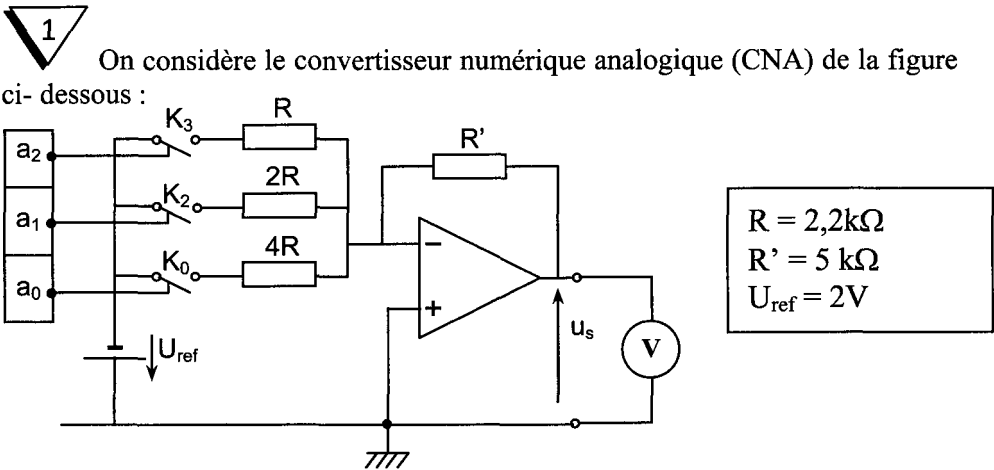


Enoncés



- 1- Déterminer le nombre de bits de ce convertisseur
- 2- Compléter le tableau suivant :

Nombre binaire [N] = a ₂ a ₁ a ₀	L'équivalent décimal N	u _S (V)
000	0	
001	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	

- 3- Tracer la caractéristique de transfert $u_S = f(N)$.
- 4- Vérifier que cette caractéristique est constituée par une suite de points s'appuyant sur une droite linéaire dont on déterminera sa pente k.
- 5- Dédire des mesures la tension pleine échelle U_{PE} et le quantum q.
- 6- Comparer les résultats expérimentaux aux valeurs théoriques.
- 7- Déterminer la résolution numérique r de ce convertisseur.



Un convertisseur numérique analogique (C.N.A.) à réseau de résistances pondérées est constitué de :

- ❖ une tension de référence
- ❖ un ensemble de n résistors de résistances respectives $R ; 2R ; 4R ; \dots ; 2^{n-1}R$
- ❖ des interrupteurs commandés par les variables logiques a_j du mot binaire
- ❖ un AO fonctionnant en régime linéaire

Dans le cas d'un convertisseur à 4 bits le schéma est donné par la figure suivante

