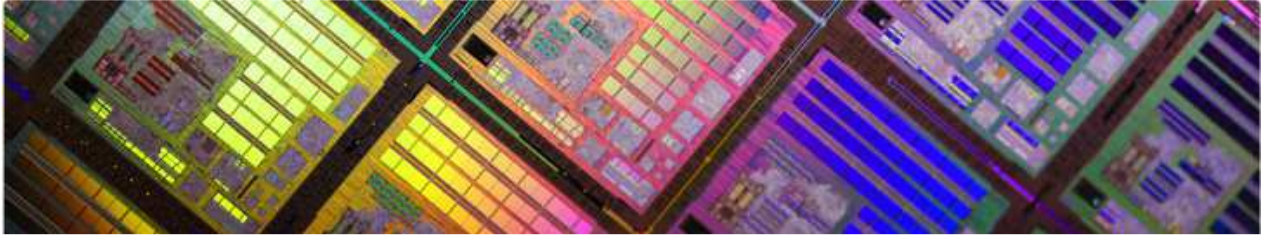


CONVERSION DE DONNEES



Baccalauréat Sciences de l'Ingénieur

- A1 : Analyser le besoin
- A2 : Composants réalisant les fonctions de la chaîne d'information
- B1 : Identifier la nature de l'information et la nature du signal
- C1 : Identifier la nature et les caractéristiques des grandeurs en divers points
- de la chaîne d'information

Objectif

A la fin de la séquence, l'élève doit être capable de :

- de définir le besoin de la fonction CONVERSION
- d'identifier la fonction CONVERSION
- d'identifier les flux transformés et l'organisation structurelle
- définir, justifier la frontière de tout ou partie d'un système et répertorier les interactions
- décrire une chaîne d'acquisition
- d'identifier le comportement des composants
-

Prérequis

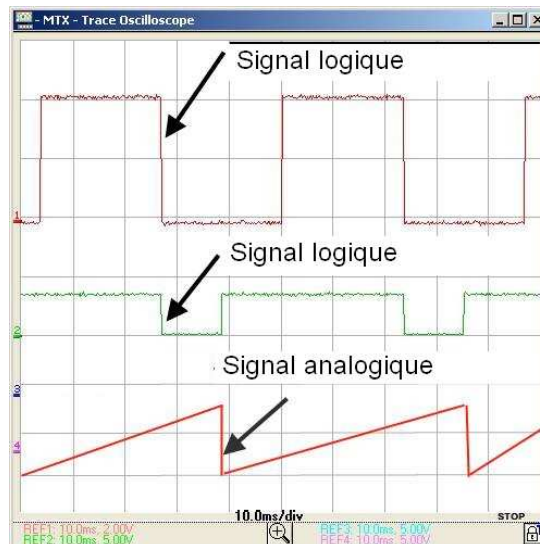
- Caractérisation de l'information analogique et numérique
- Codage de l'information

Expression du besoin de la conversion

Un signal électrique est le plus souvent porteur d'une information (même la tension délivrée par le fournisseur d'énergie électrique comporte un grand nombre d'informations).

Les signaux électriques peuvent être :

- **analogiques** : il existe une infinité de valeurs différentes
- **logique** : seuls deux niveaux de tension ou de courant (états logiques) existent. L'association de plusieurs états logiques constituent une **information numérique**



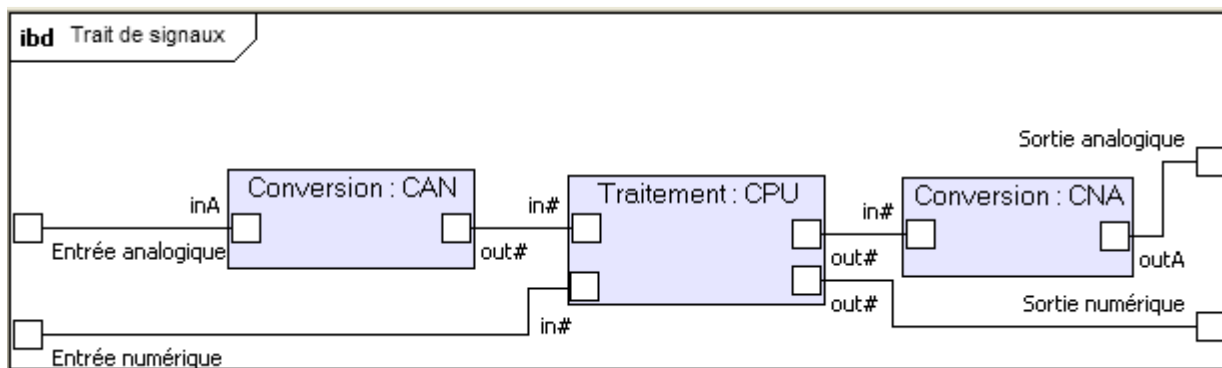
[Pour ces question revoir la leçon concernant les signaux.](#)

