

Les oscillateurs RC

NOTRE objectif aujourd'hui est de réaliser un oscillateur à réseaux déphaseurs fonctionnant à basse fréquence.

Afin de pouvoir osciller sur une fréquence déterminée, il est important de bien connaître son fonctionnement.

Nous commencerons à expliquer ce qu'est la phase, chose primordiale dans la conception de ces montages.

Nous montrerons qu'un oscillateur-type est constitué d'un amplificateur et d'un dispositif de couplage, que celui-ci apporte une atténuation que le gain de l'amplificateur doit compenser.

Une formule sera ensuite donnée pour déterminer les éléments de l'oscillateur. Le lecteur pourra ensuite réaliser le montage, le modifier et contrôler ses performances à l'aide d'un oscilloscope. Plus tard cet oscillateur, adjoint à d'autres circuits, lui rendra de nombreux services.

Composition d'un oscillateur

Un oscillateur est un dispositif fournissant une tension alternative dont la fréquence est déterminée par les composants du montage.

Cette tension alternative peut être sinusoïdale, de fréquence fixe ou bien variable. Avec des transistors, il est courant de réaliser aussi bien des oscillateurs fonctionnant dans les basses fréquences (quelques Hertz), mais également dans les hyperfréquences.

De toute façon un oscillateur se compose d'un amplificateur et d'un dispositif de couplage. Celui-ci a pour but de ramener une tension

en phase de la sortie à l'entrée de l'amplificateur. Grosso modo, la tension amplifiée réintroduite à l'entrée entretient l'oscillation.

La plupart des oscillateurs utilisent la propriété de filtre sélectif d'un circuit oscillant pour créer un signal de fréquence donnée.

Ces types d'oscillateurs, utilisés dans les gammes de fréquences radio, exigeraient un circuit oscillant de taille prohibitive pour les fréquences audibles.

Parmi les quelques modèles d'oscillateurs employés pour ces fréquences basses, nous avons choisi l'oscillateur à réseau déphaseur, encore appelé oscillateur RC. La raison de ce choix est la simplicité du circuit et le faible taux de distorsion du signal qu'il génère.

La phase

Avant de commencer à placer les composants sur la plaque de connexions, mieux vaut d'abord savoir ce qu'on entend par phase et par déphasage. Sachant cela, il est facile ensuite de comprendre le fonctionnement de l'oscillateur.

Prenons comme premier exemple un transistor monté en émetteur commun (fig. 2). Si une tension alternative est appliquée à l'entrée (en l'occurrence la base), cette tension se trouve à la sortie, non seulement amplifiée, mais également déphasée. A une alternance positive de tension sur la base, correspond une alternance négative sur le collecteur. Le phénomène est

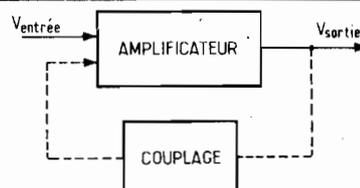


Fig. 1. — Un oscillateur se compose d'un amplificateur et d'un dispositif de couplage.

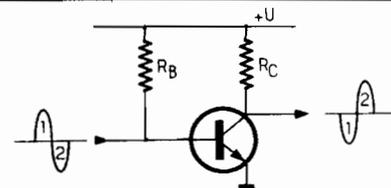


Fig. 2. — A une alternance positive sur la base correspond une alternance négative sur le collecteur (déphasage de 180°).

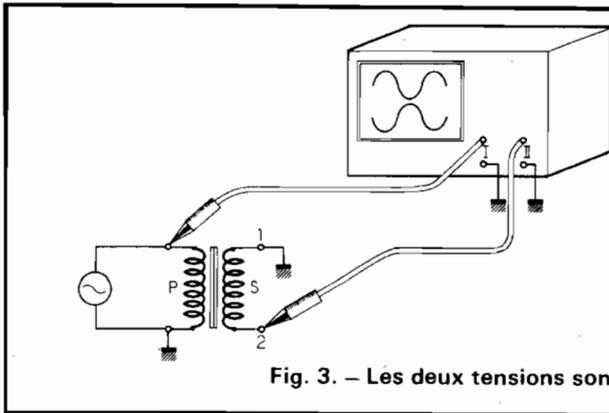


Fig. 3. - Les deux tensions sont en phase.

