

CONVERTISSEUR ANALOGIQUE-NUMERIQUE

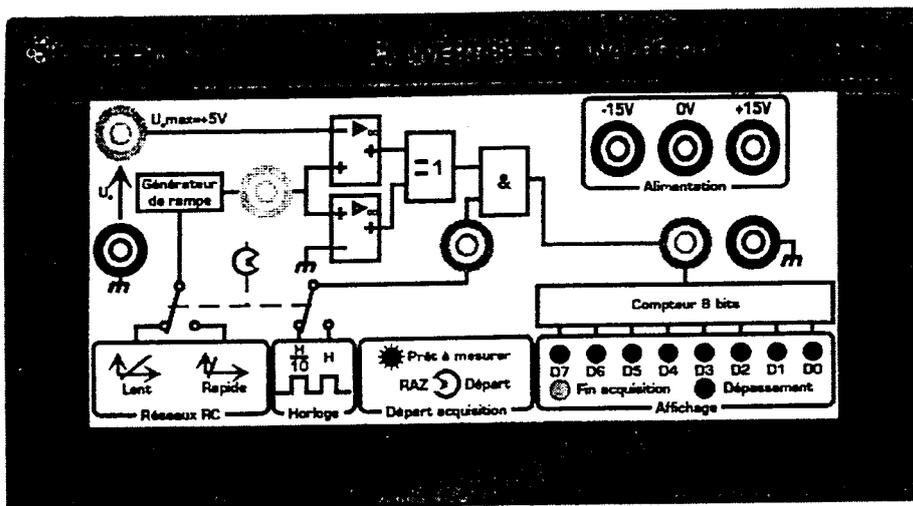
MT 4721

1. PRESENTATION DU PRODUIT

1.1 Objectifs pédagogiques

Ce support didactique permet de mettre en évidence le principe de la conversion d'un signal analogique en une valeur numérique.
 Le modèle étudié ici est un C.A.N. simple rampe.

1.2 Présentation



1.3 Composition

Le dessin représente le synoptique du convertisseur, ce dernier est composé, pour les fonctions essentielles, de:

- Un générateur simple rampe à 2 pentes (lent ou rapide)
- Deux comparateurs : l'un détectant le zéro de la rampe, l'autre comparant la tension d'entrée à celle générée par la rampe.
- Le horloge à 2 Fréquences (H et H/10) cadencant le compteur via la logique de validation.
- Le circuit d'Horloge qui est relié au compteur, via un circuit logique de commande piloté par l'un des comparateurs. Deux vitesses d'acquisition sont proposées, un commutateur permet de les sélectionner.
- Un compteur 8 bits qui indique par 8 diodes électroluminescentes (D.E.L. D0 à D7) la valeur binaire de la tension convertie.

La maquette comporte en outre :

- un commutateur «Départ acquisition» couplé à une D.E.L. verte «Prêt à mesurer» permettant de lancer la conversion en initialisant «RAZ» le compteur,
- une D.E.L. signalant la «Fin d'acquisition»,
- une D.E.L. signalant le «Dépassement»,
- toutes les douilles nécessaires à la connexion des appareils périphériques (entrée, points tests, sortie, alimentation).

2. UTILISATION DE L'APPAREIL

2.1 Extrait du programme

Seconde I.E.S.P.

«2.5 Conversion analogique-numérique :
Description d'un convertisseur analogique-numérique (CAN)

...
Pour le CAN, le modèle étudié est à simple rampe et on se limite au principe de base. On vérifie le fonctionnement sur un montage tout fait. On se contente de donner le schéma fonctionnel, sans essayer de fournir ou - à fortiori - de faire trouver le schéma électronique. On envisage le problème de la résolution. On étudie le comportement extérieur d'un montage tout fait.»

Terminale STI (Génie électronique) : physique appliquée

«3. Conversion numérique-analogique et analogique-numérique

3.1 Exemples de ...

...
Définir en représentant leurs fonctions de transfert :

* un CNA

* un CAN

...
Donner la définition de la résolution d'un convertisseur.

...
Savoir-faire théoriques

...
Effectuer, la démarche étant donnée, des calculs sur un CAN à simple rampe.»

2.2. Précautions d'emploi

Il est très important de respecter les tensions d'alimentation (± 15 V) et de ne pas dépasser les 5 volts en entrée.
D'autre part il ne faut surtout pas appliquer une tension aux bornes autres que les bornes U_e et alimentation, en effet ces 3 douilles sont des points test par rapport à la masse.