L'évolution de l'électronique et l'apparition des microprocesseurs ont rendus possible le traitement très élaboré des données. Mais de nombreux phénomènes respectent des lois d'évolution analogique et non logique. Par exemple : l'échelle de température n'est pas constituée de deux valeurs mais d'une infinité de valeur.

Principe

Le microprocesseur ne peut traiter que des données numériques.

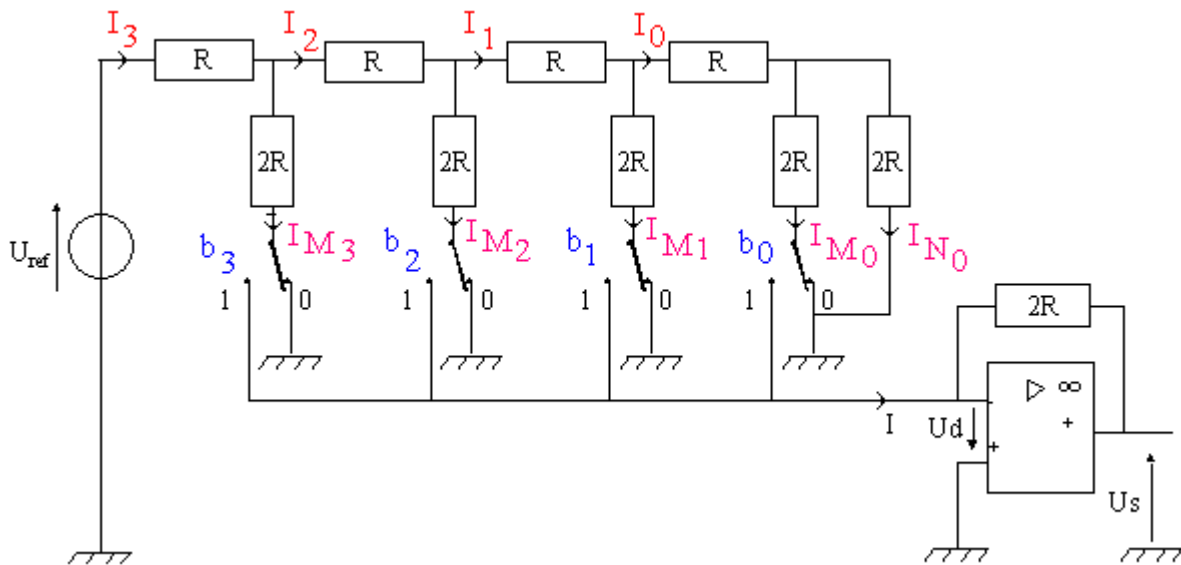
- Pour convertir des informations analogiques en information numérique, on utilisera une structure électronique appelée **CONVERTISSEUR ANALOGIQUE NUMERIQUE (ADC en anglais)**
- Pour convertir des informations numériques en informations analogiques, on utilisera une structure électronique appelée **CONVERTISSEUR NUMERIQUE ANALOGIQUE (DAC en anglais).**



Conversion numérique analogique

Comme son nom l'indique, un convertisseur analogique numérique (CAN) ou Digital Analog Converter (DAC) transforme une information numérique en information analogique.

Sa structure interne repose sur des commutations commandés (des transistors) et un réseau de résistance :



Explication:

L'amplificateur opérationnel est utilisé en suiveur donc $U_d = 0V$.

