

DEVOIR DE CONTROLE DE PHYSIQUE 1

OCTOBRE 2017 - Durée : 2 H

I- Inter-conversion analogique-numérique

Les signaux du monde réel sont analogiques, pour les transformer en signaux numériques on utilise un convertisseur numérique analogique, noté CAN par la suite.

Dans tout système de stockage numérique de données, la première étape est celle de la numérisation.

On souhaite enregistrer un signal musical avec haute fidélité. Lors de l'enregistrement sur un disque compact, noté dans la suite C.D (compact disk), le signal audio est échantillonné et bloqué avec une fréquence d'échantillonnage $F_e = 44\text{kHz}$; puis il est numérisé.

1- Qu'appelle-t-on échantillonnage d'un signal ? Justifier la valeur choisie pour F_e .

Le spectre du signal audio $V(f)$ désiré est représenté en figure 1.

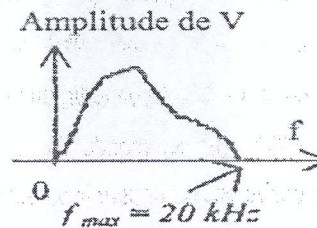


Figure 1 : spectre du signal audio

2-a- Donner le spectre du signal échantillonné $V^*(f)$.

b- Quel type de filtre doit-on utiliser pour obtenir le signal audio désiré ? Donner, en le justifiant, la fréquence de coupure f_c de ce filtre.

c- Donner un exemple de filtre analogique (schéma du circuit), et donner la forme de l'équation différentielle qui relie les grandeurs d'entrée $e(t)$ et de sortie $s(t)$.

d- Si on envisage un filtrage numérique à la fréquence F_e , donner la forme de la relation de récurrence qui relie s_{n+1} à e_n et s_n .

On suppose à présent disposer du signal traité numériquement, que l'on veut remettre sous forme analogique. Le Convertisseur Numérique Analogique (CNA) réalise cette opération.

3- La chaîne utilise un convertisseur numérique-analogique à 16 bits. Ce convertisseur peut fournir une tension comprise entre les valeurs extrêmes -5 V et $+5\text{ V}$ et on suppose que les données numériques sont converties à une fréquence égale à celle utilisée lors de l'enregistrement (44 kHz). Déterminer la valeur du pas du quantification ou quantum q du CNA utilisé.

Le principe d'un CNA est représenté sur la figure 2.

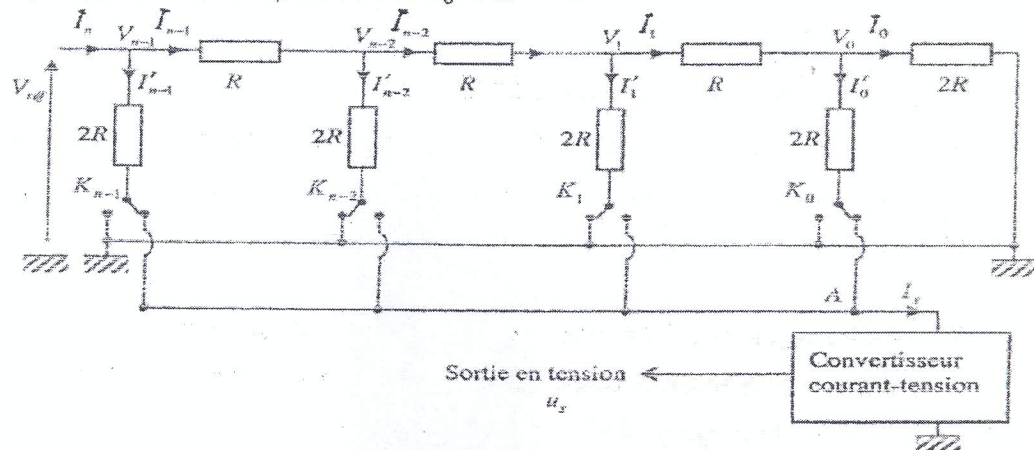


Figure 2 : Un CNA dit à échelle comprend autant de sources qu'il y a de bits dans le signal numérique

Il contient n cellules identiques, si l'on excepte la dernière résistance à droite. Il est alimenté par une tension de référence V_{ref} , et sa sortie en courant I_s dépend de l'état des convertisseurs ; ceux-ci sont commandés par le signal numérique à n bits à convertir, du bit de plus faible poids (LSB) qui commande K_0 au bit de plus fort poids (MSB) qui commande K_{n-1} . Pour un bit à la valeur 1 l'interrupteur correspondant est connecté au convertisseur et pour la valeur 0 à la masse.

$V_{n-1}, V_{n-2} \dots V_1$ et V_0 désignent les potentiels des nœuds successifs par rapport à la masse. Le convertisseur courant-tension est supposé idéal, ce qui implique que le point A possède le même potentiel que la masse $V = 0$ et que la tension de sortie vaut $u_s = \alpha I_s$, α étant un coefficient constant réglable.

4- Montrer que $I_0 = I'_0$. Quelle est la relation entre V_1 et V_0 ?

5- En raisonnant par récurrence, montrer que pour tout k , $I_k = I'_k$ et $V_{k+1} = 2V_k$.

6- Montrer que $u_s = \beta \sum_{k=0}^{n-1} c_k 2^k$ avec $c_k = +1$ ou 0 (c_k représente l'état du bit de rang k).

Donner l'expression de β en fonction de R , α et V_0 , puis en fonction de R , α , n et V_{ref} . Quelles sont les valeurs minimale et maximale de u_s et dans quel cas les obtient-on ?

On donne : $\sum_{k=0}^{n-1} 2^k = 2^n - 1$

7- Quelle doit être la valeur minimale de n si l'on veut obtenir au moins 250 valeurs différentes de la tension de sortie ?