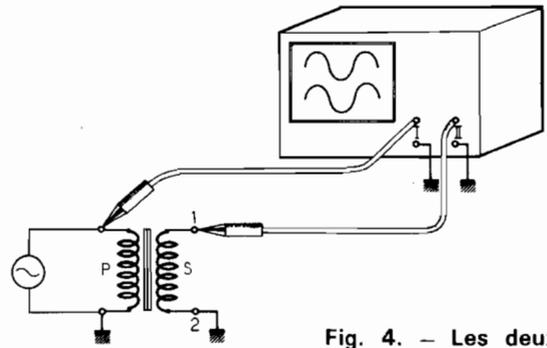


Fig. 4. - Les deux tensions sont en opposition de phase.

évident si le fonctionnement de l'étage est bien compris : L'alternance positive sur la base crée un fort courant dans le circuit collecteur. Qui dit accroissement du courant collecteur dit augmentation de la chute de tension dans la charge R_c et diminution de la tension de sortie (puisque la tension entre collecteur et masse est égale à la tension d'alimentation moins cette chute dans R_c).

Cette variation de tension est bien une alternance négative. On dit que le signal de sortie est en opposition de phase avec celui de l'entrée. D'une façon identique, si à l'entrée la tension baisse (alternance négative), la tension de sortie augmente (alternance positive). En revanche, dans un étage collecteur commun ou base commune, les signaux d'entrée et de sortie sont en phase, c'est-à-dire que ces deux-ci varient dans le même sens.

Le déphasage de tension est toujours défini par rapport à une tension de référence. Ici cette référence est le signal d'entrée. Le déphasage se mesure en degrés ou en radians. On dit de deux tensions en opposition de phase que le déphasage entre elles est de 180° ou de 2π radians, ou plus simplement de 2π .

Autre exemple de déphasage : Le secondaire d'un transformateur qui, selon son branchement, peut délivrer une tension en phase ou en opposition de phase par rapport à la tension du primaire.

Ce dernier étant branché à une source alternative, connectons à la masse l'extrémité 2 du secondaire et

observons la forme de la tension présente en 1 à l'aide d'un oscilloscope double trace. Sur la figure 3, la tension est en phase avec celle du primaire, d'après ce qui apparaît sur l'écran.

La deuxième étape de la manipulation est de mettre l'extrémité 1 du secondaire à la masse et d'observer la tension au point 2. Nous voyons sur l'écran de l'oscilloscope que les deux formes de tension sont en opposition de phase (fig. 4).

Cette expérience avec un transformateur relié directement au secteur est à déconseiller aux novices.

Une autre illustration pratique du déphasage pourrait être les tensions des générateurs triphasés employés en électricité industrielle. Les trois tensions fournies par le même générateur sont déphasées entre elles de 120° .

Un deuxième amplificateur comme déphaseur

Pour revenir à l'oscillateur, rappelons qu'au déphasage inévitable de l'amplificateur, doit être ajouté un deuxième déphasage de 180° ramené à l'entrée par le circuit de couplage. Le bouclage étant réalisé, le tout entre en oscillation.

Une idée vient alors à l'esprit : Pourquoi ne pas prendre comme déphaseur de 180° un autre transistor en émetteur commun ? Ceci apporterait, outre le déphasage, un gain supérieur, ce qui pourrait sembler un avantage (fig. 5).

Un tel montage, appelé « astable », fonctionne parfaitement ; mais il ne convient pas pour le but que

nous avons choisi. Le signal généré ne serait pas une onde sinusoïdale pure, mais un signal quasi-rectangulaire dont la période est déterminée par R_1, C_1, R_2 et C_2 .

Un oscillateur sinusoïdale, certes, doit être composé d'un amplificateur pour compenser l'atténuation apportée par l'élément déphaseur.

Mathématiquement on peut poser : Gain de l'ampli \times Atténuation = 1

D'autre part, l'élément de couplage doit favoriser une seule fréquence, celle pour laquelle le déphasage est de 180° pour l'oscillateur RC.

