

Thème IV. ECHANTILLONNAGE ET CONVERSION DU SIGNAL.

IV.1. Echantillonnage.

Principe de fonctionnement d'un échantillonneur-bloqueur.

Spectre d'un signal échantillonné. Théorème de Shannon.

IV.2. Conversion analogique-numérique et conversion numérique-analogique.

Définitions : résolution, quantum, temps de conversion.

Reconstitution du signal.

Avertissement :

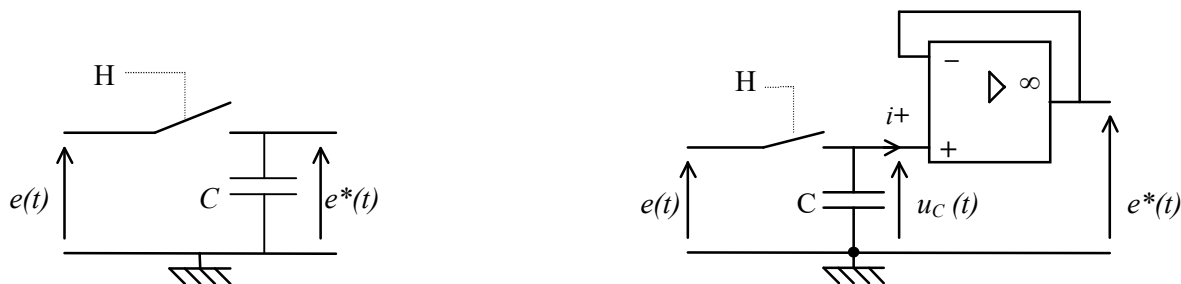
Chaque bloc « convertisseur de signal » (Cf. Schéma de principe d'une chaîne de commande de procédé) correspond à plusieurs opérations sur lesquelles il est possible d'intervenir. Ainsi, par exemple, dans le cas des capteurs à sortie analogique, il est nécessaire de conditionner, de filtrer (suppression de signaux parasites et/ou limitation du spectre), d'échantillonner et de bloquer le signal pour le convertir numériquement (quantifier). De même, à la sortie du calculateur, il est nécessaire de convertir analogiquement la suite des nombres fournis à chaque pas de calcul et de filtrer (lisser) le signal obtenu.

Pour la conversion analogique/numérique et la conversion numérique/analogique, le professeur attirera l'attention des étudiants sur les choix de facteurs fondamentaux que constituent la fréquence d'échantillonnage et les pas de quantification afin d'assurer le bon fonctionnement des divers éléments de la chaîne et du procédé.

IV.1. Echantillonnage.

Eléments d'analyse du programme :

Le principe de fonctionnement de l'échantillonneur-bloqueur peut être décrit par les schémas ci-dessous.



En étudiant successivement l'échantillonnage d'un signal analogique et sa reconstitution, on peut montrer qu'il y a perte d'information lors des conversions quand la fréquence d'échantillonnage ne satisfait pas à certains critères. En effet :

- si elle est trop basse, le système ne tiendra pas compte des signaux réels (transitoires) ;
- si elle est trop élevée, toute la chaîne aura des capacités mal exploitées au regard du procédé commandé, ce qui risque d'entraîner un surcoût inutile pour l'installation.

Propositions didactiques :

Les prérequis sont issus du programme de terminale, complétés par des savoir-faire expérimentaux en électronique. S'il paraît scientifiquement logique d'aborder ce thème avant le traitement numérique, ce n'est pas didactiquement obligatoire.

Il est conseillé de consulter les dossiers « Ensemble Fourier » et « Traitement numérique » sur le CD ROM « Repères pour la formation » du B.T.S I.R.I.S et sur le site WEB du rectorat de l'académie d'Aix-Marseille : ils contiennent un diaporama et des outils de simulation utilisant un tableur et portant sur des exemples correspondant au thème IV.

Propositions d'activités au laboratoire pour les étudiants (2 séances de 2h) :

T.P n°IV.1.a : échantillonnage dans les conditions de Shannon.

Les étudiants effectueront l'échantillonnage d'un signal (d'une sinusoïde par exemple) à l'aide d'un multiplieur et ils mettront en oeuvre un échantillonneur-bloqueur.

Ils s'intéresseront à l'aspect temporel et à l'aspect fréquentiel du fonctionnement du montage : ils effectueront l'analyse spectrale d'un signal échantillonné, par exemple, à l'aide d'un oscilloscope numérique à mémoire associé à un module F.F.T.

T.P n°IV.1.b : échantillonnage en dehors des conditions de Shannon.

