

CAN et CNA

CAN : Conversion Analogique Numérique

CNA : Conversion Numérique Analogique

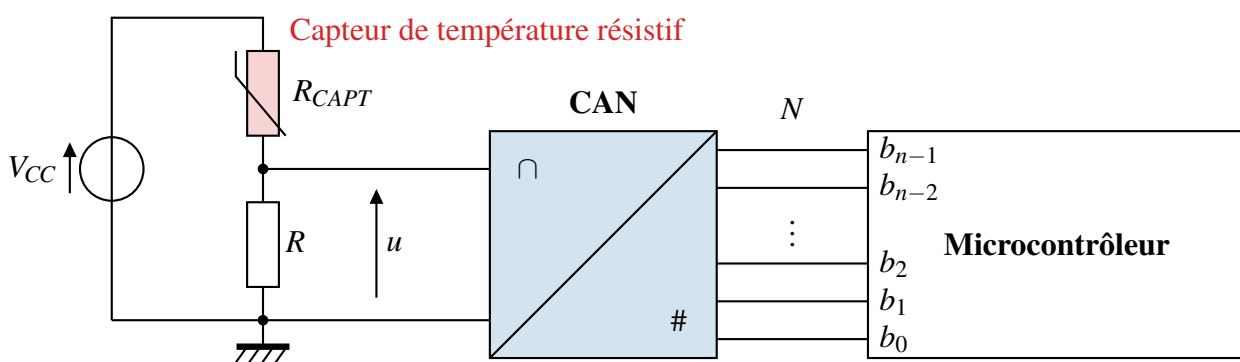
I - Introduction

De nos jours, la plupart des solutions électroniques sont conçues autour de microcontrôleur (ex. Arduino). Ce type d'électronique numérique permet de remplacer beaucoup de fonctions électroniques analogiques. Et donc de réduire considérablement le nombre de composants (résistances, condensateurs, bobines, ...) sur les cartes électroniques.

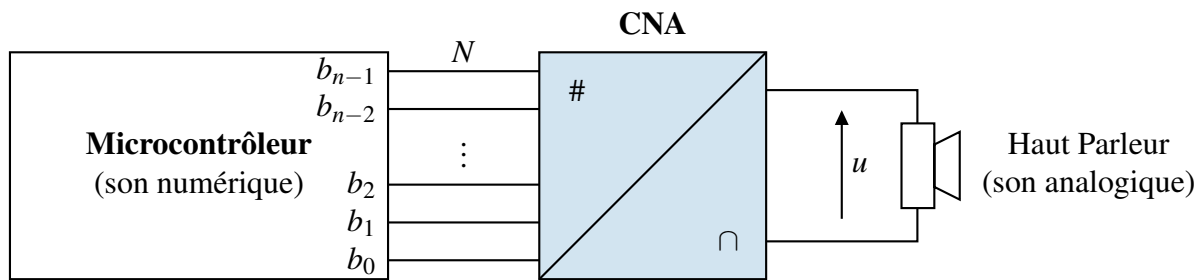
Exemple : un filtrage analogique (ex. circuit RC) peut-être remplacé par un filtrage numérique (algorithme) mise en oeuvre dans un microcontrôleur.

Pour autant, il n'est pas toujours possible de se passer des circuits analogiques.

Exemple : une mesure de température utilise un capteur (résistif) qui produit une grandeur analogique (ex. tension). Il est donc impératif de convertir cette tension analogique en une grandeur numérique (nombre entier) à l'aide d'un Convertisseur Analogique Numérique (CAN).



Exemple : la restitution du son provenant d'un enregistrement numérique (ex. carte son) nécessite l'opération inverse réalisée par un Convertisseur Numérique Analogique (CNA).



II - Définitions

1) Grandeur analogique

Une grandeur analogique est une grandeur peut prendre une infinité de valeurs.

