

# CAN CNA

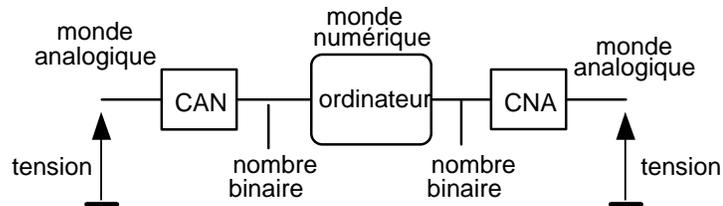
## 1. Le but de ces conversions

La nature est analogique.

La volonté de l'homme de la maîtriser l'a conduit à faire des mesures c'est à dire à représenter la nature par des nombres, il l'a numérisée.

Longtemps l'électronique est restée presque exclusivement analogique. Nous sommes à la fin d'une période de passage vers une électronique numérique. Les techniques numériques gagnent les domaines longtemps réservés à l'analogique comme la radio ou le télévision.

Les conversions analogique-numérique et numérique-analogique sont des ponts entre le monde analogique et le monde numérique, celui des ordinateurs. Étant donné que les ordinateurs travaillent avec des nombres binaires, le résultat de la conversion analogique numérique est donné en binaire.



Les conversions sont réalisées par des composants spécialisés nommés convertisseurs<sup>1</sup>.

## 2. Le principe de base

Il s'agit d'établir une correspondance entre une grandeur analogique et une grandeur numérique.

La grandeur analogique est mesurée par un nombre réel alors que la grandeur numérique est mesurée par un nombre entier. De plus, d'un point de vue technique, le nombre entier doit pouvoir être lu par un système à microcontrôleur.

### 2.1. La conversion analogique-numérique

La conversion analogique-numérique peut être définie comme une application de l'ensemble des réels dans l'ensemble des entiers naturels qui, à une tension  $v$  fait correspondre un entier.

La fonction pourrait être définie par :

$$can : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{N} \text{ telle que } v \mapsto \text{ent}\left(\frac{v}{r}\right)$$

où  $v$  est une grandeur analogique,  $\text{ent}()$  la fonction "partie entière de" et  $r$  la résolution que nous allons définir ci-après.

Soit  $n$  appartenant à  $\mathbf{N}$ , on pourrait écrire  $n = can(v)$

### 2.2. La conversion numérique-analogique

$$cna : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R} \text{ telle que } n \mapsto n.r$$

<sup>1</sup> Convertisseur analogique-numérique ou convertisseur numérique-analogique

On se rend compte que l'application successive des fonctions  $can()$  et  $cna()$  ne permet pas de reconstituer toutes les informations contenues dans le signal original car certaines ont été irrémédiablement perdues par la mise en œuvre de la fonction  $ent()$

D'un point de vue pratique, la conversion numérique analogique permet de transformer un nombre en une tension. En sortie de la conversion, la tension ne pourra prendre que des valeurs discrètes.

### 3. La résolution

C'est la caractéristique la plus importante d'un convertisseur.

Étant donné que la grandeur numérique est codée par un entier, deux valeurs analogiques distinctes peuvent être représentées par un même nombre. La résolution<sup>2</sup> est l'intervalle des tensions qui ont la même représentation numérique.

#### 3.1. Les caractéristiques d'un convertisseur analogique-numérique

Le convertisseur analogique-numérique produit, en sortie, un nombre binaire composé de  $n$  chiffres<sup>3</sup>. Il peut donc exprimer tous les nombres entiers de 0 à  $2^n - 1$  soient  $2^n$  valeurs différentes en comptant le 0

La résolution est liée à cette caractéristique.

Exprimons la résolution en fonction de  $V$  la tension maximale lisible, et de  $n$  le nombre de chiffres du nombre binaire produit.

La conception du convertisseur est telle que le plus grand nombre est obtenu de  $(V - r)$  jusqu'à  $V$  (exclu)

Plaçons-nous à  $v = V - r$  ce qui permet de laisser de côté de la fonction  $ent()$  et appliquons la formule de définition

$$2^n - 1 = \frac{V - r}{r} = \frac{V}{r} - 1$$

$$\text{d'où } r = \frac{V}{2^n}$$

#### 3.2. Définition de la fonction conversion analogique-numérique

$$Can(v) \text{ est définie par } V \mapsto \text{ent}\left(\frac{2^n}{V} \times v\right)$$

Où  $n$  est le nombre de chiffres du nombre binaire de sortie,  $V$  le calibre du convertisseur, très souvent 5V et  $v$  la tension à convertir.

