

MP24 – SIGNAL ET BRUIT

12 juin 2021

Nicolas Barros & Abel Feuvrier

Oui
MR C

Please could you stop the noise ?
I'm trying to get some rest

Radiohead, Paranoid Android

Niveau : L3

Commentaires du jury

Bibliographie

⚡ *Expériences d'électronique*, **Duffait**

⚡ *Physique Expérimentale*, **FLTCD**

→ CAN 270, modulation/démodulation, montage additionneur p89

→ Manip de l'ampoule et détection synchrone p

Prérequis

- Un chronomètre qui marche
- Un peu de muscle pour soulever P47.8
- EN vrai si y a un autre MP qui tombe suis pas contre
- Faire les points de la partie 2 en avance

Expériences

- ☞ Calcul d'un RSB
- ☞ Principe du CAN
- ☞ Détection synchrone d'une ampoule

Table des matières

1	RSB	2
2	Bruit de quantification : principe du CAN	3
3	Application : Détection synchrone d'une ampoule	4
4	Résumé du matos	4

Introduction

Définition bruit

On considère un signal $s(t)$, parasité par un bruit $b(t)$.

1 RSB

Pour quantifier le caractère bruité d'un signal, on introduit le rapport signal/bruit RSB, défini par :

$$RSB = \frac{\text{énergie du signal}}{\text{énergie du bruit}} = \frac{E_s}{E_b} \quad (1)$$

où l'énergie d'une fonction du temps $f(t)$ est définie par :

$$E_f = \int_{-\infty}^{+\infty} |f(t)|^2 dt. \quad (2)$$

On va construire un signal bruité et mesurer son RSB, avant de montrer un moyen d'améliorer ce RSB (par filtrage).

Pour construire notre signal bruité, on utilise deux GBF : un pour le signal et un pour le bruit. Pour obtenir le signal bruité, on somme les sorties des deux GBF : pour ce faire, on utilise un AO avec le montage de la figure 1  Duffait page 89.

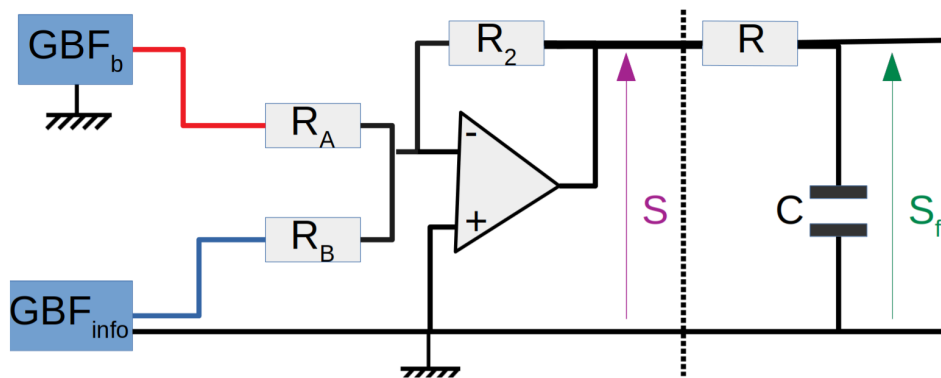


FIGURE 1 – Montage pour la mesure de RSB

Prendre une sinusoïde de quelques volts d'amplitude pour le signal, prendre du bruit pour le bruit.

Prendre $R_A = R_B = R_2$ pour avoir vraiment la somme. Ne pas hésiter à mettre un bruit d'amplitude beaucoup plus forte que le signal, ça marche quand même et c'est plus spectaculaire.

Pour la mesure, on va acquérir le signal bruité sur Latis, avant de faire une analyse spectrale en puissance (onglet "traitement" ou quelque chose comme ça). Pour isoler E_s et E_b , il suffit d'intégrer ce spectre en puissance, comme le montre la figure 2.

On a alors $RSB = E_{\text{info}} / (E_{\text{tot}} - E_{\text{info}})$ (attention, il y a une petite erreur sur le schéma : l'énergie totale E_{tot} correspond à la hauteur depuis l'axe des abscisses jusqu'au max de $E(f)$ sur le graphe du haut).

On fait l'hypothèse que la composante du bruit qui a la même fréquence que le signal a une amplitude négligeable devant l'amplitude du signal, ce qui est largement vérifié a posteriori (prendre les signaux seuls les uns à côté des autres si le jury est pas convaincu).



Mesure du RSB d'un signal bruité fait maison

 ?

⊖ jsp

Avec le montage de la figure 1 sans le filtre passe-bas, on acquiert le signal bruité sur Latis ^a. On fait calculer à Latis le spectre de puissance du signal bruité, on en déduit le RSB grâce à la formule donnée juste au-dessus.

