IUT MARSEILLE
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE ET INFORMATIQUE INDUSTRIELLE
Diplôme Universitaire de Technologie. Option Réseaux Locaux et Informatique Industrielle.

TD semaines S1 , S2 , ...

Rôle de l'échantillonneur dans le passage de l'analogique au numérique
L'échantillonnage d'un signal simple : aspect temporel et fréquentiel.
Les ambiguïtés provoquées par l'échantillonnage.
Commentaires sur l'écran de l'oscilloscope numérique en mode FFT.

1

1-1 L'échantillonnage idéalisé :

Échantillonner le signal m(t) , c'est prendre régulièrement (aux instants =kTe) **la valeur de celui-ci. : m(kTe).**
Les échantillons doivent être ''suffisamment fréquents'' pour être représentatifs de la forme du signal m(t). Citer quelques exemples concrets.

1-2 L'échantillonnage matériel ou réel qui permet le passage de l'analogique au numérique :

Dessiner la chaîne de fonctions qui transforme le signal m(t) en une suite de nombre en vue de son transport et/ou son traitement.(filtre, échantillonneur, bloqueur, can). Attention :le composant convertisseur CAN impose des contraintes !

1-3 L'expression des échantillons dans un cas simple :

Nous réalisons l'échantillonneur avec un inverseur (m(t) ou 0), commandé par une fonction I(t), qui ferme celui ci pendant τ < ou << Te .
Dessiner le montage. On se place dans le cas $m(t) = B.\cos 2\pi f_m t$ de fréquence 200Hz , avec Te = 1ms, et $\tau = 0.2$ ms.
Faire des dessins synchrones à l'échelle de m(t), I(t) et m'(t) après échantillonnage.
Donner l'expression de m'(t), représentant la suite des échantillons.
Voyons maintenant l'aspect en fréquence du mécanisme d'échantillonnage.

2

2-1 La décomposition et représentation en fréquence des signaux périodiques $x_T(t)$:

On sait que tout signal de période T ou de fréquence fondamentale F = 1/T est la somme de signaux sinusoïdaux de fréquences harmoniques nF.
Ecrire les relations générales de la décomposition en Série de Fourrier:Ao,An,Bn,Yn.

$$x(t) = Ao + \Sigma An \cos 2\pi nF_e t + \Sigma Bn \sin 2\pi nF_e t$$

$$\text{ou bien : } x(t) = Ao + x_{ac} = \langle x\rangle + x_{ac}$$

Appliquons l'outil à la fonction essentielle I(t) qui cadence l'échantillonnage, sa hauteur vaut A, sa durée τ et sa période Te.
Dessinez la sous forme de fonction paire I(-t) = I(t).
Calculer littéralement Ao, An, Bn. Quel est l'intérêt de ce choix d'origine du temps?
Cette fonction I(t), ou fonction porte centrée $A.\Pi_\tau(t)$, ou fonction interrupteur est capitale, car on va la rencontrer souvent en Physique, Electronique etc. , elle intervient souvent dans le monde binaire et dans le transport des signaux sous cette forme.
(Noter que si x(t) est paire, alors $x(t) = \langle x\rangle + \Sigma An \cos 2\pi n F_e t$)

2-2 Dessinons à la même échelle de fréquence et les uns au dessus des autres quelques **spectres d'amplitude** Yn , de I(t) ($Yn^2 = An^2 + Bn^2$)

en gardant A (A = 1) et τ constant : τ = 0.2ms, avec Te = 0,4ms ; 1ms ; 4ms. **Marquer les fréquences.**
Un tableau préalable facilite l'étude et la construction du spectre des amplitudes des composantes.(Te en ligne, Yn en colonne).
Mettez en évidence l'enveloppe ou profil des 3 spectres.
Réviser les propriétés de sinc α
Dessinez maintenant, sans calculs, le spectre de I(t) en fixant Te = 1ms et τ = 0,02ms.
Marquer les fréquences caractéristiques.
Visualiser l'enveloppe. Noter l'importance de la fréquence $1/\tau$.

3

3-1 Des cas de figure précédents, quel est celui qui approche les conditions utilisée dans l'échantillonneur réel ?
Appliquer l'expression de m'(t) pour le signal défini plus haut.(penser à faire A=1).
Dessiner le spectre d'amplitude de m'(t), échantillonné dans les conditions réelles.
L'allure des premières composantes suffira !

3-2 On échantillonne maintenant le signal m(t) réglé à 800Hz. Dessiner **sans calcul** le spectre de ce nouveau signal, **aligner sous le spectre précédent**.
Ces deux spectres des signaux échantillonnés sont identiques ! Donc deux signaux échantillonnés différents (voir une foule) fournissent un spectre identique.
Comment peut on associer le spectre des échantillons à un seul signal sans ambiguïté ?

3-3 Revenons au spectre d'amplitude de m'(t), comment est-il construit à partir du spectre de m(t) ? On vient de mettre en évidence le phénomène de **REPLI** du spectre des échantillons, cause des ambiguïtés déjà signalées !
Ecrire la relation qui lie les fréquences des deux messages présentant un même spectre après échantillonnage.
Exprimer la condition à respecter sur m(t) pour éliminer ce phénomène de **REPLI**.

Cette condition doit être présente à vie dans votre esprit.
Le REPLI est la conséquence du sous échantillonnage !

3-4 Faite les dessins dans le temps des deux signaux échantillonnés, à la même échelle et l'un au-dessus de l'autre.
Il est clair qu'une même suite d'échantillons (ou de nombres) peut traduire une foule de signaux, mais il n'y a que m(t) à 200Hz que l'on veut associer à cette suite d'échantillons!

Refaites le schéma de principe d'un échantillonneur sans ambiguïté, associé au bloqueur et CAN. Comment choisir la capacité C du bloqueur, grande ou petite ?

3-5 Commentaires sur la présentation de l'écran de l'analyseur FFT de votre oscilloscope à échantillonnage, qui échantillonne à Fosc.
La fenêtre FFT présentée montre le spectre d'amplitude limité à 0 < f < Fosc/2.

3-6 On souhaite récupérer de manière très simple une image du signal initial, m(t) à 100Hz. Comment ? Faites le schéma, puis calculer la fréquence de coupure et l'atténuation à 900Hz.
Quel doit être l'ordre du FAR pour atténuer de 30dB entre 450 et 550 Hz ?