1. Ecrire le mot binaire N d'entrée pour ce convertisseur

2. Montrer que l'intensité du courant qui traverse

Le résistor de résistance $8R$ s'écrit

$$I_0 = -a_0 U_{ref} / 8R$$

3. Montrer que l'intensité du courant qui traverse

Le résistor R' s'écrit

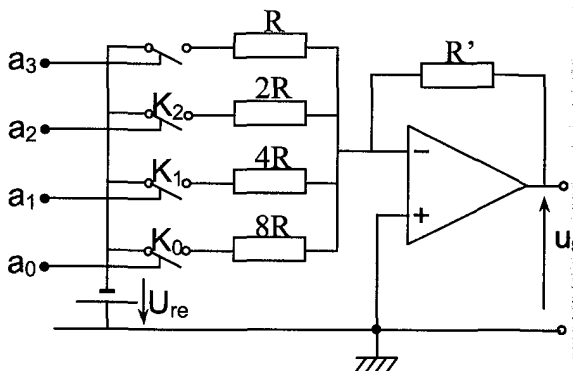
$$I = -N U_{ref} / 8R$$

4. Montrer que U_s s'écrit $U_s = k N$ avec k une constante qu'on exprimera en fonction de

R, R' et U_{ref}

5. Calculer le quantum et la PE de ce convertisseur

Données : $U_{ref} = 6V$. $R = R'$

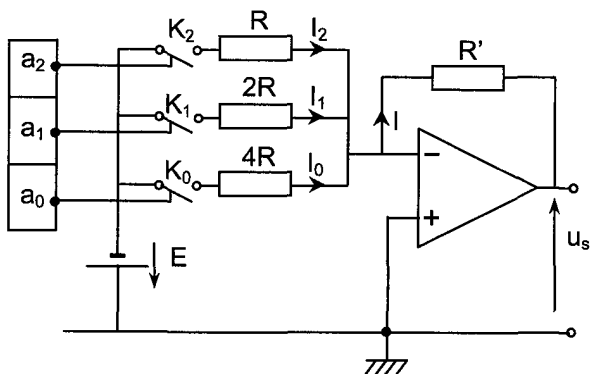


On réalise le convertisseur-numérique analogique, représenté sur la figure ci-contre.

L'amplificateur opérationnel polarisé et supposé idéal, fonctionne en régime linéaire. La tension de référence E est égale à $4V$. Les interrupteurs K_j sont commandés par un circuit logique tel que pour $j = 0 ; 1$ et 2 : si $a_j = 1$ alors K_j est fermé ; si $a_j = 0$ alors K_j est ouvert.

1. Exprimer la tension de sortie u_s du convertisseur en fonction de la résistance R' et de l'intensité I du courant résultant des courants d'intensités I_j pour $j = 0 ; 1$ et 2 .

2. Exprimer l'intensité I en fonction de a_2, a_1, a_0, E et R .



3. Établir l'expression de la tension de sortie u_s en fonction de E et du nombre N , équivalent décimal du nombre binaire d'entrée $[N] = a_2a_1a_0$.

Montrer que cette expression peut s'écrire sous la forme $u_s = \frac{E}{4} N$ lorsque $R = R'$.

4. Calculer le quantum q et la pleine échelle P.E du convertisseur.

5. Déterminer le mot binaire $[N]$ qu'il faut appliquer à l'entrée du convertisseur pour obtenir à la sortie une tension de valeur 5 V.

6. La tension de référence E est considérée maintenant réglable.

Sachant que l'amplificateur se sature à 15 V, déterminer la valeur maximale de la tension E pour assurer le fonctionnement convenable du convertisseur étudié.



On considère un convertisseur numérique analogique, à 5bits, de résolution analogique, ou quantum,

$q = 0,75V$

1- Quelle est la valeur de la tension de sortie u_s pour une entrée binaire $[N_1] = [01011]$?

2- Quelle est l'entrée binaire $[N_2]$ lorsque tension de sortie $u_s = 5,25V$?

3- Trouver la tension correspondant à la pleine échelle de ce convertisseur.

4- Trouver l'entrée binaire $[N_{\max}]$ permettant pour laquelle l'amplificateur opérationnel reste en régime linéaire.

Corrigés

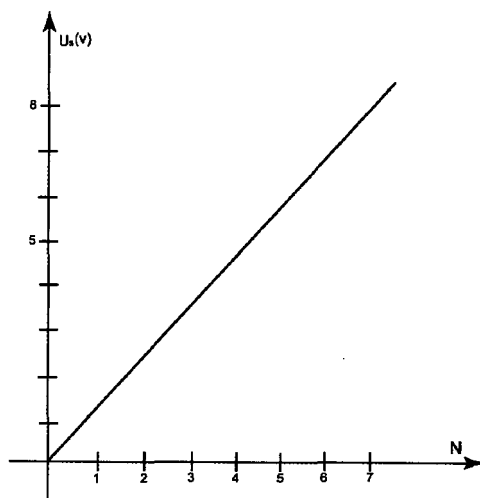


1. Le convertisseur comprend les bits a_0 ; a_1 et a_2 donc c'est un convertisseur à 3bits.

2.

$[N] = a_2 a_1 a_0$	Equivalent décim al N	$U_s (V)$
000	0	0
001	1	1,14
010	2	2,26
011	3	3,41
100	4	4,55
101	5	5,50
110	6	6,83
111	7	8,02

3.



