



Électronique des Systèmes d'Acquisition

Bases de connaissances indispensables
Traitement et Propagation des Signaux Physiques
AST 2A - Année Scolaire 2012-2013(T1)

Contrôle de Connaissances

Durée 1h30 - Documents et calculatrice autorisés

Table des matières

Exercice	Filtre analogique temps continu	2
Exercice	Conversion analogique numérique	2

Tous les exercices sont indépendants.

Exercice 1 - Filtre analogique temps continu

Un signal à bande étroite, centré sur la fréquence f_o représente le signal utile. Deux raies aux fréquences f_1 et f_2 d'amplitudes respectives A_1 et A_2 représentent des signaux perturbateurs. On désire affaiblir ces signaux perturbateurs à l'aide d'un filtre analogique temps continu comme indiqué à la figure 1 en laissant le signal utile pratiquement inchangé.

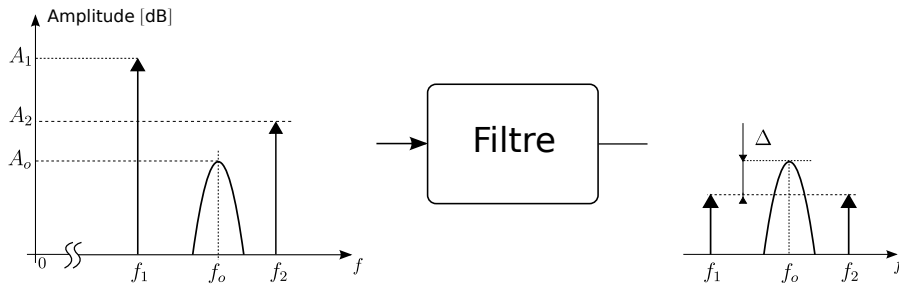


Figure 1 – Filtre analogique temps continu

Question 1.1 Quelle type de filtre¹ peut on utiliser pour réaliser cette opération ?

Réponse 1.1 Filtre passe-bande

Pour obtenir la fonction de transfert de ce filtre, on utilise une transformation de fréquence sur le prototype suivant :

$$T_p(S) = \frac{1}{1 + S}$$

Question 1.2 Donner l'affaiblissement en dB correspondant à ce prototype en fonction de la pulsation normalisée Ω ($S = j\Omega$).

Réponse 1.2 $A(\Omega) = -20 \log_{10} |T_p(j\Omega)| = 20 \log_{10} |1 + j\Omega| = 10 \log_{10}(1 + \Omega^2)$

On utilise la transformation de fréquence suivante sur le prototype T_p :

$$S = Q_o \left[\frac{p}{\omega_o} + \frac{\omega_o}{p} \right]$$

où Q_o est le coefficient de qualité du filtre et $\omega_o = 2\pi f_o$ est la pulsation centrale.

Question 1.3 Exprimer la pulsation normalisée Ω du prototype en fonction de la fréquence f du filtre transformé, de sa fréquence centrale f_o et du coefficient de qualité Q_o .

Réponse 1.3

$$p = j\omega \Rightarrow S = j Q_o \left[\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega} \right] = j Q_o \left[\frac{f}{f_o} - \frac{f_o}{f} \right] = j\Omega$$

$$\Omega = Q_o \left[\frac{f}{f_o} - \frac{f_o}{f} \right]$$

On donne : $A_1 - A_o = 25 \text{ dB}$, $A_2 - A_o = 5 \text{ dB}$, $\Delta = 10 \text{ dB}$, $f_o = 1 \text{ kHz}$, $f_1 = 50 \text{ Hz}$, $f_2 = 2 \text{ kHz}$. Les contraintes de réalisation du filtre imposent $Q_o = 5$ ou $Q_o = 10$.

1. Parmi les filtres standards obtenu par transformation de fréquence sur un prototype

Question 1.4 Déterminer l'affaiblissement du filtre aux fréquences f_1 et f_2 et en déduire le coefficient de qualité minimum à retenir.

Réponse 1.4 Les affaiblissements nécessaires à f_1 et f_2 sont respectivement :

$$Att_1 = A_1 - A_o + \Delta = 35 \text{ dB} \quad Att_2 = A_2 - A_o + \Delta = 15 \text{ dB}$$

Puisqu'on doit chercher le coefficient de qualité minimum nécessaire, essayons d'abord $Q_o = 5$. Les pulsations normalisées correspondant à f_1 et f_2 sont respectivement $\Omega_1 \approx -100$ et $\Omega_2 = 7,5$. Pour ces pulsations les affaiblissements obtenus à partir du prototype sont respectivement :

$$A(\Omega_1) \approx 40 \text{ dB} \quad A(\Omega_2) \approx 17,6 \text{ dB}$$

Ceux-ci sont suffisants pour satisfaire aux contraintes demandées. Nous pouvons donc retenir le coefficient de qualité $Q_o = 5$.

Question 1.5 Déterminer la bande passante B à 3 dB du filtre² ($\log_{10} 2 \approx 0,3$).