On réitère avec le filtre passe-bas en prenant cette fois le signal filtré, on constate que le RSB a augmenté. Pour les valeurs des composants du filtre, prendre une fréquence de coupure $f_c = \frac{1}{RC}$ un peu supérieure à la fréquence

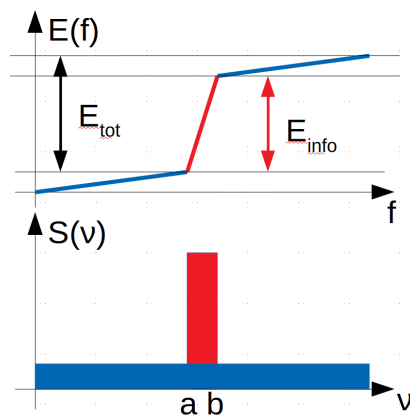


FIGURE 2 – Spectre de puissance d'un signal monochromatique bruité

du signal.

a. Pour les paramètres, faire gaffe à Shannon, comme d'habitude : on peut régler la fréquence maximum du bruit sur l'oscillo.

Donc la filtrage permet de réduire le bruit. Mais en plus du bruit "naturellement" présent dans le signal, notre acquisition numérique rajoute du bruit au signal. Comment le quantifier ?

2 Bruit de quantification : principe du CAN

✦ Duffait page 270 pour le montage, "Manips hors TP" de Jérémy Ferrand pour le commentaire

On va construire une version simpl(ist)e de convertisseur analogique-numérique (CAN), ce qui va nous permettre de voir l'influence des différents paramètres. Concrètement, on utilise le circuit de la figure 3.

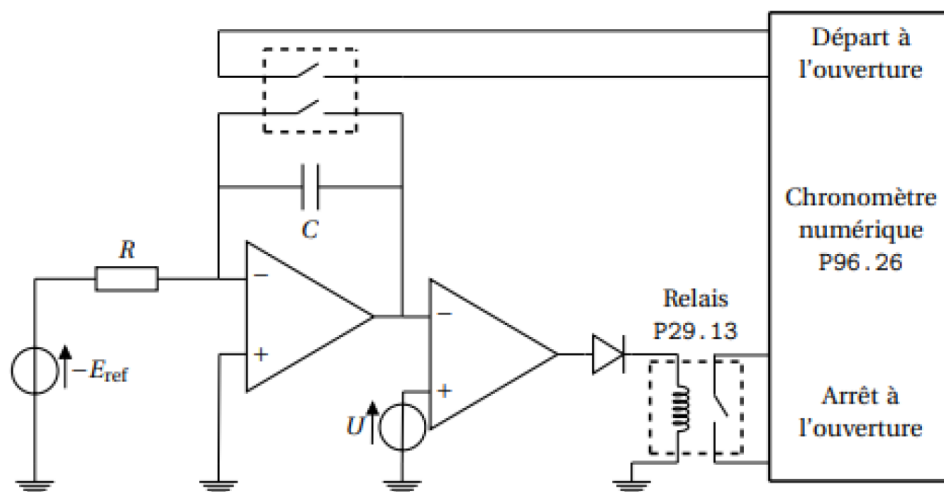


FIGURE 3 – Principe du CAN

On a un signal $u(t)$, qu'on va mesurer en le comparant à un signal connu E_{ref} . Pour simplifier, on va travailler avec des signaux continus.

- À $t = 0$, on ouvre l'interrupteur, ce qui déclenche le chronomètre.
- On fait passer notre signal U dans un intégrateur de temps caractéristique $\tau = RC$ connu : la tension en sortie de cet intégrateur sera donc $s_1(t) = U \frac{t}{\tau}$.

- On fait passer ce signal de sortie dans un montage comparateur, qui envoie du jus seulement lorsque les deux signaux sont égaux, c'est-à-dire quand on a $s_1(t) = E_{\text{ref}}$, c'est-à-dire quand on a $t = \frac{U}{E_{\text{ref}}} \tau$.
- Ce déclenchement arrête le chronomètre, grâce au relais.
- On a mesuré $U = \frac{t}{\tau} E_{\text{ref}}$ en mesurant une durée t .

En pratique :

- Prendre $RC \simeq 1$ s ($R = 1$ M Ω et $C = 1$ μ F par exemple), $E_{\text{ref}} \simeq 1$ V, $U \simeq 1$ V.
- Le - de $-E_{\text{ref}}$ est là parce que le montage est inverseur.
- Pour le principe de fonctionnement du chrono, voir Duffait.
- Utiliser un interrupteur double en parallèle du condensateur, bien séparer les circuits du chrono du circuit principal.

On peut alors voir l'influence du bruit sur les différentes tensions en jeu, en mesurant $t/t(\text{théorique})$.



