



Maquette CAN-CNA 33200

NOTICE



Scannez
et découvrez !



Pour scanner, téléchargez l'App Usbtag
gratuite sur usbtag.net/app

Retrouvez
l'ensemble
de nos gammes sur :
www.pierron.fr

 **PIERRON**
EQUIPEMENT PÉDAGOGIQUE SCIENTIFIQUE

PIERRON - ASCO & CELDA • CS 80609 • 57206 SARREGUEMINES Cedex • France

Tél. : 03 87 95 14 77 • Fax : 03 87 98 45 91

E-mail : education-france@pierron.fr

1 - Introduction

Cet appareil possède deux convertisseurs positionnés à l'intérieur d'un boîtier isolant. Le premier est un convertisseur analogique/numérique (CAN), le second est un convertisseur numérique/analogique (CNA). Le principe de manipulation est le suivant : on émet un son à partir d'un GBF externe ou à partir d'une source audio. On visualise ce signal sur la voie **A** d'un oscilloscope. À l'aide de la maquette, le signal sonore analogique est transformé en signal numérique par un CAN puis retransformé en signal analogique par un CNA pour pouvoir être écouté dans un casque audio ou un haut-parleur ou visualisé sur la voie **B** de l'oscilloscope. On peut ainsi comparer les deux signaux à l'oscilloscope.

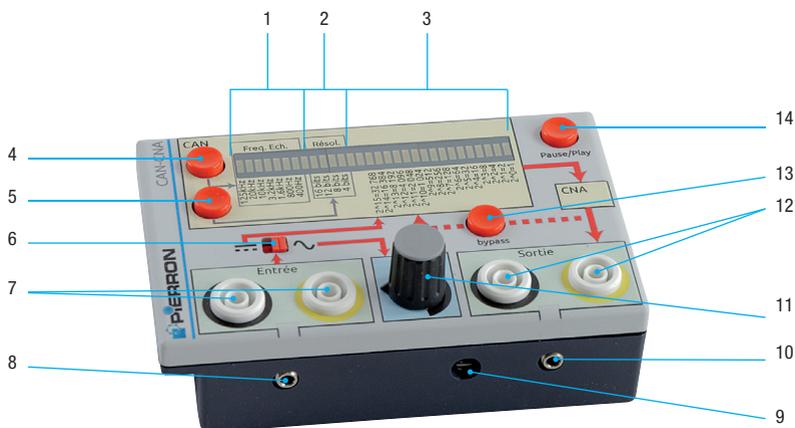
L'utilisateur peut faire varier la fréquence d'échantillonnage et la résolution, en agissant sur le nombre de bits du convertisseur, pour montrer l'influence de ceux-ci sur le signal en sortie. Ce dernier peut être facilement comparé au signal d'entrée visuellement ou de manière audible. La maquette permet également de mettre en évidence le codage binaire d'une tension continue. Ainsi, en injectant une tension continue en entrée, le mot binaire correspondant est lu sur un bargraphe.

2 - Contenu de l'emballage

- Une maquette CAN-CNA
- Un adaptateur secteur
- Une notice

Caractéristiques

- Nombre de bits du convertisseur : 4, 8, 12 et 16 bits
- Échantillonnage : de 400 Hz à 125 kHz en 7 fréquences : 400 Hz ; 800 Hz ; 1,6 kHz ; 3,2 kHz ; 10 kHz ; 20 kHz et 125 kHz
- Fréquences utilisables : 200 Hz à 20 kHz
- Tension de référence : 5 V
- Alimentation : 12 V sur adaptateur secteur (fourni)
- Entrée microphone sur fiche jack stéréo 3,5 mm
- Sortie casque sur fiche jack stéréo 3,5 mm
- Raccordement sur douilles double puits \varnothing 4 mm
- Boîtier en ABS
- Dimensions : 130 x 80 x 36 mm
- Masse : 185 g



- | | |
|---|--|
| (1) : Bargraphe indicateur de fréquence d'échantillonnage | (8) : Prise jack stéréo Ø 3,5 mm pour le signal d'entrée |
| (2) : Bargraphe indicateur du nombre de bits du convertisseur | (9) : Embase pour adaptateur secteur |
| (3) : Bargraphe indicateur du mot binaire | (10) : Prise jack stéréo Ø 3,5 mm pour le signal de sortie |
| (4) : Bouton-poussoir de réglage de la fréquence d'échantillonnage | (11) : Réglage de l'amplification du signal d'entrée |
| (5) : Bouton-poussoir de réglage du nombre de bits du convertisseur | (12) : Bornes pour le signal de sortie |
| (6) : Commutateur signal continu / signal alternatif | (13) : Bouton-poussoir bypass |
| (7) : Bornes pour le signal d'entrée | (14) : Bouton-poussoir Pause/Play |

Utilisation

1. Rappels

Un **signal analogique** est un signal qui varie de manière continue en fonction du temps.

