

## Synthèse et utilisation de composés semi-conducteurs

Les composants semi-conducteurs sont très répandus dans l'électronique moderne. Ce problème propose d'étudier deux aspects des composants à semi-conducteurs : leur utilisation et leur fabrication.

Dans une première partie du problème, on examine la réalisation, à l'aide d'ALI d'une Modulation de Largeur d'Impulsion (MLI).

La seconde partie étudie un exemple de processus de fabrication qui a commencé à être utilisé dans les années 70 : l'épitaxie par jet moléculaire (EJM ou MBE en anglais). Cette dernière, grâce à des jets d'atomes ou de molécules relativement lent a permis la création de couches de semi-conducteur dont l'épaisseur peut être monoatomique. On a pu ainsi créer des composants plus petits mais aussi réaliser des diodes Laser de largeur spectrale très fine.

Les deux parties sont entièrement indépendantes. On mènera les calculs avec les valeurs approchées des constantes fournies en fin de sujet.

### Partie A : Exemple d'utilisation des semi-conducteurs : la MLI

#### MLI : Modulation de largeurs d'impulsion

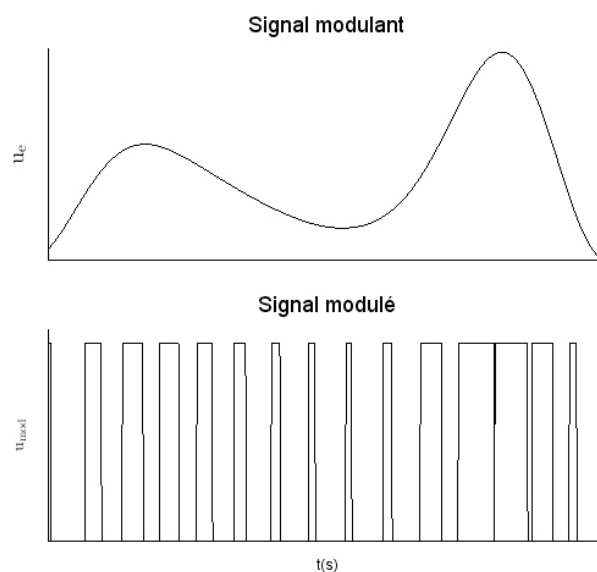


Figure A.1

Le principe consiste à générer des impulsions électroniques à intervalles régulières mais dont la largeur temporelle va dépendre d'un signal « modulant ». C'est la valeur de tension de ce signal qui va déterminer la largeur de l'impulsion (cf. Figure A.1).

#### A.1 - Modulation de largeur d'impulsion : réalisation analogique

On considère le montage de la figure Figure A.2 mettant en jeu un ALI supposé idéal auquel on applique :

- un signal modulant  $u_e(t)$
- une tension « dent de scie »  $u_{scie}(t)$  de période  $T$  dont l'allure temporelle est représentée Figure A.3.

**Q1.** Rappeler les caractéristiques d'un Amplificateur Linéaire Intégré idéal.

**Q2.** L'ALI fonctionne-t-il en régime linéaire ou en régime saturé ? Quelle fonction réalise un tel montage ?

La tension  $u_{scie}(t)$  est une tension dite « dent de scie » (cf. Figure A.3). On note  $T$  la période de cette tension et  $U_{max}$  la tension maximale atteinte par  $u_{scie}(t)$ .

