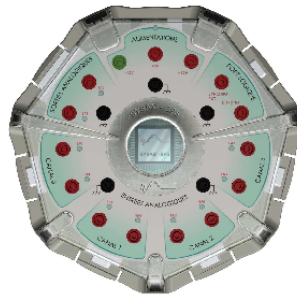


TD 1.2. Électronique numérique

1 Exercice : Carte d'acquisition



La carte d'acquisition ci-dessus est très courante dans les laboratoires d'enseignement. La figure suivante est un extrait de sa documentation technique.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

INTERFACE ANALOGIQUE/NUMÉRIQUE

• Résolution	12 bits
• Voies d'entrée	8 voies simples ou 4 différentielles (mode programmable)
• Echelle d'entrée Bipolaire programmable	$\pm 10V$ maximum (gain 1V/V)
• Protection	250V maxi efficace à 50Hz (AC) ou 400V maxi continu (DC)
• Protection aux impulsions	50A maxi pour impulsion normalisée IEC 61000-4-5 (forme d'onde tension 1,2/50 μ s - forme d'onde courant 8/20 μ s)
• Fréquence d'échantillonnage	1 à 4 voies (simples ou différentielles) = 10MHz 5 à 8 voies (simples) = 500kHz
• Précision 12 bits	$\pm 1LSB$
• Non-linéarité 12 bits	$\pm 1LSB$ sur la pleine échelle $\pm 10V$
• Codage numérique	Binaire naturel
• 4 gains programmables	1, 2, 10, 50V/V (calibres $\pm 10V$, $\pm 5V$, $\pm 1V$, $\pm 0,2V$)
• Impédance d'entrée	1M Ω
• Réjection de mode commun	>40 dB gain = 1
• Bruit système	gain 1V/V $\pm 1LSB$ gain 2V/V $\pm 1,5LSB$ gain 10V/V $\pm 1,5LSB$ gain 50V/V $\pm 2LSB$
• Offset	$\pm 0,5LSB$
• Temps d'établissement à 0,1% du signal	gain = 1 300ns gain = 10 400ns
• Bande passante (-3dB)	gain = 1 2,2MHz gain = 2 2,2MHz gain = 10 2,2MHz gain = 50 900kHz



Les entrées tensions de votre centrale Sysam-SP5 sont protégées contre des surtensions **accidentelles**. Elles ne doivent pas être utilisées pour mesurer de façon répétée des tensions supérieures à $\pm 10V$ maximum.

Note : La société EUROSART décline toute responsabilité en cas d'utilisation de SYSAM-SP5 qui ne soit pas conforme à ses instructions.

1. Donner une raison à l'ordre de grandeur "élevé" de l'impédance d'entrée des entrées de la carte.
2. Quelle est la différence entre une voie "simple" et une voie "différentielle" ?
3. Lors d'une acquisition simultanée sur quatre voies simples, quelle est la fréquence maximale du signal qu'il est possible d'échantillonner correctement ?
4. Lors d'une numérisation à l'aide du calibre $\pm 5 V$, quel est le pas de quantification ?

2 Exercice : Tournage spot de voiture



1. Lors du tournage d'un film, estimer à quelles vitesses doit rouler une voiture pour avoir des roues fixes à l'écran ?
2. Que se passe-t-il si la voiture roule légèrement plus lentement ? Plus vite ?

3 Exercice : Hélice d'avion filmée depuis un téléphone

Phénomène similaire et encore plus impressionnant regarder le film ci-dessous :



Il a été étudié en 1825 par Peter Mark Roger dans "Explanation of an optical deception in the appearance of the spokes of a wheel seen through vertical apertures", en regardant les rayons de roues à travers des fentes verticales.

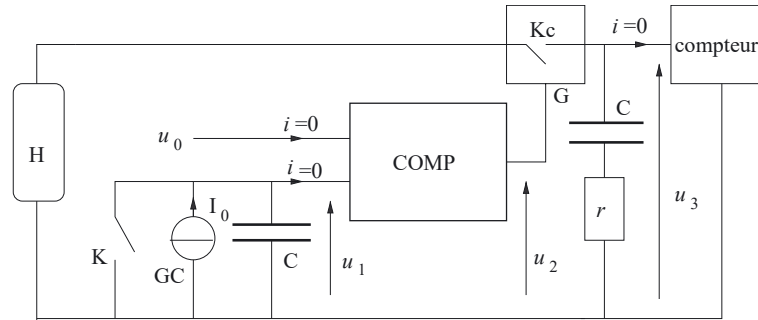


4 Convertisseur analogique/numérique à compteur d'impulsions

Un convertisseur analogique/numérique doit transformer un signal continu (une tension ici) dont la mesure est par exemple 7,31 V en un nombre entier, 7 si la précision est le volt, ou 73 si la précision est le déci-Volt, etc... Dans le montage suivant :

