

I Semaine 1 et 2 - Électronique numérique

I.1 Un casque à réduction de bruit

Le CNA est tellement classique, qu'il est déjà dans votre TD !

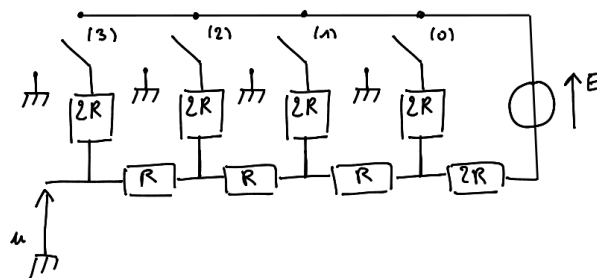
Les casques à réduction de bruit active sont des systèmes au long processus que nous allons ici étudier.

I.1.1 Numérisation du signal

1. Les microphones captent dans un premier temps le bruit ambiant. Pourquoi est-il nécessaire de convertir les vibrations sonores en signal numérique ? Expliquer les étapes du processus afin d'obtenir un signal numérique.
2. On modélise le processus d'échantillonnage avec la méthode d'échantillonnage la plus "simple" possible. La présenter. On notera f_e la fréquence d'échantillonnage.
3. Dans le cas où notre signal d'entrée est une simple sinusoïde $x(t) = X_O \cos(2\pi Ft)$, que dire du spectre du signal de sortie de l'échantillonneur ? Peut-on simplifier ce spectre ? Pour cette question on prend comme signal de commande de l'interrupteur $K(t)$ avec $K = 1$ sur $[-\frac{t_0}{2}, \frac{t_0}{2}]$ et $K = 0$ sur $[\frac{t_0}{2}, T_e - \frac{t_0}{2}]$.

I.1.2 Retour à l'analogique

Maintenant que nous avons obtenu un signal numérique, le système interne au casque va pouvoir le traiter. À partir de ce bruit, il crée un signal "anti-bruit" à émettre. Afin qu'il soit émit, on doit avoir un signal analogique. On modélise la conversion numérique/analogique par le montage suivant:



On considère que notre traitement numérique des données a donné en sortie une tension numérique codée sur $N = 4$ bits telle que:

$$u_e = \sum_{k=0}^{N-1} \varepsilon_k 2^k$$

où $\varepsilon_k = \pm 1$. Le bit k agit sur l'interrupteur k . Si $\varepsilon_k = 0$, l'interrupteur k est sur la masse, en position E sinon. La tension u sera notre signal de sortie.

1. Combien de valeurs différentes peut prendre u_e ?
2. Déterminer l'expression de u en fonction de E et des ε_k .
3. A-t-on réussi à obtenir un signal analogique ?

I.2 Composantes fréquentielles d'un signal sonore

Pour analyser les phonèmes du langage (caractérisation de voyelles et consonnes à partir de la sonorité ou de la nasalité), on analyse les composantes fréquentielles du signal sonore correspondant. Pour ce faire on utilise un microphone qui convertit le signal sonore en signal électrique, en délivrant une tension v_e puis un filtre passe-bande permet d'extraire les composantes sinusoïdales de v_e . On note v_s la tension du filtre qui est linéaire de fonction de transfert $H(j\omega)$ donnée par:

$$H(j\omega) = \frac{H_0}{1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}.$$

On utilise une tension d'entrée v_e rectangulaire de période T et définie par:

$$v_e : t \mapsto \begin{cases} V_0 & \text{si } t \in [0, \frac{T}{2}] \\ 0 & \text{si } t \in [\frac{T}{2}, T] \end{cases}$$

dont la décomposition de Fourier est donnée par:

$$v_e(t) = V_0 \left(\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{2k+1} \sin((2k+1)\omega t) \right).$$

Expérience 1: v_e est rectangulaire de fréquence $f_1 = 4$ kHz et $V_0 = 1$ V. La sortie est quasi-sinusoidale de même fréquence et d'amplitude 6 V. Lorsqu'on augmente ou diminue f_1 on constate que l'amplitude de la sortie diminue.

Expérience 2: v_e est rectangulaire de fréquence $f_2 = 40$ kHz et $V_0 = 4$ V. La sortie est triangulaire de même fréquence et d'amplitude crête à crête 1.2 V.

1. Justifier la forme du signal de sortie v_s de l'expérience 1 ?
2. Déterminer ω_0 et H_0 . Justifier la forme du signal de l'expérience 2.
3. Déterminer dans le cadre de l'expérience 2 le lien entre v_s et v_e . En déduire Q.