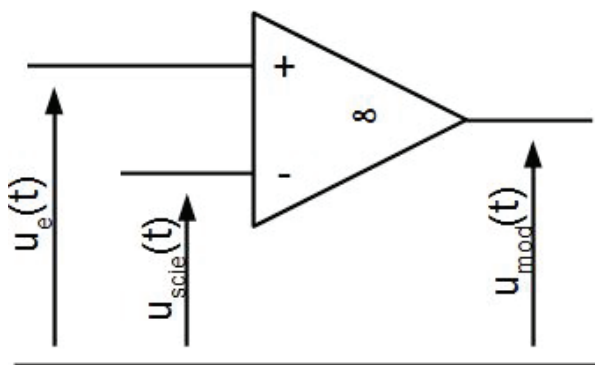


Figure A.2

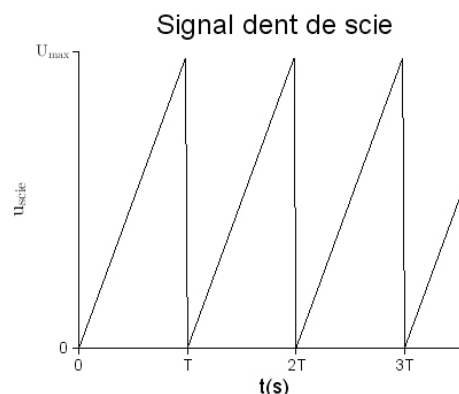


Figure A.3

**Q3.** Déterminer la pente A des rampes de la tension  $u_{scie}(t)$  en fonction de T et  $U_{max}$ .

**Q4.** On considère un signal modulant continu :  $u_e(t) = U_0$ . Déterminer, les durées  $\tau_+$  et  $\tau_-$ , correspondant respectivement aux temps passés en saturation haute et en saturation basse durant une période T en fonction de  $U_0$ ,  $U_{max}$  et T. Représenter graphiquement le signal  $u_{mod}(t)$  en sortie de l'ALI entre  $t=0$  et  $t=3T$ .

**Q5.** Que se passe-t-il si  $U_0 > U_{max}$  ?

**Q6.** On considère maintenant comme signal modulant  $u_e(t)$  un signal sinusoïdal de période  $T_e = 5T$ , de valeur basse 0 et de valeur haute  $U_{max}$  (atteinte pour  $t=0$ ). On prendra  $f_e = \frac{1}{T_e} = 1\text{kHz}$ , la fréquence du signal modulant.

**Q6.a.** Donner l'équation horaire de  $u_e(t)$ .

**Q6.b.** Représenter le spectre de  $u_e(t)$ .

**Q6.c.** On a représenté en Annexe (Partie C : - A RENDRE AVEC LA COPIE) le signal  $u_e(t)$  (Figure C.1) sur une période. Représenter sur le même graphique les signaux  $u_{scie}(t)$  et  $u_{mod}(t)$ . On note  $V_{sat}$  la tension de saturation positive de l'ALI. On prendra pour le tracé graphique :  $V_{sat} = U_{max}/2$

**Q6.d.** On réalise expérimentalement la modulation de largeur d'impulsion. Pour savoir comment obtenir le signal modulant à partir du signal modulé (démodulation), on observe le spectre du signal. Celui-ci est donné Figure A.4 - l'échelle des amplitudes est arbitraire. Proposer, en le justifiant, le type de filtre permettant de démoduler le signal  $u_{mod}(t)$ .

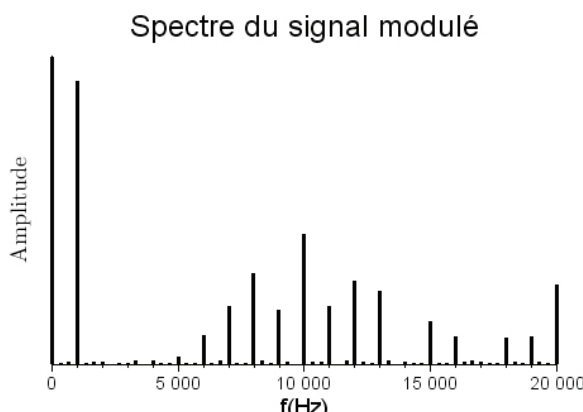


Figure A.4

## A.2 - Réalisation d'un signal « dent de scie »

Le principe de cette modulation est basé sur l'utilisation d'un signal dent de scie. On se propose ici d'étudier une façon de créer un tel signal. On considère le montage suivant (les ALI sont supposés idéaux) :