Les réseaux R2R sont tels que :

- $I_2 = I_{M3}$
- $I_1 = I_{M2}$
- $I_0 = I_{M1}$
- $I_{N0} = I_{M0}$

Mais aussi

- $I_2 = I_3/2$
- $I_1 = I_2/2$
- $I_0 = I_1/2$

Les courants I_{Mn} (avec n de 0 à 3) évoluent donc par puissance de 2.

Selon les états logiques, les commutateurs b_0 à b_3 sont en position 0 ou 1.

Le courant aura donc pour expression :

$$I = b_3 \cdot I_{M3} + b_2 \cdot I_{M2} + b_1 \cdot I_{M1} + b_0 \cdot I_{M0}$$

soit

$$I = b_3 \cdot I_3/2 + b_2 \cdot I_3/4 + b_1 \cdot I_3/8 + b_0 \cdot I_3/16$$

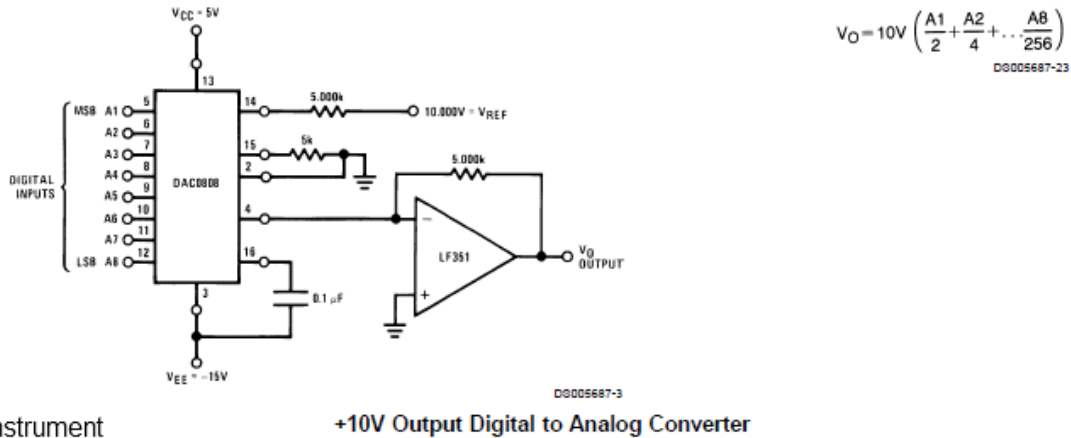
$$I = (U_{ref}/2R) \cdot (8 \cdot b_3 + 4 \cdot b_2 + 2 \cdot b_1 + 1 \cdot b_0)/16$$

et

$$U_s = -(U_{ref}/16) \cdot (2^3 \cdot b_3 + 2^2 \cdot b_2 + 2^1 \cdot b_1 + 2^0 \cdot b_0)$$

On remarque que cette progression respecte la progression de la base 2.

Exemple d'un circuit DAC0808

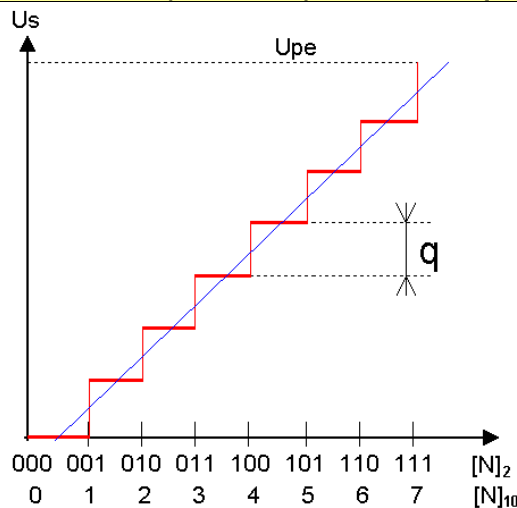


texas Instrument

+10V Output Digital to Analog Converter

Quantum

On appelle le quantum l'écart de tension que l'on obtient lorsque l'on change la valeur du bit de poids le plus faible (LSB).

