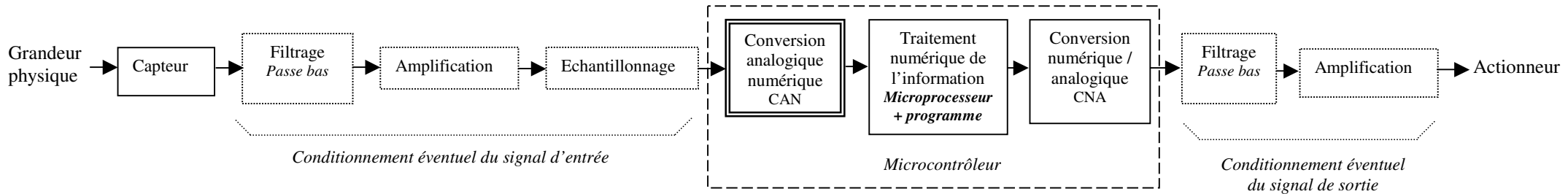


Conversion analogique numérique (CAN)

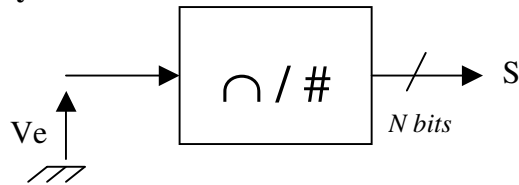
Schéma fonctionnel d'un système de traitement numérique de l'information :



➤ La fonction conversion analogique / numérique consiste à transformer une grandeur électrique analogique en une grandeur numérique exprimée sur N bits. Cette grandeur de sortie représente un nombre proportionnel à la grandeur analogique d'entrée. Le codage de sortie le plus couramment utilisé est le binaire naturel.

Si le signal à convertir évolue rapidement par rapport au temps de conversion du CAN, il est nécessaire de faire précéder celui-ci d'un échantillonneur bloqueur.

Symbole :



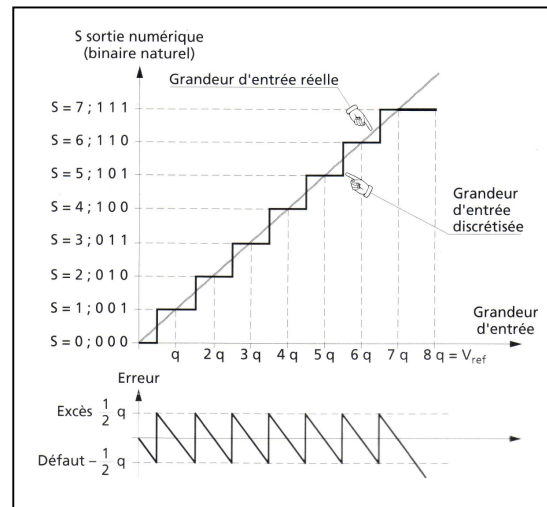
Quantum :

La valeur de quantification ou "quantum" représente la plus petite variation mesurable entre deux valeurs codées distinctes en sortie.

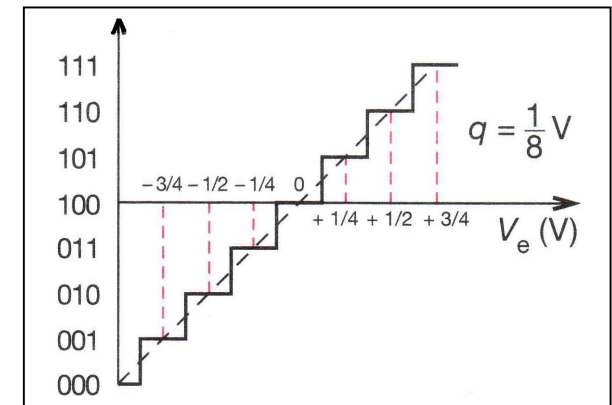
$$q = \frac{\Delta V_{e \max}}{2^n}$$

- q : quantum (en Volt)
- $\Delta V_{e \max}$: c'est l'écart entre la valeur mini et la valeur maxi de V_e à numériser (en Volt)
- n : nombre de bits en sortie du convertisseur (résolution).