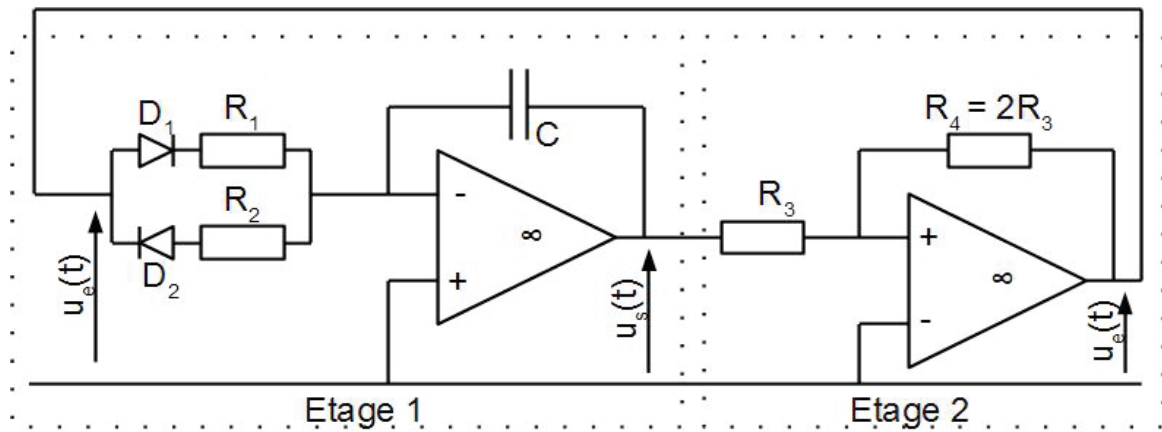


Figure A.5 :

**Q7.** Rappeler les ordres de grandeurs des impédances d'entrée et de sortie réelles d'un ALI.

**Q8.** Expliquer brièvement pourquoi on peut commencer par étudier les deux étages 1 et 2 représentés sur le schéma séparément.

**Q9.** On considère l'étage 1. On admet que :

- Quand le signal  $u_e(t)$  est positif, la diode  $D_2$  est assimilable à un interrupteur ouvert et la diode  $D_1$  à un fil.
- Quand le signal  $u_e(t)$  est négatif, la diode  $D_2$  est assimilable à un fil et la diode  $D_1$  à un interrupteur ouvert.

**Q9.a.** Déterminer l'équation différentielle qui relie  $u_s(t)$  et  $u_e(t)$  quand  $u_e(t)$  est positive. Comment appelle-t-on un tel montage ?

**Q9.b.** Déterminer l'équation différentielle qui relie  $u_s(t)$  et  $u_e(t)$  quand  $u_e(t)$  est négative.

**Q10.** On considère maintenant l'étage 2.

**Q10.a.** Expliquer pourquoi on sait que l'ALI de l'étage 2 va fonctionner en régime de saturation.

**Q10.b.** On suppose que la sortie est en saturation haute  $u_e = V_{sat}$ . Déterminer les gammes de valeurs possibles pour  $u_s$ .

**Q10.c.** On suppose que la sortie est en saturation basse  $u_e = -V_{sat}$ . Déterminer les gammes de valeurs possibles pour  $u_s$ .

**Q10.d.** Représenter la caractéristique de transfert  $u_e(u_s)$ . Comment appelle-t-on un tel montage ?

On considère maintenant le montage entier. Il n'y a pas de « tension d'entrée » et la tension de sortie est la tension  $u_s(t)$ .

**Q11.** On suppose que, à  $t=0$ , l'étage 2 vient de basculer en saturation haute  $u_e = V_{sat}$ .

**Q11.a.** Déterminer  $u_s(t=0)$  puis l'équation littérale horaire de  $u_s(t)$  pour  $t > 0$

**Q11.b.** Déterminer la date  $t_1$  à laquelle l'étage 2 va basculer en saturation basse. On note  $\Delta t_{haut}$  la durée pendant laquelle l'étage 2 est en saturation haute. Expliciter littéralement  $\Delta t_{haut}$

**Q12.** A  $t=t_1$ , l'étage 2 vient donc de basculer en saturation basse.

**Q12.a.** Déterminer l'expression littérale de  $u_s(t)$  pour  $t > t_1$

**Q12.b.** Déterminer la date  $t_2$  à laquelle l'étage 2 va basculer à nouveau en saturation haute. On note  $\Delta t_{bas}$ , la durée pendant laquelle l'étage 2 est en saturation basse. Déterminer littéralement  $\Delta t_{bas}$  et la période  $T$  du signal  $u_s(t)$ .

**Q13.** Représenter sur le graphique Figure C.2 fourni dans l'Annexe (Partie C : - A RENDRE AVEC LA COPIE) les signaux  $u_s(t)$  et  $u_e(t)$  en supposant  $\Delta t_{bas} = 19 \Delta t_{haut}$

**Q14.** On veut créer un signal dent de scie de fréquence  $f=1\text{MHz}$ . On choisit  $C=10\text{ pF}$ . De plus, pour que le signal ressemble le plus au signal dent de scie de la Figure A.2, on fixe  $\Delta t_{bas} = 19 \Delta t_{haut}$ . Déterminer les valeurs de  $R_1$  et  $R_2$  en fonction de  $C$  et  $f$ . Faire l'application numérique.