Un **signal numérique** est un signal qui varie de façon discontinue, par paliers, en fonction du temps.

Un **convertisseur analogique-numérique** (CAN) transforme, comme son nom l'indique, une grandeur analogique (tension ou courant) en une grandeur numérique (mot binaire).

Un **convertisseur numérique-analogique** (CNA) transforme, quant à lui, une grandeur numérique en une grandeur analogique.

La **fréquence d'échantillonnage** représente la fréquence à laquelle sont capturées les valeurs. Plus la fréquence d'échantillonnage est grande et plus le signal numérique reproduit fidèlement le signal analogique initial. Néanmoins, une fréquence d'échantillonnage élevée peut générer une grande quantité de données qui peut être ensuite difficile à traiter.

Le **théorème de Shannon** permet de déterminer la fréquence d'échantillonnage minimale à appliquer pour qu'un signal numérisé restitue une image assez fidèle du signal analogique duquel il est issu. Ce théorème indique que **la fréquence d'échantillonnage doit être au moins le double de la fréquence du signal analogique.**

La **résolution ou pas de conversion ou quantum (p)** est la plus petite variation de tension que le convertisseur peut repérer. Celle-ci va dépendre de la plage de mesure et du nombre de bits **n** du convertisseur utilisé.

Ici, la plage de mesure correspond à la tension de référence $V_{\text{réf}}$, soit 5,0 V. La résolution **p** est alors donnée par la relation :

$$p = \frac{V_{\text{réf}}}{2^n}$$

2. Étude de la conversion d'un son

2.1. Matériel nécessaire

- la maquette CAN/CNA
- un GBF amplifié, réf. 04729.10
- un oscilloscope numérique, réf. 15587.10
- une source sonore (smartphone)
- un casque audio, réf. 08768.10
- un haut-parleur, réf. 06080.10
- un cordon jack stéréo 3,5 mm mâle-mâle, réf. 34502.10
- des cordons de raccordement \varnothing 4 mm

2.2. Objectif

L'objectif est ici de comparer un signal sonore avant et après conversion CAN-CNA, au cours de laquelle il est possible de faire varier la fréquence d'échantillonnage et/ou la résolution suivante deux approches :

- qualitative : en sortie audio, avec le casque ou le haut-parleur ;
- quantitative : à l'oscilloscope.

2.3. Comparaison audio-entrée / audio-sortie

- Alimenter la maquette en connectant l'adaptateur secteur dans l'embase (9).
- Positionner le commutateur (6) sur la position **alternatif** matérialisé par le symbole \sim .
- Régler le GBF afin de produire une tension sinusoïdale (exemple : 400 Hz ; 4 V_{cc}) et le

- connecter aux bornes (7) (ou brancher un signal sonore à l'entrée de la maquette sur la prise jack (8)).
- Brancher, à la sortie, un haut-parleur sur les bornes (12) (ou un casque audio sur la prise jack (10)).
 - Régler l'amplitude du signal à l'aide du bouton de réglage de l'amplification du signal d'entrée (11) pour obtenir un son d'amplitude convenable sur le haut-parleur.
 - Appuyer et relâcher le bouton-poussoir *bypass* (13), pour comparer respectivement le son d'entrée produit par le GBF et le son à la sortie du CAN-CNA.
 - Faire varier la fréquence d'échantillonnage en appuyant sur le bouton-poussoir associé (4), plusieurs fois au besoin (de 125 kHz à 400 Hz).
 - Faire de même pour la résolution, en changeant le nombre de bits du convertisseur (16 bits à 4 bits) à l'aide du bouton-poussoir dédié (5).
 - Écouter et comparer les sons : entrée et sortie après conversion CAN-CNA, en utilisant le bouton-poussoir *bypass* (13).
 - En déduire l'influence de la fréquence d'échantillonnage et de la résolution sur la restitution du son.
 - Retrouver le théorème de Shanonn pour un choix de la fréquence du son appropriée (ex : 400 Hz pour un échantillonnage à 400 Hz).