Caractéristique de transfert : CAN 3 bits unipolaire



Caractéristique de transfert : CAN 3 bits bipolaire



Critères de choix d'un CAN

- ✓ **Résolution du convertisseur** : 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24 bits selon les modèles.
Dans certaines documentations la résolution est aussi assimilée au quantum.
- ✓ **Temps de conversion** : c'est le temps minimum nécessaire au circuit pour effectuer la conversion. Ordre de grandeur : de quelques nsec à quelques centaines de msec. On trouve également dans les documentations des constructeurs la vitesse de conversion exprimée en MSPS (Mega sample per second).
- ✓ **Erreur de linéarité** : elle se caractérise par l'écart entre la courbe réelle et la droite idéale.
- ✓ **Erreur de quantification.**
- ✓ **Vitesse maximale de variation de $V_e(t)$** admise par le convertisseur au cours d'une phase de conversion. Cette valeur est liée au temps de conversion du circuit.

Les valeurs de ces différents critères sont liées au principe de conversion utilisé par le circuit.

Différents principes de conversion.

Convertisseurs parallèles = Convertisseurs Flash.

La tension à convertir est comparée à 2^n tensions distantes d'un quantum (*sauf pour la première distante de $q/2$*). Les sorties de ce comparateur sont introduites dans un codeur qui délivre un mot correspondant au résultat de la conversion.

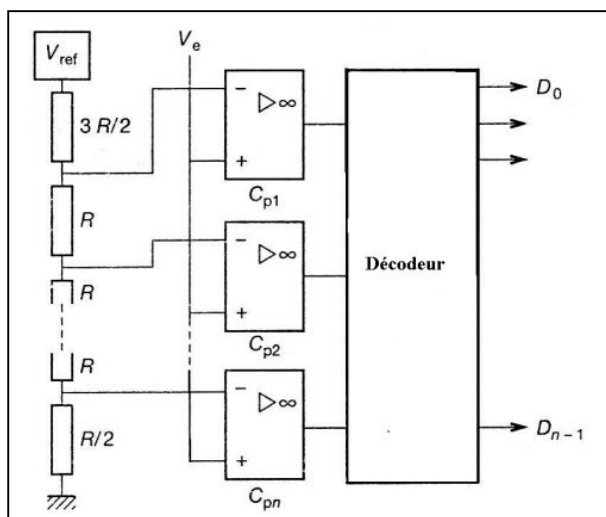
Avantage : temps de conversion très rapide.

(convertisseur 8 bits : 150MSPS (Mega sample per second) \approx 6 ns)

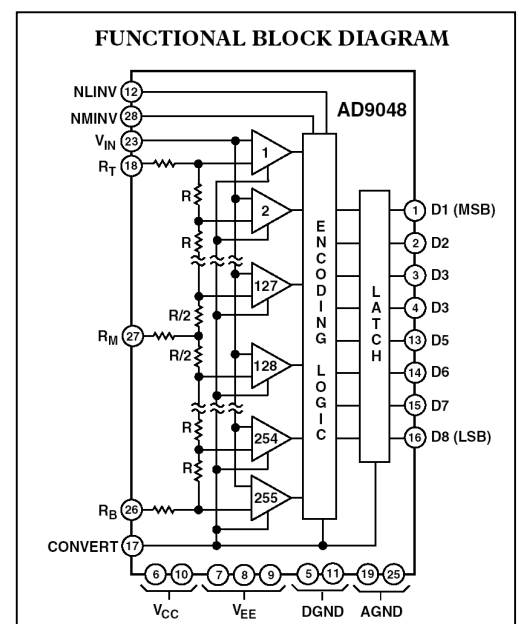
Inconvénients :

- nécessite une très grande intégration, il faut par exemple 256 comparateurs pour 8 bits.
- consomme généralement davantage de puissance que les autres architectures de conversion (*source* : MAXIM DALLAS semiconductor)

