Séance 1 de révisions : Electronique (5/2)

EXERCICE 1 : ALI ET MLI

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

MLI : Modulation de largeurs d'impulsion

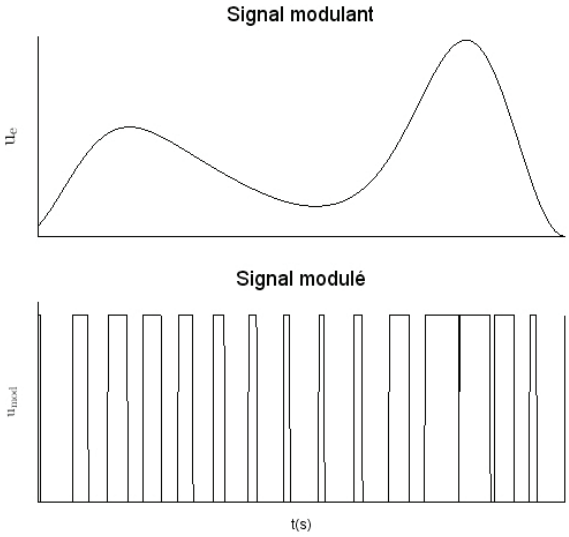

Figure A.1

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 du 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 $u_{scie}(t)$.

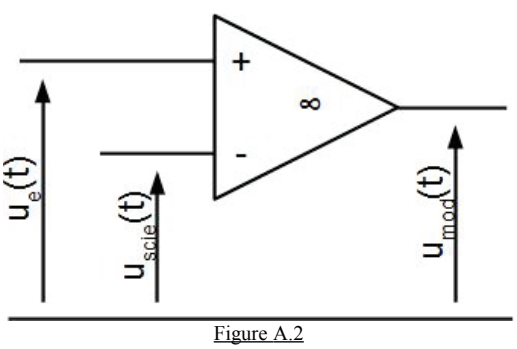

Figure A.2

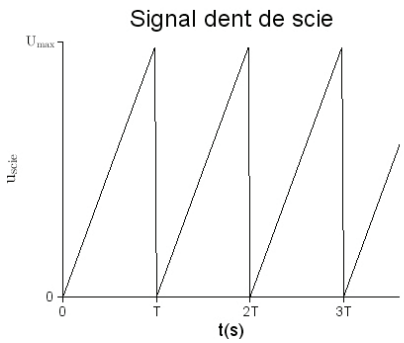

Figure A.3

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 τ_+ et τ_-, 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 amplitude est arbitraire. Proposer, en le justifiant, le type de filtre permettant de démoduler le signal $u_{mod}(t)$.

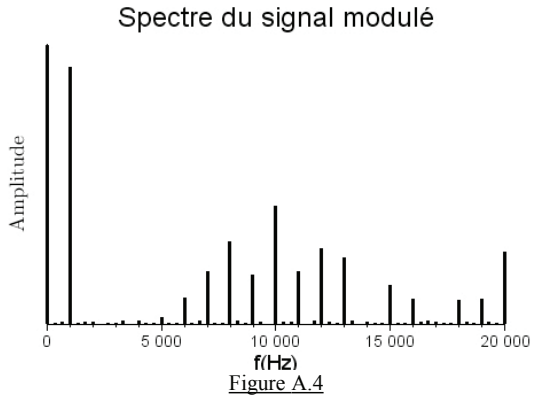

Figure A.4

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) :

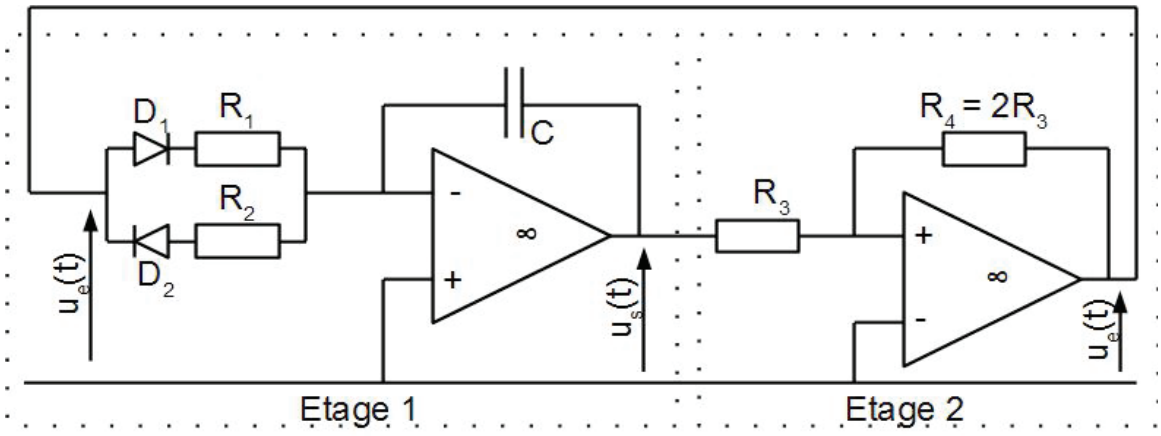

Figure A.5 :

