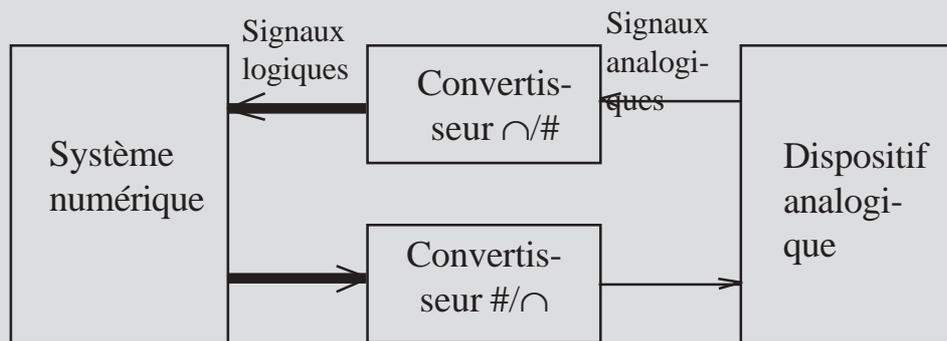


CONDITIONNEMENT PAR CONVERSION

I/ INTRODUCTION

•En entend, par *CONVERSION*, la transformation d'un signal analogique en information numérique et réciproquement.



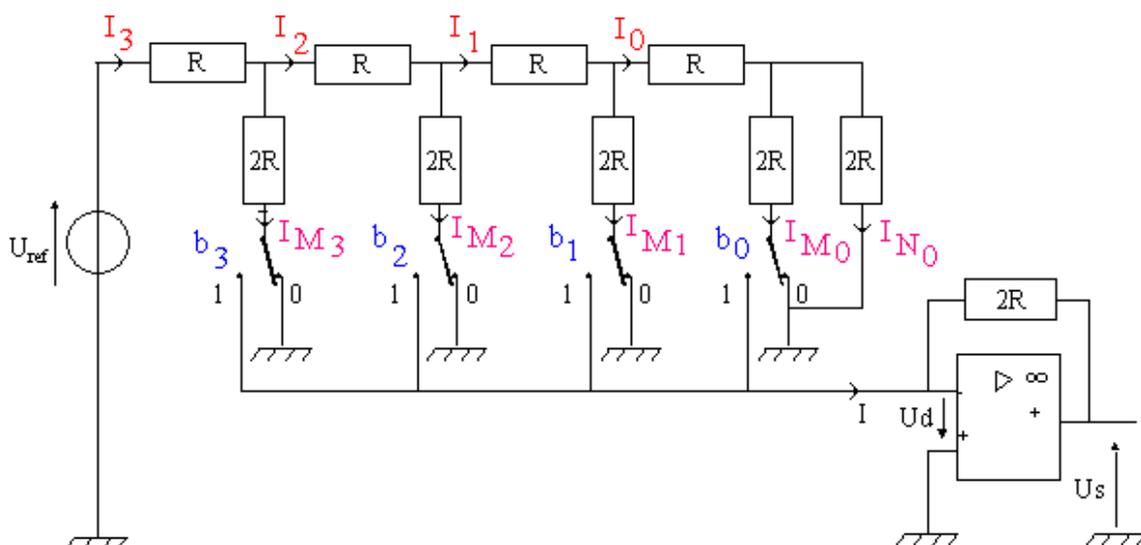
Avec l'omniprésence des structures microprogrammées, les convertisseurs sont devenus indispensables au point où ils sont aujourd'hui souvent intégrés dans les micro-contrôleurs.

•On appelle *CONVERTISSEUR NUMERIQUE ANALOGIQUE* ou *CNA* le convertisseur qui transforme un code numérique en un signal analogique.

•Et de même, un *CONVERTISSEUR ANALOGIQUE-NUMERIQUE* ou *CAN* transforme le signal analogique en code numérique.

II/ CONVERTISSEUR NUMÉRIQUE ANALOGIQUE

Une structure de conversion numérique analogique peut se simplifier de la manière suivante :



La structure résistive est appelée **réseau R-2R**.

Les interrupteurs **b0** à **b3** correspondent aux différents bits du mot numérique.

L'amplificateur opérationnel est utilisé en convertisseur courant tension : $U_s = -I \cdot 2R$

Si tous les interrupteurs sont sur la position 0 la résistance globale à pour valeur $2R$.

