

Sur l'oscillateur Meissner.

1- Introduction.

Le texte ci-dessous revient sur l'oscillateur Meissner. L'oscillateur Meissner fait partie de cette longue liste d'oscillateurs LC (inductance – condensateur), avec la particularité que le circuit oscillant est connecté directement à la source de tension et utilise un transformateur. Cet oscillateur est ancien puisqu'il a été mis au point en 1913, soit un an après l'oscillateur Armstrong. Il est d'ailleurs souvent présenté comme une variante de l'oscillateur Armstrong, en particulier aux USA. Le schéma de principe est donné en figure 1A et le schéma de réalisation en figure 1B.

2- Schéma de principe (Figure 1A).

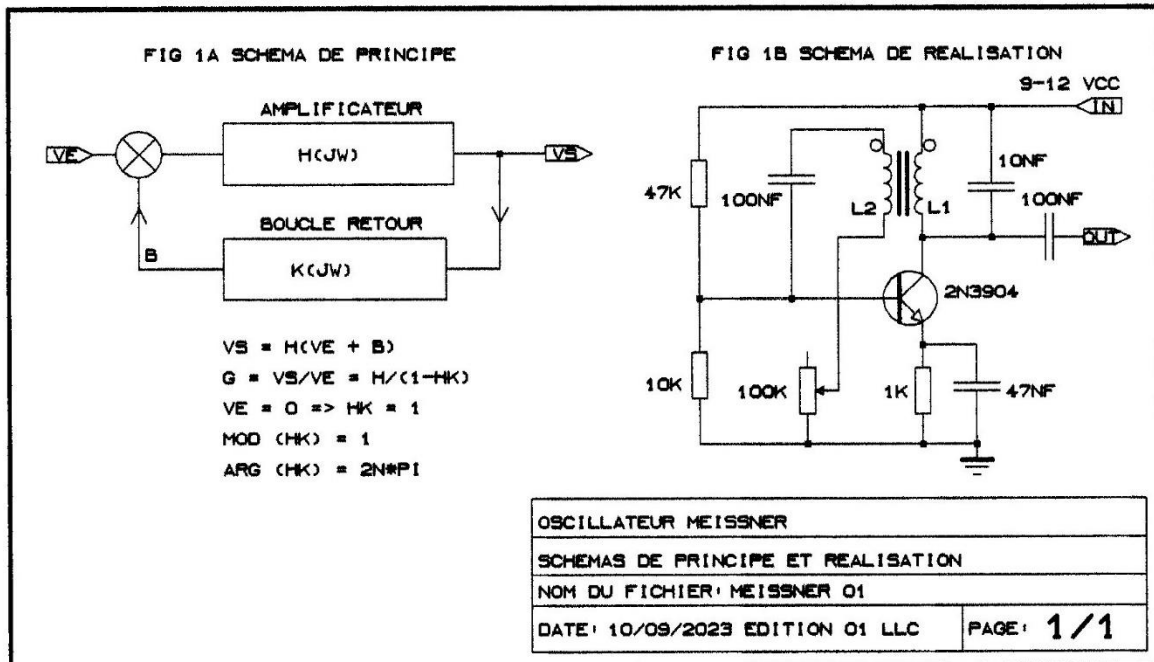
Comme tous les oscillateurs de type LC, l'oscillateur Meissner est un amplificateur avec une boucle de retour positive et en phase. En désignant le signal d'entrée par V_e , le signal de sortie par V_s et la partie du signal de sortie qui est renvoyée vers l'entrée par b , on a :

$$V_s = H (V_e + b) = H (V_e + K V_s) = H V_e + H K V_s, \text{ avec } b = K V_s,$$

que l'on peut aussi ré-écrire $V_s - H K V_s = H V_e$ ou encore $V_s (1 - H K) = H V_e$.

On en déduit que si V_e n'est pas nul, le système fonctionne en amplificateur ordinaire. Et si V_e est nul, le système fonctionne en oscillateur. Dans ce cas il faut bien que $H K = 1$. On arrive ainsi aux critères de Barkhausen, en se rappelant que H et K sont des nombres complexes $H(j\omega)$ et $K(j\omega)$:

$$H(j\omega).K(j\omega) = 1, \text{ soit en termes de module et d'argument : } \text{Mod}(H K) = 1 \text{ et } \text{Arg}(H K) = 2n\pi.$$



Ce qu'on peut lire comme suit : pour qu'un oscillateur fonctionne en régime continu, il faut que l'amplificateur compense exactement la perte dans la boucle de retour et que le déphasage total sur toute la boucle (l'amplificateur et sa boucle de retour) soit un multiple de 360 degrés.