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 Δt_{haut} la durée pendant laquelle l'étage 2 est en saturation haute. Expliciter littéralement Δt_{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 Δt_{bas}, la durée pendant laquelle l'étage 2 est en saturation basse. Déterminer littéralement Δt_{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=1MHz. On choisit $C = 10\,pF$. 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.

Exercice 2 : Oscillateur électronique

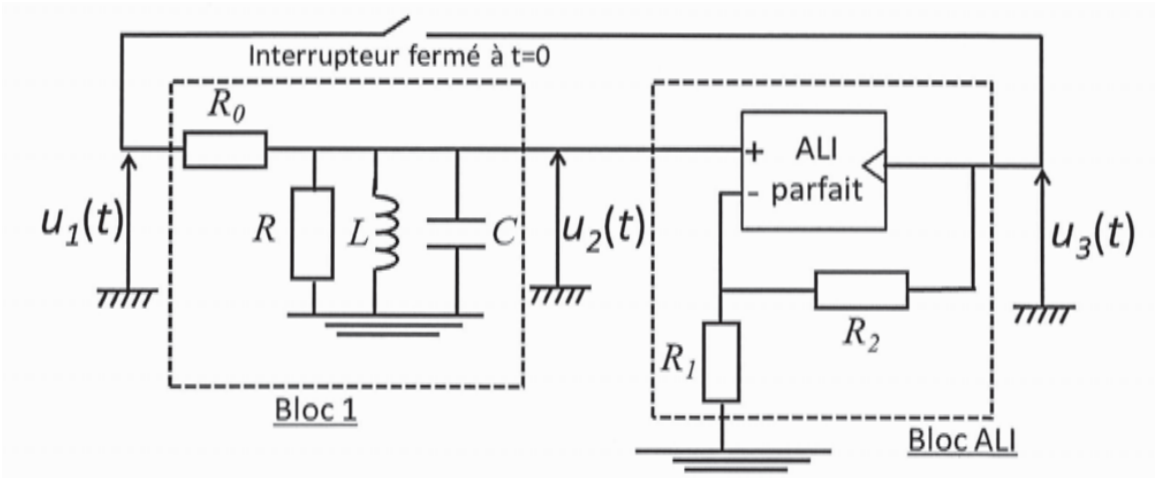

Fig. 10 : Montage envisagé pour extraire l'information issue d'un capteur. L'ALI utilisé, que l'on supposera parfait, est alimenté au moyen d'une alimentation symétrique $\pm V_{CC}$=±12V et sa tension de saturation est V_{SAT}=11V.

1) Etude du bloc 1

Le bloc 1 réalise un filtre de fonction de transfert complexe $\underline{H} = \underline{u_2}/\underline{u_1}$

$\underline{H} = \dfrac{A_0}{1 + jQ(x - \dfrac{1}{x})}$ avec $A_0 = 0{,}1$; $Q=25$; $x = \dfrac{\omega}{\omega_0}x$; $\log(25) \approx 1{,}4$.

a- Donner les équations des deux asymptotes hautes et basses fréquences du gain en décibels de ce filtre.

b- Représenter le diagramme de Bode (en amplitude uniquement) donnant ce gain en décibels en fonction de $\log(x)$.

c- Préciser la nature de ce filtre.

d - Exprimer, à partir du schéma du bloc 1, le fonction de transfert $\underline{H}$ en fonction ω et des valeurs caractéristiques des composants de ce bloc 1. Par identification, donner les expressions littérales de ω_o et Q en fonction des valeurs caractéristiques des composants.

2) Etude du bloc bloc ALI

a- Déterminer l'expression littérale de la fonction de transfert complexe $\underline{G} = \underline{u_3}/\underline{u_2}$.

b- On pose $K = |G|$. Exprimer K en fonction de R_1 et R_2.

3) Système bouclé

On ferme l'interrupteur, réalisant ainsi un système bouclé.

a- Déduire des questions précédentes l'équation différentielle vérifiée par u_3.

b- A partir de cette équation :

i- Trouver une condition liant A_0, K et Q pour que s'établissent des oscillations quasi sinusoïdales.

ii- Déterminer alors la fréquence f_0 de ces oscillations.

c- Toujours à partir de l'équation différentielle de u_3, montrer que la naissance d'oscillations impose des conditions sur le produit $A_0.K$ et les expliciter.