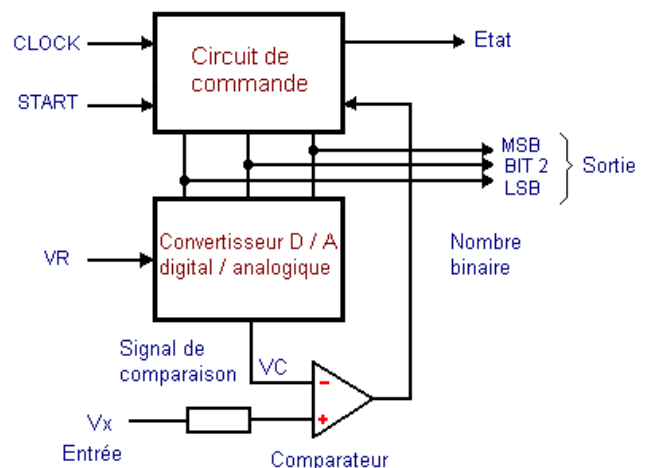


Ainsi pour un convertisseur de 8 bits dont la tension de référence $U_{ref}=5V$, on obtient un quantum de $5/2^8 = 19mV$

Conversion analogique numérique

Il existe de nombreuses méthodes permettant d'obtenir une conversion analogique numérique. La plus classique étant celle qui procède à la conversion par approximation successive.

Le schéma de principe ci-dessus présente la composition d'un convertisseur analogique numérique (Analog Digital Converter) ou CAN (ADC).

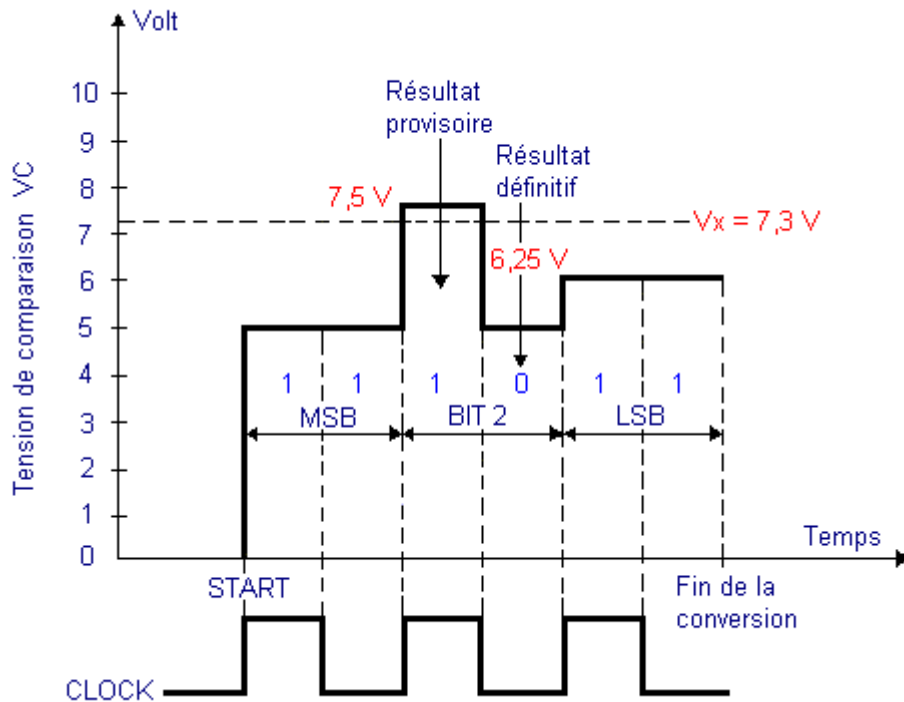


Une horloge (clock) permet de cadencer les opérations de conversion. Le circuit de commande séquence les actions.

Principe de conversion

Supposons que la tension à convertir est 7,3V et la tension de référence est de 10V.

Le CNA interne est un convertisseur de 3 bits. Le quantum=1,25V



Etape 1

Lors du démarrage (front montant de clock), le MSB est mis à 1 (mot = %100) et $V_c = 4 \times 1,25V = 5V$.

- ▶ Si $V_x > V_c$, le circuit de commande laisse le MSB à 1.
- ▶ Si $V_x < V_c$, le MSB est ramené au niveau logique 0.

Le comparateur restitue donc un "1".

