

TD8

TD 8 / CONVERTIR UN SIGNAL ANALOG. EN DONNÉES NUM.

Correction

Exercice 1 - Conversion de signaux courants

Notions abordées

▷ rappel des fréquences mises en jeu dans les signaux habituels

Signal audio

1. Rappelez l'intervalle de fréquences des signaux audibles par l'être humain.

Réponse

Entre 20 Hz et 20 kHz.

2. Quelle est la fréquence minimale pour échantillonner correctement un signal audio ?

Réponse

Afin de respecter le critère de Nyquist-Shannon, à savoir qu'il faut au moins échantillonner 2 points par période d'un signal pour pouvoir le reconstituer fidèlement, il faut une fréquence d'échantillonnage supérieure à 40 kHz.

Les signaux audio \ll classiques \gg (CD audio par exemple) sont échantillonnés à une fréquence $F_{Eclassique} = 44.1$ kHz et chaque échantillon est codé sur 16 bits.

Les signaux HRA (Audio Haute Résolution) sont échantillonnés à une fréquence $F_{EHR, A1} = 96 \text{ kHz}$ ou $F_{EHR, A2} = 192 \text{ kHz}$ et chaque échantillon est codé sur 24 bits.

- ### 3. Ces fréquences sont-elles bien choisies ?

Réponse

Elles respectent toutes le critère de Nyquist-Shannon, puisque $F_E > 40$ kHz.

4. Combien de niveau logique différent y a-t-il pour chacune de ces normes ?

Réponse

Pour la version « classique », on a 2^{16} niveaux logiques différents (soit 65536 niveaux).
Pour la version HRA, on a 2^{24} niveaux logiques différents (soit plus de 16 millions de niveaux).

5. Quelle quantité d'espace numérique (en octets) faut-il prévoir pour stocker une heure de données sonores :

Signal vidéo

On s'intéresse au capteur **CMV50000** de la société *CMOSIS*, capteur 8K@30fps - au prix d'environ 3500\$ (juin 2018) dont la documentation est donnée en annexe.

Complément d'information

On peut rappeler le principe d'un capteur CMOS = ensemble de photodiodes et leur système d'amplification. Le tout est lié à plusieurs convertisseurs analogique/numérique en parallèle.

1. Quelle est la taille de l'image de ce capteur ? Combien cela fait-il de pixels ?

Réponse

On peut lire dans la documentation : 7920 (H) x 6004 (V) soit un total de 47.5 millions de pixels.

2. Combien de convertisseurs analogique-numérique embarquent ce capteur ? Quelle est la résolution des ADC ?

Réponse

Le constructeur annonce : **22 LVDS at 830 Mbps** comme correspondant à **22 convertisseurs** placés en parallèle.

On trouve également que le nombre d'électrons récupérés en sortie en **pleine échelle** (Full well charge) est de 14500 e⁻. On a également le taux de conversion de 0.272 DN/e. On a alors que la **pleine échelle** est d'environ 3950 DN. Cela correspond bien aux 12 bits annoncés par le constructeur.

Complément d'information

On peut rappeler ici que les capteurs CMOS sont des matrices de photodiodes qui transforment un flux lumineux en électrons.

3. La vitesse de transfert donnée est-elle suffisante pour prendre des images en 8K (7680 x 4320 pixels) à 30 images/seconde ?

Réponse

Pour une image en 8K, soit 7680 x 4320 pixels, chacun codé sur 12 bits, à 30 images/seconde, cela donne :

$$DATA = 7680 \cdot 4320 \cdot 12(bits) \cdot 30(fps) = 11.94 Gbps = 1.5 Gops$$

Comme il y a 22 sorties en parallèle, chacune produit donc un flux de donnée de : $DATA_{LVDs} = DATA/22 = 543 Mbps = 68 Mops$.

Exercice 2 - Système numérique

Notions abordées

- ▷ étude d'un signal échantillonné
- ▷ critère de Shannon-Nyquist

Que peut-on dire des signaux suivants ?

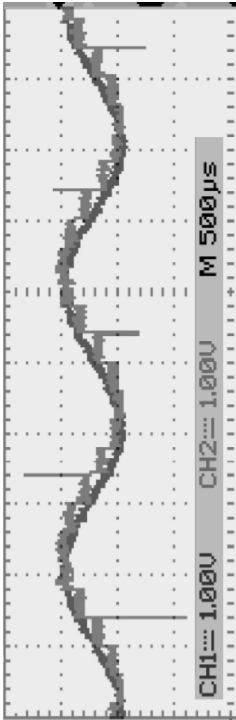


Fig. 3: Sortie d'un filtre numérique

Réponse

Cette figure correspond à la réponse d'un système numérique qui échantillonne à une fréquence de 5 kHz (ou une période de 200 μs - largeur d'un palier).

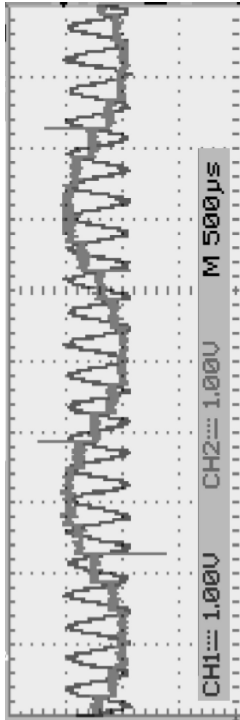
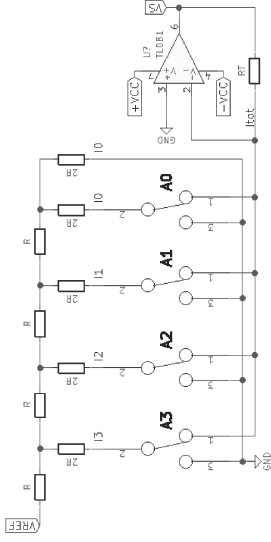


Fig. 4: Sortie d'un filtre numérique



1. Quel est le type de montage autour de l'ALI ?

Réponse

Il s'agit d'un montage transimpédance, qui permet de transformer I_{tot} en une tension $V_S = -R_T \cdot I_{tot}$.

2. En quoi la structure vue précédemment peut nous aider ?

Réponse

On remarque que la structure est de type R-2R. En fonction de la position des A_i , le courant résultant des différentes branches va soit à la masse, soit dans le contre-réaction de l'ALI. Comme l'ALI est en mode linéaire, on a $V+ = V- = V$ et $V+ = 0$. Dans les deux cas, la masse est présente sur les interrupteurs A_i .

3. Que vaut alors le courant I_{tot} dans la contre-réaction de l'ALI en fonction des courants I_i ?

Réponse

Si on calcule le courant au noeud en $V-$, on a $I_{tot} = A_0 \cdot I_0 + A_1 \cdot I_1 + A_2 \cdot I_2 + A_3 \cdot I_3$.
De manière généralisée : $I_{tot} = \sum_{k=0}^N A_k \cdot I_k$

4. Que vaut alors le courant I_{tot} dans la contre-réaction de l'ALI en fonction du courant I_0 et des valeurs des A_i ?

Réponse

D'après la section précédente, on a vu que $I_1 = 2^1 \cdot I_0$, que $I_2 = 2^2 \cdot I_0$...

On a alors :

$$I_{tot} = I_0 \cdot \sum_{k=0}^N A_k \cdot 2^k$$