à condition de limiter l'amplitude des signaux d'entrée. Quelle est cette amplitude maximale des signaux en entrée du montage amplificateur?

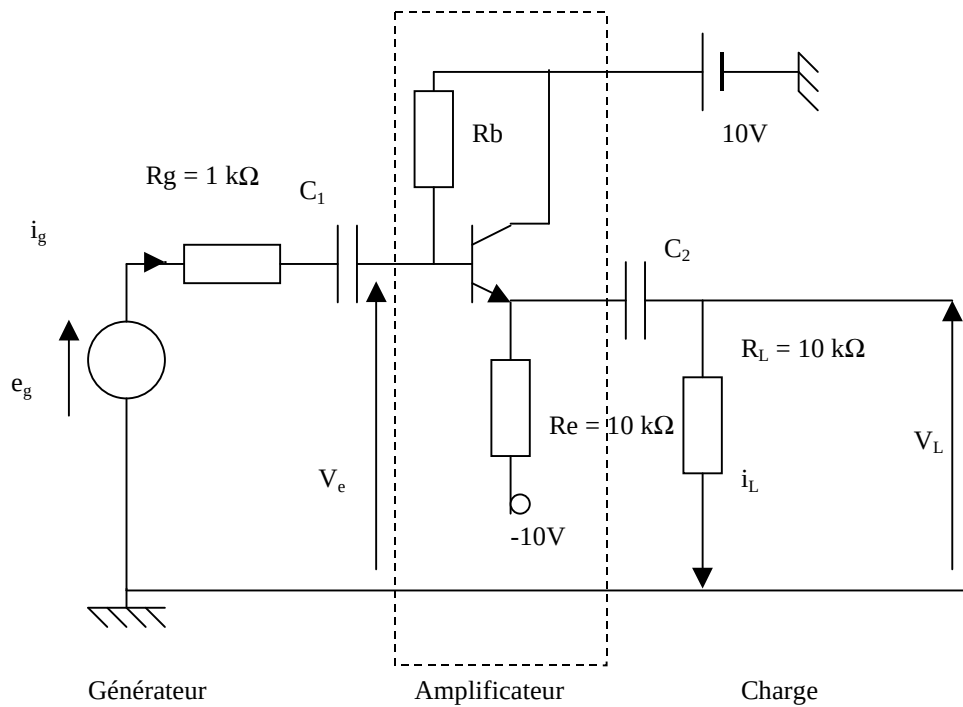
PROBLEME SUR 15 POINTS

DUREE CONSEILLEE : 1h 30.

Les parties I, II, III; IV 2-3 sont indépendantes.

Amplificateur à transistor.

Soit le schéma suivant:



$R_e = R_L = 10 \text{ k}\Omega$; $R_g = 1 \text{ k}\Omega$.

On se propose d'étudier le montage élémentaire précédant utilisant un transistor bipolaire npn, et deux alimentations symétriques $+10\text{V}$ et -10V . Les caractéristiques statiques du transistor sont fournies par les figures suivantes:

Figure 3 : gain statique en courant $h_{FE} = \beta$ en fonction du courant I_C

Figure 13: courant I_C en fonction de la tension V_{BE} .

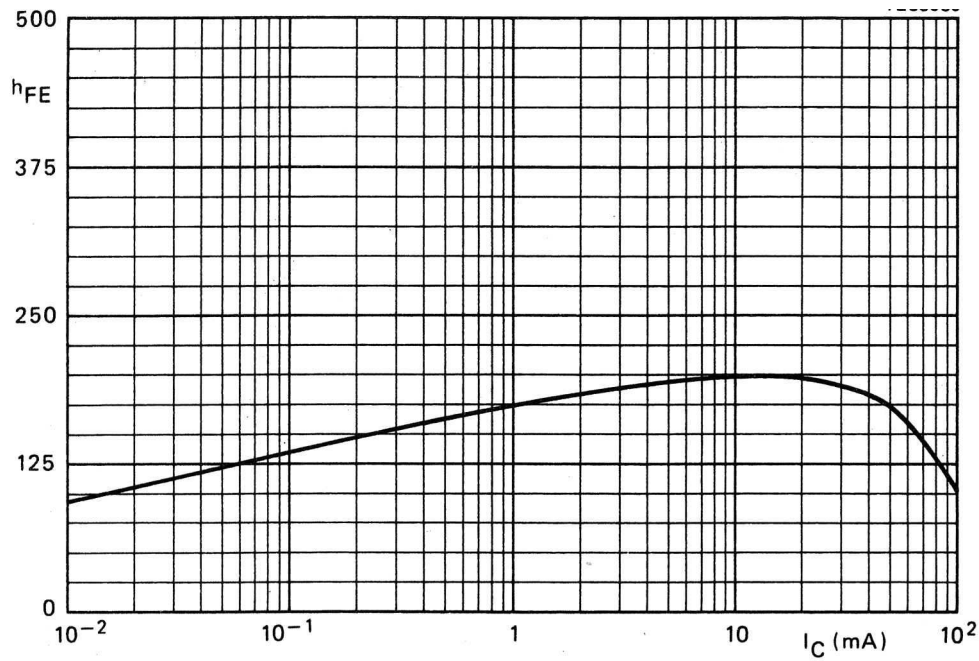


Fig. 3 Typical D.C. current gain for A-selections. $V_{CE} = 5 \text{ V}$; $T_j = 25^\circ\text{C}$.