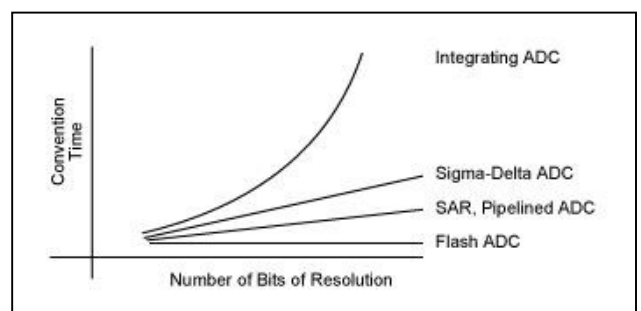
Schéma de principe



Exemple CAN 8 bits AD9048 Analog Device



Extrait d'un document de la société MAXIM

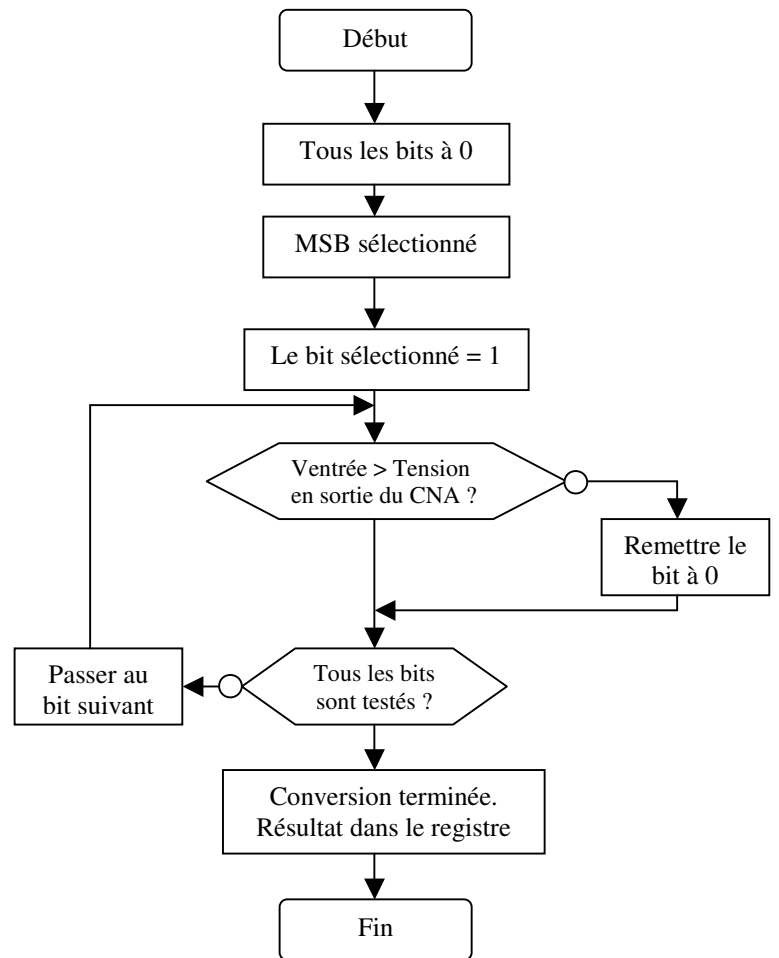
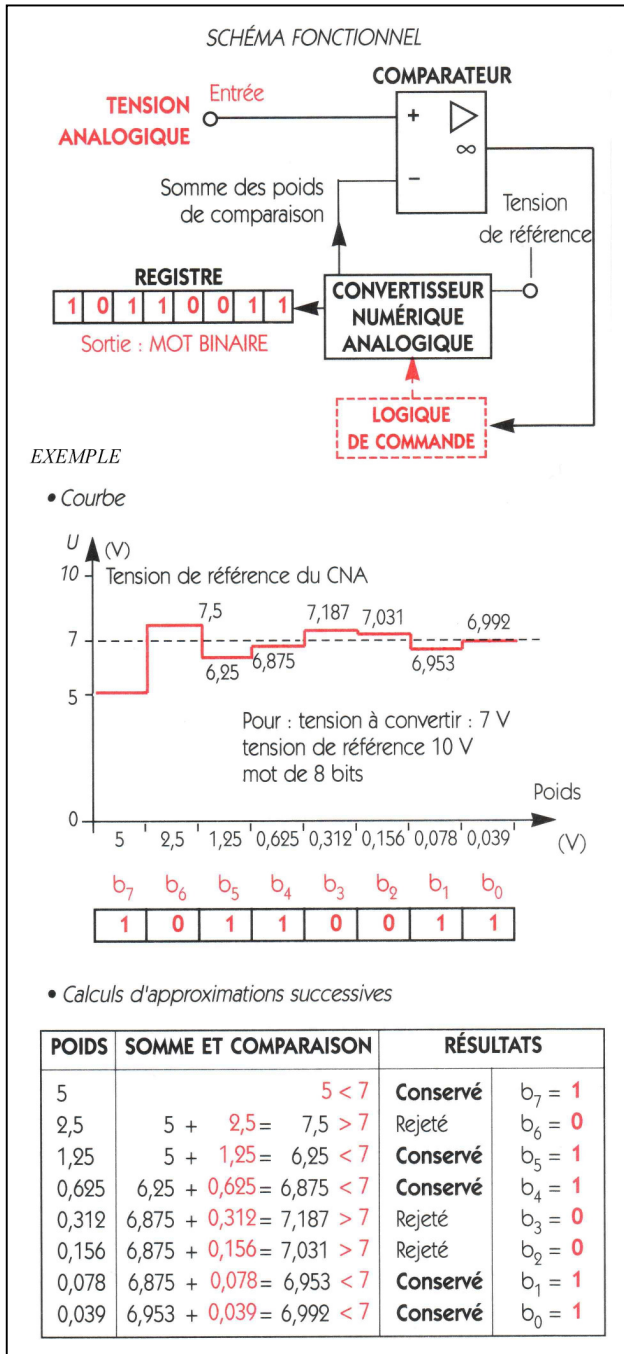


