

Signal et bruit

Matériel

- GBF
- oscilloscope (DSO 5012 A)
- alimentation stabilisée
- amplificateur de bruit (ampli résistances de 0 à 1 k Ω)
- boîtier ENSC 636

Introduction

Le physicien veut souvent faire une mesure en acquérant un signal. Seulement ce signal peut être perturbé par du bruit. Le bruit est un signal prenant des valeurs aléatoires au cours du temps. On va essayer de voir comment le quantifier sur un exemple de bruit apporté par le processus de mesure numérique, à savoir le bruit de quantification, puis sur un exemple de bruit créé par un processus physique, à savoir le bruit thermique d'une résistance.

I Bruit de quantification d'un signal numérique

On envoie un signal sinusoïdal de fréquence 1 kHz et d'amplitude 5V_{pp}. On se place sur le calibre le plus grand (5V ou 10V), on stoppe l'image. On dilate l'image avec un calibre plus petit pour mesurer le pas de quantification p . Pour cela, aller dans « Display », décocher « Vector » (les points ne sont plus reliés). On cherche sur combien de bits N le signal est acquis. $p = \frac{\text{nombre de carreaux} * \text{calibre}}{2^N}$, donc

$$N = \frac{\ln \left(\frac{\text{nombre de carreaux} * \text{calibre}}{p} \right)}{\ln(2)}$$

Ensuite, on génère un signal triangulaire de fréquence 1 kHz et d'amplitude 38mV_{pp}. On envoie ce signal sur la voie 1 de l'oscilloscope avec un calibre de 5mV. On l'envoie aussi sur la voie 2 avec un calibre qui va changer de 5mV à 5V. On représente avec le mode « Math » la différence des deux voies 1 et 2. Le signal sur la voie 1 est considéré comme le signal analogique sans bruit, le signal sur la voie 2 est le signal numérique.

On mesure la valeur efficace de la différence des 2 signaux pour les différents calibres en voie 2. On trace cette valeur en fonction du pas de quantification p .

Remarque : il n'y a aucune raison que la courbe soit linéaire

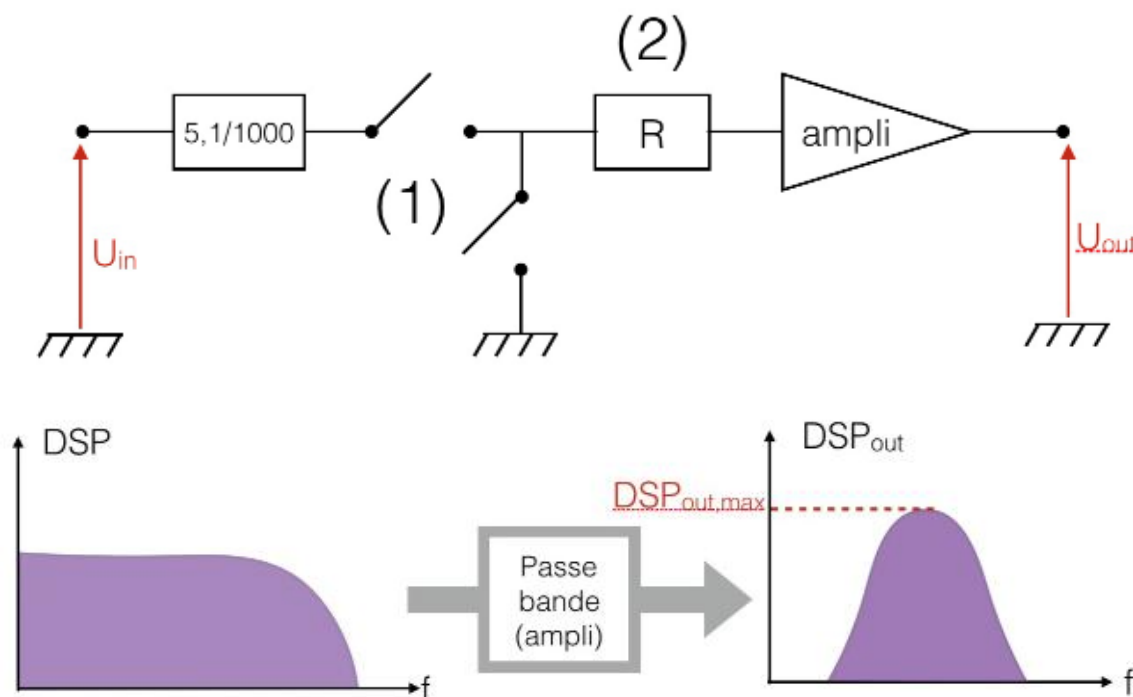
On peut tracer le rapport signal/bruit : $RSB = 20 \log \left(\frac{V_{eff}^1}{V_{eff}^1 - V_{eff}^2} \right)$ en fonction de p .

On peut se donner un critère : si $RSB > 10$, le signal est bien représenté, on en déduit le calibre correspondant.

II Bruit thermique d'une résistance

Dans une résistance, on sait qu'il y a un bruit thermique dont la densité spectrale de fréquence vérifie : $DSP = 4k_B T R$. Malheureusement, on a une DSP non mesurable. Il faut donc utiliser un amplificateur de bruit. Pour différentes valeurs de résistances, on mesure le gain $G = \frac{V_s}{V_e}$, $V_e = 20\text{mV}$ et $f = 1\text{ MHz}$ (GBF) et on réalise le diagramme de Bode sur Igor, $G_{dB} = 10 \log(DSP_{max})$.

L'amplificateur est modélisable par un filtre passe-bande, la présence d'ALI dans l'amplificateur induit une saturation.



(action de l'amplificateur sur la DSP)

$$G = G_0 \frac{5,1}{5,1 + 1000}$$

On acquiert à l'oscilloscope (1ms par carreau) et on réalise la TF sur Igor. On obtient la DSP_{max} (Igor) (DSP liss : 1000).

$DSP(R) = \frac{DSP_{max}(R)}{G_0(R)^2} - \frac{DSP_{max}(0)}{G_0(0)^2}$, on soustrait par le terme en 0 pour essayer de supprimer toutes les autres sources de bruits éventuelles. On trace DSP en fonction de R et on obtient une droite de pente $4k_B T$.

Conclusion

Lorsqu'on réalise des mesures, on observe l'apparition de bruits parasites qui viennent se superposer au signal qui nous intéresse. Ces signaux constituent une gêne dans la compréhension de l'information que le signal transporte. Il est donc important de connaître leurs origines et de les caractériser afin de mieux pouvoir les éliminer et de récupérer un signal le plus propre possible.

Questions

- Comment peut-on être sûr que le bruit thermique est un bruit blanc ?*
- ➔ Il faudrait l'évaluer strictement sans amplificateur pour éviter l'impact du filtre qui, de toute façon, donnera une gaussienne en sortie
- Quelles autres sources de bruit pour la manip du bruit thermique ?
- ➔ En fait on peut avoir des effets d'échauffement qui changent la température, mais difficiles à quantifier.
- Pourquoi l'unité W/Hz et plus pertinente pour $4k_B T$ que ce qu'on trouve des fois en V^2/Hz ?
- ➔ Il y a la résistance interne de l'oscilloscope qu'on doit prendre en compte si on utilise la valeur en V^2/Hz .
- Est ce qu'il y a des bruits physiques non gaussiens ?
- ➔ Bruit de photons (poissonien)