Exemple : un capteur de température peut théoriquement donner un infinité de valeurs dans un intervalle de température donné.

2) Grandeur numérique

En électronique numérique, les **grandeurs analogiques sont quantifiées par un nombre déterminé de valeurs**. On obtient ainsi des grandeurs numériques représentées généralement par des **nombres entiers**.

Une grandeur numérique est codé en **binaire** car il est plus pratique d'utiliser 2 états logiques (ex : $0 \rightarrow 0$ V et $1 \rightarrow 5$ V).

Un nombre binaire est composé de n éléments binaires (ou bit) :

$$N_b = k_{n-1}k_{n-2} \dots k_1k_0 \implies N_d = 2^{n-1} \times k_{n-1} + 2^{n-2} \times k_{n-2} + \dots + 2^1 \times k_1 + 2^0 \times k_0$$

Exemple :

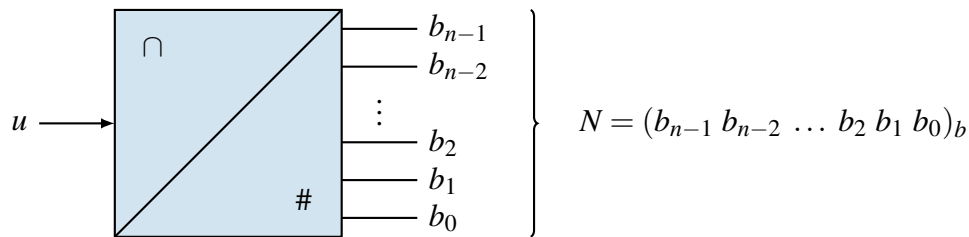
$$N_b = 0110 \quad (n = 4) \implies N_d = 2^3 \times 0 + 2^2 \times 1 + 2^1 \times 1 + 2^0 \times 0 = 6$$

III - Conversion analogique-numérique (CAN)

1) Principe

Un CAN (Convertisseur Analogique Numérique) réalise la conversion d'une tension analogique en un nombre entier N codé en binaire sur n bits (résolution).

Symbole :



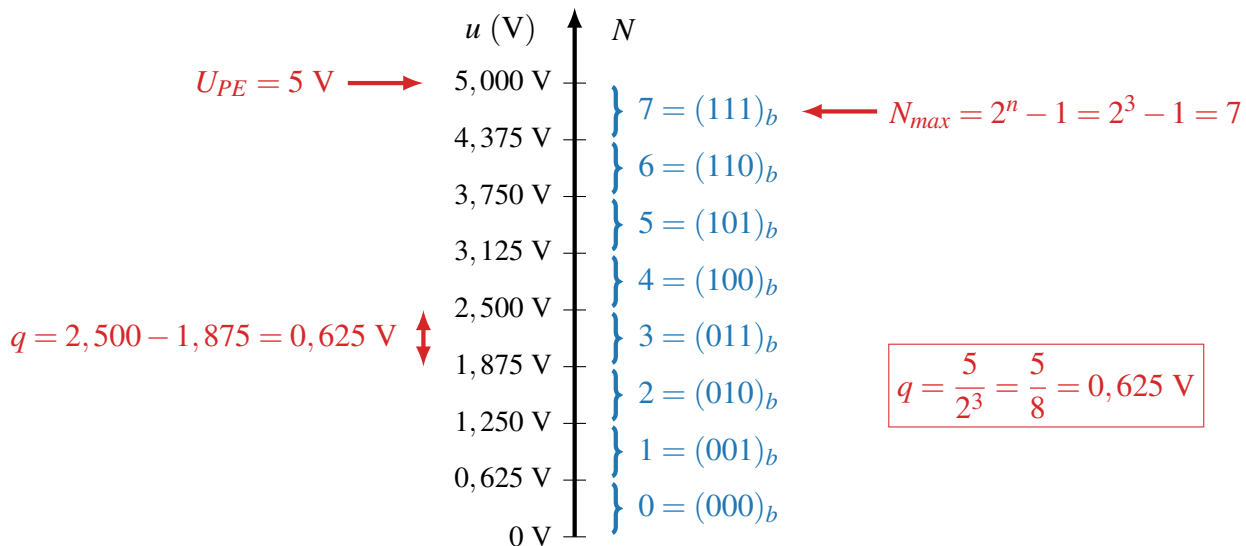
Exemples :