Le déphasage dans les réseaux RC

Dans certains composants il existe un déphasage entre la tension à ses bornes et le courant qui le traverse.

Une bobine de self-induction pure (sans résistance ohmique et sans perte), aux bornes de laquelle on applique une tension alternative, est traversée par un courant déphasé en arrière de 90° (ou $\pi/2$) sur la tension appliquée.

En revanche, dans un condensateur sans perte, le déphasage est le même, mais le courant à l'intérieur est en avance de 90° sur la tension appliquée (fig. 6).

Dans un circuit composé d'une résistance et d'un condensateur, le déphasage entre tension et courant est compris entre 0 et 90° suivant la valeur de R par rap-

Fig. 5. - Montage astable. Les signaux générés sont rectangulaires, de fréquence :

$$F = \frac{1,4}{R_1 C_1 + R_2 C_2}$$

($T_1 = T_2 = BC\ 140$;
 $R_1 = R_2 = 82\ k\Omega$;
 $R_{C1} = R_{C2} = 470\ \Omega$).

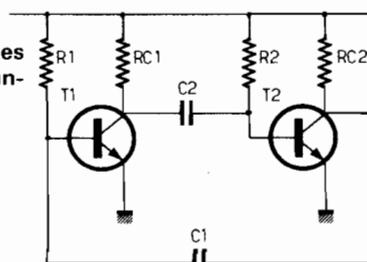
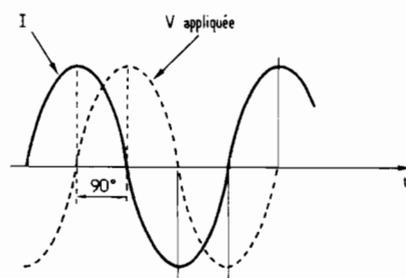


Fig. 6. - Le courant I est en avance sur la tension appliquée.



port à la réactance de C (voir l'encadré en fin d'article pour plus de détails).

Ainsi le déphasage ne dépend pas seulement de R et de C mais aussi de la fréquence. Si par exemple le déphasage est de 45°, cette valeur n'existe que pour une seule fréquence. Si cette dernière vient à varier, le déphasage sera inférieur ou supérieur à 45°, suivant que la fréquence augmente ou diminue.

La tension à l'entrée d'un réseau RC engendre un courant dans C et R connectés en série. La tension de sortie est prise aux bornes de la résistance, elle est fonction du courant traversant celle-ci. Il y a alors décalage en avance de la tension V_s par rapport à V_e (fig. 7).

Si nous plaçons à la sortie un autre circuit identique, le déphasage est multiplié par deux. Trois réseaux identiques câblés l'un derrière l'autre présentent un déphasage triple. Ayant choisi un réseau RC présentant un déphasage de 60° pour une fréquence de 1 000 Hz, trois réseaux mis bout à bout déphasent de $3 \times 60^\circ$ soit 180°, cela seulement pour la fréquence de 1 000 Hz.

Nous obtenons de cette façon le circuit déphaseur nécessaire pour la réalisation de notre oscillateur.

Remarquons que ces 180° n'auraient pas pu être obtenus avec seulement deux cel-

Fig. 7. — Le déphasage de V_s par rapport à V_e dépend non seulement de C et de R, mais aussi de la fréquence.

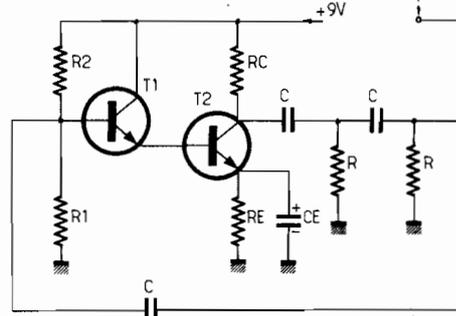
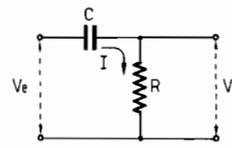


Fig. 8. — Schéma de l'oscillateur. ($T_1 = T_2 = \text{BC 140}$; $R_C = 1 \text{ k}\Omega$; $R_E = 2,2 \text{ k}\Omega$; $R = 10 \text{ k}\Omega$; $R_1 = R_2 = 20 \text{ k}\Omega$; $C_E 100 \mu\text{F}$).