Influence du bruit sur le CAN

⚡ Duffait + Ferrand

⊖ 10 minutes ?

- On commence avec U constante, 1 V, normal, ça marche bien.
- On lui ajoute un bruit (typiquement 100 mV à 50 Hz), on voit que ça marche pas de ouf.
- On échange U et E_{ref} , ça marche re-bien.

Pour chaque config, on fait des incertitudes de type A (de toute façon la notice des chronos donne pas grand-chose).

3 Application : Détection synchrone d'une ampoule

Que faire si on ne peut pas limiter le bruit autour d'un signal informatif ? En ayant une petite idée de la fréquence à laquelle un signal informatif se trouve -ou en le modulant à cette fréquence-, on peut arriver à l'extraire d'une masse de bruit. Le but de cette manipulation sera d'extraire le signal lumineux d'une ampoule dans une pièce lumineuse.



Signal d'une ampoule

⚡ Jolidon Bleu tout à la fin

⊖ ?

Il faut : le hacheur optique et son alimentation THORLABS P15.34, Amplificateur à détection synchrone numérique SR 830 P47.8, photodiode, résistance de 100 k Ω , GBF, oscillo, latis

Et comme l'a dit une sage personne : On alimente une petite ampoule avec GBF+Ampli à une fréquence de 0.5 Hz par exemple. On crée un bruit avec une lampe (ne pas l'orienter dans l'axe de la petite ampoule) ou la lumière du jour, il y a aussi les néons (100 Hz et le bruit électronique (50 Hz et 60 Hz)). On fait l'acquisition du signal avec une photodiode + montage à AO (résistance de 100 k Ω par ex) + RSB si possible. On alimente le hacheur vers 140 Hz si possible (pour éviter tous les bruits), et on relie le boîtier de détection synchrone. On fait l'acquisition du signal filtré, on voit déjà que le signal est retrouvé, et on calcule le RSB. Pour le boîtier de détection synchrone P47.8 (trop difficile à la main car différence de phase) : REF IN = REF OUTPUT du hacheur (et pas avec un autre GBF).

4 Résumé du matos

5 Contournement du bruit : modulation



Démodulation d'ampoule

🔗 Jolidon p. 545



On fait un circuit de détection photodiode avec AO.

- ampoule alimentée avec module hameg
- $R_{photodiode} = 100 \text{ k}$
- On met le signal alimentant le hacheur (REF OUTPUT) sur REF IN puis on choisit positive edge (ça change rien en fait)
- Attention avec l'alimentation du hacheur : si on ne précise pas la bonne "blade" (le disque sur le hacheur) la fréquence du signal de l'alimentation ne correspond pas à la fréquence de commande.
- Attention à placer le disque du hacheur aussi près que possible de l'ampoule pour bien moduler le signal de l'ampoule seul et pas le signal de l'ampoule avec le bruit ambiant
- CH1 correspond à la sortie de A et CH2 correspond à la sortie de B. Dans CH1 Display bien cocher x.
- Signal de la photodiode sur l'entrée A du boîtier detection synchrone
- Signal de l'ampoule à 2Hz et on hache à 150 Hz
- Régler la constante de temps du filtre de la détection (entre les fréquences du signal modulé et du signal modulant) et la pente : 10 ms et 12dB. Cocher SYNC < 200Hz. Jouer sur ces deux réglages pour améliorer l'allure du signal.
- On peut aussi jouer sur la sensibilité mais attention à la saturation.
- Attention, on est sensé observer un signal de fréquence double de la fréquence d'alimentation car l'intensité lumineuse est proportionnelle à U^2

Normalement on arrive à retrouver le signal du filament qui rougeoit à peine. Enlever/remettre le hacheur devant l'ampoule pour comparer le signal avant/après détection synchrone. Si on fait du bruit avant le hacheur ça brouille le signal mais si le bruit est après le hacheur c'est bon parce que le bruit est pas modulé.

FIGURE 4 – Autres conseils de Julille et Jeremille

Matériel

Rapport Signal sur Bruit

- 2 GBF avec fonction Noise (les Agilent habituels)
- 3 résistance de 1k Ω m
- $R = 3.9\text{k}\Omega$ et $C = 470\text{nF}$
- Ordi (LatisPro) + carte d'acquisition

CAN

- AO avec RC pour l'intégration, un autre pour le comparateur
- Les mêmes deux GBF
- un interrupteur double branche
- Un chronocompteur Jeulin
- un relais
- un oscilloscope

Détection synchrone

- GBF + ampli de puissance
- une petite ampoule
- Hacheur optique et son boîtier de commande
- Boitier de détection synchrone commercial
- photodiode + résistance + alimentation
- Lampe de bureau

FIGURE 5 – Merci paca. ENfin faut prendre d'autres trucs en plus