

## 1- PRÉSENTATION

La plupart des systèmes électroniques utilisent la technologie numérique. Cette technologie présente un grand nombre d'avantages par rapport à la technologie analogique : réalisation de fonctions complexes, mémorisation des informations, faible sensibilité au bruit... Lorsque les informations issues des capteurs sont des grandeurs analogiques ou que les actionneurs doivent être commandés par des signaux analogiques, il est nécessaire de procéder à des conversions de données.

### 1.1- GRANDEUR ANALOGIQUE

---



---

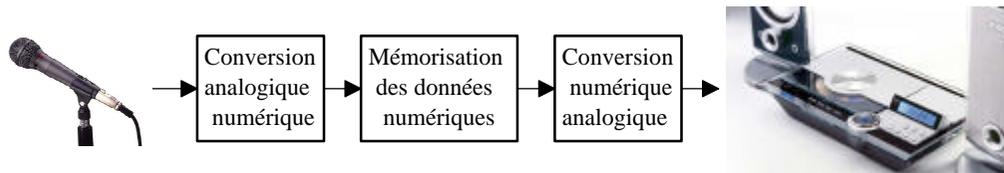
### 1.2- GRANDEUR NUMÉRIQUE

---



---

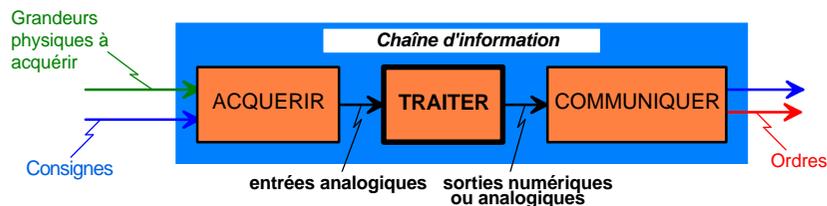
Exemple du traitement du son :



Le son est transformé par le micro en un signal analogique. Un convertisseur analogique / numérique (CAN) transforme ce signal en un signal numérique. Une fois enregistré le signal est reconverti en un signal analogique par un convertisseur numérique / analogique (CNA), que le haut parleur peut transformer en son. l'intérêt est de pouvoir mémoriser simplement et fidèlement le son sous forme de données numériques.

## 2- IDENTIFICATION DE LA FONCTION TECHNIQUE RÉALISÉE

Les CAN et CNA s'intègrent dans la fonction TRAITER de la chaîne d'information :

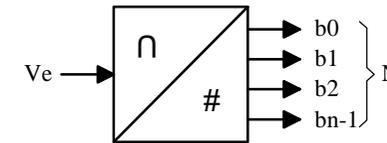


Par souci de simplification, ce cours ne présente que la conversion unipolaire qui est réalisée par des convertisseurs qui fonctionnent avec une tension d'alimentation positive unique.

## 3- CONVERSION ANALOGIQUE / NUMÉRIQUE (CAN)

Un convertisseur analogique / numérique (CAN) est un circuit qui transforme une tension  $V_e$  appliquée sur son entrée en nombre  $N$  proportionnel codé en binaire (sur un octet ou plus).

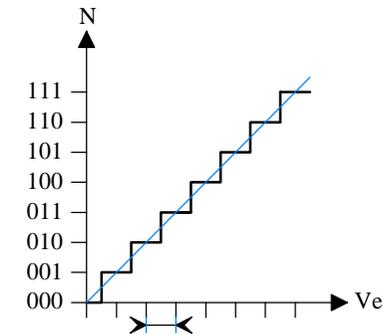
### 3.1- SYMBOLE D'UN CAN



### 3.2- DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

#### 3.2.1- CARACTÉRISTIQUE DE TRANSFERT

La caractéristique de transfert est constituée de marches d'escalier identiques :



#### 3.2.2- QUANTUM Q

Le quantum  $q$  définit la variation minimale de la tension d'entrée qui garantit une variation d'une unité de la donnée numérique de sortie. Cette valeur correspond à la longueur d'une marche d'escalier.

