

4 MNT
DEVOIR SURVEILLE
Circuits et Fonctions Intégrés pour la
Micro et la Nano-Electronique
le mercredi 11 mai 2011
Durée : 2 heures

☛ La qualité, la clarté de la présentation ainsi que l'orthographe seront pris en considération dans la notation. Le barème est donné à titre indicatif. Les exercices sont indépendants. Ce devoir contient 2 parties qui sont à rédiger sur des copies de couleur différente. Les documents sont autorisés pour la partie B exclusivement.

PARTIE A

(12 points)

☞ Documents non autorisés ☜

QUESTION DE COURS (2 points)

Rappeler le principe de fonctionnement des amplificateurs à transistors bipolaires de classe A, B et C. On s'attachera notamment à décrire les différentes positions du point de repos P dans les plans (i_B, V_{BE}) et (i_C, V_{CE}) . Pour ce faire, on représentera les caractéristiques $i_B=f(V_{BE})$ et $i_C=g(V_{CE})$ du transistor bipolaire ainsi que la droite de charge statique dans le plan (i_C, V_{CE}) . Pour chaque classe, on indiquera l'état du transistor. Discuter brièvement des principaux avantages et inconvénients rencontrés selon les différentes classes.

On note : i_B le courant de base, i_C le courant collecteur, V_{CE} le tension collecteur-émetteur et V_{BE} la tension base-émetteur.

EXERCICE I (5 points)

Un signal modulé en amplitude avec porteuse $s(t)$ est représenté sur la figure 1. Le signal porteur oscille à $f_p = 100$ kHz.

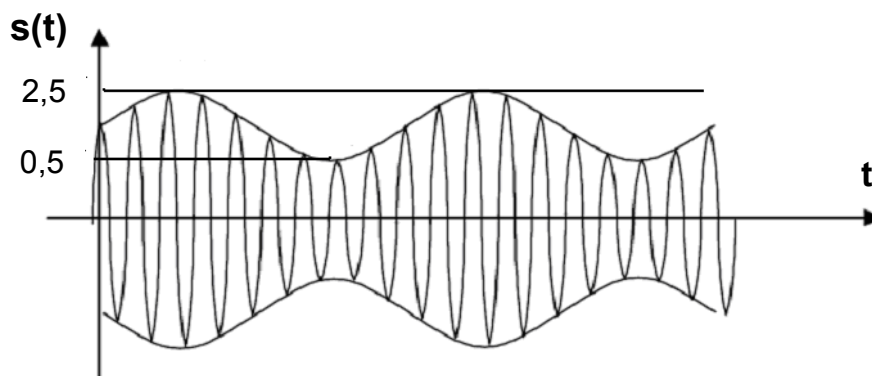


Figure 1

1) Déterminer la fréquence f_m du signal modulant.

2) Déterminer l'amplitude A_p de l'onde porteuse, A_m de l'onde modulante ainsi que le taux de modulation m .

3) Représenter qualitativement le spectre $S(f)$ du signal modulé. Quelle est la bande de fréquence occupée ?

4) Calculer la puissance contenue dans la porteuse (on suppose que la puissance est mesurée aux bornes d'une antenne résistive de 50Ω) et la puissance contenue hors de la porteuse (bandes latérales).

On rappelle que la puissance totale nécessaire à l'émission d'un signal modulé en amplitude avec porteuse s'exprime suivant la relation :

$$P_T = \frac{A_p^2}{2R} \left(1 + \frac{m^2}{2} \right)$$

5) Pour récupérer le signal modulant, est-il préférable de réaliser une démodulation cohérente ou non cohérente? Justifier votre réponse en quelques lignes.

On souhaite maintenant transmettre un signal modulant co-sinusoïdal $u(t)$ composé de trois fréquences : $f_{m0}=440$ Hz d'amplitude $A_{m0}=1$ V, $f_{m1}=560$ Hz d'amplitude $A_{m1}=2$ V et $f_{m2}=680$ Hz d'amplitude $A_{m2}=1$ V. Ce signal sera modulé autour d'une onde porteuse $p(t)$ afin de pouvoir être transmis via une antenne $\lambda/4$ (λ étant la longueur d'onde) de longueur $d=30$ cm.

- 1) Ecrire l'équation mathématique temporelle du signal modulant $u(t)$.
- 2) Représenter qualitativement le spectre $U(f)$ du signal modulant
- 3) Calculer la fréquence porteuse adaptée à l'antenne $\lambda/4$. On prendra $c = 3 \times 10^8$ m/s pour la célérité de la lumière dans le vide.
- 4) Sachant que l'onde porteuse est de la forme $p(t) = A_p \cos(2\pi f_p t)$, écrire l'équation mathématique temporelle du signal modulé $s(t)$. On notera m le taux de modulation.
- 5) Représenter le spectre $S(f)$ du signal modulé $s(t)$. On prendra $A_p=3$ V

EXERCICE II (5 points)

On désire transmettre un signal basse fréquence noté $s_m(t)$ par un système de modulation. Ce signal est du type sinusoïdal : $s_m(t) = V_m \cos(2\pi f_m t)$. Le générateur qui délivre $s_m(t)$ est inséré dans le schéma correspondant à la Figure 2.

