

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :  
(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 473 816**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 00422**

---

(54) **Système à blocage de boucle.**

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). **H 03 L 7/06; H 03 B 5/04.**

(22) Date de dépôt..... **7 janvier 1981.**

(33) (32) (31) **Priorité revendiquée : EUA, 9 janvier 1980, n° 110 561.**

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... **B.O.P.I. — « Listes » n° 29 du 17-7-1981.**

---

(71) **Déposant : Société dite : TEKTRONIX, INC., résidant aux EUA.**

(72) **Invention de : Philip Stephen Crosby.**

(73) **Titulaire : Idem (71)**

(74) **Mandataire : Jean Maisonnier, ingénieur-conseil,  
28, rue Servient, 69003 Lyon.**

La présente invention a trait à des systèmes à boucle et à blocage de phase, et plus particulièrement à un appareil pour détecter des erreurs de phase et engendrer une tension de correction d'une telle erreur de phase.

5 Il existe une demande constante pour des dispositions de circuit qui puissent fournir un second signal en relation exacte de phase avec un premier signal. On utilise communément des boucles à blocage de phase pour réaliser ce but. Dans une boucle à blocage de phase, les deux signaux sont appliqués à un détecteur de phase dont la sortie est fonction de la différence de phase qui existe entre les deux signaux appliqués. Cette tension  
10 d'erreur, après filtrage en passe-bas dans un filtre à boucle, est appliquée à l'entrée de commande d'un oscillateur commandé par tension, de telle sorte que la phase du signal de l'oscillateur soit contrainte de se conformer à la phase du signal d'entrée. Dans la plupart des boucles à  
15 blocage de phase de second ordre, il faut prévoir un amplificateur d'erreur entre le détecteur de phase et l'oscillateur commandé par la tension.

Pour plus de détails concernant les circuits à boucle à blocage de phase, il convient de se référer au Chapitre 6 du texte intitulé "Frequency Synthesis", par V. F. Kroupa, Copyright 1973, Charles Griffin Co., Ltd.

20 Suivant la présente invention, la sortie d'un oscillateur commandé par la tension est bloquée en phase avec précision par rapport à une impulsion de référence. Le détecteur de phase utilisé dans la présente invention consomme du courant seulement tant que dure une impulsion de déclenchement, ce qui diminue sensiblement la possibilité de transmettre du bruit à la  
25 borne de commande de l'oscillateur commandé par la tension. La construction du détecteur de phase supprime la nécessité de recourir à un amplificateur de signal d'erreur; ainsi, on élimine une autre source éventuelle de bruit. En outre, l'instant, dans le temps, où se produit effectivement la détection de phase est fixé d'une manière précise par un miroir ou  
30 réflecteur de courant. Le circuit à miroir ou réflecteur de courant est utilisé pour diriger du courant vers et à partir du filtre à boucle.

Par conséquent, l'un des buts de la présente invention consiste à réaliser un circuit à boucle à blocage de phase dans lequel il n'est pas nécessaire de prévoir un amplificateur entre le détecteur de phase et le  
35 filtre à boucle.

Un autre but de l'invention consiste à prévoir un détecteur de phase pour une boucle à blocage de phase dont la sortie de signal d'erreur ne nécessite aucune amplification.

En outre, l'invention a pour but de prévoir un détecteur de phase

dans lequel le point de détection peut être fixé avec précision.

Enfin, la présente invention a pour but complémentaire de prévoir un détecteur de phase dans lequel le point de détection peut être facilement modifié.

5 Les différentes caractéristiques de la présente invention, ainsi que les avantages qui en découlent, apparaîtront plus clairement au cours de la description qui suit, si l'on se réfère au dessin annexé, sur lequel:

La FIGURE 1 est un schéma synoptique montrant un circuit à boucle à blocage de phase, et destiné à faciliter la compréhension des avantages  
10 offerts par la présente invention;

La FIGURE 2 est un schéma en partie synoptique, en partie de connexions, représentant un système réalisé conformément à la présente invention, et

La FIGURE 3 montre deux formes d'onde de signaux qui permettent  
15 de mieux comprendre le circuit de la Figure 2.

