

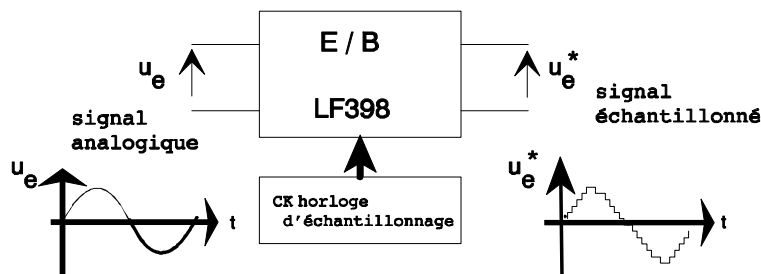
TP n°4 : échantillonnage d'un signal analogique et restitution.

● **Buts du TP** : le but de ce quatrième TP de seconde année est l'étude du phénomène d'échantillonnage d'un signal analogique, ainsi que sa restitution en bout de chaîne de traitement numérique.

1°) - étude de l'échantillonneur-bloqueur.

Ce circuit constitue l'étage d'entrée de la maquette « filtre numérique » à utiliser pendant le TP.

Le signal analogique $u_e(t)$ est échantillonné puis bloqué par l'intermédiaire d'un circuit intégré LF398 à la fréquence d'échantillonnage déterminée par l'horloge intégrée à la maquette.



-1-1

Etude de l'horloge

L'horloge est constituée à partir d'un circuit intégré 4528 comportant deux circuits monostables identiques et délivre des signaux quasi-impulsionnels (impulsions de Dirac).

Sur la maquette, le signal d'horloge est présent sur la borne U_{ck} .

Un potentiomètre permet le réglage de la fréquence d'horloge

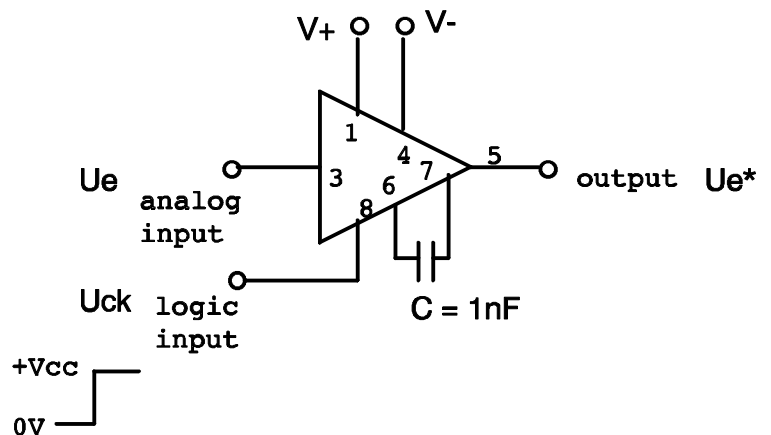
Relevez les caractéristiques pratiques de l'horloge : durée de l'impulsion d'horloge, valeurs limites de la fréquence d'horloge (et donc de la fréquence d'échantillonnage F_{ck}).

-1-2- Etude de l'échantillonneur-bloqueur

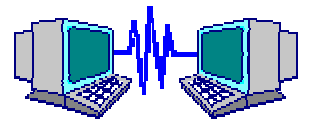
L'échantillonneur-bloqueur utilisé est un LF398 .

Lorsque l'entrée logic input est au niveau haut, le signal d'entrée est transféré en sortie : il y a "prise d'échantillon" .

Lorsque logic input est au niveau bas, l'acquisition est stoppée .



Le circuit maintient en sortie le dernier échantillon prélevé : il y a blocage .



Le temps nécessaire pour effectuer l'acquisition d'un échantillon (transfert de l'entrée vers la sortie) est réglé par la valeur du condensateur C (durée de quelques micro-secondes) .

On utilise la maquette « filtre numérique » dont l'horloge d'échantillonnage a été testée dans le paragraphe précédent.

Le signal à échantillonner $u_e(t)$ est un signal sinusoïdal de fréquence $f = 400\text{Hz}$.

Visualisez et relevez à l'oscilloscope $u_e(t)$ et $u_e^*(t)$ pour différentes valeurs de la fréquence d'échantillonnage F_{ck} . Faites de même pour un signal triangulaire.

Justifiez l'allure des signaux obtenus .

2°) - étude du signal échantillonné. —

-2-1- Etude théorique

On utilise pour cette étude le logiciel FOURIER.

Dans ce logiciel , choisissez le signal appelé « sinus » (dans « période ») : l'exemple traité est celui d'une sinusoïde échantillonnée à une fréquence d'échantillonnage réglable.

Visualiser le spectre de cette sinusoïde échantillonnée, en prenant 32 harmoniques :

- pour $F_{CK} = 10.F$ (F étant la fréquence de la sinusoïde)
- pour $F_{CK} = 3F$.
- Commentaires (revoir le cours pour comprendre comment agit l'échantillonneur-bloqueur sur le spectre de $u_e(t)$).