4. La courbe $U_s = f(N)$ est une droite qui passe par l'origine
 $\Rightarrow U_s = K N$ avec $k \approx 1,14 V$.

5. U_{PE} est obtenue lorsque $N = N_{\max} = 2^3 - 1 = 7$

$$\Rightarrow U_{PE} = U_{S_{\max}} = 8 \text{ V}$$

$$q = U_{S2} - U_{S1} = k = 1,14 \text{ V}$$

Vérifions que $U_{PE} = q N_{\max} = 7 \times 1,14 \text{ V} \approx 8 \text{ V}$

6. Théoriquement :

$$U_{PE} = R' \frac{U_{ref}}{2^{n-1} R} \cdot (2^n - 1)$$

$$\text{AN } U_{PE} = 7,95 \text{ V} \approx U_{PE_{\text{expérimentale}}}$$

$$q_{th} = R' \frac{U_{ref}}{2^{n-1} R} = 1,136 \text{ V} \approx q_{\text{exp}}$$

Donc les valeurs théoriques sont bien en concordance avec les valeurs expérimentales.

7. La résolution numérique de ce convertisseur est

$$r = \frac{1}{2^n} = \frac{1}{2^3} = 0,125$$



$$1. [N] = [a_3 a_2 a_1 a_0]$$

2. Considérons le circuit suivant :

Dans la maille ABMA :

- Si K_0 est fermé

$$\Rightarrow a_0 = 1 \text{ alors}$$

$$U_0 + U_{ref} = 0$$

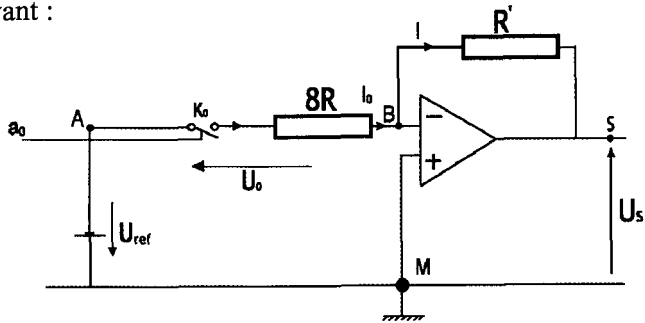
$$\text{Or } U_0 + 8RI_0 = -U_{ref}$$

$$\Rightarrow I_0 = -\frac{U_{ref}}{8R} = -\frac{a_0 U_{ref}}{8R} \text{ avec } a_0 = 1$$

$$\text{- Si } K_0 \text{ est ouvert } \Rightarrow a_0 = 0 \text{ alors } I_0 = 0 = -\frac{a_0 U_{ref}}{8R} \text{ avec } a_0 = 0$$

$$\text{D'où en conclusion } I_0 = -\frac{a_0 U_{ref}}{8R}$$

3. D'après la loi des nœuds : (au nœud B) : $I = I_0 + I_1 + I_2 + I_3$.



Une étude analogue à I_0 permet d'écrire I_1, I_2 et I_3

$$\text{D'où } I = -\frac{a_0 U_{ref}}{8R} - \frac{a_1 U_{ref}}{4R} - \frac{a_2 U_{ref}}{2R} - \frac{a_3 U_{ref}}{R}$$

$$I = -\frac{U_{ref}}{8R} [8a_3 + 4a_2 + 2a_1 + a_0]$$

$$\Rightarrow I = -\frac{U_{ref}}{8R} [2^3 a_3 + 2^2 a_2 + 2^1 a_1 + 2^0 a_0]$$

4. Dans la maille de sortie SBMS :

$$U_S + U_{R'} = 0 \Rightarrow U_S = -U_{R'} = -R'I$$

$$\text{Ce qui donne } U_S = \frac{R'U_{ref}}{8R} N$$

$$\text{En posant } \frac{R'U_{ref}}{8R} = k \text{ on obtient } U_S = kN$$

$$5. \bullet q = \frac{U_{S2} - U_{S1}}{2 - 1} = \frac{R'U_{ref}}{8R}$$

$$\text{AN } q = 0,75 V$$

$$\bullet U_{PE} = U_{S_{\max}} = qN_{\max} \text{ avec } N_{\max} = 2^4 - 1 = 15$$