Etape 2

Le MSB reste à "1" et le bit 2 passe également à "1" : %110

$V_c = 6 \times 1,25 = 7,5V$

$V_c > V_x$ donc le bit 2 est remis à 0

Etape 3

Le LSB est mis à 1 : %101. $V_c = 5 \times 1,25 = 6,25V$

$V_x > V_c$ donc la valeur reste inchangée.

La conversion est terminée.

On remarque que

- ▶ quelque soit la valeur à convertir, le temps est toujours le même.
- ▶ L'augmentation de la résolution (nombre de bits) augmente la précision mais aussi le temps de conversion.
- ▶ La conversion donne une valeur inférieure à la valeur réelle. Des améliorations de ces CAN permettent d'obtenir des valeurs plus proches

Relation de conversion

Pour un convertisseur de n bits, le mot de sortie est au maximum égal à $2^n - 1$.

Si la tension de référence est V_r , la tension d'entrée maximale est V_r . Le quantum vaut donc $q = V_r / (2^n - 1)$.

La relation de conversion est donc :

$$\text{Mot binaire} = \text{Valeur entière} \left[\frac{V_{\text{entrée}} \cdot (2^n - 1)}{V_r} \right]$$

La courbe de conversion idéale (CAN 3 bits) :

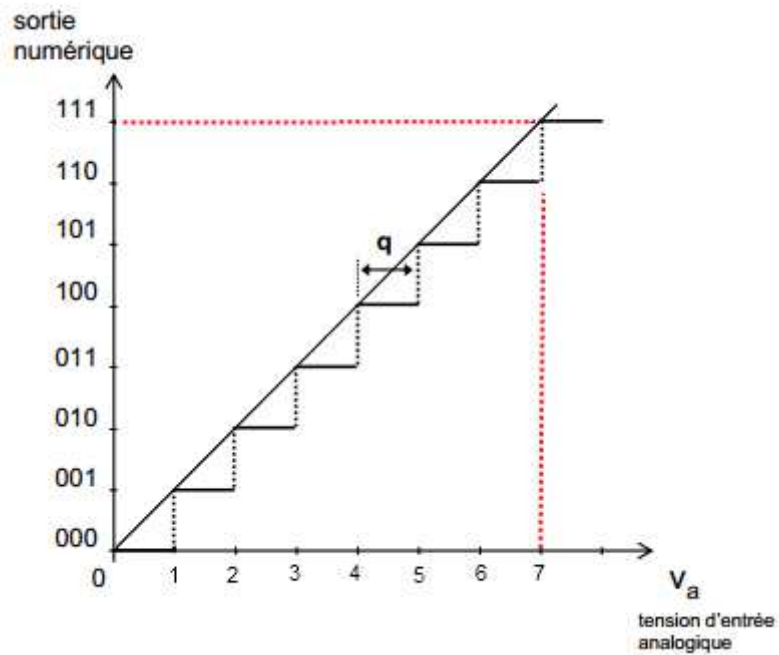
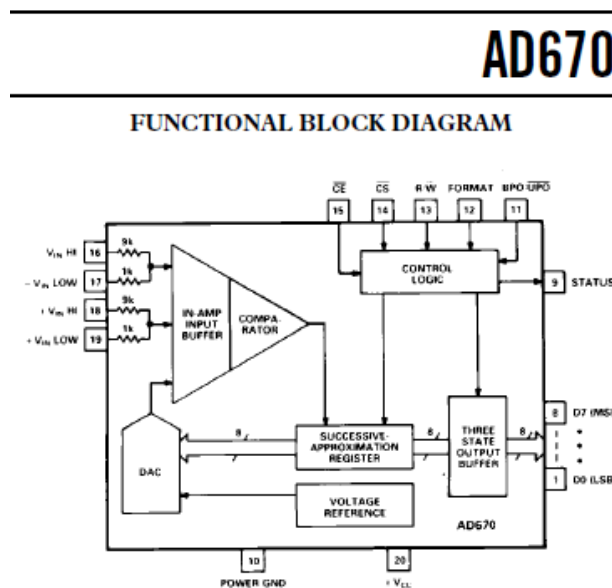


