Filtres analogiques

Soumis par Thierry

18-09-2010

Dernière mise à jour : 06-12-2014

Une petite introduction sur les filtres, et la notion de filtrage...

Nous allons donc dans cet article voir notre premier filtre. Pour rappel, un filtre est un circuit qui permet de sélectionner des fréquences : on les appelle :

- * filtres passe bas s'ils ne laissent passer que les basses fréquences
- * filtres passe haut s'ils ne gardent que les hautes fréquences
- * filtre passe bande, s'ils permettent de sélectionner une gamme de fréquence plus étroite

ensuite, un autre truc important est l'ordre du filtre : c'est en gros son efficacité et surtout, la "pente" avec laquelle il coupe les fréquences qui ne nous intéressent pas. Pour l'instant, voyons un exemple simple avec un filtre du premier ordre, passe bas. Tous les principes présentés ici vont nous servir plus tard, pour l'étude de filtres plus compliqués. Le schéma, nous allons le voir, n'est pas très compliqué et deux composants suffisent à le réaliser : (filtre_pb_schemas.gif) une résistance et un condensateur : il n'en faut pas plus pour créer notre filtre. En fait, pour bien comprendre comment ça marche, nous allons partir du schéma du pont diviseur de tension : pourquoi ? eh bien parqu'il va nous servir à comprendre le fonctionnement du filtre... son schéma est donné figure suivante : (pont_diviseur.gif) c'est encore plus simple : le circuit du pont diviseur ne comporte que deux résistances. Ce montage sert à atténuer le signal (quelque soit la fréquence) et est omniprésent en électronique ! c'est dire s'il est important de bien comprendre comment il marche. (d'ailleurs, un potentiometre n'est autre qu'un pont diviseur) Donc, notre pont diviseur donne en sortie une tension qui est une fraction de la tension d'entrée. la formule donnant le coefficient d'amplification (oui, je sais : c'est un atténuateur, donc il devrait présenter un coefficient d'atténuation mais je préfère parler d'amplification quand même) est la suivante : $K = R_2 / (R_1 + R_2)$ comme ici, $R_1 = R_2 = 10k$, on aura bien sur $K = 0.5$. pour le vérifier nous allons tracer le diagramme de Bode de notre circuit : voilà ce que ça donne (pont_diviseur_gain.gif) Une petite explication s'impose : ce diagramme représente le gain d'un circuit en fonction de la fréquence. l'axe horizontal représente la fréquence et l'axe vertical, le gain. Comme on peut le voir, notre pont diviseur a un gain de -6dB (en décibels) ce qui correspond justement à une atténuation de 1/2. pour l'histoire entre décibels et gain, c'est une formule qui lie les deux : $\text{Gain}_{\text{décibel}} = 20 \times \log_{10}(\text{gain}_{\text{linéaire}})$ En fait, ce sont deux échelles différentes pour donner une amplification, et l'échelle décibel est plus pratique... nous verrons ça une autre fois, chaque chose en son temps. Donc, pour en revenir à notre diviseur, on voit que son Gain en fonction de la fréquence est constant. que ce soit en basses fréquences, en hautes fréquences, ou à n'importe quelle fréquence, notre pont diviseur atténue tout le temps d'un facteur 2 (ie: la relation est $V_{\text{sortie}} = V_{\text{entrée}}/2$) ou de 6dB (ie : on perd 6dB de gain décibel). comment rendre notre circuit dépendant de la fréquence ? c'est simple : on remplace la résistance R_2 par un condensateur ! Pourquoi ? parcequ'un condensateur en alternatif se comporte en gros comme une résistance dépendante de la fréquence ! En fait, la "résistance" équivalente du condensateur est $X_c = 1 / (2 \times \pi \times F \times C)$ Attention ! j'ai mis X_c pour désigner cette "résistance" car ce n'en est pas une, nous verrons pourquoi mais hors de question de faire l'amalgame condensateur = résistance (mais c'est bien pratique quand même pour expliquer au début) les autres paramètres sont : C la valeur du condensateur, F la fréquence et π vaut 3,14159265 sur ma calculatrice. Cette formule dit la chose suivante : la "pseudo résistance" (on appelle ça une impédance..) du condensateur en alternatif varie proportionnellement à $1/F$ autrement dit : * plus F est grande, plus la "pseudo résistance" est petite => en très haute fréquence, le condensateur est un court circuit. * plus F est petite, plus la "pseudo résistance" est grande => en continu, le condensateur est un circuit ouvert Pour analyser très simplement notre filtre, il suffit de tenir compte de ce qui vient d'être énoncé, et de la formule du pont diviseur. et donc : * En continu, le condensateur est un circuit ouvert : cela revient à faire $R_2 = +$ très très grand dans la formule du pont diviseur et donc $K = 1$ * En très haute fréquence, le condensateur est un court circuit : cela revient à faire $R_2 = 0$ dans le pont diviseur et donc $K = 0$ résumons nous : en continu, tout passe en très haute fréquence, plus rien ne passe voyons ce que cela donne sur notre "diagramme de Bode" vu plus haut : (filtre_pb_gain.gif) on voit bien que le gain diminue avec la fréquence On voit aussi que en dessous d'une certaine fréquence (ici, 2400Hz), il ne se passe pratiquement rien: le gain diminue très peu alors qu'au dessus de cette fréquence caractéristique, le gain diminue avec la fréquence en suivant une pente. on peut donc schématiser la réponse de notre filtre par un truc du genre : (filtre_pb_gain_gabarit.gif) cela s'appelle la réponse asymptotique du filtre. Et c'est très utile pour voir ce que ça fait quand on cascade des filtres. Maintenant, les questions que l'on se pose sont : Comment connaître la fréquence caractéristique du filtre (appelée fréquence de coupure) ? Et quelle est la pente d'atténuation quand on l'a dépassée ? réponses : la fréquence d'intervention du filtre est donnée par la relation * $F_c = 1 / (2 \times \pi \times R_1 \times C_1)$ = 2340 Hz pour la pente, c'est à savoir -20dB / décade ou si vous vous intéressez à l'audio et à la musique (comme moi), -6dB par Octave Une décade c'est la distance entre F et $10 \times F$ (par exemple, entre 20Hz et 200Hz, il y a une décade) une octave, c'est la distance entre F et $2 \times F$ (par exemple entre 55Hz et 110Hz) et oui, il y a un lien avec les octaves de la musiques. A suivre ...