- Résolution $n = 16$ bits pour un CD audio.
- Résolution $n = 12$ bits pour l'entrée analogique d'un ESP32.
- Résolution $n = 10$ bits pour l'entrée analogique (EA0) d'un Arduino Uno R3 et R4.

2) Quantification

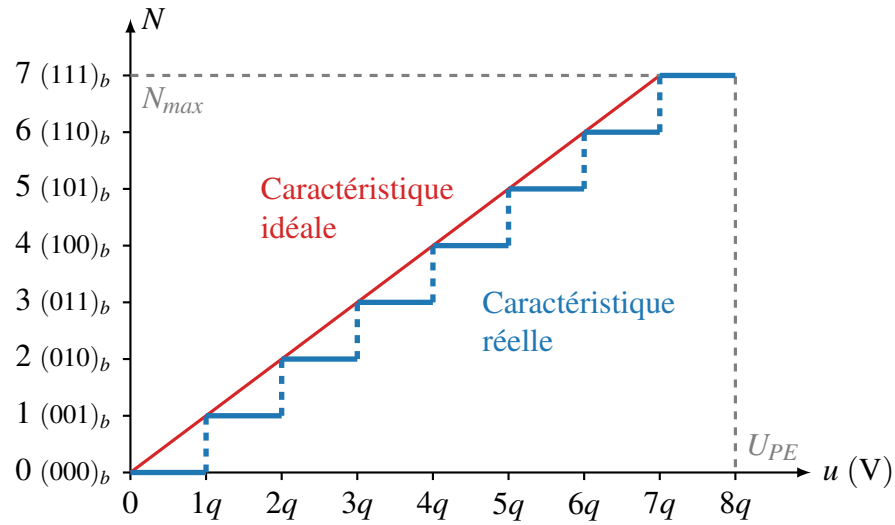
La conversion analogique-numérique impose une **quantification** de la tension analogique sur 2^n niveaux de tension de 0 à V_{PE} (valeur pleine échelle).

Exemple : pour $n = 3$ bits et $U_{PE} = 5$ V

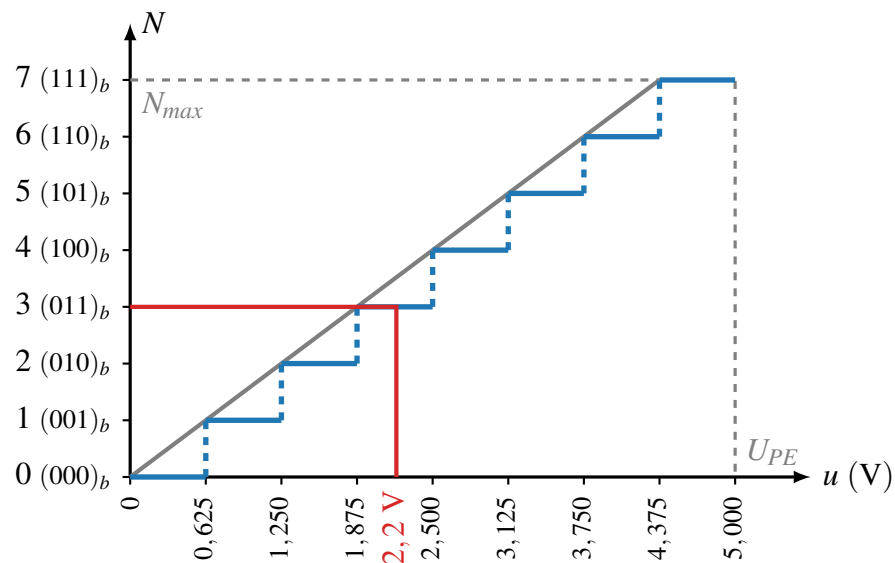


3) Caractéristique de transfert

Cette courbe donne la valeur de N en fonction de la tension u .



