



# Électronique pour les Systèmes embarqués

## Contrôle de Connaissances

*Durée 1h30 min - Documents et calculatrice autorisés*

*Tous les exercices sont indépendants*

### Exercice 1 - Chaîne de Numérisation pour l'aéro-spatial

#### Partie 1 - Conversion analogique numérique

Nous souhaitons mettre en place un système de numérisation pour des signaux astronomiques qui sera monté sur un satellite. Ce système est dédié à l'étude des signaux provenant du soleil et des différentes planètes du système solaire. La bande d'intérêt pour ces observations est comprise entre 0 et 50 MHz.

**Question 1.1** Quelles sont, selon vous les deux contraintes principales auxquelles seront confrontés les systèmes électroniques dans un tel environnement ? Quelle est par ailleurs la meilleure approche pour faire de la récupération d'énergie dans ce même environnement ?

La partie très basse fréquence ( $< 10$  KHz) du spectre contient principalement des "bursts" joviens (provenant de la planète Jupiter).

**Question 1.2** Quel bruit est extrêmement critique pour ce type de mesure. Justifier brièvement votre réponse (2 à 3 lignes).

Par ailleurs, comme vous pouvez le remarquer sur la figure 1 a), des signaux parasites ou interférents sont présents dans la bande 70 à 90 MHz. (Sachez qu'en pratique, ils ont des bandes plus large pouvant atteindre plusieurs dizaines de GHz.) Nous disposons de deux types de Convertisseurs Analogiques Numériques (CAN), le premier échantillonné à 100 MHz et le deuxième échantillonné à 200 MHz.

**Question 1.3** Que doit-on faire pour pouvoir utiliser chacune des 2 solutions. Discuter brièvement les avantages et inconvénients respectifs des deux approches.

Après une longue hésitation, nous décidons finalement d'utiliser la solution avec le CAN échantillonné à 200 MHz.

**Question 1.4** Sachant que le signal d'entrée a une dynamique d'entrée élevée avec une amplitude allant de  $\pm 0.01$  mV à  $1$  V<sup>1</sup>, calculer le nombre de bit nécessaire pour le CAN afin que l'on garantisse un rapport signal à bruit supérieur à 30 dB dans notre bande d'intérêt sur toute la dynamique d'entrée. On donne à la tension de référence du CAN une valeur de 2 V pour prendre de la marge.

1. Vous pouvez approximer le signal à une sinusoïde dans vos calculs

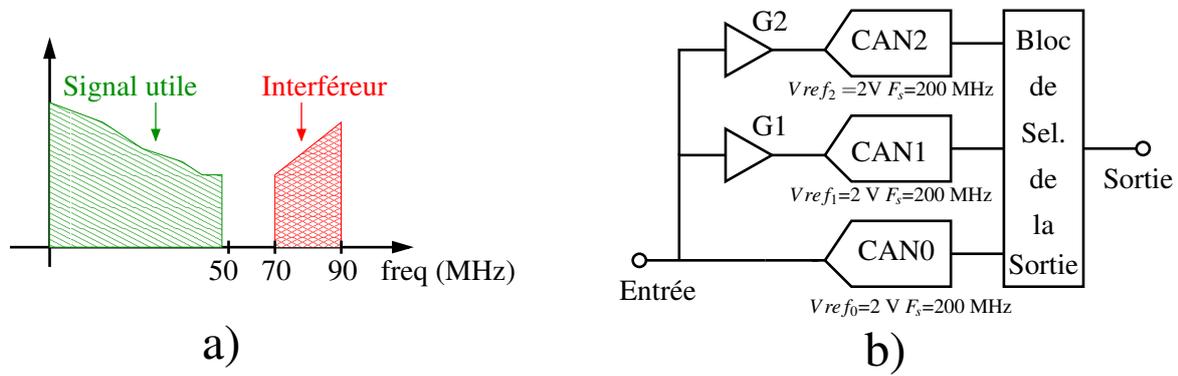


FIGURE 1 –

Vu que nos CANs sont limités à 10 bits, nous décidons d'utiliser l'architecture "stack" ADC ou CANs empilés représentée dans la figure 1 b). Son principe de fonctionnement est basé sur l'utilisation de plusieurs CANs en parallèles précédés chacun d'un gain différent. La sélection de la sortie globale parmi les 3 sorties des 3 CANs se fait en numérique en fonction de la saturation des CANs.

**Question 1.5** Découper votre dynamique d'entrée en 3 plages (les plages peuvent se recouvrir) et proposer un jeu de valeur pour  $G1$  et  $G2$  qui permet de garantir la résolution voulue pour toute la dynamique d'entrée. (Les tensions de référence  $Vref0$ ,  $Vref1$  et  $Vref2$  sont fixées à 2 V) . Justifier votre choix par les calculs et explications adéquats.

## Partie 2 - Filtrage numérique

Nous nous intéressons à présent au filtrage numérique qui succède le CAN. Nous souhaitons implémenter un filtre passe bas numérique échantillonné à 200 MHz qui servira à filtrer les composantes haute fréquence du signal reçu. Nous disposons des 3 filtres suivants qui implémentent des fonctions passe bas ou passe haut :

$$H_1(Z) = 0,2929 \frac{1 + 2 \cdot Z^{-1} + Z^{-2}}{1 + 0,17 \cdot Z^{-2}} \quad ; \quad H_2(Z) = 0,2929 \frac{1 - 2 \cdot Z^{-1} + Z^{-2}}{1 + 0,17 \cdot Z^{-2}} \quad ; \quad H_3(Z) = 0,2929 \frac{1 + 2 \cdot Z^{-1} + Z^{-2}}{1 + 1,7 \cdot Z^{-2}}$$

**Question 1.6** Analyser les fonctions de transfert réalisées (passe bas ou passe haut) par les 3 filtres. Analyser également leur stabilité et dites lequel ou lesquels parmi les 3 peuvent être utilisés pour notre application.

**Question 1.7** Déterminer l'équation de récurrence (équation temporel) pour le filtre sélectionné. Calculer aussi sa réponse impulsionnelle pour les cinq premières périodes. (La sortie du filtre  $y[n] = 0$  pour  $n \leq 0$ )

Nous souhaitons faire fonctionner le filtre pendant certaines phases avec une alimentation inférieure à l'alimentation nominale afin de réduire sa consommation de puissance. Cette variation de la tension d'alimentation sera implémentée à l'aide d'un régulateur à découpage.

**Question 1.8** Citer 3 grandes topologies de régulateurs à découpage, ainsi que la plage possible des tensions de sorties en fonction de la tension d'entrée.

**Question 1.9** Expliquer pourquoi la diminution de la tension d'alimentation pourrait affecter le fonctionnement du filtre. Discuter très brièvement (2 à 3 lignes) une des techniques qui permet de faire face au problème engendré.