Bien que le fonctionnement de boucles à blocage de phase soit bien connu des spécialistes en ce domaine, la présente invention sera mieux comprise si l'on se réfère tout d'abord à la Figure 1 qui montre un schéma synoptique d'un système selon l'art antérieur.

20 Sur cette Figure 1, un oscillateur de référence 100 délivre un signal à une fréquence  $f_1$ . On désire obtenir un second signal  $f_2$  exactement en relation de temps avec le premier signal. Le signal  $f_2$  est produit dans un générateur de signaux à fréquence contrôlée, soit un oscillateur 500; un tel oscillateur comporte une entrée de commande 510 à haute im-  
25 pédance. L'oscillateur 500 peut être du type à cristal que l'on peut commander par la tension.

La sortie de l'oscillateur 500 est appliquée à des moyens conçus pour comparer la phase du premier signal à la fréquence  $f_1$  avec le second signal à la fréquence  $f_2$ . Ces moyens peuvent opportunément comprendre un  
30 détecteur de phase 200. Si les signaux  $f_1$  et  $f_2$  se trouvent dans la relation de phase désirée, le détecteur de phase 200 ne produit aucun signal d'erreur. Toutefois, si ces deux signaux devaient se trouver en relation de phase autre que celle désirée, le détecteur de phase 200 fournira une tension de commande de signal d'erreur à l'entrée de commande 510 de l'os-  
35 cillateur 500 afin de changer la fréquence de  $f_2$  dans le sens propre à maintenir une relation précise de phase entre les signaux auxdites fréquences  $f_1$  et  $f_2$ .

Le filtre à boucle 300 et l'amplificateur 400 sont interposés de façon opérationnelle dans le trajet de la tension précitée de commande du

signal d'erreur. La fonction de transfert de ce filtre à boucle 300 exerce un effet considérable sur la stabilité de la boucle. Le rôle du filtre à boucle 300 consiste à atténuer des changements rapides dans l'erreur de phase qui seraient dus à la présence de bruit dans le signal à la fréquence  $f_1$ ; il sert également à filtrer les composants haute-fréquence de la sortie du détecteur de phase. L'amplificateur 400 est inséré entre le détecteur de phase et l'entrée de commande 510 de l'oscillateur 500 afin de produire le gain de boucle nécessaire. A titre de variante, les composants passifs du filtre à boucle 300 peuvent être utilisés dans un réseau réactif d'un amplificateur à gain élevé pour constituer un filtre actif (non représenté). L'usage d'un filtre à boucle permet de réaliser le genre de boucle à blocage de phase également connu sous l'appellation de boucle de second ordre.

Si l'on se réfère maintenant à la Figure 2, on y voit un mode préféré de réalisation de la présente invention. La Figure 3 montre des exemples de formes d'onde relevées en plusieurs points du circuit de la Figure 2, et il convient de s'y reporter au cours de la lecture de la description qui suit. Le générateur d'impulsions de référence 100 engendre de préférence des impulsions rectangulaires du type représenté en A sur la Figure 3. Ce générateur 100 produit ces impulsions rectangulaires à la fréquence  $f_1$  et peut être de tout type classique ou connu.

Un générateur d'impulsions de déclenchement 600 engendre des impulsions semblables à celles représentées en B sur le diagramme de la Figure 3. Les deux impulsions, tant de référence que de déclenchement, s'appliquent au détecteur de phase 200'. Le détecteur de phase 200' comprend des bascules du type D, désignées en 205 et 210; des transistors de commutation 220, 230 et 240; une source de courant constant 215; et un amplificateur inverseur de courant 700. Les bascules 205 et 210 sont des dispositifs classiques déclenchés par l'arête négative. L'impulsion de référence est appliquée à l'entrée SET ou d'enclenchement de la bascule 205, tandis que l'impulsion de déclenchement est appliquée à l'entrée D des deux bascules 205 et 210. La sortie Q de la bascule 205 et la sortie  $\bar{Q}$  de la bascule 210 ne sont pas utilisées, tandis que la sortie  $\bar{Q}$  de la bascule 205 est reliée à la base d'un transistor 230 et que la sortie Q de la bascule 210 est reliée à la base d'un autre transistor 220.