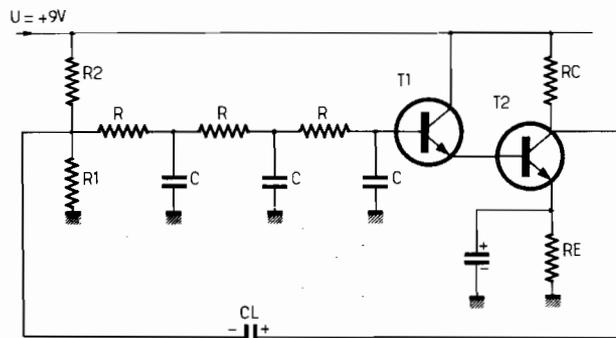


Fig. 9. — Deuxième version de l'oscillateur ($R_1 = R_2 = 100 \text{ k}\Omega$, le condensateur de liaison C_L doit avoir une forte valeur par rapport à C).

lules RC puisque le fait d'insérer une résistance dans le circuit capacitif ne permet pas d'atteindre le déphasage de 90° par cellule.

Ces 180° pourraient très bien être réalisés avec quatre cellules déphasant chacune de 45°.

Notre oscillateur comportera donc trois cellules RC.

Réalisation de l'oscillateur

Dressons maintenant le schéma de l'oscillateur et calculons-en les composants.

Le réseau à trois cellules apporte une atténuation qui doit être compensée par le

gain de l'amplificateur. Pour un tel montage le gain doit être de l'ordre de 30.

La fréquence, les valeurs des condensateurs et des résistances sont donnés par la formule suivante :

$$F \text{ (Hz)} = \frac{65}{R \text{ (k}\Omega) \times C \text{ (}\mu\text{F)}}$$

De cette formule on en tire la valeur du condensateur, pour une valeur de résistance donnée et la fréquence recherchée.

$$C \text{ (}\mu\text{F)} = \frac{65}{F \text{ (Hz)} \times R \text{ (k}\Omega)}$$

Si on souhaite une oscillation de fréquence de 1 000 Hz, avec trois résistances de 10 kΩ chacune, les trois condensateurs devront avoir chacun la valeur :

$$\frac{65}{1\,000 \times 10} = 0,0065 \mu\text{F},$$

soit 6,5 nanofarads.

Etant donné la tolérance des condensateurs, on doit s'attendre à une fréquence différente (généralement plus faible) de la valeur recherchée.

La sortie du réseau étant reliée à l'entrée de l'amplificateur, il est à craindre que l'impédance faible de cette entrée shunte exagérément la dernière résistance de 10 kΩ du réseau. L'utilisation d'un deuxième transistor monté en Darlington (collecteur commun) augmente l'impédance d'entrée de l'amplificateur.

Le schéma définitif est donné sur la figure 8. On re-

Réactance

On appelle réactance d'un condensateur son approbation au passage du courant alternatif le traversant. La réactance est analogue à la résistance en courant continu.

La réactance est représentée par le symbole X_c et se mesure en ohms. L'indice c indique que la réactance est due à un condensateur.

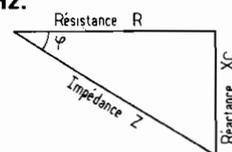
La réactance diminue

lorsque la fréquence augmente :

$$X_c = \frac{1}{C \omega}$$

C est la capacité en farad, et ω est égal à $2 \pi F$, F étant la fréquence en hertz.

Un condensateur de 0,1 μF a une réactance de 32 000 Ω à 50 Hz, elle tombe à 16 000 Ω à 100 Hz et à 1 600 Ω à 1 kHz.



Déphasage ϕ

Si le circuit ne comporte qu'une résistance, le courant est égal à zéro à l'instant où la tension alternative est nulle. Le courant est au maximum à l'instant où la tension est maximale...

Dans un circuit ne comportant qu'un condensateur, le courant est en avance de 90° sur la tension.