En fait si $H K > 1$ l'oscillation va en croissant et finit par donner du clipping (du rabotage vers le haut et vers le bas). Si $H K < 1$, l'oscillation va en décroissant et finit par disparaître. Dans la pratique,

l'oscillation commence avec $HK > 1$ et même $HK \gg 1$, puis le système ramène automatiquement HK à la valeur de 1. Normalement, l'oscillateur démarre tout seul sur la base du bruit de fond du montage et il se stabilise à une certaine valeur de tension et de fréquence de sortie.

3- Schéma de réalisation (Figure 1B).

L'amplificateur peut être réalisé avec un transistor bi-jonction BJT, un transistor à effet de champs JFET ou encore un amplificateur opérationnel. On a choisi un transistor BJT 2N3904, que l'on trouve partout et qui sert un peu à tout faire. Le transistor est câblé en émetteur commun, et il donne un déphasage de 180 degrés entre base et émetteur. On reconnaît le pont diviseur de tension qui amène la base à 2.00 Volts, la résistance d'émetteur qui amène la tension de l'émetteur à 1.35 Volts au repos et le condensateur de découplage de l'émetteur qui renvoie la composante alternative du signal vers la masse. Les valeurs reprises sur la figure 1B ne sont pas critiques. Ce sont des valeurs « passe partout » que l'on retrouve dans de nombreux schémas. Tout semble indiquer que le transistor est prêt pour fonctionner en classe A! On va voir qu'il va faire des caprices!

L'oscillateur est constitué d'un condensateur et du primaire du transformateur en parallèle. Le transistor est donc alimenté à travers le primaire du transformateur. On reprend le signal sur le secondaire du transformateur et on l'envoie sur la base du transistor, à travers un condensateur de découplage. Le secondaire du transformateur est relié à la masse via un potentiomètre ajustable de 100 K, ce qui permet de régler le niveau du signal de sortie. Ici, il faut veiller à raccorder le secondaire correctement pour réaliser le deuxième déphasage de 180 degrés. On remarquera aussi que la résistance du bas du pont diviseur de tension de la base est en parallèle avec le secondaire du transformateur, le condensateur de liaison et le potentiomètre d'ajustement de volume.

Le signal de sortie est repris sur le collecteur du transistor avec, bien entendu, un condensateur de liaison qui va bloquer la composante tension continue. On peut également reprendre le signal sur l'émetteur, sans oublier le condensateur de liaison. Dans ce cas, le signal sera plus faible et en opposition de phase par rapport au signal repris sur le collecteur.

Ce montage donne une fréquence fixe. Si l'on veut varier la fréquence, tout en gardant le même transformateur, il faut ajuster le condensateur en parallèle avec le primaire. Pour les réalisations pratiques, on a utilisé des condensateurs de 10 nF et de 100 nF, de manière à tenir la fréquence sous la barre des 200 kHz (oscilloscope oblige).

4- Réalisations pratiques (Voir les Photos).

On a réalisé les oscillateurs sur des plaques de montages rapides (breadbord) et avec la méthode Manhattan. Les deux méthodes ont l'avantage de permettre de modifier et de corriger si nécessaire. Les montages sur plaques de montage rapides sont mécaniquement peu robustes et elles rajoutent des capacités parasites aux points de contacts, ce qui doit d'une manière ou d'une autre, influencer la fréquence d'oscillation et le signal de sortie.

Pour le premier montage, on a utilisé une self sur tore de 533 μH sur laquelle on a bobiné 20 spires de fil de 0.3 mm pour le secondaire. Dans le second montage, on a réalisé un transformateur avec les caractéristiques suivantes : mandrin 19 mm de diamètre, primaire 80 spires de 0.5 mm et secondaire 62 spires de 0.5 mm bobinés l'un sur l'autre. Inductance du primaire mesurée 318 μH . On prendra ces valeurs de 533 et 318 μH pour calculer les fréquences théoriques.