Les émetteurs des transistors 220, 230 et 240 sont reliés entre eux et à une borne d'une source conventionnelle de courant 215. L'autre borne de cette source 215 est mise à la masse. Le collecteur du transistor 220 est également mis à la masse. Le collecteur du transistor 230 est relié à

l'entrée de l'amplificateur de courant 700 et le collecteur du transistor 240 est relié à la sortie de cet amplificateur de courant 700. La base du transistor 240 est reliée à une source de tension adéquate de polarisation 225.

5 L'amplificateur de courant 700 comprend des transistors PNP 250 et 260 ainsi que des résistances 235, 255 et 265. Les émetteurs des transistors 250 et 260 sont reliés à une source de potentiel (représentée sous forme d'une source positive 245 mais seulement dans un but explicatif) en passant par les résistances respectives 255 et 265. La base du transistor 10 250 est reliée par l'intermédiaire d'une résistance en série 235 au collecteur de ce même transistor, ce qui fait qu'il peut être considéré comme étant branché et utilisé à la manière d'une diode. Le transistor 250 branché en diode fournit par conséquent la tension de polarisation pour un transistor 260 formant source de courant du fait que le collecteur du 15 transistor 250 est également relié directement à la base du transistor 260. Le circuit décrit ci-dessus est décrit en détail dans le brevet américain n° 3 939 434 intitulé "Amplificateur de courant continu à bande large", délivré le 17 Février 1976 et auquel il convient de se référer en complément de la présente description.

20 La sortie du détecteur de phase 200 se prend à la jonction du collecteur du transistor 260 et du collecteur du transistor 240. Ce signal d'erreur est ensuite appliqué au filtre à boucle classique 300 qui opère de la façon déjà exposée plus haut. Le signal d'erreur filtré est ensuite appliqué à l'entrée de commande 510 de l'oscillateur 500 commandé par la 25 tension. L'entrée de commande 510 est reliée de préférence à une borne d'une diode à capacité variable utilisée pour modifier la fréquence de l'oscillateur 500. La sortie de l'oscillateur 500 commandé par la tension est le signal désiré ayant une fréquence  $f_2$ . En plus de servir de signal de sortie, le signal  $f_2$  est également renvoyé au détecteur de phase 200'. 30 Plus particulièrement, il est renvoyé à la borne d'entrée de l'horloge CK tant de la bascule 205 que de la bascule 210.

Le but d'ensemble du circuit décrit ci-dessus est essentiellement le même que celui du circuit de l'art antérieur que montre la Figure 1. Un second signal ayant une fréquence  $f_2$  est soigneusement temporisé par 35 rapport au premier signal ayant la fréquence  $f_1$ . Toutefois, la présente invention diffère de l'art antérieur en ce qu'elle prévoit le nouveau détecteur de phase 200' mentionné plus haut et dont le mode de fonctionnement sera maintenant décrit en détail.

Ce détecteur de phase est activé par la réception d'une impulsion

de déclenchement d'allure négative à l'entrée D de la bascule 210. Par conséquent, la sortie Q de cette bascule sera rythmée dans le sens négatif par l'impulsion d'horloge suivante reçue à son entrée CK ou d'horloge. La dite impulsion de déclenchement est également appliquée à l'entrée D 5 de la bascule 205. Etant donné que la bascule 205 reçoit les mêmes impulsions d'horloge que la bascule 210, lorsque la sortie Q de la bascule 210 baisse, la sortie  $\bar{Q}$  de la bascule 205 devient haute, ce qui applique une tension positive à la base du transistor 230. Cela a pour effet de polariser le transistor 230 qui devient conducteur et permet ainsi au 10 courant  $i_1$  de circuler à travers ce transistor 230. Le courant  $mi_1$  est produit dans le collecteur du transistor 260 (grâce à l'effet de miroir de courant). La lettre  $m$  représente le gain de l'amplificateur à miroir de courant 700 et ce gain est égal au rapport entre la valeur de la résistance 255 et la valeur de la résistance 265. Cet écoulement de courant 15 a pour conséquence d'accumuler une charge dans le filtre à boucle 300 jusqu'à l'instant où se présente l'arête d'allure positive de l'impulsion de référence. Le temps qui s'écoule entre le commencement de l'impulsion de déclenchement et le commencement de l'impulsion de référence est indiqué en a sur la Figure 3. Il s'ensuit que la charge engendrée à travers le 20 filtre à boucle est la suivante :