I.3 Signal créneau dans un filtre

1. On étudie un circuit RLC dont on mesure la tension aux bornes de la résistance. De quel type de filtre s'agit-il ? Tracer son diagramme de Bode.
2. Déterminer la bande passante.
3. On décide d'envoyer dans ce filtre un signal créneau d'amplitude crête à crête de $2E$. Quel est le comportement de ce filtre à très hautes fréquences ? Quelle est la forme du signal de sortie ?
4. En déduire l'équation différentielle reliant $v_e(t)$ et $v_s(t)$. Quelle est l'amplitude du signal de sortie ?

I.4 CD

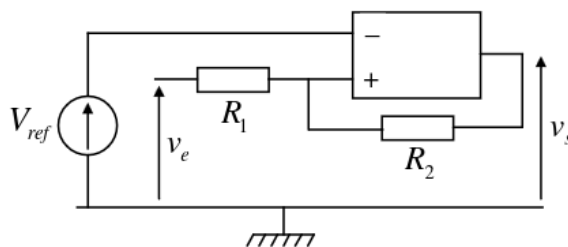
Dans un studio amateur, on cherche à graver sur un CD une chanson. Malheureusement, un bruit parasite sinusoïdal se superpose au signal musical à la fréquence $f = 42.1$ kHz.

1. Expliquer le processus d'enregistrement du son à travers le micro. Quelle fréquence d'échantillonnage peut-on choisir ?
2. Sachant que l'échantillonnage se fait avec une résolution de 16 bits en stéréo, calculer la taille minimale en mégaoctets du fichier musical de durée $\delta t = 74$ minutes à graver sur le CD.

3. Durant l'enregistrement, personne n'a entendu le bruit parasite mais maintenant que l'enregistrement a été réalisé, un-e des musicien·nes s'insurge ! Que se passe-t-il ?
4. Proposer une méthode pour que le prochain enregistrement ne subisse pas le même sort.
5. Comment améliorer l'enregistrement ?

I.5 Interrupteur commandé

Pour commander l'interrupteur on utilise le montage suivant où l'ALI (supposé idéal) fonctionne en régime saturé et sa tension de saturation vaut $V_{\text{sat}} = 12 \text{ V}$. V_{ref} est une tension de référence positive.



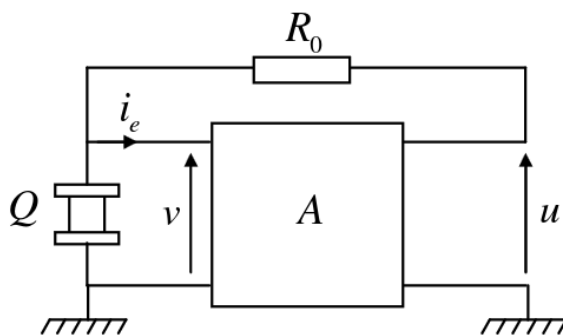
1. Déterminer et tracer v_s en fonction de v_e .
2. Il y a bascule de $+V_{\text{sat}}$ à $-V_{\text{sat}}$ (et ouverture de l'interrupteur) lorsque v_e atteint une valeur u_0 par valeur supérieure. On souhaite qu'après l'ouverture, l'interrupteur ne se referme que lorsque v_e atteint une valeur u_1 par valeur inférieure. Comment choisir les résistances afin de respecter ces contraintes ?
3. En déduire un choix de V_{ref} .

I.6 Principe d'une montre à quartz (v1)

Cet exercice a deux versions. La v2 est un peu plus guidée.

Une montre à quartz est une horloge composée d'un oscillateur à quartz et d'un système de comptage des oscillations. Le quartz possède une fréquence de résonance f_r .

On considère le montage suivant:



Le quartz Q est modélisé par un circuit RLC parallèle. On donne $R = 26 \text{ k}\Omega$, $L = 46 \mu\text{H}$ et $C = 6 \text{ nF}$. A est un opérateur multiplication par une constante tel que $u = Av$ avec $A > 0$, caractérisé par un courant d'entrée nul.

1. Calculer la fréquence de résonance du quartz.
2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u en fonction de R , L , C , A et R_0 .
3. Déterminer une condition sur le multiplicateur pour que les oscillations durent le plus longtemps possible.

4. Comment pourrait-on réaliser l'opérateur A avec un ALI ?

I.7 Principe d'une montre à quartz (v2)

1. Calculer la fréquence de résonance du quartz en régime sinusoïdal, c'est-à-dire la fréquence pour laquelle le module de son impédance est maximale.
2. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension u s'écrit

$$\frac{d^2u}{dt^2} + \tau \frac{du}{dt} + \frac{1}{LC}u = 0$$

où l'on donnera l'expression et la dimension de τ .

3. Déterminer une condition sur le multiplieur pour que les oscillations durent le plus longtemps possible.
4. On propose ce montage afin de modéliser le multiplieur. L'ALI est supposé idéal, de gain infini. Quelle est alors la constante du multiplieur ?