Si l'amplitude du son produit par le GBF n'est pas assez grande, il est possible que l'appui sur le bouton-poussoir *bypass* (13) « annule » le son du GBF. Il suffit d'augmenter suffisamment l'amplitude du GBF pour que le son d'entrée soit audible par cette manœuvre.

2.4. Comparaison signal-entrée / signal-sortie à l'oscilloscope

- Alimenter la maquette en connectant l'adaptateur secteur dans l'embase (9).
- Positionner le commutateur (6) sur la position *alternatif* matérialisé par le symbole \sim .
- Régler le GBF afin de produire une tension sinusoïdale (exemple : 400 Hz ; 4 V_{cc}) et le connecter aux bornes (7).
- Connecter la voie **A** (DC) de l'oscilloscope aux bornes du GBF.
- Connecter la voie **B** (DC ; inverser) de l'oscilloscope aux bornes de sortie (7) du convertisseur CAN-CNA.
- Faire varier alors la fréquence d'échantillonnage en appuyant sur le bouton-poussoir associé (4).
- En faire de même pour la résolution, en appuyant sur le bouton-poussoir dédié (5).

- Comparer les oscillogrammes : entrée et sortie après conversion CAN-CNA.
- En déduire l'influence de la fréquence d'échantillonnage et de la résolution sur la nature de la courbe de sortie obtenue.

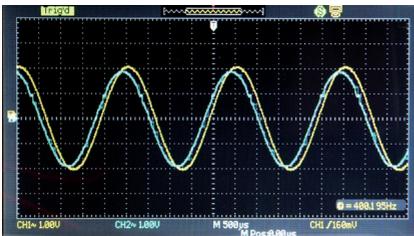


Attention de bien respecter les connexions à la masse (bornes noires de la maquette) avec celles de l'oscilloscope, afin d'éviter tout conflit de masse (court-circuit du signal).

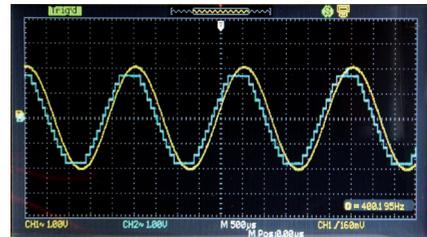
Bien vérifier également que le bouton *Pause/Play* (14) n'est pas enfoncé : dans l'affirmative, le signal CNA serait à « 0 ».

Illustrations

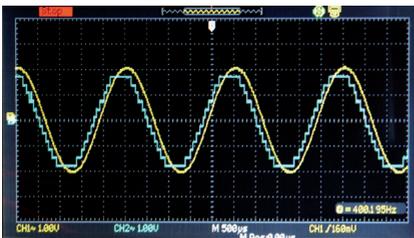
En jaune le signal d'entrée avant conversion, et en bleu le signal de sortie après conversion.



Fréquence du signal d'entrée : 400 Hz
Fréquence d'échantillonnage 125 kHz / 16 bits



Fréquence du signal d'entrée : 400 Hz
Fréquence d'échantillonnage 125 kHz / 4 bits



Fréquence du signal d'entrée : 400 Hz
Fréquence d'échantillonnage 3,2 kHz / 16 bits



Fréquence du signal d'entrée : 400 Hz
Fréquence d'échantillonnage 3,2 kHz / 4 bits

Le signal est d'autant mieux restitué que la fréquence d'échantillonnage est grande et la résolution petite. Du point de vue sonore, le convertisseur CAN-CNA restitue en sortie un son de même hauteur ou fréquence (pour une oreille « avertie ») mais de timbre différent (courbe différente) par rapport au son d'entrée.