Convertisseurs à approximations successives. SAR (Successive approximation register)

La tension à convertir est appliquée à l'une des entrées d'un comparateur. Elle est comparée à des tensions de référence, suivant l'organigramme ci-dessous.

Chaque bit retenu est considéré à l'état logique 1.

Tous les bits avec leurs états 0 ou 1 sont regroupés dans un mot binaire qui est l'expression numérique de la valeur analogique d'entrée.



Avantage : Temps de conversion constant. Plus rapide que les CAN à rampe. (Convertisseur 8 bits $\approx 100\mu\text{s}$)

Inconvénients : La vitesse de conversion dépend du nombre de bits, et de la fréquence de l'horloge. Moins rapide que les CAN flash.

Convertisseurs à intégration.

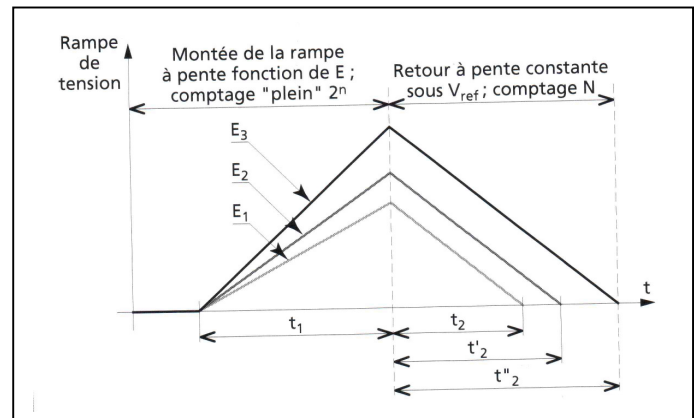
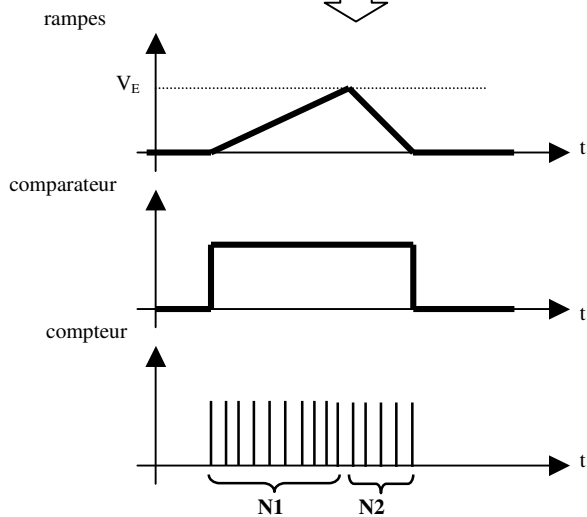
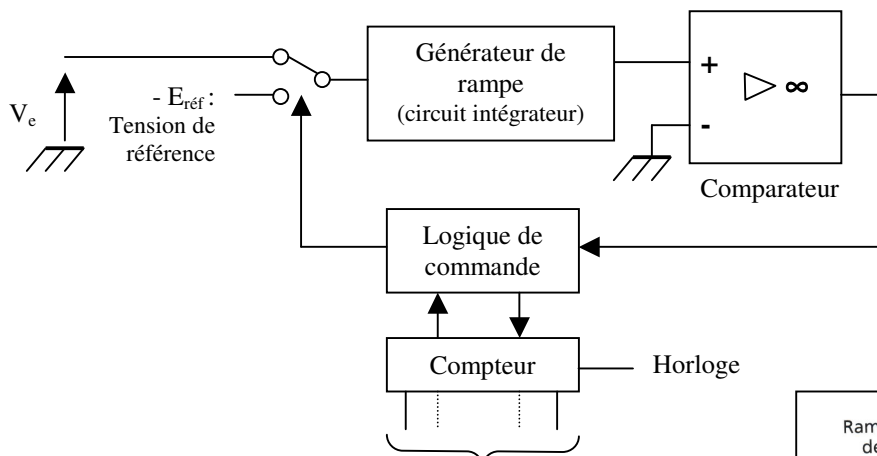
CAN à double rampe.

