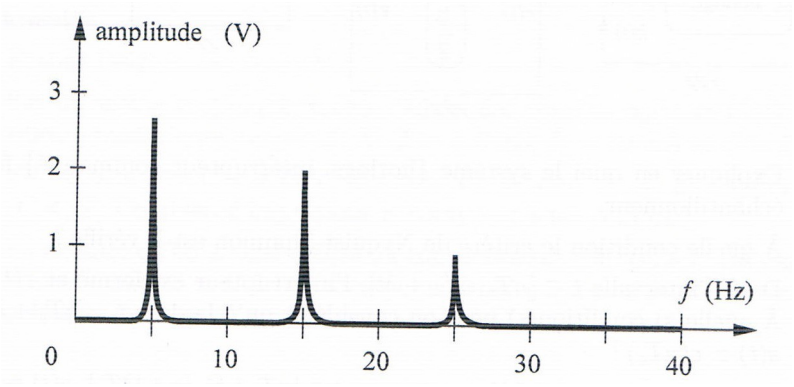
EXERCICES ELECTRONIQUE NUMERIQUE

Exercice 1 :Échantillonnage d'un signal, effet d'un parasitage

Un capteur de vibration transforme les vibrations mécaniques d'une charpente métallique en signal électrique. Ce signal est analysé par la fonction FFT d'un oscilloscope qui donne le spectre en amplitude suivant :



1. Pour numériser ce signal, on choisit une fréquence d'échantillonnage fe = 80 Hz. Justifier ce choix.
2. Dresser le spectre du signal numérisé dans l'intervalle [0, 240 Hz].
3. Le signal électrique subit un parasitage par le signal du réseau électrique à la fréquence 50 Hz. Quelle modification du spectre cela provoque-t-il? Pourquoi est-ce problématique?
4.Quel type de filtrage doit-on faire subir au signal électrique pour éviter cet inconvénient? Proposer un montage simple réalisant ce filtrage en précisant les caractéristiques numériques des composants.

Exercice 2 : le CD audio

Nous cherchons à enregistrer un concert sur un CD audio , en format non compressé (WAV par exemple) afin de ne pas perdre en qualité . Le son est capté par un microphone (signal analogique) , puis filtré par un passe-bas , et enfin échantillonné avec une fréquence fe . La fréquence d'échantillonnage d'un CD audio est de 44100 Hz , et la quantification est faite sur 16 bits (chaque mesure est codée sur 16 bits) .

1- Quelle est la gamme de fréquence audible ? Quelle doit-être lors la fréquence d'échantillonnage minimale pour enregistrer tout le spectre audible ?

2- Un son de fréquence f1 = 43000 Hz est présent lors du concert .

a- Ce son est-il audible lors du concert ? Que deviendra-t-il après échantillonnage ? En quoi cela pose problème ?

b- Expliquer en quoi l'ajout d'un filtre passe-bas en amont de l'échantillonneur peut résoudre ce problème . Comment choisir ses caractéristiques ?

c- Quel autre problème peut apporter à son tour ce filtre ? Pour atténuer ce problème , on augmente l'ordre du filtre , et on effectue un sur-échantillonnage (fe un peu plus élevée que prévu par le critère de Shannon) . Expliquer pourquoi ?

3- On cherche à calculer la durée d'enregistrement que peut contenir un Cd audio enregistrable du commerce , soit 700 Mo .

a- Sachant que l'enregistrement s'effectue à fe = 44100 Hz sur 16 bits d'échantillonnage , et que l'on enregistre en stéréo , donc 2 sons (2 signaux) , de combien de bits a-t-on besoin pour enregistrer une seconde de concert ?

b- Quelle durée de concert peut-on enregistrer sur le CD de 700 Mo .

c- Il est possible de compresser le signal pour l'enregistrer au format MP3 . La fréquence d'échantillonnage et la quantification sont inchangés , mais un traitement numérique du signal repère les redondances pour ne les écrire qu'une seule fois , et enlève les signaux peu audibles . Le taux de compression peut aller de 4 à 20. Quelle durée de musique peut-on alors enregistrer sur 700 Mo ?

Exercice 3 :

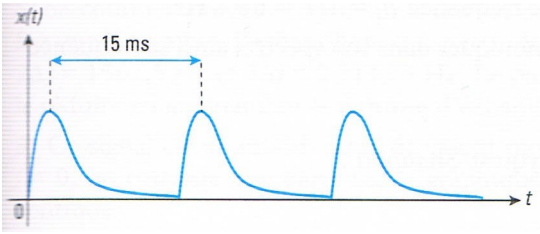
1- Une grande partie des systèmes permettant de déterminer le spectre d'un signal sont basés sur l'utilisation d'un calculateur numérique . A partir d'un nombre N d'échantillons du signal , un algorithme FFT (Fast Fourier Transform) détermine N échantillons du spectre répartis uniformément sur l'échelle des fréquences .

a- La durée d'observation du signal étant de Δt , déterminer la période Te d'échantillonnage du signal , en déduire l'expression de la fréquence Fe d'échantillonnage .

b- Quelle est la fréquence f_{max} des signaux dont on peut observer le spectre sans détérioration ?