Les étudiants reprendront l'étude du fonctionnement du précédent montage : ils observeront notamment l'influence de la période d'échantillonnage. En se plaçant cette fois hors des conditions de son bon fonctionnement, ils s'intéresseront de nouveau à l'aspect temporel et à l'aspect fréquentiel et ils mettront en évidence les fausses images.

L'étude expérimentale pourra être complétée par des simulations.

IV.2. Conversion analogique-numérique et conversion numérique-analogique.



Rappel des limites du programme :

On limite l'étude des C.A.N et des C.N.A à deux exemples pour chaque fonction celui d'un convertisseur utilisé dans des applications où les contraintes temporelles imposent un temps de conversion minimum et celui d'un convertisseur utilisé dans les applications où les contraintes temporelles sont moins strictes.

Eléments d'analyse du programme :

Le tableau ci-dessous donne quelques exemples de structures de C.A.N avec leurs caractéristiques essentielles.

Technique	Résolution	Vitesse	Avantages	Inconvénients
Flash	8 bits	250 Msps à 1 Gsps	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Extrêmement rapide ➤ Large bande passante 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Forte consommation ➤ Très coûteux ➤ Erreurs erratiques
Approximations successives	10 à 16 bits	70 à 250 ksps	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Haute résolution ➤ Haute précision ➤ Basse consommation ➤ Peu de composants externes 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Faible bande passante ➤ Faible vitesse ➤ Stabilité obligatoire de la tension d'entrée
Double rampe	Supérieure à 18 bits	Inférieure à 50 ksps	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Haute résolution ➤ Haute immunité au bruit ➤ Basse consommation 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Très lent
Pipeline	12 à 16 bits	1 à 80 Msps	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Haute vitesse ➤ Basse consommation ➤ Correction d'erreurs sur le circuit 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Horloge de rapport cyclique fixe à 50 % ➤ Fréquence minimum requise
Sigma-Delta	Supérieure à 16 bits	Supérieure à 100 ksps	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Haute résolution ➤ Très large bande passante ➤ Filtrage numérique sur le circuit 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Echantillonneur - bloqueur externe ➤ Vitesse limitée

Remarque :

la vitesse est exprimée en nombre d'échantillons convertis par seconde.
 symbole : sps (sample per second).

N.B : il est rappelé que l'on doit toujours avoir comme règle didactique d'insister particulièrement sur les concepts permanents qui restent valables quand la technologie évolue : pour réaliser les fonctions C.A.N et C.N.A, on choisira des supports d'étude parmi les composants dédiés les plus répandus actuellement sur le marché.

Conseils didactiques :

Les savoir-faire expérimentaux acquis en électronique, notamment lors de l'étude des thèmes II et III, sont utiles.

Pour chacune des fonctions, le professeur s'appuiera sur les exemples choisis pour en dégager les propriétés essentielles : rôle, principales caractéristiques statiques et dynamiques. Dans chaque cas, on privilégiera l'aspect fonctionnel du composant ou du montage. On insistera donc plus sur l'importance de la résolution, de l'erreur, du choix du nombre de bits et de la vitesse de conversion, que sur l'étude théorique détaillée du fonctionnement d'un convertisseur (celle-ci ne pouvant être qu'un exercice de révision des lois générales de l'électricité en lien avec le domaine professionnel).

Propositions d'activités au laboratoire pour les étudiants (4 séances de 2h) :

N.B : A l'occasion de ces T.P, le professeur attirera l'attention des étudiants sur le choix des facteurs fondamentaux que constituent la fréquence d'échantillonnage et les pas de quantification, paramètres fondamentaux pour le bon fonctionnement des divers éléments de la chaîne.

T.P n°IV.2.a et T.P n°IV.2.b : étude de la fonction C.N.A. à l'aide d'une maquette dédiée.

On peut visualiser la réponse sur une interface à l'aide d'un oscilloscope. Il peut être intéressant, au cours de la même séance de travaux pratiques, de ventiler différents C.N.A selon les étudiants, chacun ne prenant en charge l'étude que d'un seul : les mises en commun effectuées lors de cette étude expérimentale sont alors exploitées pour dégager les propriétés fondamentales caractéristiques du type de convertisseur considéré.

T.P n°IV.2.c et T.P n°IV.2.d : étude de la fonction C.A.N. à l'aide d'une maquette dédiée.

Il peut être intéressant, au cours de la même séance de travaux pratiques, de ventiler différents C.A.N selon les étudiants, chacun ne prenant en charge l'étude que d'un seul : les mises en commun effectuées lors de cette étude expérimentale sont alors exploitées pour dégager les propriétés fondamentales caractéristiques du type de convertisseur considéré.