- Avec :
- $q$  : quantum du convertisseur (en V)
  - $V_{ref}$  : valeur max. de la tension d'entrée (en V)
  - $n$  : nombre de bits du convertisseur

### 3.2.3• FONCTION DE TRANSFERT $N = f(V_e)$

Cette relation est directement issue de la caractéristique de transfert. Elle donne le résultat  $N$  de la conversion en fonction de la tension  $V_e$  appliquée à l'entrée du convertisseur.



Avec :

- $N$  : sortie numérique du convertisseur (en décimal).
- $V_e$  : tension appliquée à l'entrée du convertisseur
- $q$  : quantum du convertisseur (en V)

$N$  est un nombre entier. Le résultat du calcul doit être arrondi à la valeur entière la plus proche.

$$N = N_{\max} = 2^n - 1, \text{ lorsque } V_e = V_{\text{ref}} - q.$$

### 3.2.4• RÉOLUTION R

La résolution  $R$  est définie :

- soit en pourcentage de pleine échelle :  $R = \frac{1}{2^n}$
- soit comme étant le nombre de bits du mot de sortie :  $R = n$

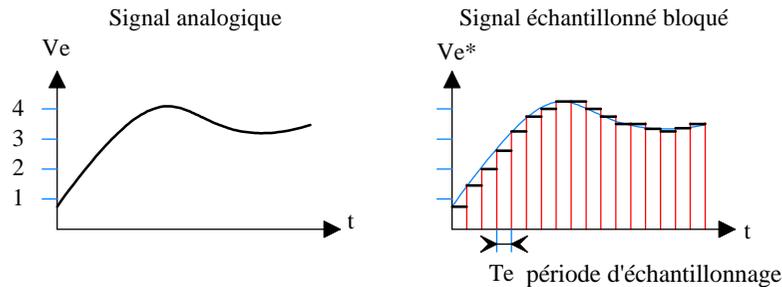
### 3.2.5• TEMPS DE CONVERSION $T_c$

C'est la durée écoulée entre l'instant d'apparition de l'impulsion de début de conversion donné et l'instant où la donnée est disponible sur les sorties du CAN.

## 3.3• CONTRAINTES POUR LA NUMÉRISATION DES SIGNAUX

La transformation d'un signal analogique en un signal numérique est appelée numérisation. Elle consiste à prendre à intervalle de temps constant un échantillon du signal qui sera converti en un nombre. La prise d'échantillon s'appelle échantillonnage.

La conversion analogique / numérique n'est pas instantanée, il est nécessaire d'utiliser un échantillonneur bloqueur pour maintenir la tension constante pendant la conversion.

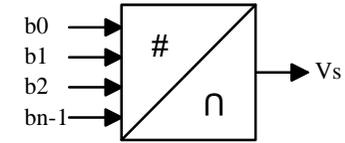


Pour obtenir un signal correctement échantillonné (sans perte d'informations), la fréquence d'échantillonnage doit être au moins égale au double de la fréquence maximale du signal analogique (théorème de Shannon).

## 4• CONVERSION NUMÉRIQUE / ANALOGIQUE (CNA)

Un convertisseur numérique / analogique, ou CNA, est un circuit qui transforme une information numérique (binaire) en une tension  $V_S$  proportionnelle à la valeur décimale  $N$  du nombre binaire converti.

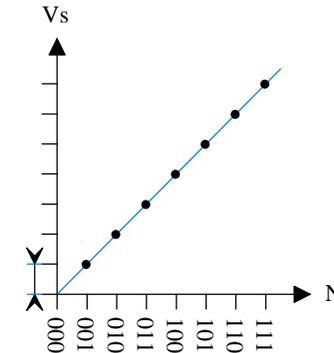
### 4.1• SYMBOLE D'UN CNA



### 4.2• DÉFINITIONS ET CARACTÉRISTIQUES

#### 4.2.1• CARACTÉRISTIQUE DE TRANSFERT

La caractéristique de transfert est une suite de points (la tension de sortie ne peut prendre qu'un nombre fini de valeurs).