Ainsi le courant I_3 à pour valeur $U_{ref}/2R$ et $I_2 = I_3 = I_1/2$

$I_1 = I_2 = I_2/2 = I_3/4$ et $I_0 = I_1 = I_1/2 = I_2/4 = I_3/8$

et enfin $I_{M0} = I_{N0} = I_0/2 = I_1/4 = I_2/8 = I_3/16$

On peut en déduire que

$I = b_3 \cdot I_3/2 + b_2 \cdot I_3/4 + b_1 \cdot I_3/8 + b_0 \cdot I_3/16$ ou b_0, b_1, b_2, b_3 peuvent prendre les valeurs 0 ou 1 selon la position des commutateurs donc des états des bits du mot.

$I = (U_{ref}/2R) \cdot (b_3/2^1 + b_2/2^2 + b_1/2^3 + b_0/2^4)$

Enfin $U_s = -(U_{ref}) \cdot (b_3/2^1 + b_2/2^2 + b_1/2^3 + b_0/2^4)$

Si tous les bits sont à 0 la valeur de $U_s = 0V$

Si tous les bits sont à 1 la valeur est de $-U_{ref} \cdot 15/16$

Conclusions

- On appelle **tension de référence** d'un CNA, la tension utilisée pour fixer la dynamique maximale de la tension d'entrée à convertir.

- On appelle le quantum, la variation minimale de la tension de sortie obtenue avec la variation du LSB. Le quantum est égale à $U_{ref}/2^n$ si n est le nombre de bits du convertisseur.

- La tension maximale que l'on obtient en sortie d'un CNA est :

$$U_s = U_{ref} \cdot (2^n - 1) / 2^n$$

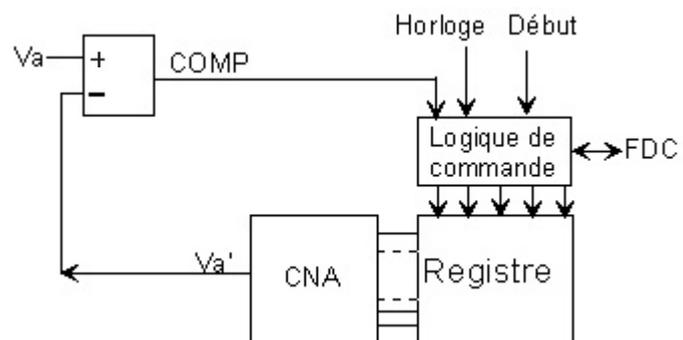
Application : une structure de conversion doit délivrer une tension comprise entre 0 et 5V. La variation de tension minimale souhaitée est de 100mV. Quel doit être la résolution (en nombre de bits) du CNA.

Réponse : La tension maximale de 5V est divisée en échelon de 0,1V. Il y aura donc 5/0.1 échelons soit 50. La valeur 50 peut être codée sur 6 bits ($2^6 = 64$)

III/ CONVERTISSEUR ANALOGIQUE NUMÉRIQUE

Il existe plusieurs principes de conversion qui s'expliquent par une recherche permanente d'amélioration du temps de conversion.

Le convertisseur à approximation successive dont le schéma de principe est donné ci-contre, est l'un des principes les plus utilisés



III.1/ Principe de fonctionnement

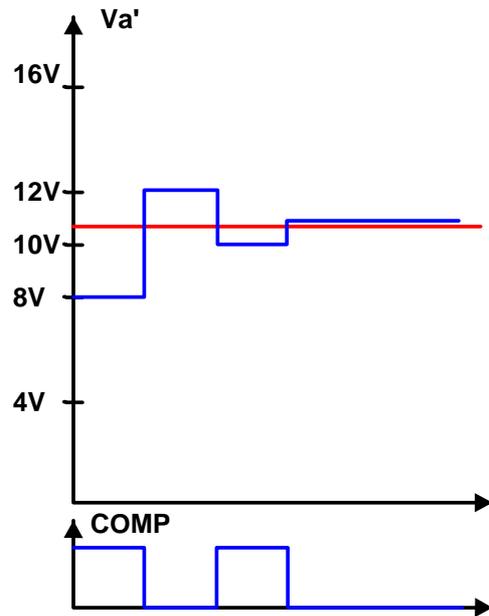
Supposons un CAN 4 bits dont le pas de progression (quantum) est de 1v et dont la tension d'entrée est de 10,4v.

- Au départ, on place le bit de poids le plus fort du registre à 1, donc la tension $Va'=8v$ et la sortie du comparateur est à 1.