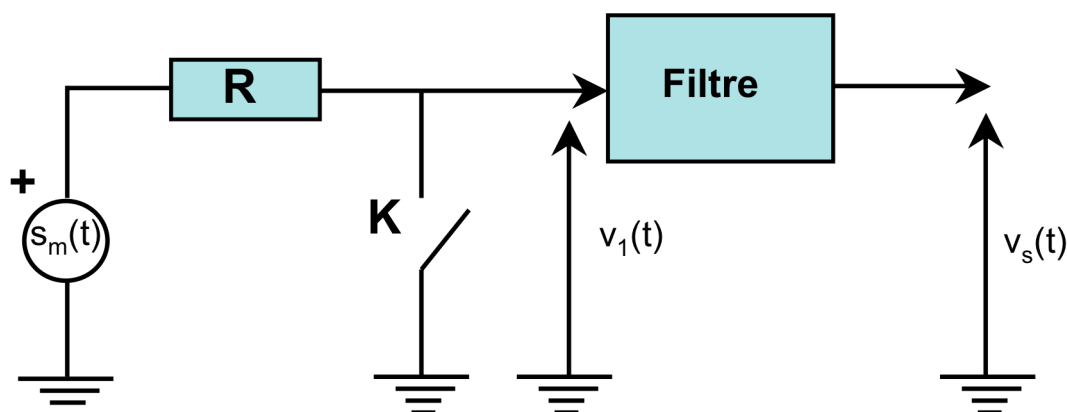


Figure 2

Dans un premier temps, l'interrupteur K est commandé par le signal $s_1(t)$, signal carré (cf. figure 3(a)) de fréquence $f_0 > f_m$ (si $s_1(t) = 1$, K est ouvert, si $s_1(t) = 0$, K est fermé). Le filtre

utilisé est un filtre passe-bande centré sur f_0 dont l'impédance d'entrée est supposée infinie.

- 1) Représenter le signal $s_m(t)$ et $v_1(t)$. Montrer que l'interrupteur commandé par $s_1(t)$ correspond à un multiplieur. De quel type de modulation s'agit-il ?
- 2) Donner l'expression de $v_1(t)$. Représenter le spectre en amplitude correspondant. Quelle précision peut-on apporter quant au type de modulation ?
- 3) Quelle condition doit-on avoir entre f_m et f_0 pour qu'il n'y ait pas de recouvrement de spectre ? Quelle doit être la bande passante du filtre ?
- 4) Selon vous, quelle est la forme du signal $v_s(t)$?
- 5) On modifie maintenant le schéma pour commander $s_m(t)$ par le signal $s_2(t)$ (cf. figure 3(b)). On considère que le signal $s_m(t)$ est multiplié par $s_2(t)$. Donner l'expression de $v_1(t)$. Selon vous quelle est la forme du signal $v_s(t)$? Quelle condition doit-on avoir entre f_m et f_0 pour qu'il n'y ait pas de recouvrement de spectre ? Quel est l'avantage de cette modulation par rapport à la précédente ?

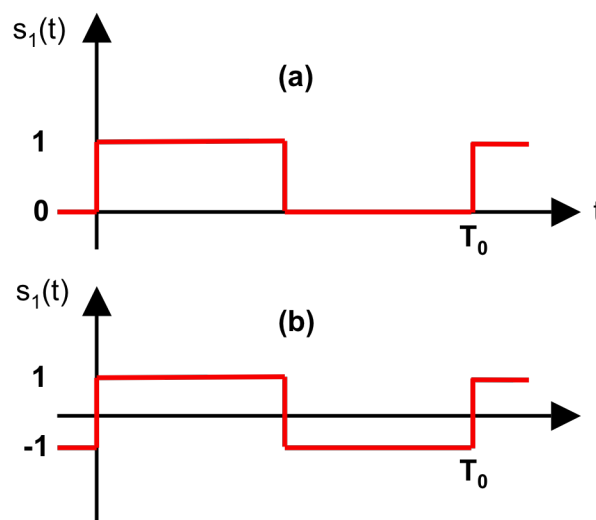


Figure 3

Rappels :

- a) Un signal carré $s_1(t)$ de période T_0 comme représenté sur la figure 3(a) a pour décomposition en série de Fourier :

$$s(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \cos(2\pi f_0 t) - \frac{2}{3\pi} \cos(6\pi f_0 t) + \dots$$

