

## Les Convertisseurs Numérique Analogique

### I - Identification de la fonction C.N.A.

On appelle *Convertisseur Numérique Analogique* [**C.N.A.**] tout dispositif électronique qui transforme un nombre binaire d'entrée  $N$  en une grandeur électrique de sortie (tension ou courant) proportionnelle au nombre  $N$ . En anglais, le *Convertisseur Numérique-Analogique* est appelé *Digital Analogic Conversion* [**D.A.C.**]

Si la grandeur de sortie est une tension  $u_s$ , alors :

$$u_s = q \cdot N \quad \text{avec le quantum } q \text{ en volts}$$

Si la grandeur de sortie est un courant  $i_s$ , alors :

$$i_s = q' \cdot N \quad \text{avec le quantum } q' \text{ en ampères}$$

Rappel de numération : si le nombre binaire  $N$  est exprimé sur  $n$  bits ( $B_0$  à  $B_{n-1}$ , où  $B_0$  est le LSB), le lien entre le nombre  $N$  et ses différents bits est alors le suivant :

$$N = 2^{n-1} \cdot B_{n-1} + \dots + 2^3 \cdot B_3 + 2^2 \cdot B_2 + 2^1 \cdot B_1 + 2^0 \cdot B_0$$

Plusieurs structures électroniques permettent de réaliser la fonction C.N.A. Nous allons étudier les 2 techniques de Conversion Numérique Analogique les plus employées :

- \* Le C.N.A. à résistances pondérées
- \* Le C.N.A. à réseau R/2R

### II - Le C.N.A. à résistances pondérées

Le montage comporte un A.L.I., associé à un réseau de résistances pondérées de  $R$  à  $R/8$ , et des interrupteurs  $k_0$  à  $k_3$  commandés respectivement par les bits  $b_0$  à  $b_3$  du nombre  $N$  :

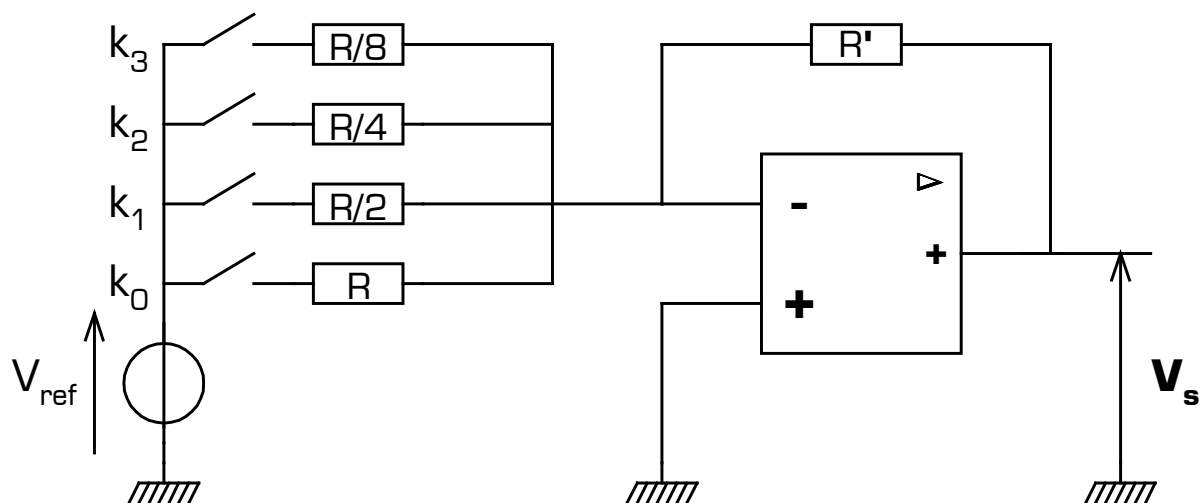


Figure 1 : Structure de base du C.N.A. 4 bits à résistances pondérées

Le fonctionnement de l'interrupteur  $k_i$ , associé au bit  $b_i$ , est le suivant :

- \* Si  $b_i = 0$  alors  $k_i$  est **ouvert**
- \* Si  $b_i = 1$  alors  $k_i$  est **fermé**

Appelons  $i_0$  à  $i_3$  les courants circulant respectivement dans les résistances  $R$  à  $R/8$ , et  $i'$  le courant dans la résistance  $R'$ .

Expression des 4 courants  $i_0$  à  $i_3$  en fonction de  $V_{ref}$  et de chacun des bits du nombre  $N$  :

$i_0 =$  .....

$i_1 =$  .....

$i_2 =$  .....

$i_3 =$  .....

Expression de  $V_s$  fonction de  $N$  :

$V_s =$  .....

.....

### **Inconvénients de cette structure :**

- \* Obligation d'utiliser des résistances de valeurs différentes, avec un rapport de  $2^{n-1}$  entre la plus grande et la plus faible. Exemple : si nous avons un CNA 12 bits à réaliser avec cette technique et que la résistance commandée par le LSB est  $R$ , la résistance commandée par le MSB aurait pour valeur  $R/2048$ .
- \* Sachant que  $R \geq 5k\Omega$ , cela pose des problèmes de précision des éléments résistifs et des difficultés d'intégration.