$$Q_1 = mi_1 a \quad (1)$$

Lorsqu'une impulsion de référence d'allure positive parvient à l'entrée SET de la bascule 205, sa sortie Q devient basse après l'impulsion d'horloge suivante. La bascule 210 reste inchangée. La tension négative à la base du transistor 230 fait cesser la circulation de courant. 25 Toutefois, la charge à travers le filtre à boucle 300 fait circuler du courant à travers le trajet collecteur-émetteur du transistor 240 jusqu'à la fin de l'impulsion de déclenchement. Sur la Figure 3, la durée de cette impulsion de déclenchement est indiquée en b. Il s'ensuit que la charge 30 absorbée par le filtre à boucle 300 est la suivante :

$$Q_2 = i_1 (b-a) \quad (2)$$

Ainsi, la charge nette du filtre à boucle est :

$$Q_N = mi_1 a - i_1 (b-a) \quad (3)$$

La tension produite aux bornes du filtre à boucle commande la fréquence 35 de l'oscillateur 500. Lorsque les conditions sont celles d'un état stable,  $Q=0$ , et par conséquent :

$$mi_1 a = i_1 (b-a) \quad (4)$$

et

$$\frac{a}{b} = \frac{1}{(m+1)} \quad (5)$$

Il est donc clair que le point a/b est indépendant de tous les paramètres de circuit sauf  $m$ , soit le gain de l'amplificateur inverseur 700. Il s'ensuit que le point de détection peut être changé en faisant varier  $m$ . Dans le mode de réalisation de la Figure 2,  $m=1$  (puisque la valeur de la résistance 255 a été choisie pour qu'elle soit égale à celle de la résistance 265) et  $a/b = \frac{1}{2}$ . Par conséquent, le signal ayant la fréquence  $f_2$  sera bloqué au centre de l'impulsion de déclenchement qui coïncide avec l'arête d'allure positive de l'impulsion de référence.

Quand l'arête d'allure positive de l'impulsion de déclenchement parvient à l'entrée D des bascules 205 et 210, les sorties de celles-ci changent d'état après l'impulsion d'horloge suivante. La sortie Q de la bascule 210 sera haute et la sortie  $\bar{Q}$  de la bascule 205 sera basse. Ainsi, la haute tension à la base du transistor 220 neutralisera le détecteur de phase 200. La charge à travers le filtre à boucle 300 maintiendra la tension à l'entrée de commande 510. Lorsque parvient l'impulsion de déclenchement suivante, le processus décrit ci-dessus se reproduit.

En bref, la sortie de l'oscillateur 500 commandé par la tension (du fait qu'il s'agit de l'entrée des bascules 205 et 210) est bloquée en phase avec précision par rapport à une impulsion de référence. Seul le détecteur de phase est déclenché et prélève du courant pendant toute la durée de l'impulsion de déclenchement, ce qui ne laisse qu'une étroite marge de possibilité pour qu'un bruit soit appliqué à l'entrée de commande 510 de l'oscillateur 500. De plus, l'instant précis, dans le temps, où se produit la détection de phase est établi avec précision par un circuit à miroir de courant. Le circuit à miroir de courant est utilisé pour introduire du courant dans le filtre à boucle et l'extraire de celui-ci.

