

MP24 : Signal et bruit

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

June 6, 2021

Introduction

1 Bruit de quantification

Matériel

- GBF
- Oscillo DSO 5012 A
- Cables USB igor

Mise en place

- D'abord, vérifier le nombre de cases sur lequel l'oscillo acquiert (pour ça on prend un signal qui écrête légèrement dans le calibre fixé, on stop, dezoome, et vérifie qu'il est toujours écrêté, si oui, on représente bien sur 8 carreaux)
- Ensuite, se mettre en calibre max. Décocher vectors (dans display), mettre stop, puis zoomer, voir les paliers de quantif, mesurer le pas de quantif, pour en déduire le nombre de bits avec la formule: $nb = \log_2 \left(\frac{nb \text{ de carreaux} \times \text{calibre}}{\text{pas de quantif}} \right)$
- Prendre un signal triangulaire à 38 mV et 1 kHz. L'envoyer dans le GBF sur une voie bien quantifiée. On le supposera presque analogique
- Renvoyer ce signal sur une autre voie dont on augmente au fur et à mesure le calibre (et donc le pas de quantif). Faire au menu math la différence, et mesurer la valeur efficace de cette différence (Quick Measure qui donne les stats (moyenne - écart type qu'on prend comme incertitude de la mesure) ; ne pas oublier de faire Reset Statistics dès lors qu'on change de calibre), le tout en réglant bien le calibre d'observation du bruit (menu Math - Scale).
- Faire ça pour plusieurs pas de quantification.

- Faire l'histogramme des valeurs du bruit de quantification. Montrer qu'il est à peu près uniforme

Exploitation

- Une fois le nombre de bits obtenu et le nombre de carreau, on peut renverser la relation pour obtenir le pas de quantif pour chaque calibre
- On trace la courbe $V_{bruit}^{eff}(pas)$ On remarque qu'il est croissant mais difficile de donner une loi
- Si la distribution du pas de quantif est uniforme, alors on a

$$RSB = \frac{(V_{signal}^{eff})^2}{(V_{bruit}^{eff})^2} = \frac{(V_{signal}^{eff})^2}{\frac{pas^2}{12}}$$
 (Pas très concluant généralement)
- On peut essayer l'ajustement pour tester le modèle
- On peut aussi faire plus qualitatif et tracer $RSB_{db} = 10 \log \left(\frac{(V_{signal}^{eff})^2}{(V_{bruit}^{eff})^2} \right)$, et se donner un pas de quantif à ne pas dépasser pour avoir un signal bien résolu avec un critère maison ($RSB > 1$ ou > 10). Faire ressortir qu'on veut représenter au mieux le signal.

2 Bruit thermique [1]

Matériel

- Boitier bruit thermique
- GBF
- Oscillo
- Cable USB igor

Mise en place

- On prend une valeur de résistance sur la plaquette.
- On envoie un signal sinusoïdal, on cherche le max d'amplitude (droite en mode XY), et on détermine le gain G_{max} manuellement en temporel par la relation :

$$\frac{V_s}{V_e} = G_{max} \frac{5,1}{1000+5,1}$$
- Ensuite on court circuïte, et on fait une TF de réponse impulsionnelle sous igor (jusqu'à quelques dizaines de MHz) pour obtenir la densité maximale du bruit, qui est alors modulée par le passe bande de l'ampli (bien penser à lisser, puis

cliquer sur DSP). Relever la valeur maximale en $DSP_{dB,max}$ dB puis la convertir en divisant par le gain : $DSP_{max} = \frac{10^{\frac{DSP_{dB,max}}{10}}}{G_{max}}$.

- On fait ces mesures pour différentes valeurs de résistances (attention, la plaquette s'échauffe assez vite : faire une série de mesure pour le gain, puis débrancher et faire la DSP).
- Ensuite, on peut faire un histogramme des valeurs en sortie de la résistance court circuité. On est sensé obtenir une gaussienne.

Exploitation

- On étudie le bruit électrique généré par l'agitation thermique dans une résistance. En effet, on sait que la tension est proportionnelle au courant qui est proportionnel à la vitesse des électrons. On peut modéliser cette agitation par un mouvement brownien, c'est à dire un bruit blanc. On fait cette hypothèse pour la suite de la manip. Le théorème de Wiener-Kintchine peut montrer que la densité spectrale de puissance donne $D_b = 4k_bTR$
- On sait que lorsqu'on injecte notre signal, il passe par un pont diviseur de tension avec des résistances à 5.1 Ω et 1000 Ω
- De fait on a pour la fréquence qui donne le gain maximal $\frac{V_{out}}{V_{in}} = G_{max} \times \frac{5.1}{1000+5.1}$
- On en déduit le gain G_{max} . Il doit être de l'ordre de 20000
- L'hypothèse de bruit blanc donne après ampli un passe bande. On mesure la densité spectrale maximale Db_{max}^{out} . Pour cela, on court circuite l'entrée en la mettant à la masse, et on acquiert à l'oscilloscope le signal temporelle, pour le lire et faire la DSP (en allant jusqu'à qq mHz, en linéaire, et en lissant bcp !). On convertit les dB en V
- On trace pour différente résistance: $Db(R) = \frac{Db_{max}^{out}}{G_{max}^2}(R)$
- On fait un ajustement linéaire pour obtenir nos valeurs attendues. Si c'est probant, conclure sur le bon ordre de grandeur de la température, sinon chercher l'erreur systématique. On peut aussi orienter ça sur une mesure de k_B .
- Jouer sur les paramètres de l'histogramme pour obtenir une gaussienne, fiter par une gaussienne et comparer la largeur avec la RMS à l'oscillo (qualitatif). Essayer éventuellement de se débrouiller sur les paramètres de l'histogramme pour faire apparaître l'effet du pas de quantification.
- Commenter que l'histogramme est gaussien non seulement car on a l'agitation thermique qui se cache derrière, mais aussi parce qu'on a l'effet de la fonction de transfert de l'ampli

3 Extraire un signal d'un bruit artificiel

Matériel

- 2 GBF dont un 2 voies
- Plaquette multiplieur et sommateur
- Alim +15-15
- Oscillo
- Cables
- Filtre passe bas

Mise en place

- Envoyer avec l'oscillo 2 voies un signal à 100 mV 10kHz
- L'additionner à un bruit de 2V, constater que le signal est dégueu
- Multiplier la sortie au signal de départ obtenue sur la seconde voie, avec peut-être un déphasage voulu
- Constater qu'après une étape de filtrage passe bas, on n'a plus de bruit et un beau signal.

Exploitation

- Pas grand chose à dire à part expliquer le principe d'une détection synchrone

Biblio

- 1 TP de L3 n°2 :
<https://enspsp.gitlab.io/pensps-static/formations/masterfesup/bases/coursenligne/compilation2.pdf>