$$\text{D'où } U_{PE} = 15q = 11,25 V.$$



1. Dans la maille de sortie $U_S + U_{R'} = 0 \Rightarrow$

$$U_S = -U_{R'} = -R'I \text{ avec } I = I_0 + I_1 + I_2$$

2. Dans la maille d'entrée comportant $4R$ on peut écrire

$$E + 4RI_0 = 0 \text{ si } a_0 = 1$$

$$I_0 = 0 \text{ si } a_0 = 0$$

$$\text{Ce qui donne } I_0 = -\frac{a_0 E}{4R}$$

$$\text{De même } I_1 = -\frac{a_1 E}{2R}$$

$$\text{Et } I_2 = -\frac{a_2 E}{R}$$

$$\text{Ce qui donne } I = I_0 + I_1 + I_2 = -\frac{E}{4R} [2^2 a_2 + 2^1 a_1 + 2^0 a_0]$$

$$3. U_s = -R' I = \frac{R' E}{4R} [2^2 a_2 + 2^1 a_1 + 2^0 a_0]$$

$$U_s = \frac{R' E}{4R} N$$

$$\text{Pour } R' = R \Rightarrow U_s = \frac{E}{4} N$$

$$4. q = U_s \text{ lorsque } N = 1 \Rightarrow q = \frac{E}{4} = 1V$$

$$U_{PE} = U_{s \max} = \frac{E}{4} N_{\max} \text{ avec } N_{\max} = 2^3 - 1 = 7$$

$$\text{Ce qui donne } U_{PE} = \frac{7E}{4} = 7V.$$

$$5. U_s = 5V = \frac{E}{4} \times 5 \rightarrow N = \text{or } 5 = [101]$$

D'où pour trouver à la sortie $U_s = 5V$ il faut que

$$a_2 = 1 \quad (k_2 \text{ fermé})$$

$$a_1 = 0 \quad (k_1 \text{ ouvert})$$

$$a_0 = 1 \quad (k_0 \text{ fermé})$$

$$6. U_{s \max} \text{ doit être inférieure à } 15V$$

$$\Rightarrow U_{s \max} < 15V \Rightarrow \frac{E}{4} N_{\max} < 15$$

$$\text{D'où } E < \frac{15 \times 4}{N_{\max}} \text{ avec } N_{\max} = 2^3 - 1 = 7$$

$$\text{Ce qui donne } E < \frac{60}{7} = 8,57V$$



$$1. U_s = q.N$$

Le nombre décimal correspondant à $[01010]$ est

$$N = 2^4 \times 0 + 2^3 \times 1 + 2^2 \times 0 + 2^1 \times 1 + 2^0 \times 0 = 10$$

Ce qui donne $U_s = 10q$ avec $q = 0,75$

$$U_s = 7,5 \text{ V}$$

$$2. \quad U_s = 5,25 \text{ V or } U_s = q \cdot N \Rightarrow N = \frac{U_s}{q}$$

$$\text{AN} \quad N = \frac{5,25}{0,75} = 7$$

Le nombre 7 s'écrit dans la base binaire à 5bits

$$[7] = [00111]$$

$$3. \quad U_{s\max} = q \cdot N_{\max} \quad \text{avec} \quad N_{\max} = 2^5 - 1 = 31$$

Ce qui donne $U_{s\max} = 23,25 \text{ V}$ or l'amplificateur est polarisée par une tension de $\pm 15 \text{ V}$

Ce qui donne $U_{s\max} = 15 \text{ V}$, et dans ce cas l'AO fonctionne en régime saturé d'où $U_{PE} = U_{Sat} = 15 \text{ V}$

$$4. \quad \text{Pour que l'AO fonctionne en régime linéaire il faut que } U_{s\max} \leq U_{Sat} = 15 \text{ V}$$

$$\text{Or } U_{s\max} = q N_{\max} \leq 15$$

$$\Rightarrow N_{\max} \leq \frac{15}{q} = 20.$$

Le nombre 20 s'écrit dans la base binaire à 5 bits $[20] = [10100]$