Technique des filtres Chapitre 01

Introduction et révision

Introduction

Ce document a pour objectif de démontrer et de définir le fonctionnement des filtres les plus couramment utilisés dans l'électronique de divertissement. L'étude se poursuivra par l'approche des circuits accordés en régime forcé et des oscillateurs.

Nous débuterons par une récapitulation des notions de base sur le comportement des éléments réactifs tels que les inductances et les condensateurs.

Les filtres sont parmi les circuits les plus utilisés dans les appareils de l'électronique de divertissement. Nous les trouvons sous différentes formes et utilisant diverses technologies. Ils peuvent servir à éliminer une fréquence ou une bande de fréquences, ou inversement, à favoriser une fréquence ou une bande de fréquences. Ils peuvent être actifs, si ils utilisent des éléments actifs (transistors , ampli OP) ou passifs si ils ne sont composés que d'éléments passifs (résistances, inductances, condensateurs ou quartz).

Suivant leur conception, ils peuvent correspondre à un gabarit de fréquences très précis. Les nouveaux matériaux ainsi que les nouvelles technologies permettent maintenant de fabriquer des filtres complexes et très sélectifs, sans nécessiter un grand nombre d'éléments.

Dans les dernières générations d'appareils audio et vidéo il est de plus en plus fait appel à l'emploi de filtres. Dans les appareils digitaux ils sont réalisés en technique numérique, sans utiliser des éléments réactifs. Les circuits CCD sont également souvent utilisés comme filtres ou comme ligne à retard. Ces deux techniques feront l'objet d'une étude séparée dans deux chapitres. Ces filtres sont en général incorporés dans des circuits intégrés, ce qui rend difficile leur approche théorique.

Dans la mesure du possible, la théorie est suivie d'exemples d'applications pratiques tirés de schémas d'appareils courants de l'électronique de divertissement.

Les simulations ont été réalisées avec le simulateur " Le laboratoire électronique " EWB.

Chaque partie d'étude est suivie d'exercices. Il s'agit soit d'élaboration théorique de filtres, soit de travaux sur le simulateur, soit d'exercices sur des schémas.

Les solutions de tous les exercices se trouvent à la fin du cours dans le chapitre " Corrections des exercices ". De cette manière, l'élève qui veut travailler de façon indépendante peur le faire sans difficultés.
Pour les deux premiers chapitres sur les filtres du premier et du deuxième ordre, des protocoles de mesure sont à disposition dans l'annexe Mesures.

Technologie

Dans la plupart des cas, les filtres sont composés d'éléments simples tels que résistances, inductances et condensateurs. Suivant le nombre et la disposition des éléments, nous obtenons des caractéristiques différentes.

Pour les filtres à fréquences complexes, nous utiliserons les propriétés piézo-électriques de certains matériaux, comme par exemple le quartz.

Les filtres numériques ne peuvent être étudiés qu'en théorie. En effet, ils sont composés d'une succession de circuits logiques et autres systèmes numériques. Dans ce cas, la fréquence et l'amplitude sont représentées par des valeurs binaires. Il devient alors aisé de les manipuler pour éliminer ou favoriser la ou les fréquences désirées. Comme nous l'avons déjà précisé dans l'introduction, ces circuits étant d'une très grande complexité, il ne nous sera pas possible de les étudier dans le détail. Nous nous contenterons d'examiner quelques exemples de fonctionnement

Remerciements

Un grand merci à l'équipe des enseignants de la section Audio-Vidéo de l'EPSIC, MM. R. Rathgeb, C. Rosset et Y. Siggen pour leur aide et leurs idées qui m'ont permis d'élaborer et de corriger ce document.

Merci aussi à Oli Maccaud, prof multitâches et audiovisuel de l'électrotechnique, pour ses visions et sa maîtrise de l'informatique appliquée sur une couche floue.

Merci encore à l'élève Chaprot pour ses moments d'inattention et ses attitudes constructives. Bravo à son géniteur Gotlib pour les respirations salutaires lors des instants de stress informatique.

Mon médecin remercie © Bill ® pour les honoraires perçus lors des mes crises de nerfs informatiques, reboot, erreurs fatales, manque de mémoire, applications erronées, et toutes ces combines qui fonctionnent si bien !

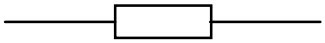
Merci à la revue Elektor, qui a servi de réservoir d'informations, tant pour les exemples de schémas que pour la théorie. Spécialement pour les chapitres sur les filtres actifs.

Nous débuterons par un rappel du comportement des résistances, des inductances et des condensateurs en alternatif.

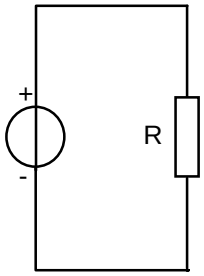
Résistance

Nous trouvons des résistances dans tous les circuits électroniques, qu'ils fonctionnent en courant continu, ou en courant alternatif. Quelle que soit sa technologie de fabrication, il n'y a pas de différence de comportement pour une résistance entre son branchement en continu ou en alternatif. Les résistances de puissances bobinées peuvent éventuellement présenter un faible coefficient de self-induction, mais il reste négligeable pour fréquences auxquelles sont utilisées les résistances bobinées.