Le calcul des fréquences théoriques se fait avec la formule bien connue :

$F_o = 1/(2\pi*(L*C)^{1/2})$ avec L = inductance réactive et C = capacitance réactive.

5- Observations (Tableau 01 et Graphiques 01 et 02).

Les fréquences relevées à l'oscilloscope sont « tout juste compatibles » avec les fréquences théoriques calculées. On pourrait mieux faire. Les oscillateurs démarrent du premier coup et sont plutôt stables dans le temps en ce sens qu'ils ne présentent pas dérive, après plusieurs heures de fonctionnement. Le signal ressemble à une sinusoïde, ce qui est plutôt encourageant. On règle le niveau de sortie avec le potentiomètre de 100 K dans le circuit de la base du transistor.

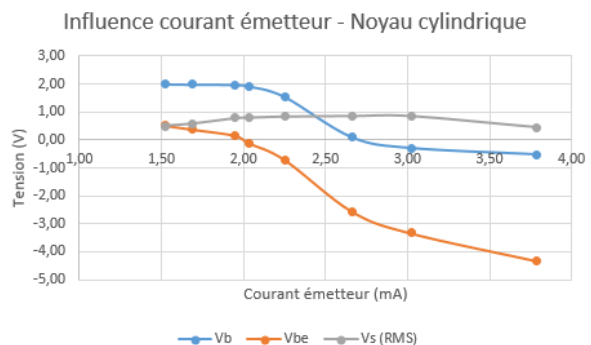
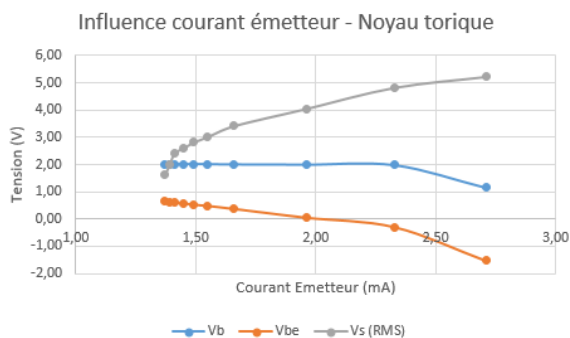
Tableau 01 : Quelques points de repères

L (μH)	C (nF)	F Theo	F Mesu	Vc	Ve	Vb	Vbe	Ic	Vout
533 *	10.25	68.8	69.9	11.85	1.38	2.02	0.64	1.37	1.61
533 *	10.25	68.8	68.3	11.85	2.71	1.16	-1.53	2.71	5.23
533 *	100	22.0	25.1	11.82	1.37	2.02	0.65	1.37	0.01
533 *	100	22.0	25.9	11.82	1.36	2.02	0.65	1.36	0.08
318 **	10.25	88.2	86.8	11.88	1.52	2.00	0.52	1.52	---
318 **	10.25	88.2	86.9	11.88	3.02	-0.31	-3.33	3.02	---
318 **	100	28.2	29.3	11.84	1.34	1.99	0.64	1.34	1.53
318 **	100	28.2	29.4	11.83	3.59	1.85	-1.74	3.62	4.27

Légende : 533 * = transfo noyau torique 533 μH. 318 ** = transfo noyau cylindrique 318 μH. Tension en Volts. Intensité en mA. Fréquences en kHz. Vout RMS.