2.3 Un peu de théorie

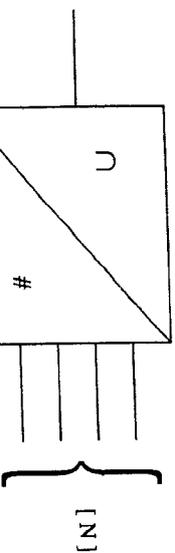
2.31 Définition

Un système électronique transformant une grandeur analogique U_e en un nombre binaire $[N]$ proportionnel à U_e est défini comme étant un convertisseur analogique-numérique.

U_e , la grandeur d'entrée, étant une tension, elle vérifiera l'expression $N = k \cdot U_e$, où N est l'équivalent décimal de $[N]$.

2.32 Schéma normalisé d'un C.A.N.

En France



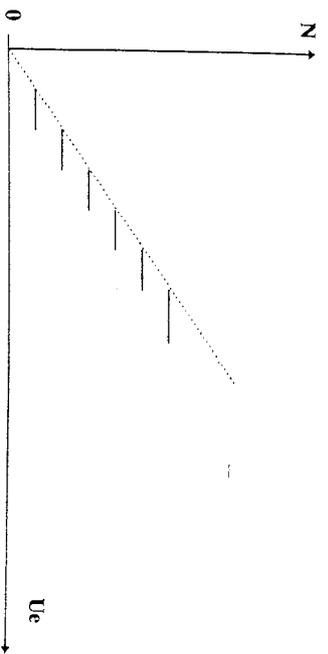
International



2.33 Caractéristiques

$N = f(U_e)$

N ne pouvant prendre que des valeurs discrètes quelles que soient les valeurs de U_e , la courbe aura l'aspect d'un escalier.
Cet escalier s'appuie sur une base inclinée d'équation $N = k \cdot U_e$ appelée «caractéristique de transfert».



Résolution

La valeur de la variation de tension d'entrée U_e qui provoque un changement d'un niveau sur le nombre N est appelée «résolution» du convertisseur analogique-numérique. Cela représente la largeur d'un palier de la caractéristique de transfert.

Remarque : pour une conversion précise, il convient d'avoir une résolution la plus petite possible.

2. Principe de fonctionnement

La tension à convertir U_e (5 V maxi, elle est supposée constante pendant le temps de la conversion), attaque l'entrée inverseuse du comparateur. Le signal issu du générateur de rampe est appliqué sur l'entrée non inverseuse de ce comparateur et est comparé à 0 par le second comparateur.

Le compteur, lui, incrémenté par le signal provenant du circuit logique (OU exclusif + porte ET + horloge à 2 vitesses), délivre le nombre $[N]$ affiché.

Les comparateurs :

Les amplificateurs comparateurs étant alimentés en ± 15 V, les niveaux à leur sortie seront 0 ou +15 V.

Soient a et b les entrées du circuit logique issues respectivement du comparateur du haut et de celui du bas.

$$a \approx 1 \text{ si } U_e < U_r$$

$$a \approx 0 \text{ si } U_e > U_r$$

où U_r = Tension du générateur de rampe

$$b \approx 1 \text{ si } U_r > 0$$

$$b \approx 0 \text{ si } U_r > 0$$

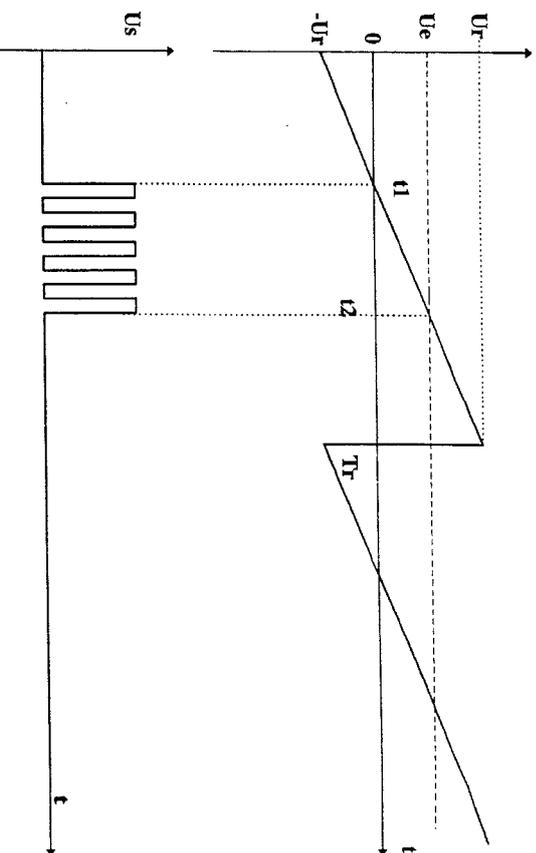
Le circuit logique :

Il est composé d'une association comportant un circuit OU exclusif attaquant une entrée d'un ET dont la deuxième entrée est pilotée par le signal U_h (période T_h) d'une horloge.