3. Conversion d'une tension en mot binaire

3.1. Matériel nécessaire

- la maquette CAN-CNA
- un générateur de tension continue variable, réf. 01988.10
- un multimètre, utilisé en voltmètre
- des cordons de raccordement Ø 4 mm

3.2. Mode opératoire

En appliquant une tension continue (entre 0 et 5 V max) à l'entrée du CAN, l'objectif est de :

- la convertir en un mot binaire **N** matérialisé par l'allumage de LED sur le bargraphe (3),
- comparer le résultat de la numérisation avec la tension d'entrée,
- observer l'influence de la fréquence d'échantillonnage et de la résolution **p** sur la tension après CAN,
- comparer la tension de sortie du CNA avec la tension d'entrée.

3.2. Mode opératoire

- Alimenter la maquette en connectant l'adaptateur secteur dans l'embase (9).
- Positionner le commutateur (6) sur la position *continu* matérialisé par le symbole .
- Régler la tension continue (< 5,0 V) du générateur (ex : 1,7 V) et la connecter aux bornes d'entrée (7).
- Connecter le voltmètre aux bornes de sortie (12).
- Choisir une fréquence d'échantillonnage en appuyant sur le bouton-poussoir associé (4) plusieurs fois au besoin.
- Choisir une résolution en appuyant sur le bouton-poussoir (5) plusieurs fois au besoin.
- Pour les résolutions importantes (convertisseur en 16 et 12 bits), le mot binaire **N** peut fortement fluctuer puisque la tension d'entrée n'est pas parfaitement stable surtout pour les valeurs qui se situent trois chiffres après la virgule (ordre du mV).

Pour palier à cette fluctuation, l'appareil dispose d'un bouton *Pause/Play* (14) qui fige la valeur de la tension d'entrée au niveau du convertisseur CAN lorsque le bouton est enfoncé (un appui). Le mot binaire **N** correspondant est donc parfaitement lisible sur le bargraphe indicateur (3). Chaque LED correspond à un bit (0 ou 1) : LED allumée correspond à 1 et LED éteinte correspond à 0.

- Calculer la valeur de la tension continue ainsi numérisée (U_{CAN}) par le CAN, compte tenu de la valeur décimale de **N** et de la résolution **p** :

$$U_{CAN} = N.p$$

- Comparer la tension U_{CAN} avec la tension d'entrée U_E en utilisant le bouton-poussoir *bypass* (13).
- Comparer la tension de sortie U_S qui résulte de la conversion CAN-CNA, avec U_E .
- Faire de même pour diverses valeurs de la fréquence d'échantillonnage et de la résolution.
- Interpréter les résultats

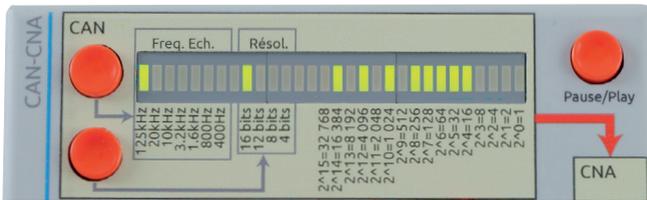


On veillera à appuyer à nouveau sur le bouton *Pause/Play*, bouton « sorti » pour étudier tout nouveau mot binaire. On remarquera que lors que la fonction *Pause/Play* n'est pas utilisée (bouton « sorti »), certaines LED ont un éclairage moins important correspondant à des fluctuations de la tension, alors qu'au contraire, en fonction *Pause/Play*, les LED sont en pleine luminosité

Illustration :

On applique en entrée une tension continue de 1,7 V avec un convertisseur à $n = 16$ bits et une fréquence d'échantillonnage de 125 kHz.

On obtient le résultat ci-dessous :



Le mot binaire **N** obtenu est 0101010111110000

Converti en décimal, on obtient $N = 2^{14} + 2^{12} + 2^{10} + 2^8 + 2^7 + 2^6 + 2^5 + 2^4 = 22\,000$.

La résolution **p** est de : $p = 5,0 / 2^{16} = 7,6289 \cdot 10^{-5} V$

Le mot binaire $N = 22\,000$ correspond à une tension $U_{CAN} = 22\,000 \times 7,6289 \cdot 10^{-5} V$, soit $U_{CAN} = 1,678 V$.

La tension mesurée à l'entrée (bouton-poussoir *bypass* appuyée) : $U_E = 1,708 V$

La tension mesurée en sortie du CAN-CNA est de $U_S = 1,712 V$

Par rapport à la tension d'entrée U_E , l'écart relatif de la tension U_{CAN} est de 2 % et celui de la tension U_S est de 0,2 %.