### **Idée pour réduire le rapport entre la plus grande résistance et la plus faible :**

L'illustration se portera sur la conversion d'un nombre  $N$  de 8 bits :  $B_0$  à  $B_7$ .

Décomposé en 8 bits, le nombre  $N$  s'écrit :

$$N = 2^{n-1} \cdot B_{n-1} + \dots + 2^3 \cdot B_3 + 2^2 \cdot B_2 + 2^1 \cdot B_1 + 2^0 \cdot B_0$$

Mais si on décompose le nombre  $N$  en 2 quartets  $Q_0$  et  $Q_1$  (un quartet étant un ensemble de 4 bits), où  $Q_0$  est le quartet de poids faible, le nombre  $N$  s'écrit alors :

$$N = 2^4 \cdot Q_1 + 2^0 \cdot Q_0 = 16 \cdot Q_1 + Q_0$$

Comme le montre la figure 2, l'idée consiste à convertir chacun des quartets avec deux CNA 4 bits, puis d'additionner les résultats grâce à un sommateur qui pondère le quartet de poids fort d'un rapport de 16.

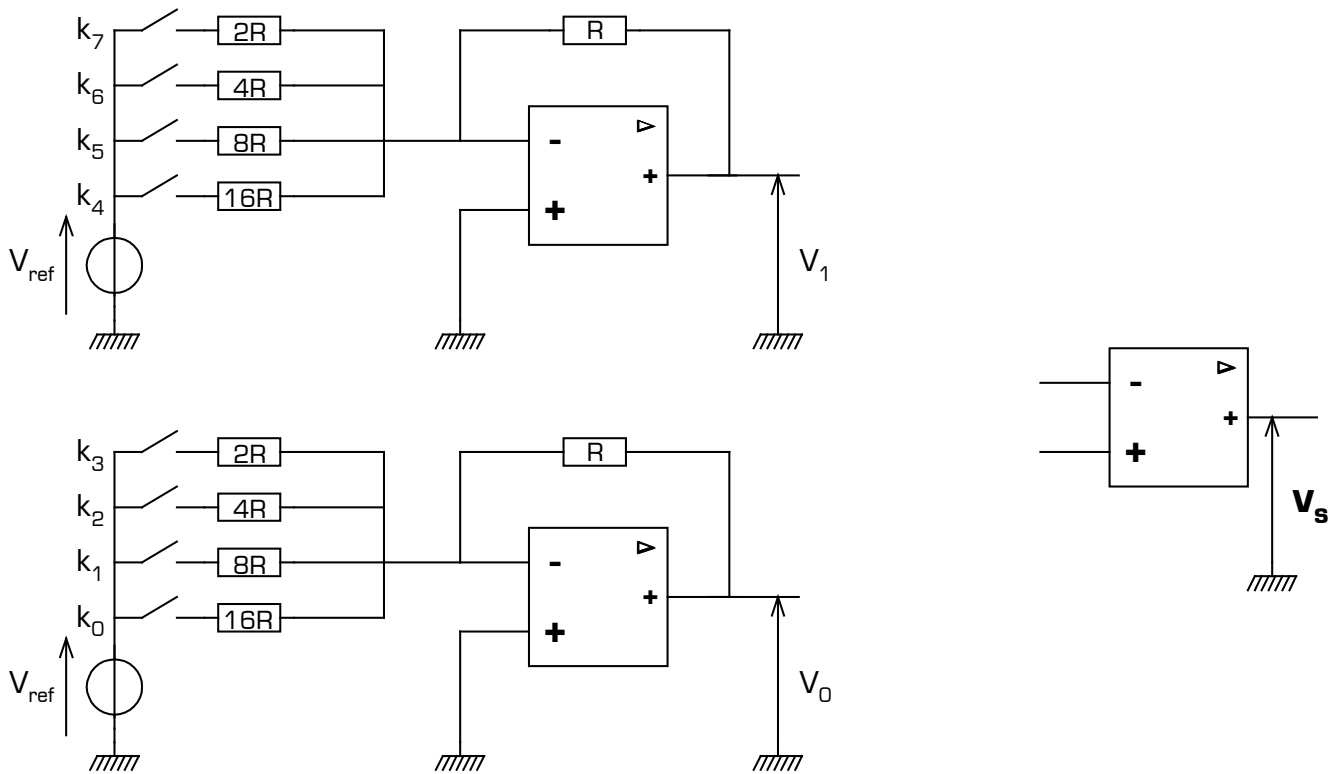


Figure 2 : Réalisation d'un CNA 8 bits avec deux CNA 4 bits à résistances pondérées

Expression de  $V_0$  fonction de  $Q_0$  :

$V_0 =$  .....

.....

Expression de  $V_1$  fonction de  $Q_1$  :

$V_1 =$  .....

.....

Expression de  $V_s$  fonction de  $N$  :

$V_s =$  .....

.....

**Conclusion :**

Ce type de structure permet de réduire la taille des éléments résistifs mais elle reste très difficile à intégrer.

La solution adoptée pour résoudre les problèmes de valeur des éléments résistifs et l'intégration est un réseau constitué exclusivement de résistances de deux valeurs :  $R$  et  $2R$ .

### **III - Le C.N.A. à réseau R / 2R**