- De ce fait, le bit de poids fort reste à 1 tandis que le bit immédiatement à droite du MSB est mis à 1. La sortie du CAN est de 12v.

- La sortie du comparateur est donc à 0, ce qui a pour effet de remettre à 0 le bit de poids 2 et de mettre à 1 le bit de poids 1. $Va'=10$ donc la sortie COMP est à 1, ce qui maintient ce dernier bit et qui met le LSB à 1.

- $Va'=11v$ donc $COMP=0$ et le LSB est remis à 0.



III.2/ La commande des CAN

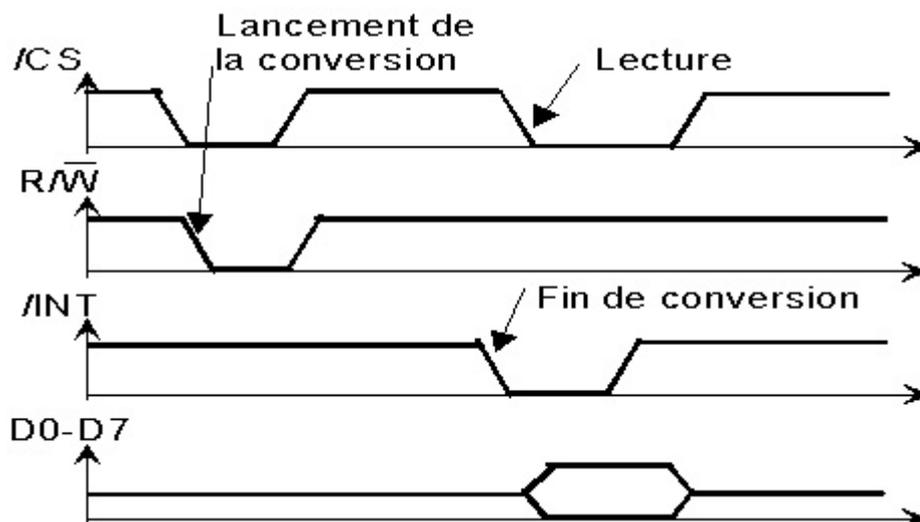
Du fait de leur temps de conversion élevé, les CAN sont plus difficiles à mettre en oeuvre que les CNA.

Pour fonctionner correctement, il leur faut :

- ♦une tension d'entrée stable (pendant tout le temps de la conversion)
- ♦un signal de déclenchement de la conversion ($/STROBE$ ou $SOC...$)
- ♦et ils délivrent un signal informant de la fin de conversion (EOC ou $/INT$)

Le signal $/WR$ ou R/\overline{W} (à l'état bas) venant du microprocesseur est généralement utilisé pour lancer le début de la conversion.

Les chronogrammes pourraient être les suivants



Remarque : comme pour les CNA, il existe des CAN à plusieurs voies. A ce moment là, des lignes d'adresse permettent de sélectionner une des voies d'entrée

III.3/ Programmation des CAN

Deux algorithmes sont possibles :

En utilisant une temporisation

DEBUT

Ecrire \$00 à l'adresse du convertisseur
attendre 120µs (si le temps de conversion est de 100µs)
Lire la donnée présente à l'adresse du convertisseur

FIN

En utilisant un sous programme d'interruption

Cela suppose que le signal de fin de conversion soit associé à une ligne d'entrée d'interruption.

DEBUT du prg de conversion

Ecrire \$00 à l'adresse du CAN
Attendre
Traitement de la valeur

FIN du prg de conversion

DEBUT du spint

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

III.4/ Echantillonneur bloqueur

On a vu précédemment que la tension à convertir devait rester stable pendant tout le temps de la conversion.

Exemple :

Supposons un signal sinusoïdal dont l'équation est $V=E*\sin\omega t$

La variation d'amplitude maximale est obtenue lorsque la sinusoïde passe par 0.