- b) Un signal carré $s_2(t)$ de période T_0 comme représenté sur la figure 3(b) a pour décomposition en série de Fourier :

$$s(t) = \frac{4}{\pi} \cos(2\pi f_0 t) - \frac{4}{3\pi} \cos(6\pi f_0 t) + \dots$$

- c) Quelques relations trigonométriques :

$$\cos(a + b) = \cos(a)\cos(b) - \sin(a)\sin(b)$$

$$\cos(a - b) = \cos(a)\cos(b) + \sin(a)\sin(b)$$

$$\sin(a + b) = \sin(a)\cos(b) + \cos(a)\sin(b)$$

$$\sin(a - b) = \sin(a)\cos(b) - \cos(a)\sin(b)$$

PARTIE B **(8 points)**

œ Documents autorisés œ

- 1) Quelle serait la résistance carrée d'une résistance en aluminium de 1,5 μm d'épaisseur?
- 2) Quelle épaisseur faut-il avoir pour adresser la gamme de valeur suivante : 0,2 Ω à 200 Ω
- 3) A quoi sert une étape de « screening » dans un procédé technologique de capacité ?
- 4) Afin de limiter la dispersion des capacités de faibles valeurs, faut-il diminuer ou augmenter la densité de capacité ? Pourquoi ?
- 5) Qu'est-ce qui permet de vérifier le couplage électromagnétique entre composants?
- 6) Combien de niveaux de masquage sont nécessaires pour la technologie RLC06A (coupe schématique représentée sur la figure 4)?
- 7) Quelles sont les 3 longueurs d'ondes dites « télécom » et les fréquences associées ?
- 8) Qu'est-ce qu'un substrat SOI ? Donner la définition et expliquer pourquoi cela permet de faire des guides d'onde optique.
- 9) Parmi ces 3 matériaux (plan de boîtes quantiques germanium, multi-puits quantiques SiGe et germanium pur), lequel semble le plus adapté à la photodétection à 1,3 μm et pourquoi ?
- 10) Combien de niveau de masques sont nécessaires pour réaliser un MSM avec contacts en surface avec un couplage en bout (depuis le niveau guide et jusqu'au niveau métal inclus). Les décrire en quelques mots.
- 11) Quel est l'effet physique qui semble le plus adapté à la photomodulation à 1,3 μm et quel type de porteur est le plus efficace et pourquoi ?
- 12) Quelle structure interférométrique pour la photomodulation est la moins sensible à la température? (Mach Zehnder, résonateur Fabry Perot ou résonateur en anneau).

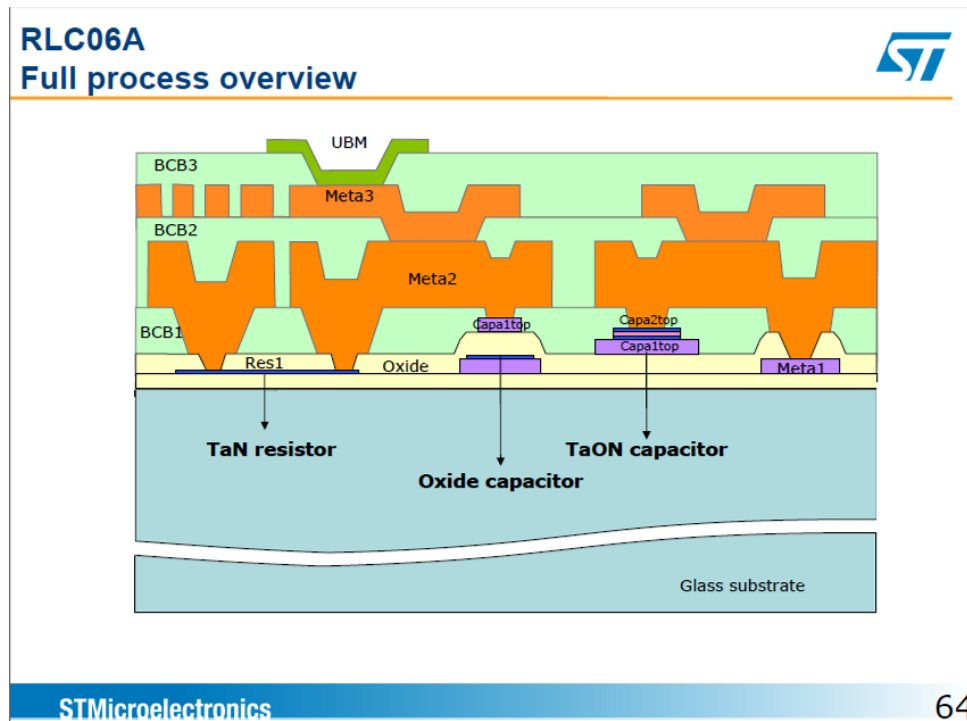


Figure 4

œ FIN DU SUJET œ