Schéma bloc d'un AD670

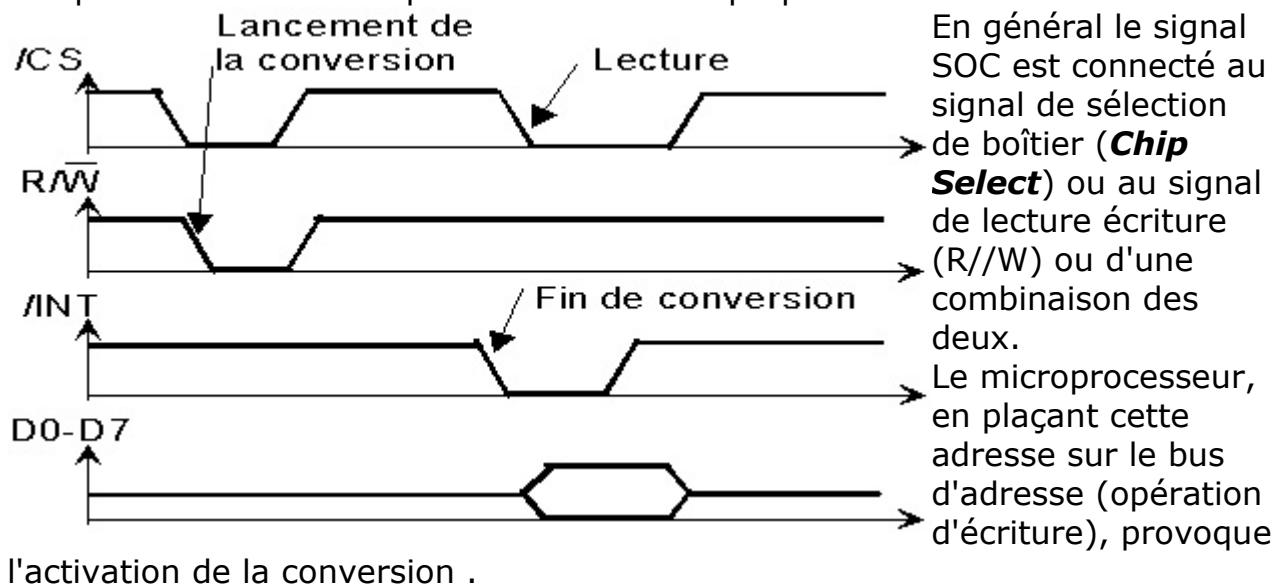


Liaison entre microprocesseur et convertisseur

La liaison entre le microprocesseur et les convertisseurs se fait par l'intermédiaire du bus de données. C'est par ce bus que le microprocesseur spécifie au CNA la donnée à convertir, ou récupère la donnée numérique auprès du CAN.

Le convertisseur dispose en outre d'un signal de début de conversion (**SOC : Start Of Conversion**) qui provoque chez les CAN la conversion. Le signal EOC (**End Of Conversion**) signale que la conversion est réalisée.

Comme pour tous les périphériques d'une structure à microprocesseur, chaque convertisseur dispose d'une adresse propre.



Le microprocesseur est averti de la fin de la conversion grâce à EOC et il peut alors par une opération de lecture lire le résultat.

Algorithme de conversion AN

La conversion Numérique Analogique se fait en général très rapidement (quelques nanosecondes), contrairement à la conversion Analogique Numérique qui est longue et nécessite des précautions particulières. Ci-dessous deux exemples d'algorithme pour gérer cette lenteur.

Par l'utilisation d'une temporisation

DEBUT

Ecrire \$00 à l'adresse du convertisseur (lancement de la conversion)

attendre 120 μ s (si le temps de conversion est de 100 μ s)

Lire la donnée présente à l'adresse du convertisseur (lecture de la conversion)

FIN

Par l'usage des interruptions matérielles

DEBUT du prg de conversion

Ecrire \$00 à l'adresse du convertisseur (lancement de la conversion)

Attendre (boucle d'attente)

Lire la donnée présente à l'adresse du convertisseur (lecture de la conversion)

FIN du prg de conversion

DEBUT du sous-programme d'interruption

Lire la valeur à l'adresse du CAN

Sauver la valeur dans une case mémoire

Retour au prg principal après la boucle d'attente

FIN du spint

Le deuxième algorithme est plus sûr et optimise le programme.