-2-2- Expérimentation

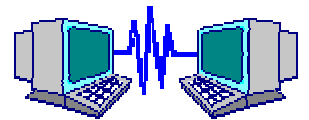
- $u_e(t)$ est un signal sinusoïdal de fréquence $f = 400\text{Hz}$. La fréquence d'horloge est réglée à $F_{CK}=2500\text{Hz}$.

Visualisez $u_e(t)$ et $u_e^*(t)$ à l'oscilloscope ; puis , en utilisant le logiciel COFSCOPE, relever la raie correspondant au signal $u_e(t)$ ainsi que les trois premières raies du signal échantillonné $u_e^*(t)$.

Ce que vous observez correspond-il à la théorie ?

- Effectuez la même étude successivement lorsque :
 - $u_e(t)$ est un signal sinusoïdal de fréquence $f = 1500\text{Hz}$. la fréquence d'horloge étant réglée à $F_{CK}=2500\text{Hz}$.
 - $u_e(t)$ est un signal triangulaire de fréquence $f = 400\text{Hz}$, la fréquence d'horloge étant réglée à $F_{CK}=2500\text{Hz}$.
 - $u_e(t)$ est un signal triangulaire de fréquence $f = 200\text{Hz}$, la fréquence d'horloge étant réglée à son maximum.

Ce que vous observez correspond-il à la théorie ? (pour le signal triangulaire, on pourra dessiner son spectre à l'aide du logiciel COFSCOPE)

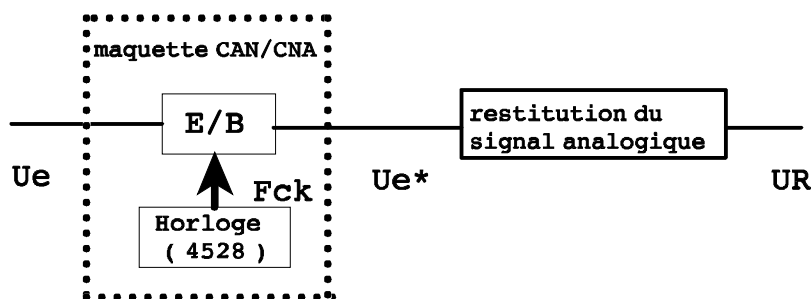


3°) - restitution du signal analogique.

Problème posé : si on désire traiter numériquement un signal $u_e(t)$ analogique , on commence par l'échantillonner-bloquer, et le système numérique travaille donc sur le signal $u_e^*(t)$. Il importe donc que $u_e^*(t)$ soit une image fidèle de $u_e(t)$; on doit donc pouvoir reconstituer le signal $u_e(t)$ à partir du signal $u_e^*(t)$.

3-1- le signal $u_e^*(t)$ est obtenu à partir d'un signal $u_e(t)$ sinusoïdal de fréquence $f = 400\text{Hz}$ échantillonné à une fréquence $F_{ck}=2500\text{Hz}$.

Au vu du spectre du signal $u_e^*(t)$ obtenu au paragraphe précédent, proposez un montage permettant de restituer le signal analogique $u_e(t)$.



Calculez les éléments nécessaires à la constitution de ce montage et câblez-le.

Visualisez simultanément à l'oscilloscope le signal de départ $u_e(t)$ et le signal restitué $u_R(t)$.

Modifiez la fréquence d'échantillonnage, tout en continuant à visualiser les deux signaux $u_e(t)$ et $u_R(t)$.

Qu'observe-t-on ?

3-2- $u_e^*(t)$ est à présent obtenu à partir d'un signal $u_e(t)$ triangulaire, de valeur moyenne nulle , de fréquence $f = 200\text{Hz}$, et d'amplitude 2V , échantillonné à la fréquence F_{ck} maximale.

On désire restituer comme précédemment le signal analogique : comment doit-on modifier le montage de restitution pour retrouver le signal triangulaire initial ?

Effectuez la manipulation : conclusion ?

-3-3- Vérification du théorème de Shannon

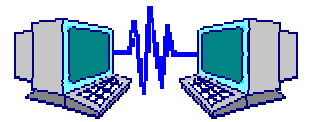
$u_e(t)$ demeure triangulaire de fréquence $f = 1000\text{Hz}$.

Modifiez votre montage de restitution en fonction de cette nouvelle valeur .Vérifiez que le signal initial est correctement restitué.

Nous allons à présent faire varier la fréquence d'échantillonnage F_{ck} .

Donnez successivement à F_{ck} les valeurs 10kHz puis 2000Hz : qu'observez-vous ? Pourquoi ?

Conclure en rappelant le théorème de Shannon.



Sites intéressants sur le sujet :

<http://www.mesures.com/archives/760solechantillonnage.pdf>

http://perso.univ-lr.fr/pcourtel/espardon/site_web/Ch7/page7-4.htm

<http://jeromard.free.fr/tipe/repliment.htm>

<http://www.sciences.univ-nantes.fr/info/perso/permanents/pmartin/Video/Shannon.html>

<http://www.ta-formation.com/cours-conversion/echantillonnage/echantillonnage.htm>

http://patrick.furon.free.fr/_traitementsignal/_cours_tns/_echantillonnage_frequentiel/000.html