Table de vérité (U_s = tension à la sortie du circuit logique ou à l'entrée du compteur)

a	b	c	U_s
0	0	0	0
0	1	1	U_h
1	0	1	U_h
1	1	0	0

Que se passe-t-il dans le temps ?



Comment calculer N ?

Le nombre N que génère le compteur correspond au nombre de fronts montants, ou descendants, de l'horloge. Il correspond également au nombre de périodes T_h de l'horloge pendant l'intervalle $t_2 - t_1$.

Les calculs nous donnent :

$$U_e / (t_2 - t_1) = U_e / N \cdot T_h = 2 \cdot U_r / T_r, \text{ donc}$$

$$N = (T_r / 2 \cdot T_h \cdot U_e) / U_e$$

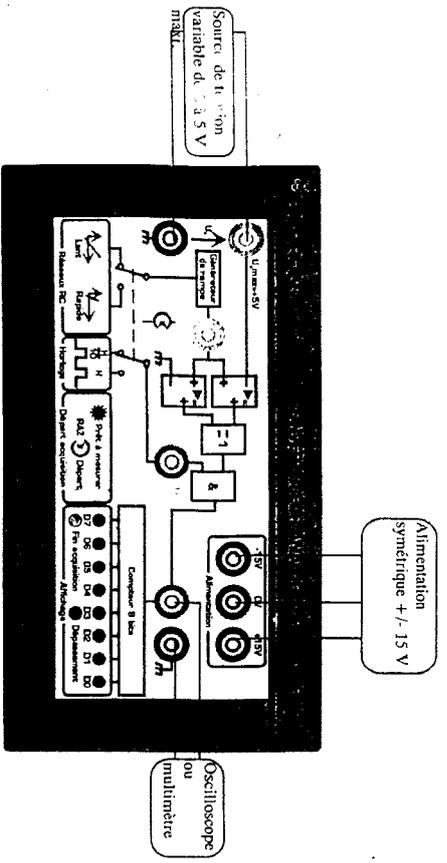
Ce nombre est bien proportionnel à la tension à convertir.
La résolution du convertisseur est $U_e = 2 \cdot T_h / T_r \cdot U_r$ (pour $T_r \gg T_h$)

2.5 Fonctionnement

Alimenter le produit avec une alimentation symétrique ± 15 V, attaquer l'entrée Ue avec la tension à convertir (5 V maxi), puis agir sur l'inverseur «Départ acquisition» après l'avoir mis en position RAZ pour initialiser le compteur.
 Suivant la vitesse de l'horloge, les 8 D.E.L. affichent plus ou moins vite le mot binaire correspondant à la tension d'entrée.

2.6 Caractéristiques techniques

- Résolution : 8 bits
- Précision : 9 LSB (Bits de poids faible)
- Tension d'entrée maximale admissible : 0 à 5 volts (Ve)
- Alimentation nécessaire : ± 15 V symétrique
- Dimensions : 240 x 128 x 35 mm
- Masse : 380 g



3.2 Matériel nécessaire

- Une alimentation symétrique MTT 4856 ou MT 4874
- Une alimentation variable 0 à 20 V MT 4852
- Ou une alimentation complète (symétrique et variable) à affichage numérique MT 4874
- Un multimètre à affichage numérique MT 1300

3.3 Expérience :

Appliquer une tension Ue à l'entrée, convertir cette tension en nombre décimal (exercice), observer le nombre N généré, vérifier le résultat par le calcul.

La précision de ce montage dépend de quelques paramètres, dont la valeur de l'alimentation symétrique du montage.
 Il conviendra, pour avoir de meilleurs résultats, de refaire plusieurs fois la même conversion.

nbre décimal	Ve (V)	128	64	32	16	8	4	2	1
10	0,20	0	0	0	0	1	0	1	0
20	0,39	0	0	0	1	1	1	0	0
30	0,58	0	0	1	1	1	1	1	0
40	0,78	0	0	1	1	0	0	0	0
50	0,98	0	0	1	1	0	0	1	0
64	1,25	0	1	0	0	0	0	0	0
100	1,95	0	1	1	0	0	1	0	0
128	2,50	1	0	0	0	0	0	0	0
150	2,93	1	1	0	0	0	1	1	0
200	3,90	1	1	0	0	1	1	0	0
250	4,90	1	1	1	1	1	1	1	0