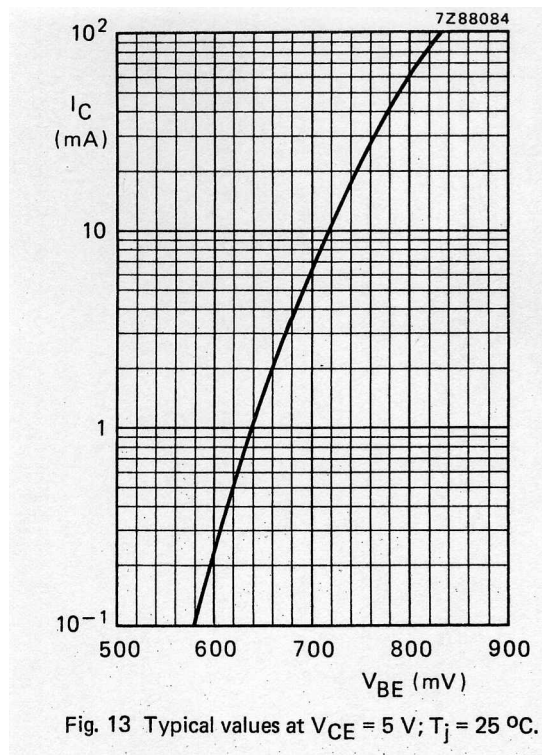


Fig. 13 Typical values at $V_{CE} = 5 \text{ V}$; $T_j = 25^\circ\text{C}$.

I Etude générale et polarisation. (5 points)

- 1) Quel est le type de montage utilisé pour réaliser cet amplificateur? (E.C.; B.C; C.C.)
- 2) Quelles sont les propriétés d'un tel étage? (sans faire de calculs!)
- 3) Quel sont les rôles des condensateurs C1 et C2 ?
- 4) Dessiner le schéma valable pour la polarisation.

- 5) Donner l'équation de la droite de charge statique et tracer cette droite.
- 6) On désire que le point de repos soit $I_{CR} = 1,5 \text{ mA}$ et $V_{CER.} = 5V$. (indice R pour repos).
En déduire la valeur de la résistance R_b nécessaire pour obtenir ce point de repos (On utilisera les graphes du constructeur).

II Détermination du paramètre h_{11} du transistor. (2 points)

- 1) Donner la valeur du paramètre h_{11e} que l'on déduira des deux graphes du constructeur.
- 2) Comparer cette valeur à la relation du cours $h_{11} = \frac{\beta V_T}{|I_E|}$.

III Etude en petits signaux. (5 points)

Pour cette étude on supposera que les condensateurs présentent une impédance nulle à la fréquence de travail. On donne les caractéristiques dynamiques du transistor :

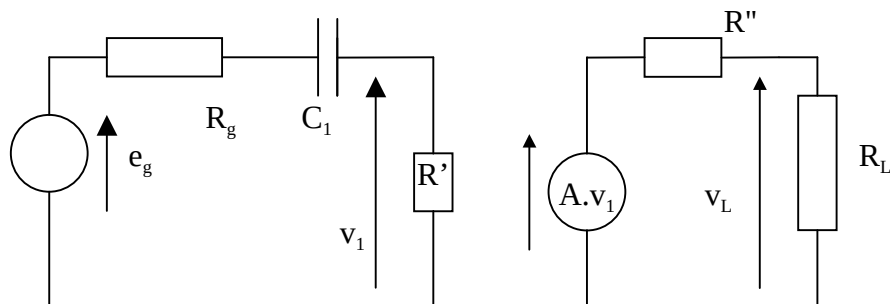
$$h_{11e} = 3k\Omega ; h_{12e} = 0 ; h_{21e} = 180 ; h_{22e} = 0.$$

- 1) Dessiner le schéma équivalent du montage valable pour les petits signaux.
- 2) Donner l'expression de la pente de la droite de charge dynamique. Tracer cette droite sur le même graphe que celui de la droite de charge statique. Que pensez vous du choix du point de repos?
- 3) Donner les expressions littérales puis numériques de l'impédance d'entrée, des gains $A_v = v_L/v_e$; $A_{vc} = v_L/e_g$; $A_i = i_L/i_g$; et de l'impédance de sortie de l'amplificateur.
 $R_e = R_L = 10 k\Omega$; $R_g = 1 k\Omega$; $R_b = 510 k\Omega$;

IV Etude en fonction de la fréquence. (3 points)

On considère que seul le condensateur C_2 est un court-circuit à la fréquence de travail.