Caractéristiques

Selon les applications et l'importance de la fonction conversion dans le système de traitement de données, les critères de choix du convertisseur peuvent être nombreux.

De nombreuses caractéristiques permettent d'affiner les critères de choix.

Dans l'idéal, une CAN suivi d'une CNA permet de retrouver en sortie le signal d'entrée.

Ce n'est malheureusement jamais le cas.

Caractéristiques principales

Résolution

Pour un CAN, il s'agit de la plus petite variation de la tension d'entrée qui provoque un changement de code.

Pour un CNA il s'agit de l'écart minimum en sortie lorsque l'on change le LSB.

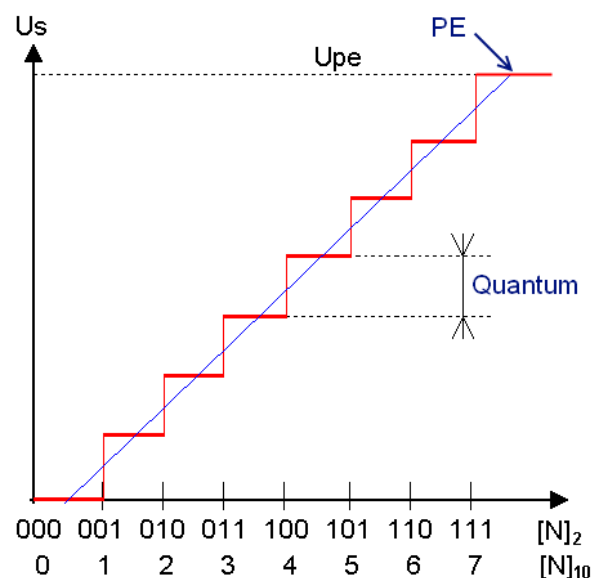
Elle est exprimée en %, mais par abus de langage on associe souvent la résolution au nombre de bits du mot numérique.

Pleine échelle

La tension pleine échelle est la tension maximale que l'on peut obtenir en sortie du CNA. Elle est égale à $V_{PE} = (2^n - 1) \cdot V_{ref} / 2^n$

Quantum ou LSB

C'est la variation de tension que l'on obtient lorsqu'on change la valeur du LSB d'un CNA.



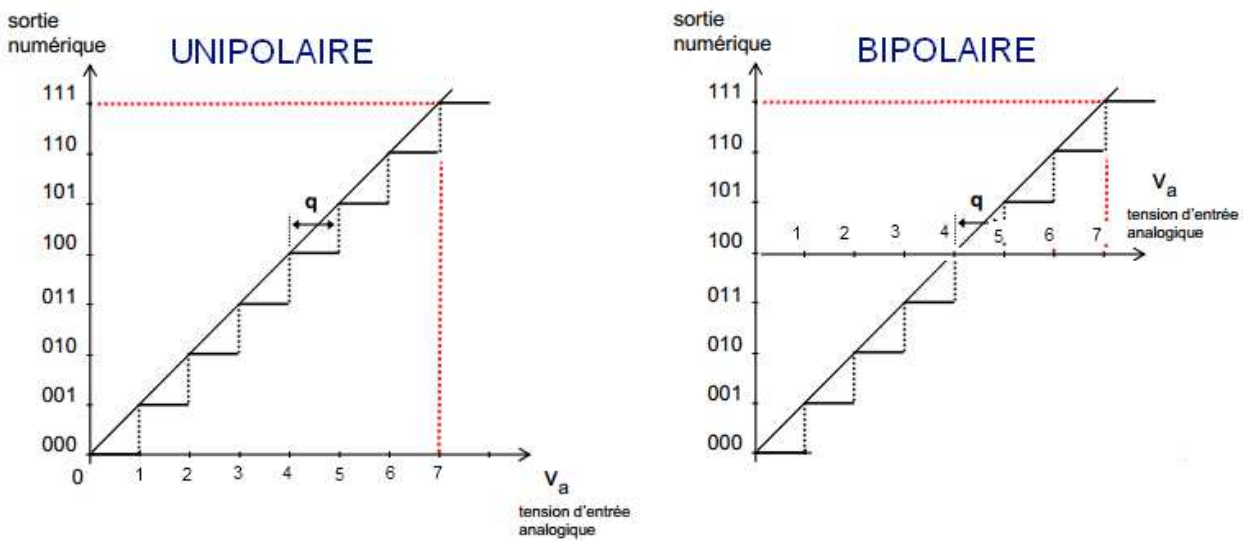
C'est la plus petite variation de tension d'entrée nécessaire du CAN pour provoquer le changement de la sortie.

