

Groupe :	
Nom :	Date : 10/06/2014
Prénom :	Heure : 10h15

N'oubliez pas de compléter le cadre ci-dessus et de joindre ce sujet à votre copie.

Exercice - Chaîne d'acquisition

On considère dans cet exercice une sous-partie d'une chaîne d'acquisition constituée d'un filtre temps-continu d'un échantillonneur-bloqueur et d'un convertisseur analogique-numérique (CAN) (figure 1).

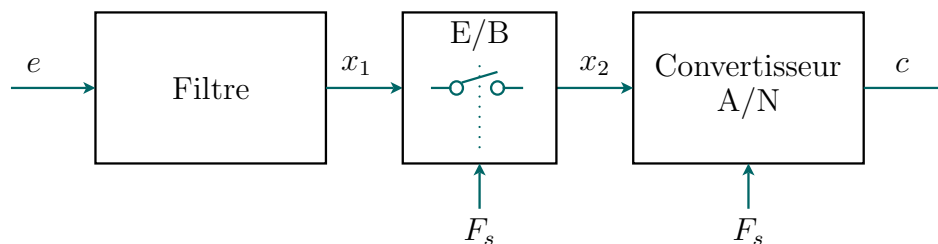


FIGURE 1 – Chaîne d'acquisition

La bande utile du signal d'entrée est comprise entre 0 et $B = 1 \text{ MHz}$ et F_s est la fréquence d'échantillonnage (E/B + CAN).

Question 2.1 En l'absence de tout autre signal que le signal utile, quelle est la fréquence d'échantillonnage F_s minimale ?

Réponse 2.1 $F_s \geq 2B = 2 \text{ MHz}$

Pour éviter un repliement de spectre après échantillonnage, les signaux perturbateurs, hors de la bande utile, sont atténués par le filtre temps continu. Celui-ci est un filtre passe-bas de Butterworth ($\Psi_n = \Omega^n$), de fréquence de coupure à 3 dB ($A_{max} = 3 \text{ dB}$) $F_c = 1 \text{ MHz}$. On impose un l'affaiblissement minimum à $\frac{F_s}{2}$ de 50 dB ($A_{min} = 50 \text{ dB}$).

Question 2.2 Déterminer l'ordre n du filtre pour $F_s = \{6, 10, 20\} \text{ MHz}$

Réponse 2.2

$$D = \sqrt{\frac{10^{(0,1 A_{min})} - 1}{10^{(0,1 A_{max})} - 1}} \approx 317 \quad \Omega_s = \frac{F_s}{2 F_c} = \{3, 5, 10\}$$

$$n \geq \frac{\log(D)}{\log(\Omega_s)} \quad , \quad n \in \mathbb{N} \quad n = \{6, 4, 3\}$$

On estime que la puissance consommée par le filtre est de 2 mW par pôle. La puissance consommée par l'ensemble (E/B + CAN) est donnée par :

$$P_{conv} = \alpha 2^N F_s \quad (1)$$

où N est le nombre de bit du CAN et F_s est la fréquence d'échantillonnage en MHz .

Question 2.3 Calculer la puissance totale nécessaire pour $F_s = \{6, 10, 20\} MHz$ sachant que $N = 9$ et $\alpha = 1 \mu W/MHz$. Quel est le choix le plus judicieux pour F_s ?

Réponse 2.3

F_s (MHz)	6	10	20
n	6	4	3
P_{filt} (mW)	12	8	6
P_{conv} (mW)	3.1	5.1	10.2
P_{tot} (mW)	15.1	13.1	16.2

La situation la plus favorable (puissance minimale) est obtenue pour $F_s = 10 MHz$.

Dans l'espoir de réduire la consommation de cette chaîne, on envisage d'échantillonner à un cadence supérieure pour utiliser un filtre anti-repliement du premier ordre (avec toujours un l'affaiblissement minimum à $\frac{F_s}{2}$ de 50 dB).

Question 2.4 Déterminer la fréquence d'échantillonnage F_s minimum dans ce cas.

Réponse 2.4

$$10 \log_{10}(1 + \Omega_s^2) = 50 \text{ dB} \quad \Omega_s = \frac{F_s}{2 F_c}$$

$$\Omega_s = \sqrt{10^5 - 1} \approx 316,2 \quad F_s = 2 F_c \Omega_s \approx 632,5 \text{ MHz}$$

On utilise un autre convertisseur analogique-numérique (plus rapide) de type Flash de résolution $N = 6 \text{ bit}$. La puissance consommée par l'ensemble (E/B + CAN) est toujours donnée par l'équation 1 avec $\alpha = 1 \mu W/MHz$. Le signal quantifié subit un filtrage numérique (supposé idéal) de bande passante $B = 1 MHz$.

Question 2.5 Quel est le rapport signal sur bruit de quantification après ce filtrage numérique pour un signal sinusoïdal pleine échelle de fréquence 1 kHz ?

Réponse 2.5

$$OSR = \frac{F_s}{2 F_c} \approx 316,2$$

$$SNR = 1,76 + 6 * N + 10 * \log_{10}(OSR) \approx 62,8 \text{ dB}$$

Question 2.6 Quelle est la puissance totale consommée¹ dans ce cas ? Que peut on conclure sur l'intérêt de cette solution ?

Réponse 2.6

$$F_s = 632.5 MHz \quad P_{conv} = \alpha 2^6 F_s \approx 40.5 mW \quad P_{filt} = 2.0 mW \quad P_{tot} = 42.5 mW$$

La consommation est nettement supérieure à celle de la question 2.3 pour $F_s = 10 MHz$. Cette solution n'est donc pas intéressante du point de vue de la consommation.

1. Noter qu'on ne considère pas la puissance consommée par le filtrage numérique