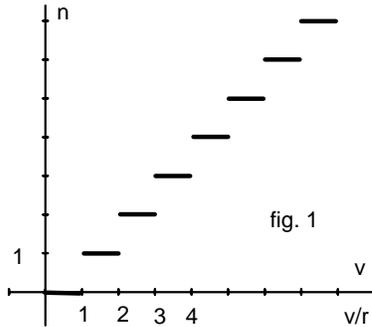
Le résultat est un nombre binaire compris entre 0 et  $2^n - 1$  puisque la borne  $V$  de l'intervalle de mesure est exclue.

---

<sup>2</sup> La littérature anglo-saxonne désigne la résolution par le sigle **LSB** (Least Significant Bit) : le bit de poids le plus faible. C'est le "1" des combinaisons binaires. (Attention : Il y a confusion entre valeur analogique et valeur numérique)

<sup>3</sup> souvent 8

### 3.3. Représentation graphique de la fonction conversion analogique-numérique

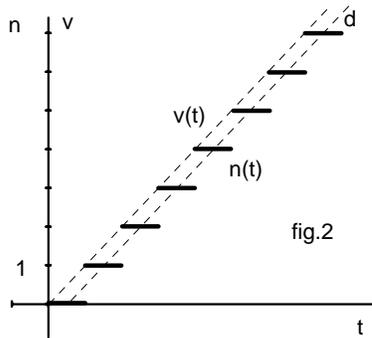


Soit une tension  $v(t)$  telle que  $v(t) = a.t$  où  $v \in [0; V[$   
 D'un point de vue pratique,  $V$  est la tension maximale pouvant être traitée par le convertisseur, c'est souvent 5V.

La figure 1 montre la représentation graphique de la fonction  $n = can(v)$ .

Le graphique fait apparaître la variable réduite  $v/r$ . La grandeur  $r$  est la résolution.

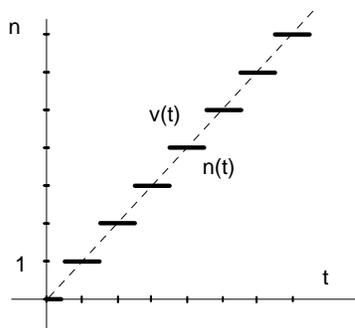
### 4. Les imperfections de la fonction de conversion



La figure ci-contre permet de comparer  $n(t)$  à  $v(t)$ . On voit que la conversion déforme la tension d'entrée. Certaines informations portées par la tension  $v(t)$  sont perdues irrémédiablement. C'est l'erreur de quantification

De plus la "moyenne"<sup>4</sup> des points de  $n(t)$  ne donne pas  $v(t)$  mais la droite  $d$

### 5. Amélioration de la fonction de conversion



grâce à une translation de  $r/2$ , la fonction  $n(t)$  a pour "moyenne" la droite  $v(t)$

l'erreur de quantification existe toujours mais la "moyenne" est exacte.

La nouvelle définition de la fonction  $can()$  est :

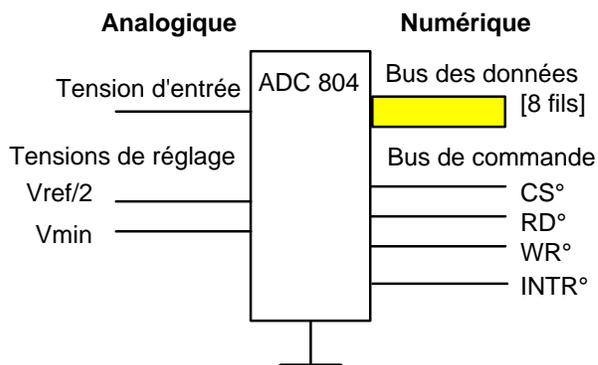
$$n = \text{ent}\left(\frac{v}{r} + \frac{1}{2}\right)$$

<sup>4</sup> application de la méthode des moindres carrés

## 6. Mise en œuvre d'un convertisseur analogique-numérique

Chaque type de CAN possède un principe de mise en œuvre particulier. Nous allons prendre comme exemple le convertisseur ADC 804 de National Semiconductor.

C'est un convertisseur utilisant le principe des approximations successives. Son bus des données possède 8 fils, sa durée de conversion est de 100  $\mu$ s, il peut convertir des tensions comprises entre 0 et 5V.



La partie numérique comprend :

- le bus des données,
- la broche de sélection du composant, CS°
- la broche indiquant l'échange en lecture, RD°
- la broche indique l'échange en écriture, WR°
- la broche INTR° annonce la fin de la conversion.

La partie analogique :

Les bornes  $V_{ref/2}$  et  $V_{min}$  permettent d'adapter les bornes de la plage des tensions d'entrée.