- H est une horloge fournissant une tension créniaux de période T, valant 0 si $t \in [nT, nT + \frac{T}{2}[$, +15 V si $t \in [nT + \frac{T}{2}, (n+1)T[$;
- GC est un générateur de courant assurant une intensité constante I_0 dans sa branche ;
- COMP est un comparateur, qui délivre une tension $u_2 = +15$ V si $u_1 > U_0$, et $u_2 = -15$ V si $u_1 < U_0$;
- Kc est un interrupteur commandé par la gâchette G, il est fermé si le potentiel de la gâchette est négatif, ouvert s'il est positif ;

- le compteur, remis à zéro entre deux acquisitions, compte le nombre d'impulsions, une impulsion étant un basculement de la tension u_3 de 0 à +15 V.



À $t = 0$, l'interrupteur K passe de la position fermée à la position ouverte et u_0 est la tension qu'on veut numériser ; on la suppose constante pendant le processus de conversion.

1. Établir l'expression de $u_1(t)$.
2. Sur un même graphique, tracer l'allure des courbes $u_0(t)$ et $u_1(t)$ avec les valeurs numériques $u_0 = 7,31$ V, $T = 1,0$ ms, $I_0 = 10$ mA et $C = 10$ μ F.
3. En déduire l'évolution dans le temps de u_3 en supposant que $rC \ll T$. Combien d'impulsions le compteur a-t-il comptées ?
4. En déduire qu'on a ainsi réalisé un convertisseur analogique/numérique dont la précision est le volt. Comment modifier ce dispositif pour obtenir une précision du déci-Volt ?

5 Multiplexage

Le multiplexage a été développé pour limiter la mise en place de câbles trop nombreux, en faisant circuler sur une même ligne N communications téléphoniques simultanées. La qualité cherchée dans le signal vocal est sommaire et se limite à la bande spectrale [300 Hz, 3 400 Hz]. Le signal multiplexé est une suite cyclique d'échantillons de chacun des signaux sonores, chaque échantillon étant codé sur un octet :

- le signal sonore de la première conversation est échantillonné et codé ;
- puis celui de la deuxième conversation est échantillonné et codé ;
- puis celui de la troisième, et ainsi de suite jusqu'à la $N^{\text{ième}}$;
- les deux octets suivants sont réservés à la gestion du réseau téléphonique ;
- cette suite de $N+2$ octets forme une trame ;
- on revient alors au premier signal sonore, qu'on échantillonne et qu'on code, et ainsi de suite.

Le débit maximal d'une ligne donnée est 256 ko par seconde.

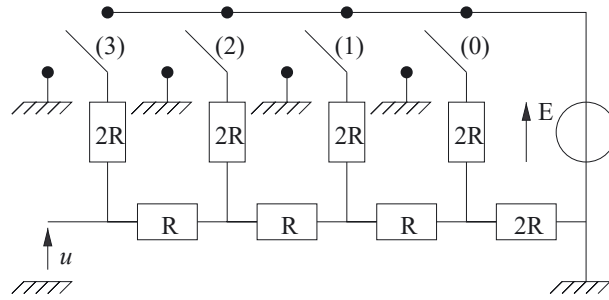
1. Calculer la valeur maximale de N sachant que $N+2$ est une puissance de 2.
2. Calculer dans ce cas la fréquence d'échantillonnage.

6 Convertisseur numérique/analogique 4 bits

Une tension numérique est codée sur $N = 4$ bits :

$$u_e = \epsilon_0.2^0 + \epsilon_1.2^1 + \epsilon_2.2^2 + \epsilon_3.2^3 \text{ avec } \forall k \in \{0, 1, 2, 3\}, \epsilon_k = 0 \text{ ou } 1$$

Dans le montage suivant, l'état du bit k agit sur l'interrupteur k , en position masse si $\epsilon_k = 0$, en position E si $\epsilon_k = 1$.



1. Combien de valeurs différentes peut prendre u_e ?
2. Déterminer l'expression de u en fonction de E et des valeurs des ϵ_k .
3. En déduire l'utilité de ce montage.