#### 4.2.2• QUANTUM Q

Le quantum  $q$  définit la plus petite variation de la tension de sortie. Il correspond donc à la valeur de la tension de sortie quand seul le bit de poids faible de  $N$  est à 1.



Avec :

- $q$  : quantum du convertisseur (en V)
- $V_{\text{ref}}$  : tension de référence du convertisseur (en V)
- $n$  : nombre de bits du convertisseur

4.2.3• FONCTION DE TRANSFERT  $V_s = f(N)$

Cette relation est directement issue de la caractéristique de transfert.

- Avec :
- $V_s$  : tension de sortie du convertisseur (en V)
  - $N$  : entrée numérique du convertisseur.
  - $q$  : quantum du convertisseur (en V)

4.2.4• EXCURSION E

L'excursion de la tension de sortie est la valeur maximale pouvant être prise par  $V_s$ .

- Avec :
- $E$  : excursion (en V)
  - $q$  : quantum du convertisseur (en V)
  - $n$  : nombre de bits du convertisseur

5• APPLICATIONS

5.1• CARACTÉRISTIQUES DU CAN DU MICROCONTRÔLEUR 16F 877A

Le microcontrôleur 16F 877A est doté d'un convertisseur analogique / numérique. Ceci lui permet de traiter des informations analogiques pour mesurer des grandeurs physiques par exemple. Ce CAN a une résolution de 10 bits et possède une tension de référence  $V_{ref} = +5V$ .

 Calculer le quantum du convertisseur :

---



---

 Pour les différentes valeurs de la tension d'entrée  $V_e$ , calculer  $N$  la valeur décimale de sortie du convertisseur. Donner les valeurs binaires correspondantes :

$V_e$ (V)	$N$ (décimal)	$N$ binaire ( $b_9$ à $b_0$ )											
1													
2													
3													
4													
5													

5.2• STOCKAGE DES DONNÉES AUDIO SUR UN COMPACT DISC

Les CD audio constituent un support de qualité pour le stockage numérique de la musique. Sur ce support, les échantillons sont codés sur 16 bits et la fréquence d'échantillonnage est de 44,1 kHz.

5.2.1• VALIDATION DE LA FRÉQUENCE D'ÉCHANTILLONNAGE

 Quelle est la fréquence maximale audible par l'oreille humaine ?

---

 Valider le choix de la fréquence d'échantillonnage :

---



---

5.2.2• CALCUL DE LA DURÉE DE MUSIQUE STOCKÉE SUR UN CD AUDIO 700Mo

 Calculer la capacité du CD en nombre de bits :

---



---

 Combien de bits sont nécessaires pour coder une seconde de musique en stéréo ?

---



---



---

 Combien de secondes de musique peut-on stocker sur un CD ?

---



---

 Combien de minutes de musique peut-on enregistrer sur un CD de 700 Mo ?

---

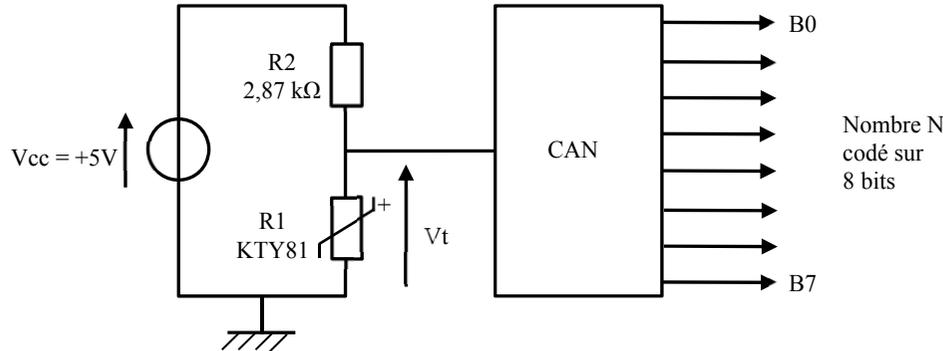


---

### 5.4. ACQUISITION DE LA TEMPÉRATURE AVEC CAPTEUR KTY81-210

La mesure de la température est réalisée par un capteur KTY81-210 dont la résistance varie avec la température. La tension  $V_t$  aux bornes du capteur est convertie en un nombre binaire  $N$  codé de 8 bits par un CAN. La tension de référence du convertisseur est de 5 V.