Exemple : pour $n = 3$ bits et $U_{PE} = 5$ V



Le CAN donne un nombre $N = 3$ pour une tension $2,14 \text{ V} < u \leq 2,86 \text{ V}$!

4) Propriétés

Nombre de bits (résolution) : n

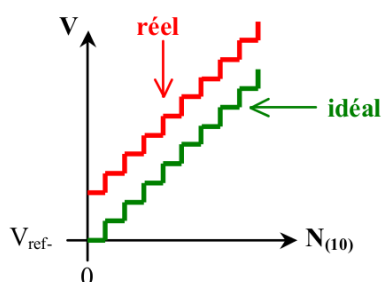
Nombre maximal : $N_{max} = 2^n - 1$

Valeur pleine échelle : U_{PE}

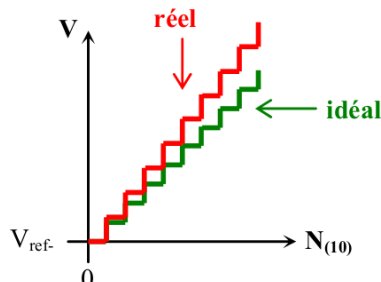
Quantum (résolution analogique) : $q = \frac{U_{PE}}{2^n}$

5) Différentes erreurs

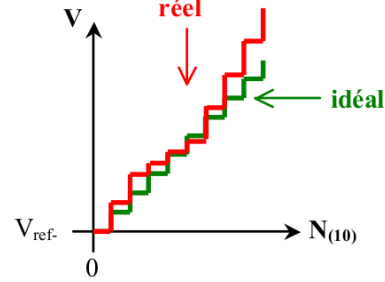
Erreur de décalage :



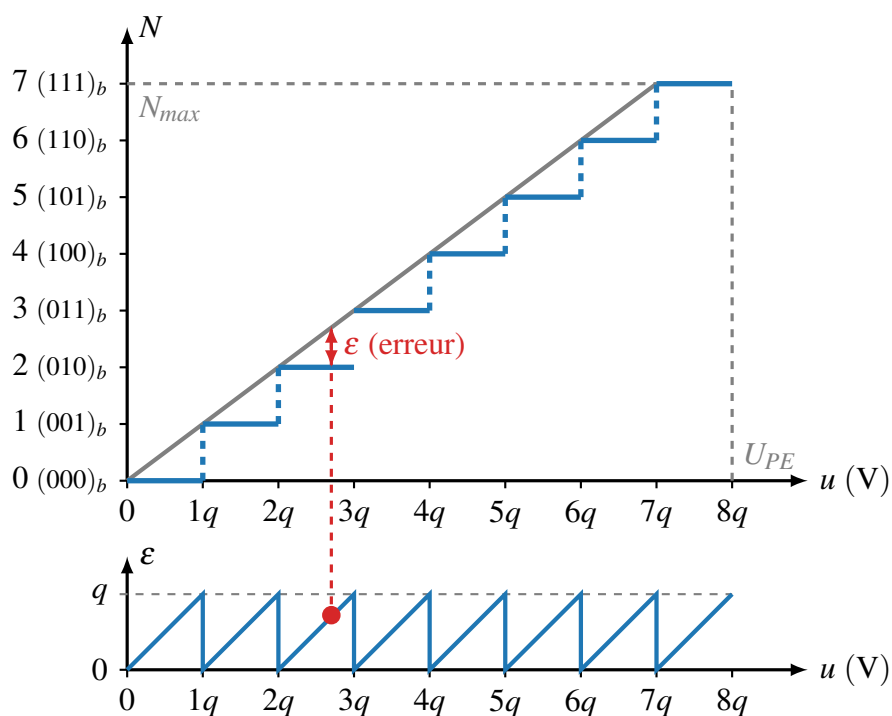
Erreur de gain :