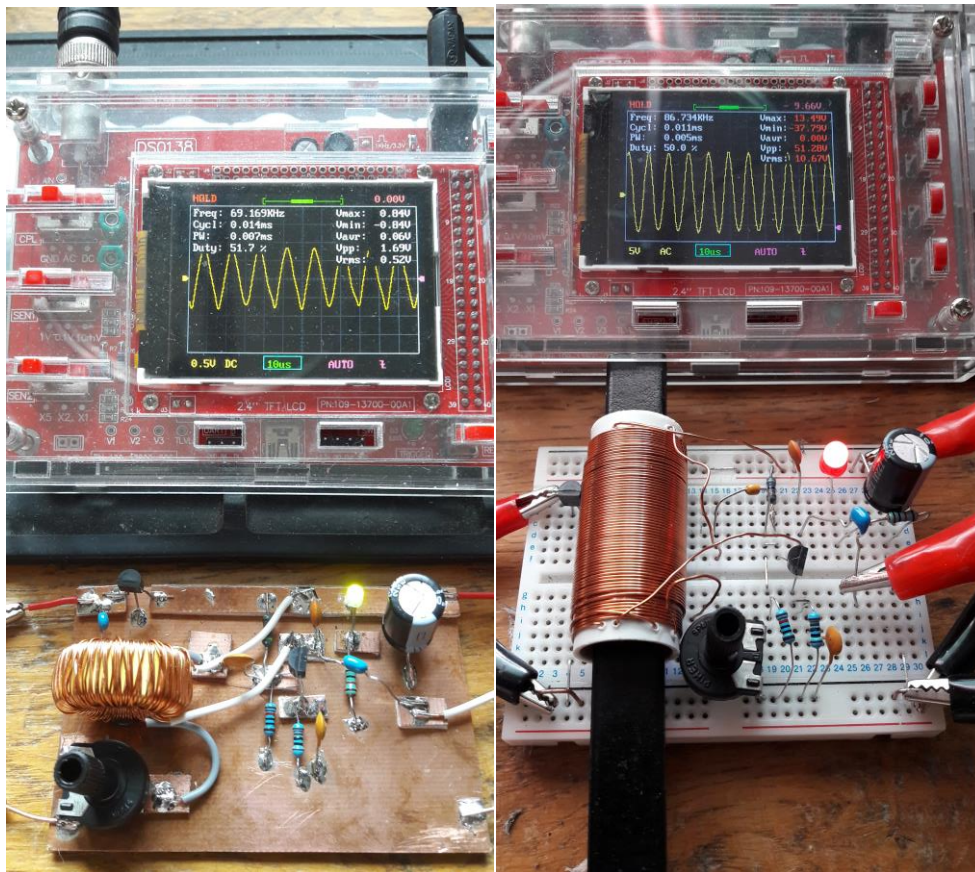
Lorsque le courant d'émetteur augmente, la tension base émetteur Vbe, diminue jusqu'à devenir négative, tandis que la tension de la base reste bloquée à 2.00 Volts par le pont diviseur de tension. C'est probablement le phénomène du glissement automatique en classe C (Automatic Sliding Class C), que l'on retrouve dans beaucoup d'oscillateurs. Et lorsque que le courant d'émetteur continue à augmenter, la tension de la base décroche aussi et devient aussi négative! C'est curieux. Le pont diviseur de tension qui est sensé fixer la tension de la base à 2.00 Volts semble dépassé... ou débordé. L'explication n'est pas évidente... Les mesures des tensions sont identiques au voltmètre analogique ou digital. Ceci est illustré dans les deux graphiques ci-dessous.

Graphiques 01 et 02 : évolution Vb, Vbe et Vout (RMS) en fonction du courant émetteur.



6- Photos des Montages.

A gauche l'oscillateur avec le transfo à noyau torique. A droite, l'oscillateur avec le transfo à noyau cylindrique. Sur les deux photos, on voit le potentiomètre qui sert à régler le niveau de sortie.



7- Notes et conclusion.

La réalisation d'un petit oscillateur Meissner ne devrait pas rebuter les débutantes et les débutants en électronique. La réalisation du transformateur est également à la portée de tous. On peut facilement construire l'oscillateur sur une plaque d'expérimentation rapide (breadbord) puis fixer le montage sur une plaque cuivrée à la méthode Manhattan. En ce qui concerne l'alimentation, une simple pile de 12 Volts convient à défaut d'une alimentation stabilisée. La valeur de la tension d'alimentation n'est pas critique. Ce petit montage « didactique » permet d'illustrer plusieurs choses, en particulier, l'utilisation d'un transformateur pour reprendre le signal, le phénomène de « automatic sliding Class C », le choix des condensateurs pour régler la fréquence d'oscillation, la reprise du signal de sortie sur le collecteur ou l'émetteur du transistor...

8- Références.

On trouvera beaucoup d'informations sur les oscillateurs en général et sur les oscillateurs de Meissner dans les travaux en référence ci-dessous.

- Oscillateur et radio de Pascal Masson – école Polytechnique Universitaire de Nice
- Théorie des oscillateurs électroniques de Christian Maennel
- Les oscillateurs sinusoïdaux de Jean-Philippe Muller.

Rédigé par LLC le 15.09.2023.