DANS CE CADRE  
NE RIEN ÉCRIRE

Académie :	Session :	Modèle EN.
Examen ou Concours :	Série* :	
Spécialité/option :	Repère de l'épreuve :	
Épreuve/sous-épreuve :		
NOM : <small>(en majuscules, suivi, s'il y a lieu, du nom d'épouse)</small>		
Prénoms :	N° du candidat	
Né(e) le		<small>(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)</small>

133

### Partie C : ANNEXESA RENDRE AVEC LA COPIE

#### C.1 - Modulation de largeur d'impulsion – Question Q6.c.

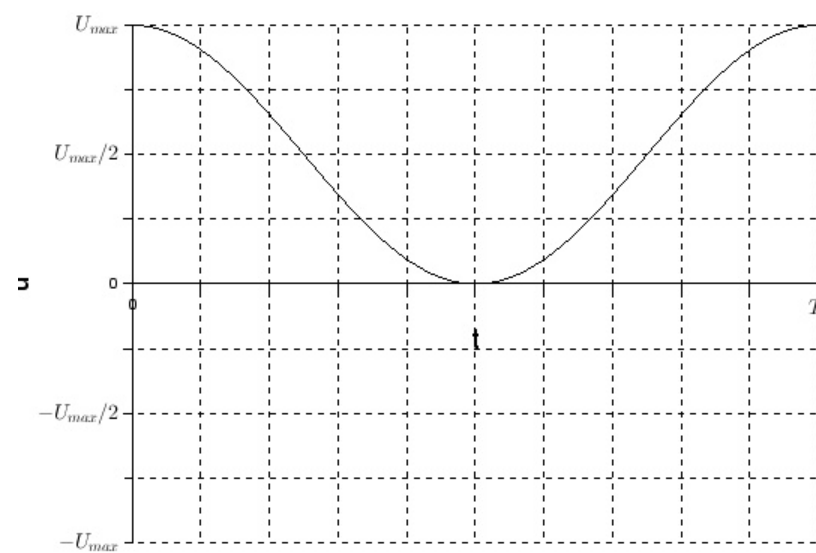


Figure C.1 : Chronogramme du signal  $u_e(t)$  sur une période.

#### C.2 - Création d'un signal dent de scie – Question Q13.

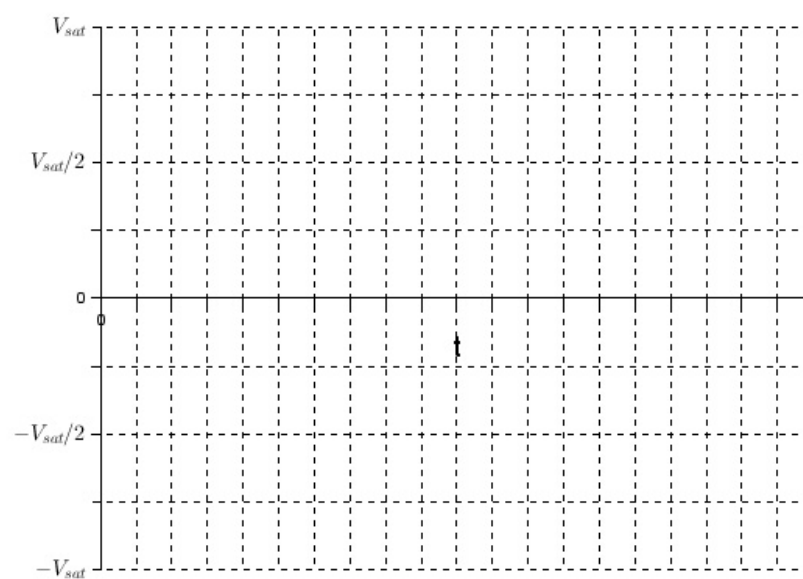


Figure C.2 : Chronogramme à compléter : on fera apparaître les grandeurs  $\Delta t_{haut}$  et  $\Delta t_{bas}$ .

(B)

Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

Tournez la page S.V.P.