Erreur de linéarité :



Erreur de quantification :

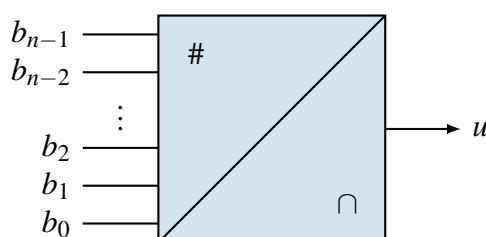


IV - Conversion numérique-analogique

1) Principe

Un CNA (Convertisseur Numérique Analogique) réalise la conversion d'un nombre binaire N codé sur n bits en une tension analogique.

Symbole :

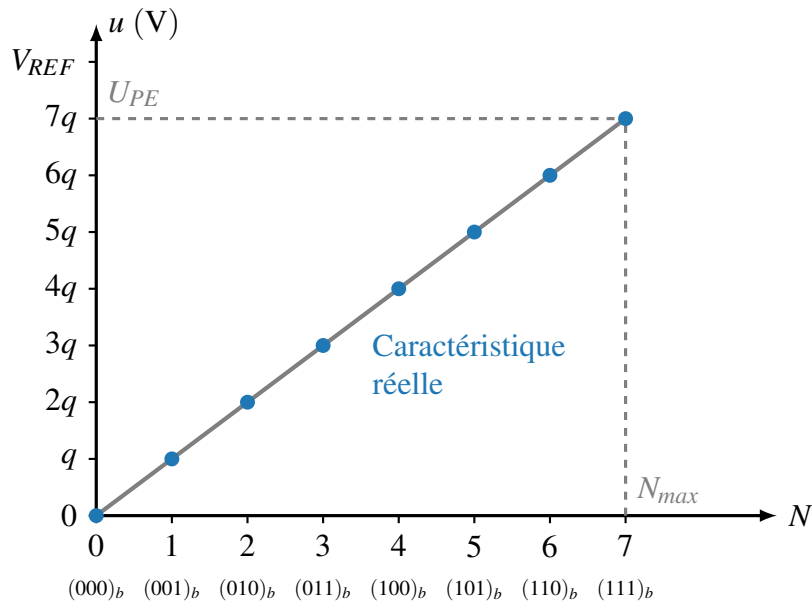


Exemples :

- Résolution de 16 ou 24 bits (44 100 Hz à 192 kHz) pour la sortie d'une carte son.
- Résolution de 8 bits (0 à 3,3 V) pour le CNA du microcontrôleur ESP32.
- Résolution de 12 bits (0 à 3,3 V) pour le CNA du microcontrôleur STM32F405RG.
- Résolution de 12 bits (0 à 5 V) pour le CNA de l'Arduino Uno R4.
- Pas de CNA sur l'Arduino Uno R3 !

2) Caractéristique de transfert

Cette courbe donne la tension de u en fonction du nombre N .



3) Propriétés

Relation :

$$u_S = k \times N$$

(k est le gain)

La tension de sortie est proportionnelle à la valeur numérique en entrée.

Nombre de bits (résolution) :

$$n$$

Nombre maximal :

$$N_{max} = 2^n - 1$$

Quantum (résolution analogique) :

$$q = \frac{U_{PE}}{2^n - 1} = \frac{U_{REF}}{2^n} = k$$

La tension u augmente de la valeur q lorsque N augmente de 1.

Valeur pleine échelle :

$$U_{PE} = k \times N_{max} = q \times (2^n - 1)$$