

démarrer en électronique... (9)

N'ayez pas peur du choc... un peu de « self control » suffit !



Bobine d'induction (source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Induktionsapparat_hg.jpg).

Eric Bogers (Elektor)

Soyons honnêtes : les électroniciens amateurs détestent les selfs. Les selfs d'arrêt (dites de choc) prêtes à l'emploi sont tout juste tolérables, mais si nous devons les bobiner, c'est vite dissuasif. En général, obtenir les caractéristiques souhaitées demande d'innombrables essais.

À tous égards, les selfs (aussi connues sous le nom de bobines ou d'inductances) sont l'opposé des condensateurs. L'impédance (résistance en alternatif) d'un condensateur diminue quand la fréquence augmente ; au contraire, l'impédance d'une bobine augmente avec la fréquence. Et, alors que dans un condensateur le courant précède la tension (voir le précédent épisode de « démarrer en électronique »), dans une self, le courant court après la tension.

La figure 1 illustre quelques « exemples classiques » de bobines. À l'extrême gauche, une bobine de filtrage (axiale) ; en raison de sa géométrie et des anneaux de couleur, une telle inductance* est facilement confondue avec une résistance. D'ailleurs, le code couleur de ces selfs est comparable à celui des résistances. Au milieu, en haut, se trouve une self torique ; ces selfs sont très

fréquentes dans les réseaux de suppression du bruit. Et en haut à droite, on trouve une self à air dans toute sa splendeur. On en voit souvent dans les filtres de recouvrement des haut-parleurs. Enfin, en bas, il s'agit d'une self à noyau en ferrite pour les applications haute fréquence. Ici, on doit soi-même bobiner le fil sur la carcasse et, dans certaines limites, on peut donc déterminer librement son inductance.

*NDT : en langage châtié, le mot inductance est préféré pour désigner une self. Ce mot désigne donc aussi bien la self que sa valeur.

La self comme réservoir d'énergie

Lorsqu'un courant traverse une self, un champ magnétique apparaît autour de celle-ci. Il stocke de l'énergie. Si on interrompt le courant qui traverse la self, cette énergie est restituée : il apparaît une

tension qui tend à maintenir le courant d'avant la coupure.

La mesure de l'aptitude d'une self à stocker de l'énergie s'appelle l'inductance* L (exprimée en henrys, symbole H).

La quantité d'énergie stockée dans une self est donnée par la formule :

$$W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$$

Vous remarquerez la similitude avec la formule correspondante du condensateur, mais pour la bobine c'est un *courant I* et pour le condensateur une *tension U*.

Comportement d'allumage et d'extinction

Les caractéristiques de démarrage et d'arrêt d'une self sont opposées à celles de charge/décharge d'un condensateur. Quand on applique une tension aux bornes d'une self, au début le courant est presque nul ; la self présente une impédance élevée et la tension à ses bornes est à son maximum. Ensuite le courant augmente lentement tandis que la tension diminue en conséquence. Le courant à travers la self s'approche asymptotiquement d'un maximum et la tension à ses bornes se réduit à un minimum, les deux valeurs étant déterminées par la résistance de l'enroulement.

Le comportement d'une self est intéressant à l'instant de la commutation : quand on inverse la polarité de la tension appliquée (**fig. 2**), le champ magnétique de la self s'effondre et une tension est induite dont la polarité tente de maintenir le courant dans la direction initiale – cette polarité est donc l'inverse de celle appliquée initialement. La conséquence est qu'au moment de la commutation, une « tension de retour » élevée apparaît (**fig. 3**).

À la coupure, une self peut produire une tension considérablement plus élevée que celle appliquée initialement. (Un condensateur produit un phénomène comparable : il peut délivrer un courant considérablement plus élevé que celui qui a servi à le charger).

Cette caractéristique des selfs peut être mise à profit pour produire une tension plus élevée que celle de départ ; un exemple est la bobine d'allumage [1] que l'on rencontre sur un moteur à essence. La haute tension pour les bougies est fournie par la bobine d'allumage qui fonctionne exactement selon ce principe.

Un effet indésirable de ce phénomène est que la tension induite peut détruire d'autres composants du circuit. Le relais commandé par un transistor (interrupteur où le champ magnétique d'une bobine permet d'actionner des contacts de commutation) en est l'exemple type. À la mise hors tension, la tension induite *peut* détruire ce transistor, ce qui *arrive effectivement*. On résout ce problème par ex. par une diode dite de *roue libre*, qui court-circuite la tension induite et la rend ainsi inoffensive (**fig. 4**).