8- Le signal analogique de sortie reste, en réalité, quantifié (figure 3). Par quel genre de traitement électronique pourrait-on, à partir de ce signal constant par morceaux, obtenir une courbe continûment dérivable ?

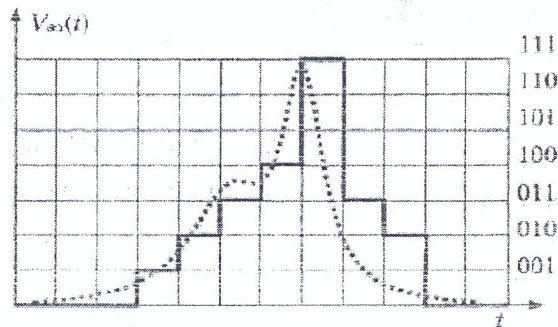


Figure 3 : un exemple de conversion pour $n = 3$. On obtient en sortie le signal constant par morceaux représenté en trait gras. Cette discrétisation est gênante ; on perd a priori la structure à deux bosses de l'original, représenté en pointillés.

II- Lecture optique de l'information (9 pts).

L'information est stockée sous forme de plats et de creux (gravés) le long des pistes d'une spirale située sur la surface utile du disque compact C.D.

La lecture des informations (lecteur CD) est assurée par un faisceau laser cylindrique traversant un miroir semi-réfléchissant, arrive sous incidence normale sur une piste de la spirale, puis se réfléchit vers une cellule photoélectrique.

Le faisceau laser doit être correctement focalisé sur la piste pour assurer une bonne lecture (diamètre $d_{\min} = 1\text{mm}$). La position de la lentille L de focalisation doit être constamment ajustée. La lentille L est fixée sur un équipement mobile lui-même solidaire d'une bobine d'axe $X'X$ (de vecteur unitaire \vec{u}_x) ; celle-ci est de longueur l et elle est parcourue par un courant i . L'ensemble est assimilé à un solide (S) se translate dans l'entrefer cylindrique d'un aimant où le champ magnétique est de la forme $\vec{B} = B_0 \vec{u}_r$, B_0 est une constante et \vec{u}_r est le vecteur unitaire radial. On étudie une partie du système d'ajustement de la focalisation du laser.

Le solide (S) de masse m est soumis à une suspension assimilée à un ressort de raideur k et à une force de frottement de type visqueux $\vec{F}_f = -h \cdot \vec{v}$, opposée à sa vitesse par rapport au référentiel fixe lié à l'aimant, $R(OXYZ)$, supposé galiléen.

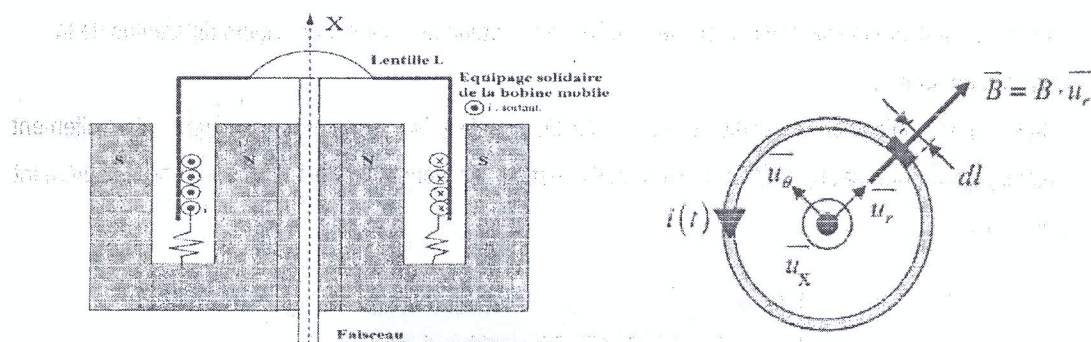


Figure 4 : système d'ajustement de la focalisation du laser.

9- Déterminer l'expression de la force de Laplace \vec{F}_L exercée par le champ de l'aimant sur la bobine.

10- Expliquer qualitativement pourquoi la bobine est le siège de phénomènes d'induction.

On donne l'expression de la force électromotrice induite $e = lB_0 v(t)$.

11- Soit $u(t)$ la tension appliquée (par le générateur) à la bobine de résistance R et d'inductance L .

Écrire l'équation électrique (E) correspondant à ce circuit.

12- Soit $x = 0$ la position à l'équilibre du barycentre G de (S) en focalisation parfaite. Lors d'une perturbation (choc, poussière, etc...), l'équipage mobile effectue un déplacement x fonction du temps t .

Établir l'équation différentielle mécanique (M) de son mouvement suivant l'axe $X'X$.

13- Effectuer le bilan de puissance du système (S).

14- On se place en régime sinusoïdal de pulsation ω . Soit la notation complexe $\underline{s} = S \exp(j(\omega t + \varphi))$.

a- À l'aide de l'équation mécanique et de l'équation électrique, donner l'expression de la fonction de transfert $\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{x}}{\underline{u}}$ du dispositif d'ajustement du laser.

b- En pratique, on néglige l'inductance L et le terme en ω^3 dans l'expression précédente. Mettre alors la

fonction de transfert ainsi obtenue sous la forme : $\underline{H}(j\omega) = \frac{H_0}{1 - y^2 + \frac{j}{Q}y}$ où $y = \frac{\omega}{\omega_0}$ et $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$.

On exprimera H_0 et Q en fonction de h, k, m, R, l et B_0 .

c- Tracer le diagramme de Bode en gain sachant que $Q \gg 1$.

d- Commenter.

15- Citer un autre convertisseur électromécanique utilisé dans les lecteurs CD.

FIN DE L'ÉPREUVE