On peut alors écrire :

$$dV/dt = E.\omega.\cos\omega t$$

Si on prend comme application un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz, d'amplitude 1v,

et que l'on souhaite une précision de 1% sur la tension, on peut déterminer le temps de conversion limite:

Autour de 0, $dV/dt = E \cdot \omega$ donc $dt = dV/E\omega$ soit $dt = 0,01/(1,2 \cdot \Pi \cdot 1000)$ ce qui donne :
 $dt = 1,6 \mu s$ ce qui nécessiterait une fréquence d'échantillonnage de 628kHz

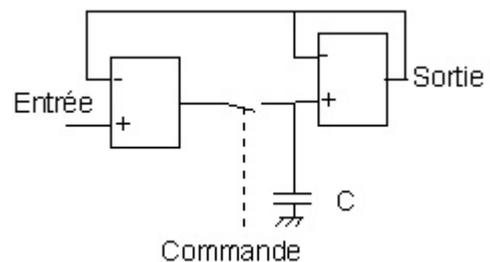
Cet exemple met en évidence le fait que, si les variations du signal d'entrée sont rapides, il est nécessaire d'utiliser un CAN ultra-rapide et par conséquent très coûteux. Par ailleurs, pour éviter une trop grande distorsion il est important de disposer d'une grande fréquence d'échantillonnage entraînant une numérisation nécessitant un grand espace mémoire (CD, CD-ROM, disque audionumérique, etc...)

Une solution économique consiste à utiliser un dispositif capable de bloquer la tension pendant un temps : un *échantillonneur-bloqueur (Sample and Hold)*

Le théorème de SHANNON établit que $f_{ech} > 2 \cdot f_{signal}$

Principe de l'échantillonneur bloqueur

Dans un système d'acquisition de données commandé par μP , l'interrupteur d'échantillonnage pourrait être commandé par un signal numérique envoyé par le microprocesseur. Ce signal ferme l'interrupteur pour charger C jusqu'à une nouvelle valeur échantillonnée de la tension analogique; le temps pendant lequel l'interrupteur est fermé est appelé temps d'acquisition et il dépend de la valeur de C et des caractéristiques du circuit d'échantillonnage.



Le μP ouvre ensuite l'interrupteur pour permettre à C de conserver sa valeur et de fournir une tension analogique relativement constante à la sortie de A2.

IV/ CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

♦ **Pleine échelle (Full scale)** : amplitude maximale de la grandeur de sortie. Dans ce cas tous les bits du mot d'entrée sont à 1.

♦ **Résolution** : amplitude de la plus petite variation du signal d'entrée. Elle correspond au LSB ou quantum. Connaissant la pleine échelle et le nombre de bits du mot convertible, on peut en déduire le LSB (ex : $U_{ref}/2^n$). Parfois la résolution est donnée en nombre de bits.

♦ **Précision (Accuracy)** : Elle se définit comme étant l'écart maximum entre la valeur du signal obtenue en sortie et la valeur théorique. Elle tient compte des erreurs citées par la suite. On l'exprime en % de la pleine échelle ou en LSB.

♦ **Temps de conversion (settling time)** : temps nécessaire pour que la sortie prenne la valeur indiquée par le code d'entrée et soit stable. (quelques ns).

♦**Conversion unipolaire ou bipolaire** : un CNA unipolaire a une sortie soit positive soit négative. Quand le signal de sortie peut prendre des valeurs positives ou négatives, le convertisseur est dit bipolaire.

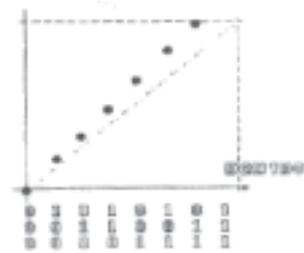
♦**Erreur de décalage (offset error)** : c'est la tension qui existe à la sortie du circuit quand on applique le mot «00000000» à l'entrée

♦**Erreur de gain (gain error)** : elle caractérise l'écart entre la valeur théorique et la valeur réelle présente en sortie lorsque tous les bits du code d'entrée sont égaux à 1. L'erreur de décalage étant compensé auparavant.

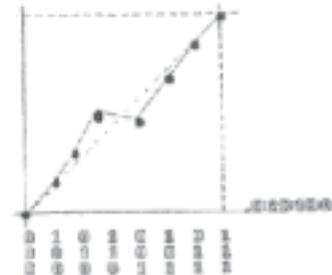
♦**Erreur de linéarité** : c'est l'écart existant entre la valeur de la sortie prévue pour un mot quelconque d'entrée. Lorsque cette erreur est inférieure à $1/2$ LSB (en valeur absolue) le convertisseur est dit linéaire.

♦**Monotonie** : Un CNA est dit monotone si la sortie analogique augmente ou reste constante lorsqu'on incrémente le code de l'entrée numérique

♦**Pointe de transition (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).



ERREUR DE GAIN



MONOTONIE

