



Lycée Charles Coëffin — Sciences physiques

Fiche de travaux pratiques — CPGE TSI2

TD 4 : Oscillateurs électroniques

Objectifs

- Mettre en évidence l'influence de la fréquence d'échantillonnage.
- Mettre en évidence le phénomène de repliement de spectre dû à l'échantillonnage lors de l'utilisation d'un oscilloscope numérique ou d'une carte d'acquisition.
- Choisir les paramètres (durée, nombre d'échantillons, fréquence d'échantillonnage) d'une d'acquisition numérique afin de respecter la condition de Nyquist-Shannon.

Pré-requis : régime sinusoïdal forcé, méthode complexe, associations d'impédances complexes ; signal périodique, décomposition d'un signal, fonctions de transfert ; propriétés d'un ALI en régime saturé, modèles d'ALI idéal.

1 Exercices

Extrait d'une notice ★

On peut lire dans la notice d'utilisation de l'oscilloscope numérique TDS1002 :

"Si vous tournez le bouton SEC/DIV afin de sélectionner un réglage plus rapide (moins de cycles), le spectre FFT [*Fast Fourier Transform*] affiche une plage de fréquences plus étendues et limite les possibilités d'un repliement du spectre. Cependant l'oscilloscope affiche également une moins bonne résolution de fréquence."

Interpréter et **commenter** cet extrait.

Filtres numériques ★ ★

On rappelle que pour transformer une relation différentielle en une équation sur les échantillons, il faut approximer la dérivée. Le plus simple est d'utiliser le schéma d'Euler, en prenant la période d'échantillonnage T_e comme pas de temps.

On utilisera ici le schéma d'Euler explicite : la dérivée est toujours approximée par un taux de variation entre les instants k et $k + 1$, mais toutes les autres grandeurs sont à considérer au pas de temps k .

1. **Établir** la relation de récurrence d'un filtre numérique simulant le filtre analogique passe-bas du premier ordre.
2. **Établir** la relation de récurrence d'un filtre numérique simulant le filtre analogique passe-haut du premier ordre.

Adaptation de la fréquence d'échantillonnage aux besoins ★

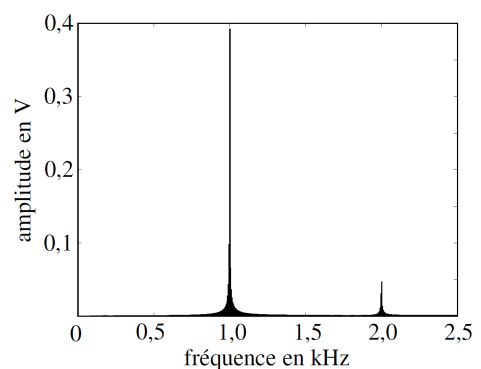
En téléphonie, la fréquence d'échantillonnage est $f_e = 8 \text{ kHz}$. Pour la musique enregistrée sur un CD, elle est de $f_e = 44,1 \text{ kHz}$.

Commenter. Déterminer, dans les deux cas, s'il faut utiliser a priori un filtre anti-repliement.

Analyse spectrale d'un signal triangulaire ★

La figure ci-dessous représente le spectre d'un signal triangulaire d'amplitude crête-à-crête égale à 1 V et de fréquence 1 kHz obtenu par DFT à partir d'un échantillon de 1024 points pris à la fréquence d'échantillonnage $f_e = 5 \text{ kHz}$.

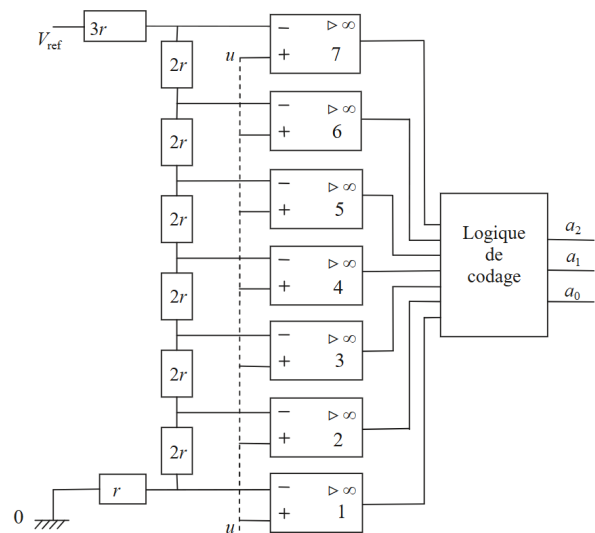
1. **Expliquer** la présence dans ce spectre d'une raie à 2000 Hz sachant que le signal ne contient que des harmoniques de rang impair.
2. **Proposer** des paramètres expérimentaux (fréquence d'échantillonnage, nombre de points) plus adaptés à l'observation de ce spectre. On considère que le signal triangulaire est quasiment égal à la somme de ses composantes de Fourier de rang inférieur ou égal à 7 et on souhaite une précision minimale de 1% sur la mesure des fréquences.