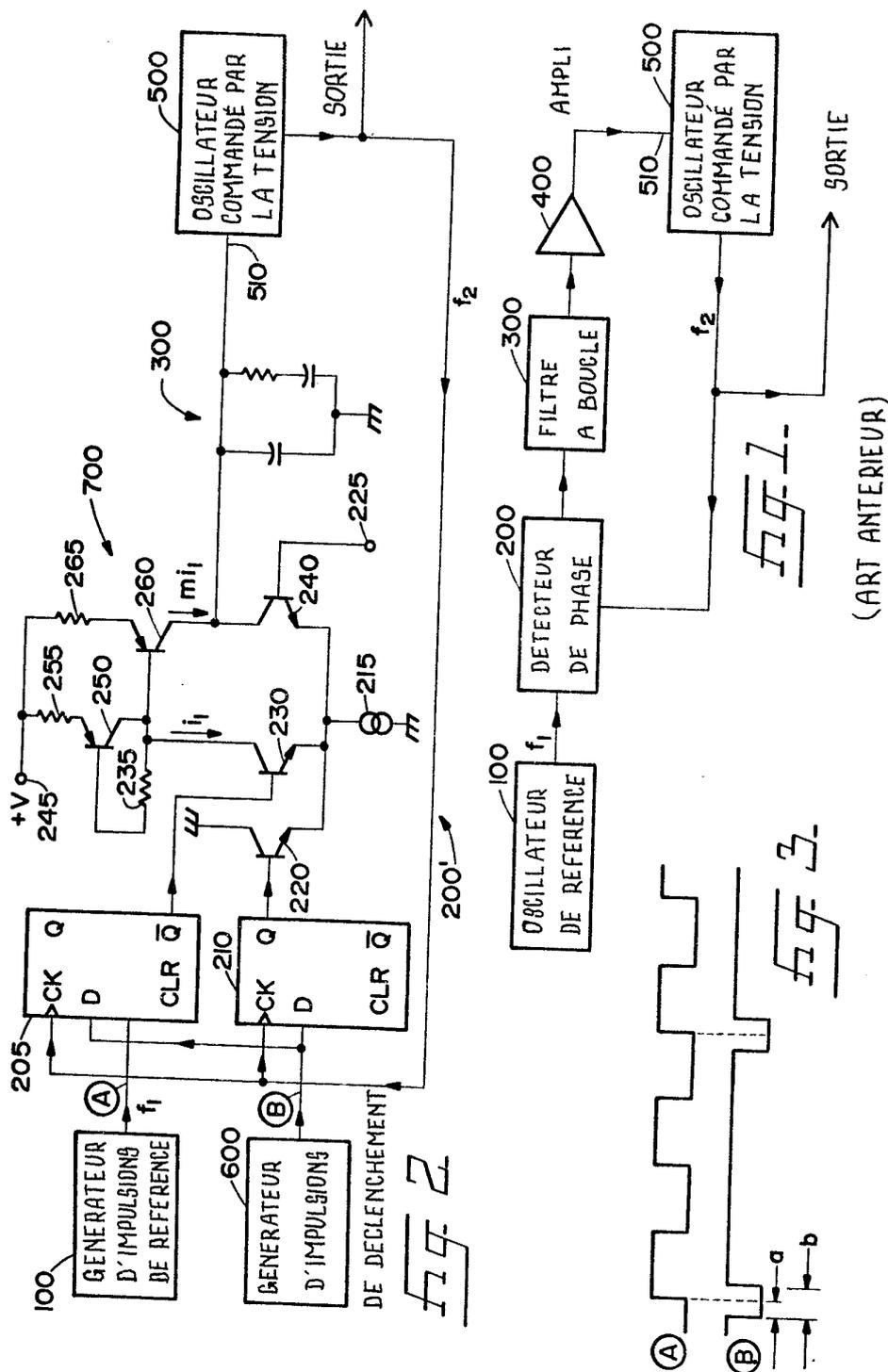
On peut souligner que, dans la description qui précède, l'auteur a évité de surcharger son exposé par de grandes quantités de détails et de renseignements particuliers relatifs à des éléments tels que la polarisation, etc., attendu que ces détails sont bien connus des spécialistes. Il convient également de souligner que le mode particulier de réalisation de l'invention qui est représenté et décrit ici n'est donné qu'à seul titre d'illustration et non de limitation. Par conséquent, il apparaîtra clairement à tout spécialiste que de nombreuses modifications peuvent être envisagées dans la réalisation pratique de l'invention sans s'écarter cependant des principes de base de celle-ci.