Quand une résistance

est insérée dans le circuit, l'effet combiné de la résistance et de la réactance s'appelle « impédance », sa valeur est donnée par :

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

Cette relation peut être représentée par un triangle rectangle, d'après le fameux théorème de Pythagore : Le carré de l'hypoténuse...

L'angle ϕ représente le déphasage. Plus la fréquence est élevée, plus X_c est faible et plus ϕ est petit.

connaît facilement les trois condensateurs du réseau RC. Quant à la troisième résistance elle est obtenue par R_1 et R_2 en parallèle ($R_1 = R_2 = 20 \text{ k}\Omega$).

Le transistor T_1 a donc sa base portée à 4,5 V, celle de T_2 est à : $4,5 - 0,7 = 3,8 \text{ V}$, et la tension aux bornes de R_c est égale à $3,8 - 0,7$ soit 3,1 V. Le transistor T_2 est traversé par un courant de :

$$\frac{2,2 \text{ k}\Omega}{3,1} \cong \text{mA},$$

et la tension sur son collecteur doit être d'environ

L'amplificateur est équivalent à un générateur d'impédance interne à peu près égale à la valeur de R_c . Cette résistance doit être faible par rapport à la valeur de R .

L'oscillateur RC peut également avoir résistances et condensateurs interchangeables. Il y a transmission de la composante continue qui sert à polariser le transistor.

L'ensemble des transistors T_1 et T_2 ayant un gain très élevé (égal au produit du gain de chacun), le courant I_b est très faible, d'où une chute négligeable dans les résistances R . L'ensemble R_1 et R_2 en parallèle doit être élevé pour ne pas court-circuiter les composants du réseau.

Ces types d'oscillateur présentent un grand intérêt pour obtenir des fréquences BF fixes sans distorsion.

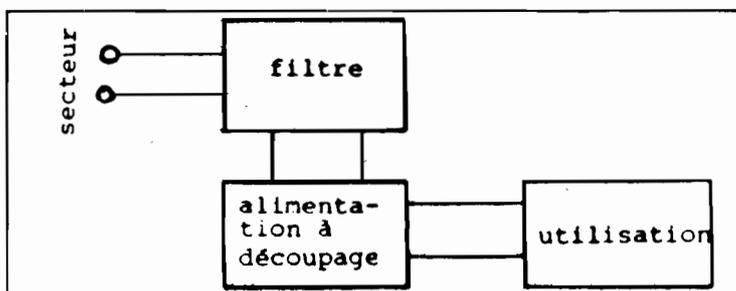
Une fréquence variable est

obtenue en employant trois potentiomètres montés sur le même axe pour le premier schéma, ou un condensateur variable à trois cages pour le second. La plage de variation est toutefois étroite, et l'amplitude des oscillations n'est pas constante en fonction de la fréquence. On préfère utiliser un autre montage (Pont de Wien). Nous en parlerons une autre fois.

J.-B. P.

Bloc-notes

Filtres anti-parasites pour alimentations à découpage



La tendance actuelle de l'industrie électronique va vers l'utilisation de plus en plus massive d'alimentations dites « à découpage » car elles présentent les avantages suivants :

- encombrement et poids réduits,
- rendement meilleur,
- consommation réduite.

Le principal inconvénient de celles-ci est qu'elles génèrent des niveaux importants de parasites.

L'utilisation d'un filtre secteur se révèle impérative pour l'élimination de ces parasites.

Deux cas de figure peuvent se présenter :

- a) l'alimentation est dite « On Line » (fig. 1), c'est-à-dire reliée directement au secteur au travers d'un filtre secteur.
- b) l'alimentation est dite « Off

Line » (fig. 2), c'est-à-dire qu'un transformateur est intercalé entre le filtre secteur et celle-ci.