Circuits série et parallèle

Tout comme les résistances et les condensateurs, les selfs peuvent être connectées en série et en parallèle. Elles se comportent exactement de la même manière que les résistances, ce qui va de soi quand on y réfléchit : connectées en série, les nombres de tours s'ajoutent. Dans le cas d'un montage en série, les règles suivantes s'appliquent donc :

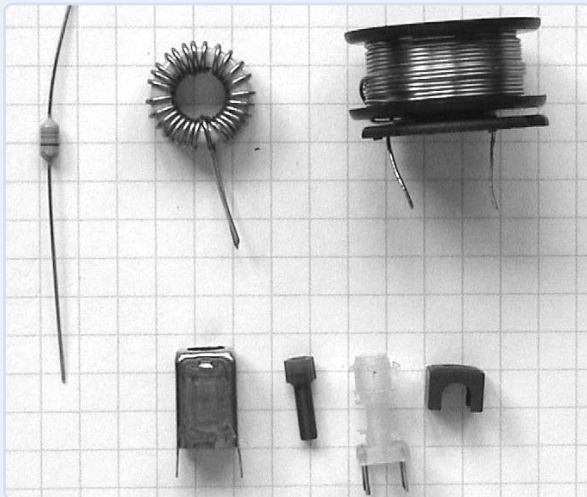


Figure 1. Quelques inductances.

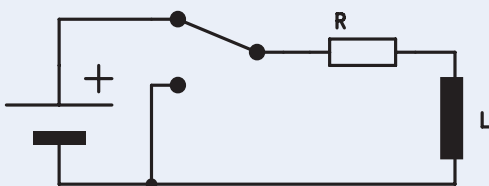


Figure 2. Inversion du courant dans une inductance.

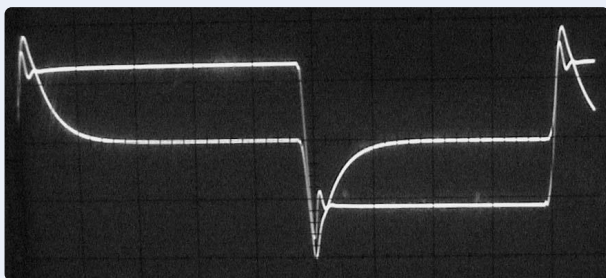


Figure 3. Allers-retours lors de l'allumage et de l'extinction.

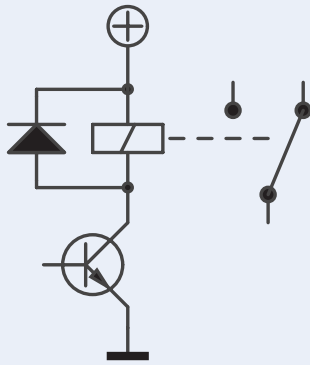


Figure 4. La diode protège le transistor quand le courant de la bobine du relais est coupé.

et n'induirait pas à son tour une tension dans le secondaire. Il n'y aurait pas de générateurs non plus (pensez à l'alternateur sous le capot).

Dans les applications audio, cette induction peut aussi être gênante : une boucle de terre involontaire (créée par ex. si l'équipement audio n'a pas été connecté correctement) peut produire un bourdonnement irritant.

Nous n'en avons pas fini avec les inductances. Nous en reparlerons dans le prochain article.

(210342-04)

La série d'articles « démarrer en électronique » est basée sur le livre « Basic Electronics Course » de Michael Ebner, publié par Elektor.

$$L_{tot} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$$

Et pour la connexion en parallèle :

$$L_{tot} = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}}$$

La bobine comme résistance en alternatif

Comme résistance en alternatif, la self se comporte encore une fois exactement à l'opposé du condensateur. Pour le condensateur, l'impédance diminue quand la fréquence augmente. Pour la self, l'impédance augmente avec la fréquence :

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

La self introduit aussi un déphasage entre tension et courant : le courant est décalé de 90° par rapport à la tension.

Induction

Si une self est placée dans un champ magnétique variable, une tension y est induite. La formule ci-après permet de calculer la valeur de cette tension :

$$U_{ind} = n \cdot A \cdot B' \cdot \cos \alpha$$

où n est le nombre de spires de la self, A la section (moyenne) occupée par la self, B' la dérivée de l'induction magnétique par rapport au temps et α l'angle entre le plan des spires et le champ magnétique.

Si le champ magnétique varie selon une fonction sinusoïdale, nous pouvons écrire la dérivée de l'induction :

$$B' = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot B \cdot \cos \phi$$

Sans l'induction, le monde serait totalement différent. Par ex. point de transformateur car une tension alternative dans l'enroulement primaire ne produirait pas de champ magnétique variable,

Des questions, des commentaires ?

Contactez Elektor (redaction@elektor.fr).

Contributeurs

Idée et illustrations : Michael Ebner

Texte et rédaction : Eric Bogers

Traduction : Yves Georges

Mise en page : Harmen Heida



PRODUITS

> B. Kainka, *Initiation à l'électronique et programmation de montages pour débutants*

www.elektor.fr/19339

> R. Mallard, *L'électronique pour les débutants*

www.elektor.fr/15662



LIEN

[1] Bobine d'induction : https://en.wikipedia.org/wiki/Induction_coil