Temps de conversion

C'est le temps nécessaire pour que la sortie prenne la valeur indiquée par le code d'entrée et soit stable. (quelques ns pour des CNA et des μ s pour les CAN).

Bipolaire/Unipolaire

Afin d'accepter ou de restituer des tension négatives, les convertisseurs peuvent fonctionner en mode bipolaire. Dans ce cas, dans la majorité des cas, la valeur 0V correspond à la situation où tous les bits sauf le MSB sont à 0.



Codage

Le code le plus ordinaire utilisé par les convertisseurs est le code binaire naturel, mais d'autres codes sont parfois utilisés : Code thermomètre, binaire signé, binaire décalé, complément à 2.

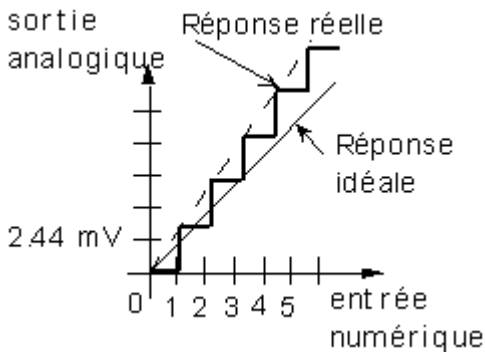
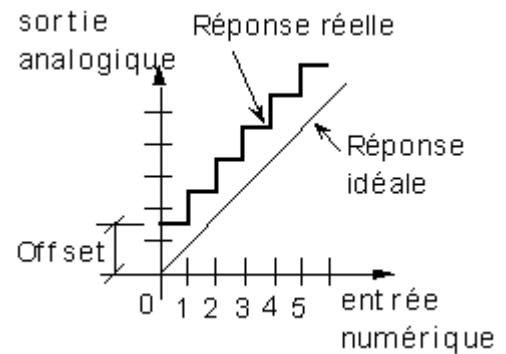
D	binaire	code thermomètre
7	111	1111111
6	110	0111111
5	101	0011111
4	100	0001111
3	011	0000111
2	010	0000011
1	001	0000001
0	000	0000000

D	signé	binaire décalé	complément à 2
3	011	111	011
2	010	110	010
1	001	101	001
0	000/100	100	000
-1	101	011	111
-2	110	010	110
-3	111	001	101
-4	-	000	100

Les erreurs des convertisseurs

Erreur d'offset

C'est la tension de décalage entre la réponse réelle et la réponse théorique d'un CNA.
On peut la mesurer en mettant une valeur nulle à l'entrée d'un CNA

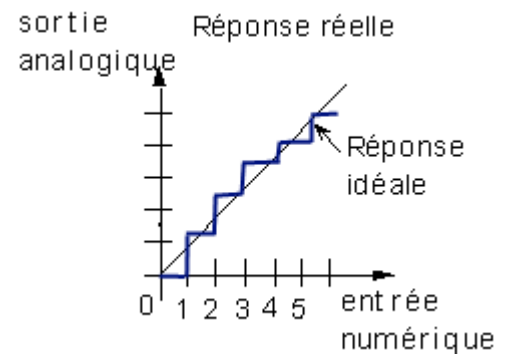


Erreur de gain

La pente de la fonction de transfert est différente de la pente idéal.

Erreur de linéarité

C'est l'écart existant entre la valeur de la sortie prévue pour un mot quelconque d'entrée. Lorsque cette erreur est inférieure à 1/2 LSB (en valeur absolue) le convertisseur est dit linéaire.



Erreur de Glitch

C'est un défaut propre au CNA. Les pointes de tension apparaissent lors des transitions des codes d'entrées (les commutateurs ne travaillent pas en même temps).