Convertisseur analogique-numérique ★ ★ ★

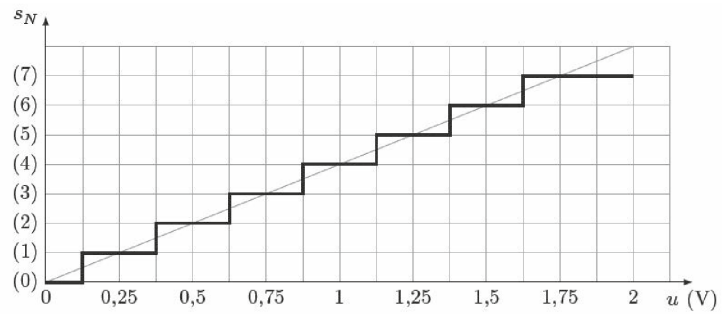
La figure ci-contre représente un convertisseur à $N = 3$ bits, qui convertit une tension u qui vérifie $0 < u < V_{ref}$. Il est composé de 7 comparateurs, d'une logique de commande et de résistances de valeur r , $2r$ et $3r$. Les comparateurs ont une impédance d'entrée infinie et délivrent un signal logique qui est au niveau haut lorsque la patte reliée à u a un potentiel supérieur à celui de la patte reliée à V_{ref} par l'intermédiaire des résistances.

1. **Expliquer** le fonctionnement de ce convertisseur.
2. On note u_N la tension numérisée, reconstituée à partir de s_N , nombre obtenu en sortie du numériseur. **Déterminer** comment passer de s_N à u_N .
3. Pour un convertisseur 8 bits, **déterminer** combien il faut de comparateurs.



La figure ci-après représente le signal numérisé s_N en fonction de la tension à numériser u .

4. **Déterminer** la valeur du nombre de bits N dans l'exemple donné.
5. **Donner** les valeurs de s_N en base 2 et de u_N pour $u = 1,28 \text{ V}$.
6. **Déterminer** le type d'erreur induit par la numérisation. **Préciser** l'écart maximal entre la valeur de la tension numérisée u_N et u .

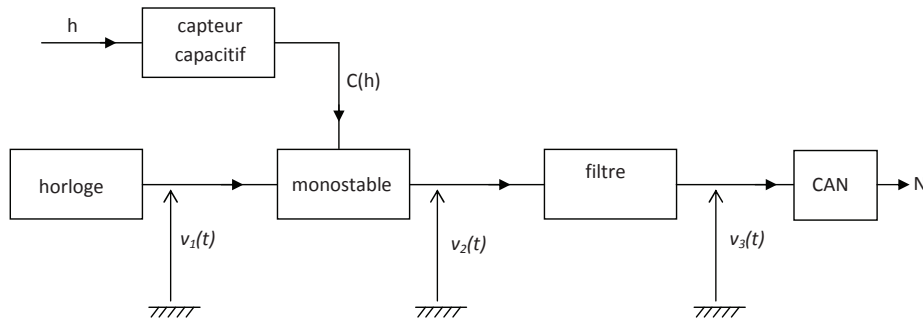


2 Annale

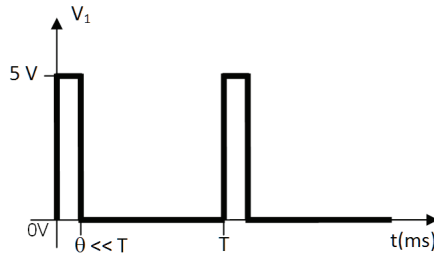
On souhaite mesurer la hauteur h de gazole dans une citerne à l'aide d'un capteur capacitif. Ce dernier peut être assimilé à un condensateur plan de capacité $C(h)$. Les valeurs minimales de $C(h)$ sont respectivement 118 pF et 590 pF. Le lien entre la hauteur de gazole h en m dans la citerne et $C(h)$ en pF est

$$C(h) = 118 \times (1,00 + 4,00 \times h).$$

La chaîne de mesure est décrite de manière synoptique sur le schéma ci-dessous. L'objectif est d'obtenir une tension $v_3(t)$ proportionnelle à $C(h)$.