- 1) Montrer à partir des résultats précédents que l'amplificateur peut se mettre sous la forme suivante:



Donner les valeurs numériques de R' , A et R'' .

- 2) Déterminer la fréquence de coupure du montage si $R' = 330 \text{ k}\Omega$, $R_g = 1 \text{ k}\Omega$; $C_1 = 0,47 \text{ }\mu\text{F}$.
- 3) On considère maintenant que seul le condensateur C_1 intervient dans les calculs. Les signaux à amplifier sont dans la bande de fréquence 30 Hz -20 kHz. Donner le nouveau schéma analogue à celui de la question 1 et indiquer la valeur de C_1 qu'il serait souhaitable de disposer.

A remettre éventuellement avec les copies

N° de copie

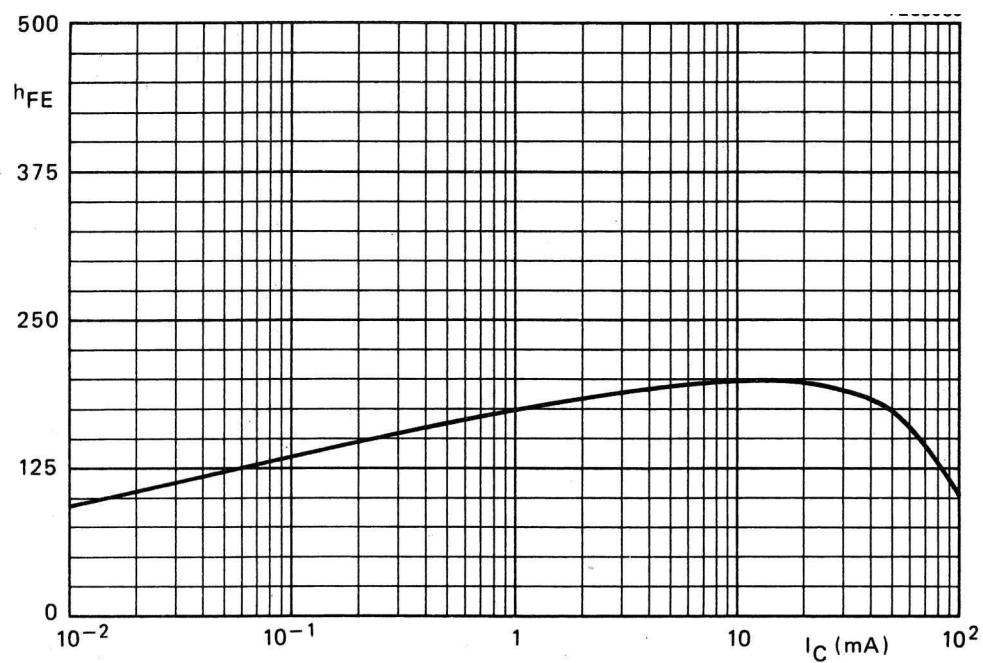


Fig. 3 Typical D.C. current gain for A-selections. $V_{CE} = 5$ V; $T_j = 25$ °C.

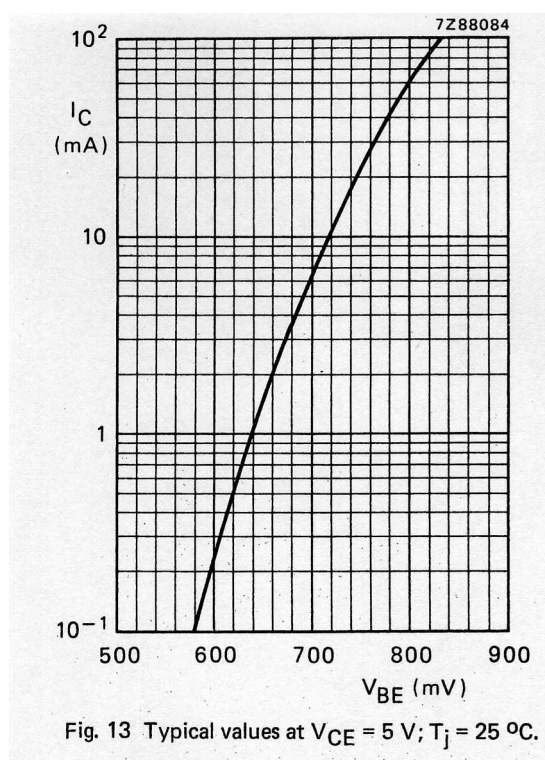


Fig. 13 Typical values at $V_{CE} = 5$ V; $T_j = 25$ °C.