Réponse 1.5 L'affaiblissement de 3 dB est obtenu pour $\Omega = \pm 1 = Q_o \left[\frac{f}{f_o} - \frac{f_o}{f} \right]$. En notant fp_1 et fp_2 les fréquences limites de bande passante ($B = fp_1 - fp_2$), on a d'après la symétrie géométrique du filtre $fp_1 \cdot fp_2 = f_o^2$ d'où :

$$Q_o \left[\frac{fp_1}{f_o} - \frac{f_o}{fp_2} \right] = \frac{Q_o B}{f_o} = 1 \Rightarrow B = \frac{f_o}{Q_o} = 200 \text{ Hz}$$

Exercice 2 - Conversion analogique numérique

On considère un signal analogique issu d'un récepteur radiofréquence dont la fréquence maximale est limitée à 20 MHz. On veut le numériser pour pouvoir, par la suite, le décoder. Ce signal est échantillonné avec une fréquence $F_e = 40$ MHz. Il varie entre une valeur maximale de 0 dB (niveau de référence choisi) et une valeur minimale de -60 dB. A la sortie de l'ADC³, pour avoir une qualité suffisante du signal, le rapport signal sur bruit doit être au moins de 30 dB.

L'étage d'entrée de l'ADC est illustré dans la figure 2.

La question 2.1 est indépendante du reste de l'exercice

Question 2.1 Déterminer la fonction de transfert en z de cet étage (instants nT). Quelle est la fonction réalisée si $C_1 = C_2$?

Réponse 2.1

Question 2.2 Quel est le nombre de bit minimal de ce convertisseur si l'on veut garantir la valeur du rapport signal sur bruit minimal ? Justifier votre réponse.

Réponse 2.2

Question 2.3 On ne dispose que d'un ADC qui donne 13 bits effectifs. En supposant que l'on puisse augmenter la fréquence d'échantillonnage de l'ADC, quelle doit être sa valeur minimale pour atteindre la performance visée ? Justifier votre réponse.

2. On rappelle que, du fait de la transformation de fréquence, le filtre est à symétrie géométrique

3. ADC : Analog to Digital Converter

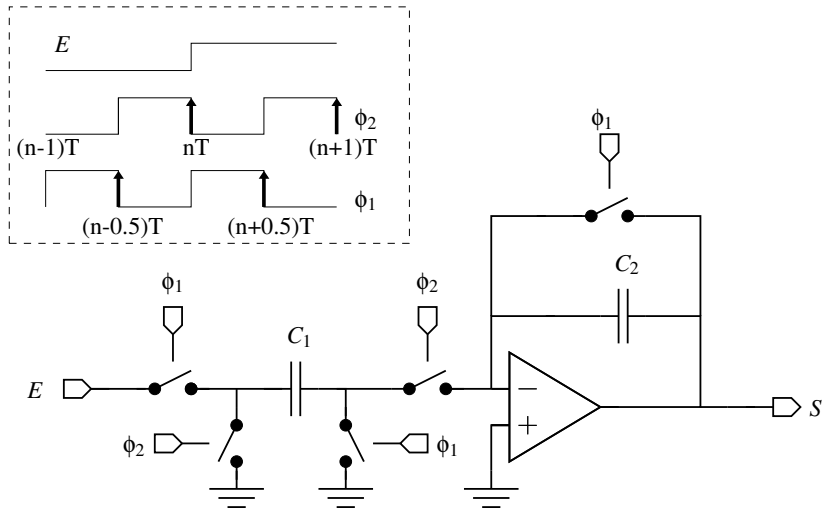


Figure 2 – Etage d’entrée de l’ADC

Réponse 2.3

Question 2.4 A partir de la figure 3 qui présente l’état de l’art actuel des ADC (la bande passante du signal d’entrée, BW en fonction du rapport signal sur bruit, noté SNDR), pouvez-vous indiquer si une ou plusieurs des architectures proposées présentent les performances souhaitées? Justifier cette réponse. Si la réponse est non, indiquer quelles architectures seraient candidates et quelles performances seraient à améliorer. Justifier votre réponse.

Réponse 2.4

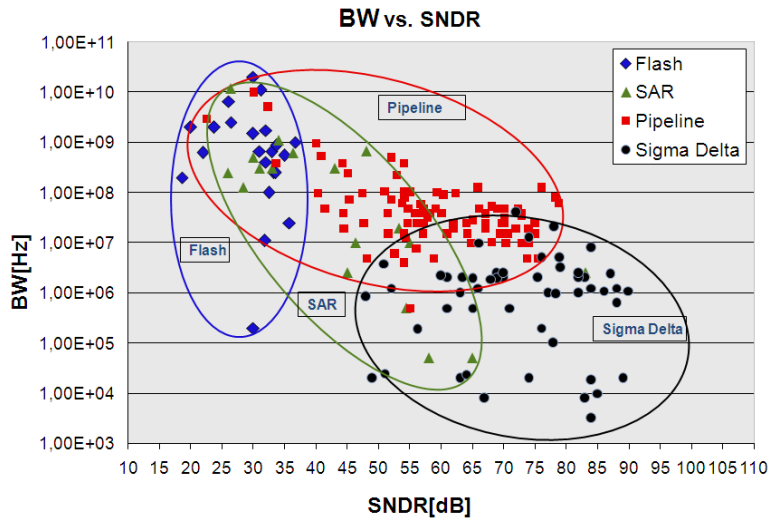


Figure 3 – Etat de l’art actuel des ADC