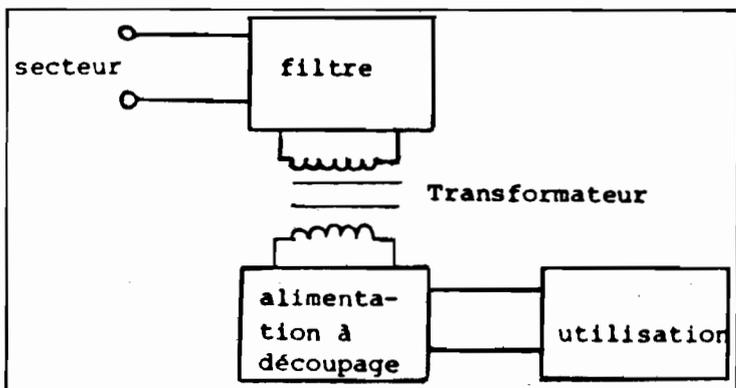
Cette configuration présente les avantages suivants :

- courant de fuite réduit,
- atténuation des parasites rayonnés si le transformateur possède un écran.

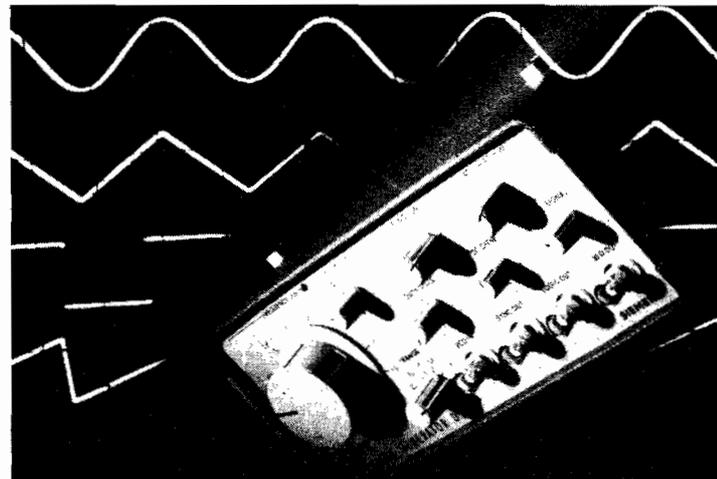
Par contre, cette configuration présente le désavantage d'être plus encombrante, d'un poids plus élevé et d'être plus coûteuse.

La gamme des filtres Corcom vous permet de répondre à chacune de ces configurations.

- Dans le cas de la figure 1, les séries EP et SP sont 100 % efficaces.
- Dans le cas de la figure 2, les séries S et W répondent à votre problème. Distribué par Tekelec.



Générateur d'impulsions SIEMENS D2100



Le D2100 est un générateur de signaux pour le test, la commande et la simulation avec des trains d'impulsions, des rafales d'impulsions ou des impulsions individuelles.

Le générateur d'impulsions D2100 de Siemens est une source de signaux délivrant des impulsions calibrées pour les applications numériques et analogiques. La période de répétition des impulsions est réglable sur huit décades entre 0,1 μs et 10 s. La durée d'impulsion est réglable sur neuf décades entre 20 ns et 10 s.

Le générateur d'impulsions D2100 fournit des impulsions de forme d'onde bien définie, dont la durée et la fréquence de répétition sont réglables respectivement entre 25 ns et 10 s et entre 0,1 Hz et 10 MHz. Le générateur peut délivrer des impulsions individuelles et des rafales d'impulsions ainsi que des rafales d'impulsions en vue de la simulation de signaux numériques.

Le temps de montée est infé-

rieur ou égal à 15 ns. Le générateur dispose de trois sorties résistant aux courts-circuits et découplées par rapport à la masse. Les tensions de sortie sont présélectionnables entre 4 V, 8 V et 16 V avec en plus la possibilité de superposition d'une tension continue réglable entre $\pm 5 \text{ V}$. A la sortie « open coll », il est possible de prélever des impulsions de tension de crête jusqu'à 40 V. La sortie « TTL-out » fournit des impulsions au niveau TTL permettant d'attacher 10 circuits TTL en parallèle (sortance 10).

Le générateur d'impulsions est utilisable en diviseur de fréquence décadique et en claquage d'impulsions pour tous les signaux externes. Grâce à la largeur de sa bande passante, à la tension de sortie réglable, aux faibles temps de montée et de descente ainsi qu'à la durée réglable des impulsions, le générateur est compatible avec toutes les familles logiques, telles que TTL, C.MOS, CI linéaires et Simatic.