Un monostable est un circuit possédant deux états en sortie. Un état stable (durée indéfinie) et un état instable de durée T_0 fixe. Le passage à l'état instable se produit sous l'effet d'une impulsion de commande délivrée par le signal d'horloge de période $T = 2,00$ ms et dont l'état haut a une durée θ très petite devant T (voir document ci-après). On impose $T_0 < T$.



Le condensateur étudié en partie B est inséré dans le circuit électronique (non étudié ici) du monostable ; on admet que dans ces conditions T_0 (appelée durée propre du monostable) est proportionnelle à $C(h)$:

$$T_0 = R.C(h) \text{ où } R \text{ est un facteur de proportionnalité.}$$

La notice technique du monostable indique par ailleurs qu'en fonctionnement normal :

- T_0 est supérieure à $10,0 \mu\text{s}$
- La bascule de l'état stable à l'état instable se réalise quasi-instantanément sur front montant du signal d'horloge.
- La bascule de l'état instable à l'état stable se réalise quasi-instantanément au bout d'un temps T_0
- L'état instable en sortie a pour valeur $U_0 = 5,00$ V ; l'état stable en sortie a pour valeur $0,00$ V.

C1. Expliquer qualitativement pourquoi il est nécessaire d'imposer $T_0 < T$.

C2. Déterminer la plage de variation de R pour que le monostable fonctionne correctement.

C3. On choisit dorénavant $R = 2,00 \text{ M}\Omega$.

Déterminer la plage de variation de T_0 lors du fonctionnement du capteur capacitif.

C4. Tracer sur la copie, en justifiant, une allure du graphe de $v_2(t)$ pour t entre 0 et $2T$ en y plaçant U_0 , T_0 et T .

C5. Etablir l'expression de la valeur moyenne $V_{2\text{moy}}$ de $v_2(t)$ à l'aide de U_0 , T et T_0 .

En déduire la plage de variation de $V_{2\text{moy}}$ lors du fonctionnement du capteur capacitif.

C6. On désire obtenir en sortie du filtre mentionné dans le schéma synoptique $v_3(t) = V_{2\text{moy}}$.

Proposer un montage simple, constitué d'un conducteur ohmique de résistance $R_1 = 220 \text{ k}\Omega$ et d'un condensateur de capacité C_1 , réalisant cette opération.

Déterminer une condition sur la valeur numérique de C_1 afin d'obtenir en sortie du filtre cette valeur moyenne.

On souhaite visualiser le résultat de la mesure de h à l'aide d'un afficheur numérique. Pour cela, on utilise préalablement un CAN (convertisseur analogique numérique) permettant la numérisation de la tension v_3 en un nombre N binaire exprimé sur 8 bits. La valeur maximale admise en entrée du CAN est $V_{\text{max}} = 5,00 \text{ V}$. La valeur minimale est $0,00 \text{ V}$.

C7. Que vaut le pas (ou quantum) q du CAN ?

C8. En déduire la plus petite variation de hauteur de liquide Δh mesurable.

C9. Que vaut la valeur N_{min} de N (exprimé en base 10) quand la citerne est vide ?

Que vaut la valeur N_{max} de N (exprimé en base 10) quand la citerne est pleine ?

On se restreint au cas particulier où $T_0 = 1,00 \text{ ms}$. On donne la décomposition en série de Fourier de la tension $v_2(t)$:

$$v_2(t) = V_{2\text{moy}} + \frac{2U_0}{\pi} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{2k+1} \sin \left((2k+1) \frac{2\pi}{T} t \right)$$

C10. En raisonnant uniquement sur la première harmonique de $v_2(t)$ (c'est-à-dire $k = 0$), déterminer une condition sur C_1 de manière à ce que la fluctuation de $v_3(t)$ due à cette harmonique n'engendre pas en sortie du CAN de modification de la valeur du nombre binaire N correspondant à $V_{2\text{moy}}$.