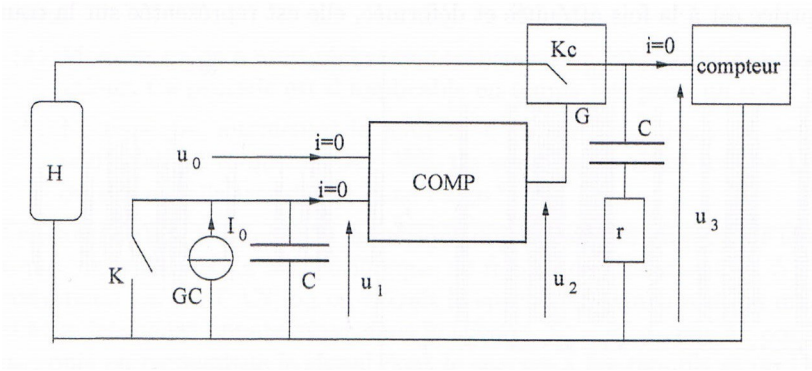
c- Quel est le pas Δf en fréquence , écart entre deux échantillons successifs du spectre .

2- On souhaite déterminer les propriétés du spectre du signal ci-dessous en utilisant un oscilloscope numérique avec logiciel FFT .



L'oscilloscope est paramétré pour prélever 1024 échantillons , il comporte 10 divisions sur son échelle temporelle avec les calibres : 1µs/div , 2µs/ div …. 20 ms/div .
a- Quelles conditions doit vérifier la fréquence d'échantillonnage Fe , pour une observation acceptable du spectre de ce signal (on veut voir au moins 10 harmoniques distinctement). Que faudra-t-il placer en amont de l'échantillonneur pour ne pas avoir de fréquences non désirables dans le spectre .
b- Choisir une base de temps parmi celles proposées permettant de vérifier les conditions établies à la question a .
c- En déduire en conséquence la fréquence d'échantillonnage et le pas en fréquence Δf .

Exercice 4:convertisseur analogique/numérique à comptage d'impulsions .
Un convertisseur analogique/numérique doit transformer un signal continu (une tension ici) dont la mesure est par exemple 7,31 V en un nombre entier , 7 si la précision est le volt , ou 73 si la précision est le décivolt , etc ….
Dans le montage suivant:
- H est une horloge fournissant une tension créneaux de période T, valant 0 si $nT \leq t < nT + T/2$ +15 V si $nT+T/2 \leq t < (n+1)T$;
- GC est un générateur de courant assurant une intensité constante Io dans sa branche;
- COMP est un comparateur, qui délivre une tension u_2 =+15 V si $u_1 > u_0$, et u_2 = -15 V si $u_1 < u_0$;
- Kc est un interrupteur commandé par la gachette G, il est fermé si le potentiel de la gachette est négatif, ouvert s'il est positif.
- Le compteur remis à zéro entre deux acquisitions, compte le nombre d'impulsions, une impulsion étant un basculement de la tension u_3 de 0 à +15 V.



À t = 0, l'interrupteur K passe de la position fermée à la position ouverte, et uo est la tension qu'on veut numériser; on la suppose constante pendant le processus de conversion.
1. Établir l'expression de u_1 (t).
2. Sur un même graphique, tracer l'allure des courbes uo(t) et u_1(t) avec les valeurs numériques uo = 7,31 V, T = 1,0 ms, Io = 10 mA et C = 10 µF.
3. En déduire l'évolution dans le temps de u_2 puis de u_3 en supposant que rC «T. Combien d'impulsions le compteur a-t-il compté?
4.En déduire qu'on a ainsi réalisé un convertisseur analogique/numérique dont la précision est le Volt. Comment modifier ce dispositif pour obtenir une précision du décivolt?

Exercice 5: Convertisseur analogique-numérique de type flash
On étudie ici le principe du convertisseur flash. Son atout est d'être très rapide mais son inconvénient est la croissance vite importante de sa complexité puisqu'elle évolue de façon exponentielle avec le nombre N de bits, plus exactement en 2^N• Le convertisseur proposé est un montage permettant de coder sur N = 3 bits une tension analogique .Le schéma du montage est réalisé ci-dessous. Il comporte des résistances électriques R une source de tension constante V_{ref} = +5 V ainsi que 4 amplificateurs linéaires intégrés utilisés en comparateur. Un seul montage comparateur a été représenté tel qu'il se présente. Les 4 amplificateurs ne prélèvent aucun courant et délivrent en sortie une tension qui sera u_{si}= ±Vat en fonction du signe de leur tension différentielle d'entrée ε = V+ - V- avec la loi $u_{si} = \frac{\epsilon}{|\epsilon|} V_{sat}$. Les amplificateurs intégrés sont alimentés par une source de tension symétrique par rapport à la masse qui n'est pas représentée sur le schéma. Sur le schéma, les connexions électriques sont matérialisées par un point. Lorsque deux fils se croisent sans point il n'y a pas de noeud à ce niveau du

montage, les fils ne sont pas connectés. Pour simplifier la réflexion, on suppose que le signal analogique est compris dans l'intervalle [0V; 5 V]

1. Établir l'état de la sortie du premier comparateur u_{s1} en fonction de la valeur de ua.
2. Faire la même chose pour le second comparateur et u_{s2}.
3. On convient de retenir le codage suivant pour les sorties des comparateurs 0 lorsque $u_{si} = -$ Vsat et 1 lorsque $u_{si} =$ Vsat . Proposer dans un tableau un état des 4 sorties en fonction de la valeur de ua.
4. On convient d'attribuer comme valeur pour uo la valeur minimale de l'intervalle dans lequel elle se situe pour un état donné des sorties. Compléter le tableau précédent par la valeur de la tension en volt.
5. Convertir en écriture binaire les valeurs des tensions ua précédentes.