#### 5.4.1. SCHÉMA STRUCTUREL



#### 5.4.2. DOCUMENTATION TECHNIQUE DU CAPTEUR DE TEMPÉRATURE KTY81

AMBIENT TEMPERATURE		TEMP. COEFF.	KTY81-210				KTY81-220			
(°C)	(°F)	(%/K)	RESISTANCE (Ω)			TEMP. ERROR (K)	RESISTANCE (Ω)			TEMP. ERROR (K)
			MIN.	TYP.	MAX.		MIN.	TYP.	MAX.	
-55	-67	0.99	951	980	1009	±3.02	941	980	1019	±4.02
-50	-58	0.98	1000	1030	1059	±2.92	990	1030	1070	±3.94
-40	-40	0.96	1105	1135	1165	±2.74	1094	1135	1176	±3.78
-30	-22	0.93	1218	1247	1277	±2.55	1205	1247	1289	±3.62
-20	-4	0.91	1338	1367	1396	±2.35	1325	1367	1410	±3.45
-10	14	0.88	1467	1495	1523	±2.14	1452	1495	1538	±3.27
0	32	0.85	1603	1630	1656	±1.91	1587	1630	1673	±3.08
10	50	0.83	1748	1772	1797	±1.67	1730	1772	1814	±2.88
20	68	0.80	1901	1922	1944	±1.41	1881	1922	1963	±2.66
25	77	0.79	1980	2000	2020	±1.27	1960	2000	2040	±2.54
30	86	0.78	2057	2080	2102	±1.39	2036	2080	2123	±2.68
40	104	0.75	2217	2245	2272	±1.64	2194	2245	2295	±2.97
50	122	0.73	2383	2417	2451	±1.91	2359	2417	2475	±3.28
60	140	0.71	2557	2597	2637	±2.19	2531	2597	2663	±3.61
70	158	0.69	2737	2785	2832	±2.49	2709	2785	2860	±3.94
80	176	0.67	2924	2980	3035	±2.8	2894	2980	3065	±4.3
90	194	0.65	3118	3182	3246	±3.12	3086	3182	3278	±4.66
100	212	0.63	3318	3392	3466	±3.46	3284	3392	3500	±5.05

#### 5.4.3. CARACTÉRISTIQUE TENSION DE SORTIE $V_t$ EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE $T$

À l'aide de la documentation technique de la sonde KTY81-210, relever la valeur typique de la résistance du capteur pour les températures : 0 °C, 50 °C et 100 °C. Reporter ces valeurs dans le tableau ci-après.

Établir l'expression de  $V_t$ , la tension aux bornes de  $R_1$ , en fonction de  $R_1$ ,  $R_2$  et  $V_{cc}$  :

Compléter le tableau en calculant  $V_t$  pour les températures : 0 °C, 50 °C et 100 °C.

Calculer le quantum  $q$  du convertisseur :

Donner la relation liant le nombre  $N$  de sortie du convertisseur à la tension  $V_t$  :

Pour les différentes valeurs de la tension d'entrée  $V_t$ , calculer  $N$  la valeur décimale de sortie du convertisseur. Donner les valeurs binaires correspondantes :

T (°C)	R1 (Ω)	$V_t$ (V)	N en décimal	N en binaire									
				B7							B0		
0													
50													
100													

La fonction de transfert  $V_t = f(T)$  du capteur peut être considérée comme linéaire.

Calculer la sensibilité du capteur de température en  $V/°$  :

La résolution de la chaîne d'acquisition représente la plus petite valeur de la grandeur d'entrée qui peut être mesurée.

Calculer la résolution de la chaîne d'acquisition :