

SYNTHÈSE

D'après le théorème de **Shannon**, pour que l'échantillonnage à la fréquence f_e d'un signal soit correct, celui-ci ne doit contenir aucune composante de fréquence supérieure ou égale à $\frac{f_e}{2}$.

Pour cette raison, la fréquence $\frac{f_e}{2}$ est appelée fréquence de **Shannon (ou de Nyquist)**.

Si une composante fréquentielle du signal d'entrée devait, par erreur, dépasser $0,5f_e$, il ne serait alors plus possible de retrouver le signal analogique d'origine à partir de ses échantillons.

En effet, cette composante du signal échantillonné serait perçue comme étant de fréquence plus basse et viendrait s'ajouter aux autres, les « bonnes », comprises entre les fréquences 0 et $\frac{f_e}{2}$. Et ce, de manière irréversible.

La fréquence "fantôme" qui apparaîtrait dans ce cas est appelée fréquence de repliement ou, en anglais, « alias frequency ».

Pour éviter ce repliement du spectre, tout convertisseur analogique numérique sera précédé d'un filtre analogique de type passe-bas qui ne laissera passer que les signaux de fréquence inférieure à $\frac{f_e}{2}$. Ce filtre porte le nom de filtre antialiasing, filtre anti-repliement ou encore filtre anti-recouvrement.

Il est évident que le filtre antialiasing est d'abord calculé pour laisser passer les fréquences « utiles » du signal et que la fréquence d'échantillonnage est ensuite choisie en conséquence. Attention aucun filtre numérique ne peut convenir et seul un filtre analogique peut remplir le rôle d'un filtre anti-repliement !

Le choix du convertisseur se fait en fonction du signal que l'on a à traiter. Les principaux critères de choix sont : la résolution, la vitesse, la précision, le prix... Plus la conversion est « fine » et rapide, plus il faut un espace important pour stocker les données et moins on a de temps pour les traiter. De plus, cela prendra plus de place sur les canaux de transmission de l'information.

Pour restituer le signal on fait le chemin inverse et on finit par lisser le signal par « paliers » avec un filtre passe-bas.

Les CODEC sont des logiciels ou des circuits intégrés qui font l'acquisition, la compression, le traitement et la restitution. On les trouve dans le domaine audio et vidéo.

POUR S'ENTRAÎNER

1 Complétez le tableau suivant :

Plage de conversion (V)	0 – 5	0 – 5	0 – 5	0 – 5
Nombre de bits	8	10	12	16
Nombre de points	256			
Quantum (mV)	19,5			

2 Question de cours

Énoncez le théorème de Shannon.

Illustrez le repliement spectral si on a des fréquences à 200 Hz, 500 Hz, 1 200 Hz et 1 500 Hz et une fréquence d'échantillonnage de 1 000 Hz.

Comment se protéger des erreurs dues au repliement spectral ? Dessinez un schéma structurel qui pourrait répondre à ce besoin.

Si la fréquence d'échantillonnage a été bien choisie,

quelle doit être la fréquence de coupure du filtre passe-bas ? Calculez la valeur des composants qui composent votre schéma.

Justifiez la fréquence d'échantillonnage de 44 100 Hz pour les CD audio.

Combien y a-t-il de pas de quantification si $N = 10$ bits ? $N = 12$ bits ?

Calculez la taille et le débit binaire (bit rate) associé à un signal de 3 minutes échantillonné à 8 kHz sur 8 bits et 1 voie.

3 Les convertisseurs à approximations successives (SAR)

En vous appuyant sur la figure 36, montrez graphiquement les étapes suivies si la tension à convertir est 2,2 V et que l'échelle de conversion est de 0–5 V. Même question pour 3,9 V.

4 Les convertisseurs flash

Dessinez le schéma de principe d'un convertisseur flash 3 bits qui donne le tableau suivant : (8 bits ; plage d'entrée 0–5V)

Ve	État de sorties des comparateurs							États de sortie du décodeur		
	a0	a1	a2	a3	a4	a5	a6	C	B	A
$0 < V_e < 0,625$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$0,625 < V_e < 1,25$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$1,25 < V_e < 1,875$	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
$1,875 < V_e < 2,5$	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
$2,5 < V_e < 3,125$	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0
$3,125 < V_e < 3,75$	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1
$3,75 < V_e < 4,375$	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
$4,375 < V_e < 5$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

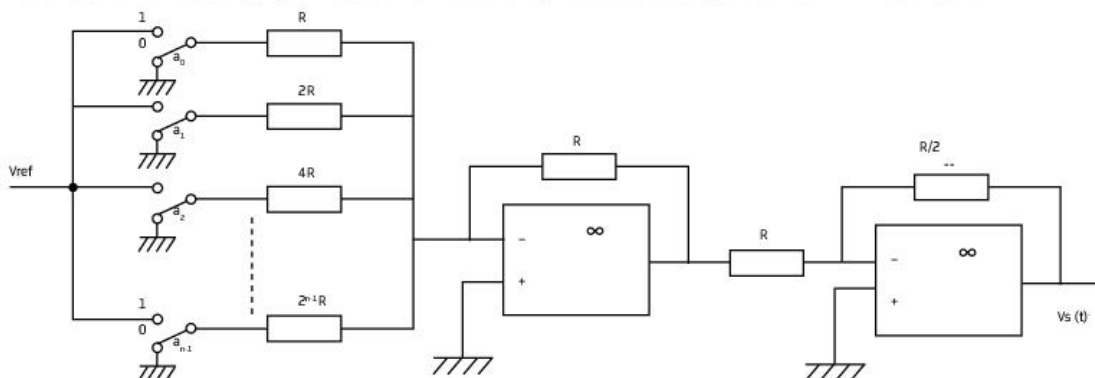
Donnez les équations de A, B et C en fonction de a_0, a_1, \dots, a_7 .

5 Les CNA à résistances pondérées

À partir d'un CNA 4 bits avec $V_{ref} = 5 \text{ V}$ dont le schéma structurel est donné ci-dessous, calculez V_s si :

$a_0 = a_1 = a_2 = a_3 = 0$.

Refaites le même calcul pour les combinaisons suivantes : 0001, 0101 et 1111. Concluez.



POUR ALLER PLUS LOIN

NUM

6 Le ballon sonde

Dans le ballon-sonde nous avons plusieurs capteurs. L'un d'eux capte la température.

Le ballon monte à une vitesse de 5 m/s et la température mesurée varie de 20 °C au sol à - 60 °C à 11 000 m d'altitude (tropopause).

Nous allons considérer que l'ascension et la variation de température sont linéaires.

Tracez l'élévation du ballon (0 à 11 000 m) en fonction du temps.

Tracez l'évolution de la température pendant ce même temps (valeur initiale 20 °C).

On choisit de relever la température toutes les secondes. Ce choix vous paraît-il judicieux ?

Le convertisseur choisi est un AD670SD 8 bits. Calculez le quantum de ce convertisseur en sachant qu'on a choisi de travailler sur une plage de 0 à 2,55 V. (Voir document constructeur.)

La chaîne d'acquisition a été calculée de façon à avoir en entrée du CAN 0,5 V pour 20 °C et 4 V à - 60 °C.

Calculez le temps qu'il faut pour avoir une variation d'un quantum. Le choix de l'AD670SD vous paraît-il judicieux ?