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 :

$$u_s = q.N$$ avec le quantum q en volts

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

$$i_s = q'.N$$ avec le quantum q' 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 :

$$\boxed{N = 2^{n-1}.B_{n-1} + \ldots + 2^3.B_3 + 2^2.B_2 + 2^1.B_1 + 2^0.B_0}$$

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 pondérés 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 :

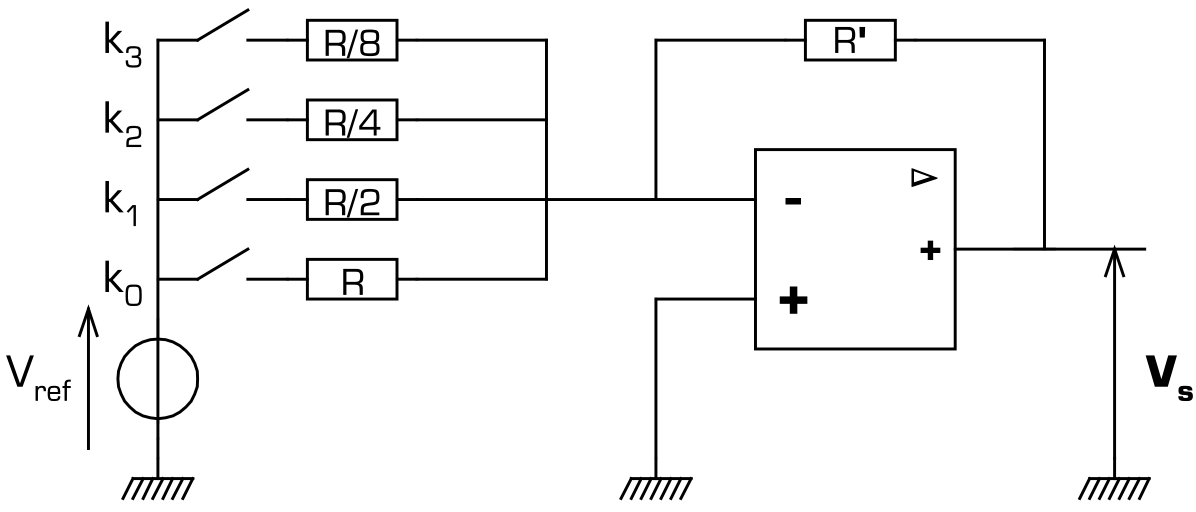

Figure 1 : Structure de base du C.N.A. 4 bits à résistances pondérées

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 résistance 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 bit 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 rapports de 2^{n-1} entre la plus grande et la plus faible. Exemple : si nous avions 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>= 5kΩ , 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 :

$$\mathbf{N = 2^{n-1}.B_{n-1} + \ldots + 2^3.B_3 + 2^2.B_2 + 2^1.B_1 + 2^0.B_0}$$

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 :

$$\mathbf{N = 2^4.Q_1 + 2^0.Q_0 = 16.Q_1 + Q_0}$$

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.

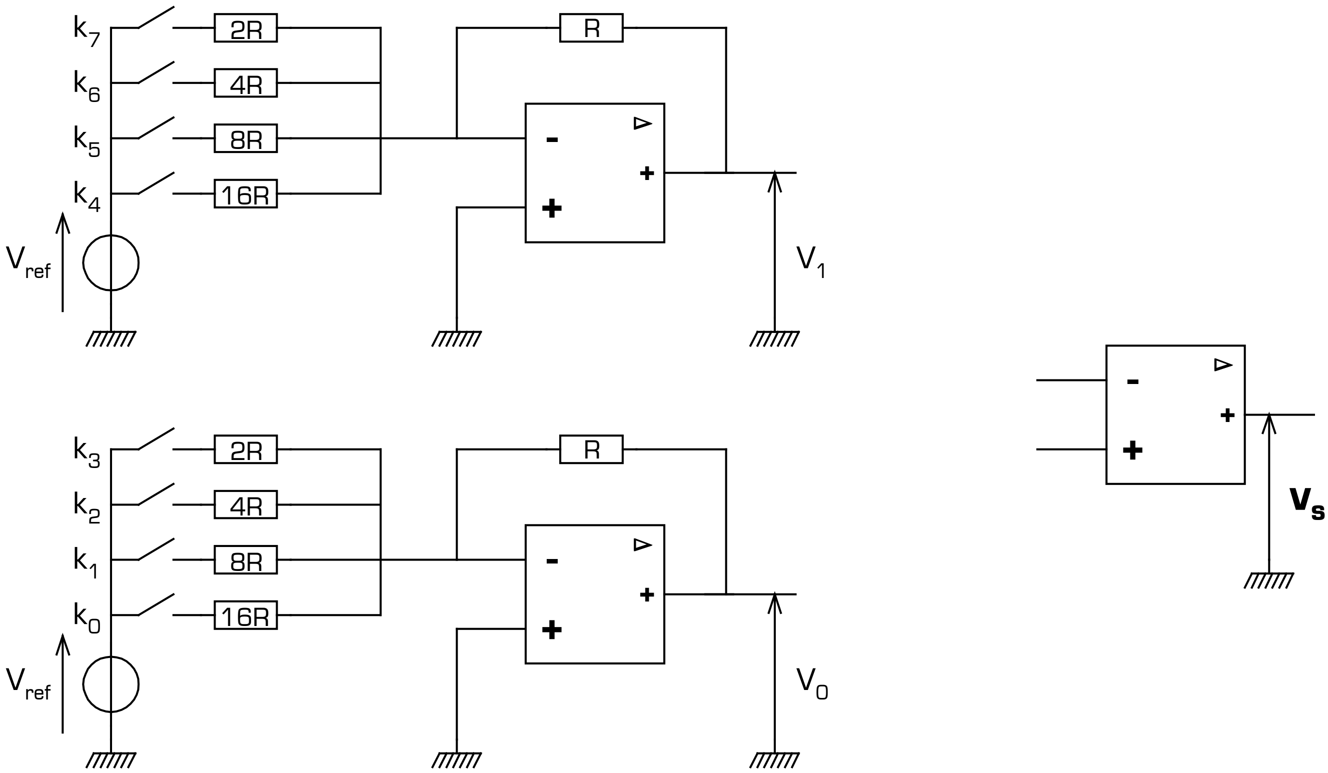

Figure 2 : Réalisation d'un CNA 8 bits avec deux CNA 4 bits à résistances pondérées

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