RE V E N D I C A T I O N S

1. Un système destiné à fournir un second signal à une seconde fréquence en relation précise de temps avec un premier signal à une première fréquence, caractérisé en ce qu'il comprend :
  - a) un moyen générateur (100) commandé de signaux, pour engendrer ledit second signal (A);
  - b) un moyen générateur (600) d'impulsions de déclenchement pour engendrer une impulsion (B) de déclenchement;
  - c) un moyen (200') pour comparer le premier signal avec le second signal et pour commander ledit moyen générateur commandé de signaux en réponse à cette comparaison, afin de maintenir ledit second signal en relation précise de temps avec le premier signal, ce moyen de comparaison étant activé par une impulsion (B) de déclenchement provenant dudit moyen (600) générateur d'impulsions de déclenchement.
2. Le système selon la Revendication 1, caractérisé en ce que ledit moyen de comparaison comprend :
  - a) un premier circuit à bascule (210) comportant une entrée d'horloge (CK) reliée à la sortie dudit moyen générateur commandé de signaux, une entrée D reliée à la sortie dudit générateur d'impulsions de déclenchement, une entrée SET reliée de façon à pouvoir recevoir ledit premier signal, et une sortie  $\bar{Q}$  ;
  - b) un second circuit à bascule (205) comportant une entrée d'horloge (CK) reliée à la sortie dudit moyen générateur commandé de signaux, une entrée D reliée à la sortie dudit moyen générateur commandé de signaux, une entrée D reliée à la sortie dudit générateur d'impulsions de déclenchement, et une sortie Q;
  - c) un amplificateur de courant (700) pour fournir un courant d'erreur commutable, et
  - d) un moyen commutateur (220, 230, 240) pour diriger ledit courant d'erreur vers le générateur commandé de signaux branché sur lesdites sorties Q et  $\bar{Q}$ .
3. Le système selon la Revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un filtre à boucle (300) disposé entre le moyen comparateur et le moyen générateur commandé de signaux.

4. Le système selon la Revendication 1, caractérisé en ce que ledit moyen générateur commandé de signaux comprend un oscillateur (500) contrôlé par une tension élevée d'impédance d'entrée.
- 5 5. Un système détecteur de phase (200') pour comparer la phase d'un premier signal ayant une première fréquence avec un second signal ayant une seconde fréquence, caractérisé en ce qu'il comprend :
- a) un moyen générateur d'impulsions de déclenchement (600)
  - 10 qui engendre effectivement une impulsion de déclenchement (B);
  - b) un premier circuit à bascule (210) comportant une entrée d'horloge branchée de façon à recevoir le second signal, une entrée D pour recevoir la sortie dudit générateur d'impulsions de déclenchement, une entrée SET branchée de façon à recevoir
  - 15 le premier signal, et une sortie Q;
  - c) un second circuit à bascule (205) ayant une entrée d'horloge branchée de façon à recevoir le second signal, une entrée D pour recevoir la sortie dudit générateur d'impulsions de déclenchement (600), et une sortie  $\bar{Q}$ ;
  - 20 d) un moyen amplificateur de courant (700) destiné à fournir un courant d'erreur commutable, et
  - e) un moyen commutateur (220, 230, 240) sensible aux sorties Q et  $\bar{Q}$  pour commuter ledit courant d'erreur.
6. Système selon l'une ou l'autre des Revendications 1 ou 5,
- 25 caractérisé en ce que ledit amplificateur de courant comprend un circuit à miroir de courant.
7. Système selon l'une ou l'autre des Revendications 2 ou 5, caractérisé en ce que ledit moyen de commutation comprend un premier transistor de commutation (220) dont l'électrode de
- 30 base est reliée à ladite sortie Q, un second transistor de commutation (230) dont l'électrode de base est reliée à ladite sortie  $\bar{Q}$ , et un troisième transistor de commutation (240) dont l'électrode de polarisation est reliée à une source (225) de potentiel de polarisation.

PL UNIQUE



(ART ANTERIEUR)