La tension E analogique à convertir est appliquée à un générateur de rampe (circuit intégrateur), durant un temps prédéterminé. Un compteur mesure ce temps, soit $N1$ impulsions.

Ensuite la logique de commande commute l'entrée du générateur de rampe sur une tension de référence $E_{réf}$ de polarité opposée à la tension E . La tension de sortie décroît linéairement jusqu'à s'annuler. Un compteur mesure la durée de cette décroissance, soit $N2$ impulsions.

La valeur de la tension E à convertir est donnée par la relation :

$$N2 = N1 \times \frac{E}{E_{réf}}$$



Avantage : Bonne précision.

Inconvénients : La vitesse de conversion dépend du nombre de bits, et de la fréquence de l'horloge. Moins rapide que les CAN flash.

Autres types de convertisseurs :

CAN semi-parallèle : la conversion se fait d'une part pour le poids faible, et d'autre part pour le poids fort, ces convertisseurs intègrent un CNA.

CAN à triple et quadruple rampe : plus précis pour les faibles amplitudes du signal à convertir.

CAN Sigma Delta : On ne convertit pas le signal lui-même mais sa variation entre 2 échantillons.

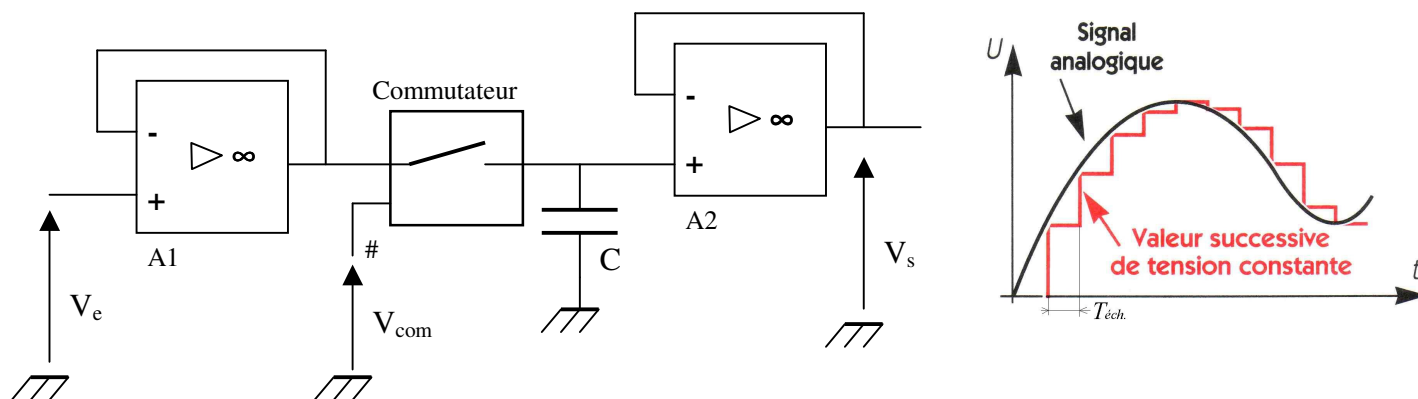
CAN série : ils intègrent une structure à approximation successive, semi-flash, ou Sigma Delta. L'intérêt étant de minimiser le nombre de liaisons avec les autres circuits. Par contre ils sont plus lents.



Echantillonneurs bloqueurs.

Placé avant le CAN, l'échantillonneur-bloqueur (sample and hold) maintient à une valeur constante la tension du signal analogique durant le temps de conversion. Le maintien de la tension est réalisé grâce à un condensateur dont la charge est commandée par un commutateur analogique piloté par un signal logique.

Le **théorème de Shannon** montre que la reconstitution d'un signal nécessite que la fréquence d'échantillonnage $f_{\text{éch}}$ soit **au moins deux fois plus grande** que la plus grande des fréquences du spectre du signal à échantillonner, $f_M. f_{\text{éch}} \geq 2 \times f_M$



Choix du condensateur de maintien : le condensateur choisi sera à faibles pertes. Les condensateurs de type polycarbonate métallisé, polypropylène et polystyrène remplissent cette fonction.