4) On choisit les composants de manière à obtenir l'équation différentielle suivante :

$$\frac{d^2u_3}{dt^2} - 10^4\frac{du_3}{dt} + 9.10^8u_3 = 0$$

a- Donner l'expression numérique de u_3 en fonction de t sans chercher à calculer les constantes dépendant des conditions initiales.

b- Montrer que l'on obtient des oscillations dont l'amplitude A varie temporellement.

c- Exprimer et représenter A en fonction de t.

d- Dans la pratique, on obtient une stabilisation de l'amplitude à une valeur A_{max} ; expliquer pourquoi et expliciter A_{max}.

e- Compte tenu de ce qui précède, représenter l'allure de $u_3(t)$.

5) On utilise le dispositif complet pour suivre les déplacements x de la partie mobile d'un capteur capacitif dont la capacité est donnée par la loi $C=C_0(1-x/l)$, avec C_0=10µF et l=10mm.Ce capteur forme le condensateur du bloc 1 de la ***Fig. 10***.

- Les composants choisis sont tels que le montage oscille à une fréquence f_{osc} liée à la capacité C par la relation : $f_{osc} = \dfrac{D}{\sqrt{C}}$, avec $D=1\ H^{1/2}$.
- A la position de référence du capteur (x=0), la fréquence d'oscillation est f_{or}.

a. Montrer que, pour un petit déplacement x ($x/l<<1$), la fréquence d'oscillation peut se mettre sous la forme $f_{osc} \approx a.x+b$, et expliciter a et b en fonction des données.

b. On note $\Delta f = f_{osc} - f_{or}$ la variation de fréquence liée à un déplacement. La plus petite variation détectable est $\Delta f_{min} = 3Hz$; quel est le plus petit déplacement détectable ?

Partie C : ANNEXESA RENDRE AVEC LA COPIE

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

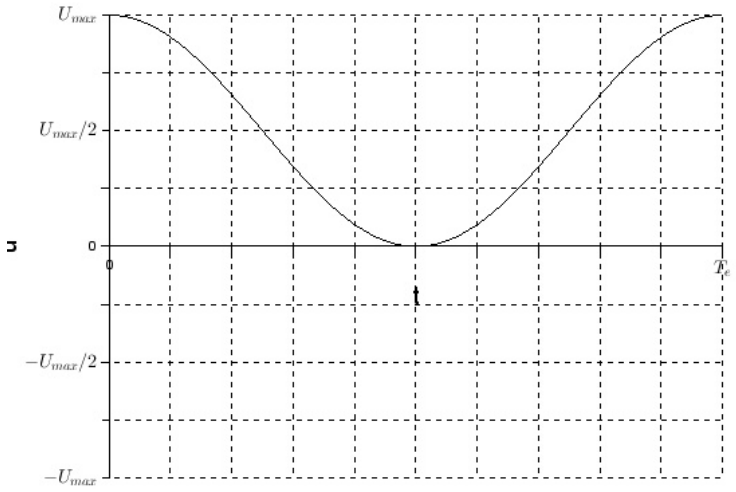

Figure C.1 : Chronogramme du signal $u_e(t)$ sur une période.

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

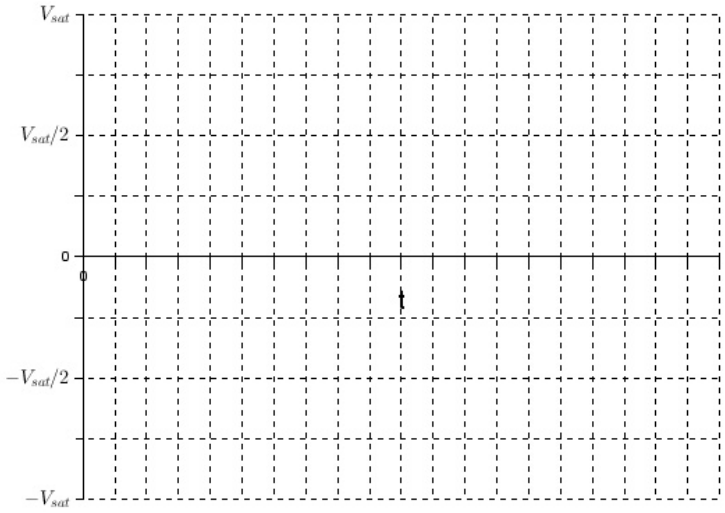

Figure C.2 : Chronogramme à compléter : on fera apparaître les grandeurs Δt_{haut} et Δt_{bas}.

B

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