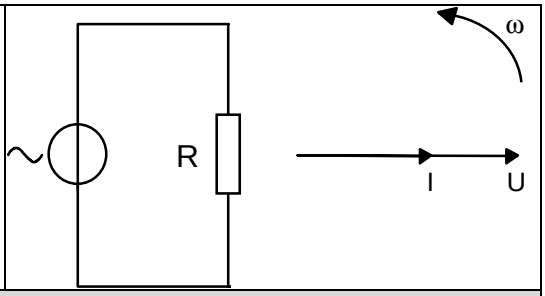
Symbole d'une résistance :



Diagrammes vectoriels : (en régime continu et alternatif)



I et U sont en phase.



En courant continu, comme en courant alternatif, nous parlerons toujours de résistance. Elle représente la résistance qu'oppose une résistance R au passage du courant I.

La résistance R ne varie pas en fonction de la fréquence.

Inductance

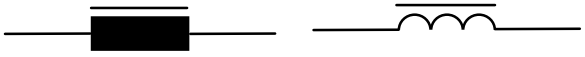
Lorsque l'on enroule un fil conducteur électrique pour former une spire, le phénomène de self-induction apparaît. C'est cet effet qui est utilisé dans les bobines, ou inductances, que nous retrouvons dans les circuits oscillants et les filtres.

Rappel : (pour une inductance en henry [H]

$$L = \frac{N^2 \cdot \mu_r \cdot A}{l}$$

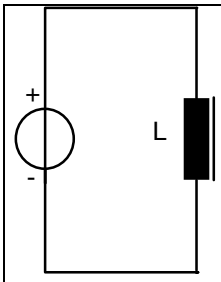
L	N	μ_r	A	l
inductance en henry [H]	nombre de spires	perméabilité relative du noyau. (voir tabelle)	section du noyau en [m^2]	longueur la bobine en [m]

Symboles d'une inductance :



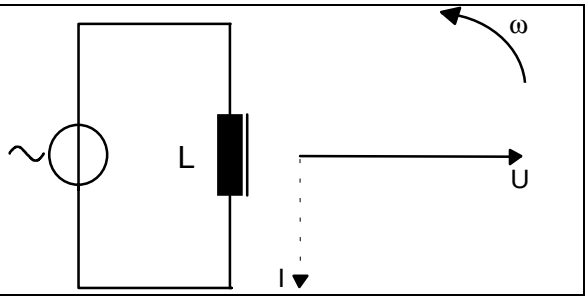
Remarque : Le trair parallèle à la bobine représente le noyau.

Diagrammes vectoriels : (en régime continu et alternatif)



A l'enclenchement, I est en retard sur U.

Ensuite, I et U sont en phase.



En courant alternatif, nous ne parlerons plus de résistance mais de réactance inductive X_L.

Elle représente la résistance qu'oppose l'inductance au passage du courant alternatif.

La réactance X_L est proportionnelle à la fréquence.

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

Condensateur :

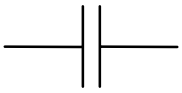
Lorsque nous mettons deux surfaces d'un conducteur électrique l'une en face de l'autre, nous obtenons une concentration de charges électriques entre ces deux plaques.
Cette accumulation de charges électriques varie en fonction de la surface des deux plaques, de la distance qui les sépare ainsi que de l'isolant qui les sépare. Ce montage est appelé condensateur. C'est le condensateur que nous retrouvons dans les circuits oscillants et les filtres.

Rappel : (pour un condensateur C en farad [F])

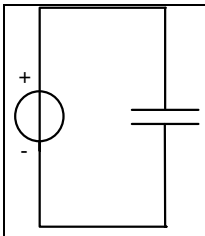
$$C = \frac{\varepsilon_o \cdot \varepsilon_r \cdot A}{d}$$

C en farad [F]	ε_0 permittivité absolue	ε_r permittivité relative du diélectrique.	A = surface des plaques en [m^2]	d = distance entre les plaques en [m]

Symbole d'un condensateur :

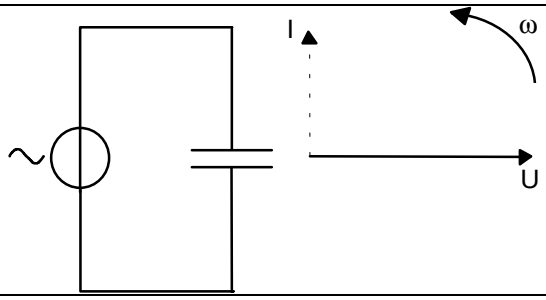


Diagrammes vectoriels : (en régime continu et alternatif)



Il existe un courant au moment de l'enclenchement, lorsque le condensateur est déchargé. A cet instant précis, I est en avance sur U.

Ensuite, dès que le condensateur est chargé, il n'y a plus de courant I.



En courant alternatif, nous ne parlerons plus de résistance mais de réactance capacitive X_C.
Elle représente la résistance qu'oppose le condensateur au passage du courant alternatif.

La réactance X_C est inversement proportionnelle à la fréquence.

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

Remarques :

De nouveaux termes, tels que *Bode, pente et sélectivité* vont être utilisés.

Bode est le nom donné aux représentations graphiques des caractéristiques des circuits électroniques. Ces représentations définissent par un diagramme exprimé en décibels, l'amplification, le gain ou l'atténuation, en fonction de la fréquence, avec une échelle logarithmique.

La pente détermine la sélectivité d'un filtre.

La sélectivité détermine les caractéristiques en fréquence du filtre. Par exemple, l'atténuation d'une fréquence par rapport à la fréquence centrale du filtre. La notion de sélectivité est très liée à la pente. Plus la pente est importante, plus le filtre est sélectif, c'est à dire plus il éliminera les fréquences indésirables.