

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
 INSTITUT NATIONAL  
 DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
 PARIS

①1 N° de publication : **2 548 848**  
 (à n'utiliser que pour les  
 commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **83 11257**

⑤1 Int Cl<sup>4</sup> : H 03 L 1/02; H 03 B 5/04; H 03 H 9/19.

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 6 juillet 1983.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
 demande : BOPI « Brevets » n° 2 du 11 janvier 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
 rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : THOMSON-CSF, société  
 anonyme et COMPAGNIE D'ELECTRONIQUE ET DE  
 PIEZO-ELECTRICITE - CEPE. — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Joseph Swaenepoel, Marc Thivet et Gé-  
 rard Marotel.

⑦3 Titulaire(s) :

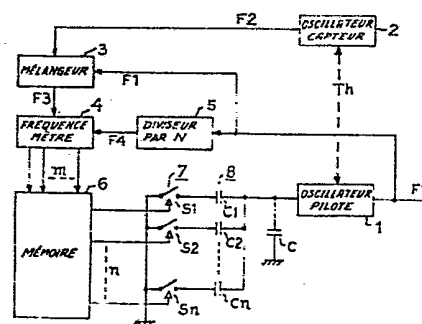
⑦4 Mandataire(s) : Philippe Guilguet.

⑤4 Générateur de fréquence compensé en température.

⑤7 Générateur de fréquence, du type à oscillateur pilote à  
 résonateur piézo-électrique, compensé en température.

La compensation est réalisée à partir d'un oscillateur à  
 résonateur piézo-électrique 2 utilisé comme capteur thermique;  
 la dérive en température de cet oscillateur capteur est mesu-  
 rée à l'aide d'un fréquencemètre 4 pour, grâce à une mémoire  
 programmée 6, commander un dispositif 7, 8 de compensation  
 de la dérive thermique de l'oscillateur pilote 1.

Application aux cas où une grande stabilité, en fonction de  
 la température, est nécessaire.



FR 2 548 848 - A1

## Générateur de fréquence compensé en température

La présente invention concerne un générateur de fréquence compensé en température, comprenant un oscillateur pilote à résonateur piézo-électrique pour fournir un signal de sortie à fréquence stable, des moyens de mesure pour fournir un signal de mesure fonction de la température de l'oscillateur pilote, des moyens de réglage de la fréquence de l'oscillateur pilote et un circuit de commande pour commander les moyens de réglage en fonction du signal de mesure.

Il est connu de réaliser de tels générateurs en utilisant comme moyens de mesure un circuit dont le capteur thermique est formé par une jonction d'un élément semi-conducteur ; la variation de la tension aux bornes de cette jonction, en fonction des variations de température, est utilisée par un circuit de commande pour fournir, à une diode à capacité variable branchée sur l'oscillateur pilote, une tension telle que la capacité présentée par cette diode compense la dérive en température de l'oscillateur pilote.

Ces solutions connues présentent des inconvénients. En particulier l'inertie thermique d'une jonction étant nettement inférieure à celle d'un résonateur piézo-électrique, la compensation s'effectue avec avance pour les variations de température rapides. De plus les tensions d'alimentation doivent être très stables de manière à ne pas fausser les résultats de la mesure de la température, obtenus par mesure de tension.

La présente invention a pour but d'éviter ces inconvénients.

Ceci est principalement obtenu par une mesure de température à partir d'un capteur constitué par un oscillateur à résonateur piézo-électrique.

Selon l'invention, un générateur de fréquence compensé en température, comprenant un oscillateur pilote à résonateur piézo-électrique pour fournir un signal de sortie à fréquence stable, des moyens de mesure pour fournir un signal de mesure fonction de la température de l'oscillateur pilote, des moyens de réglage reliés à une entrée de commande de la fréquence de l'oscillateur pilote et un circuit de commande pour comman-

der les moyens de réglage en fonction du signal de mesure, est caractérisé en ce que les moyens de mesure comportent : un oscillateur à résonateur piézo-électrique, utilisé comme oscillateur capteur, dont la dérive en température est, dans la bande des températures de fonctionnement du  
 5 générateur, très supérieure à celle de l'oscillateur pilote, et un fréquence-  
 mètre couplé à la sortie de l'oscillateur capteur pour effectuer une  
 mesure, en ce que l'oscillateur capteur est connecté thermiquement à  
 l'oscillateur pilote et en ce que le circuit de commande comporte une  
 mémoire programmée pour fournir des signaux de commande et dont les  
 10 signaux d'adressage sont fonction du résultat de la mesure effectuée par  
 le fréquencemètre.

L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques appa-  
 raîtront à l'aide de la description ci-après et des figures s'y rapportant qui  
 représentent :

- 15 - la figure 1, un générateur de fréquence selon l'invention,
- la figure 2, deux courbes relatives à des circuits de la figure 1,  
 dessinées avec des échelles différentes en ordonnée,
- la figure 3, une vue plus détaillée d'un élément de la figure 1,
- la figure 4, un schéma partiel d'un autre générateur de fré-  
 20 quence selon l'invention.

Sur les figures 1 et 4 les éléments correspondants portent les  
 mêmes repères.

La figure 1 montre un générateur de fréquence dans une réalisa-  
 tion selon l'invention. Ce générateur comporte un oscillateur pilote à  
 25 résonateur piézo-électrique, 1, de bonne stabilité en fréquence puisque  
 seul, sans le montage de compensation de température qui l'entoure et qui  
 va être décrit ci-après, il présente une dérive de  $\pm 2.10^{-5}$  de - 40 à  
 + 85°C (voir figure 2, courbe A); il s'agit d'un oscillateur pilote formé  
 d'un circuit oscillateur INTERSIL 7038 associé à un quartz, de coupe AT,  
 30 pour donner une fréquence F1 de 5 MHz.

Pour stabiliser en température la fréquence de sortie, F1, de  
 l'oscillateur pilote de la figure 1 il est prévu un capteur thermique  
 constitué par un oscillateur à résonateur piézo-électrique, 2, dont le  
 résonateur piézo-électrique est fortement connecté thermiquement (liai-  
 35 son Th) au résonateur piézo-électrique de l'oscillateur pilote; dans

l'exemple décrit les boîtiers des deux résonateurs piézo-électriques étaient accolés. L'oscillateur capteur 2 n'est pas compensé en température et est choisi intentionnellement de façon à présenter une dérive en température très supérieure à celle de l'oscillateur pilote : dérive de  $\pm 4 \cdot 10^{-5}$  par degré Celsius, soit  $\pm 5 \cdot 10^{-3}$  de  $-40$  à  $+85^\circ\text{C}$ , ce qui représente une dérive 250 fois plus grande que celle de l'oscillateur pilote. D'une façon générale il faut, comme cela ressortira de la suite de la description, que dans la bande des températures de fonctionnement, la dérive de l'oscillateur pilote non compensé en température soit négligeable devant celle de l'oscillateur capteur ; il y a intérêt à prendre un rapport d'au moins 100 entre les dérivées de l'oscillateur capteur et de l'oscillateur pilote mais un rapport de 20 pourrait, par exemple, encore convenir même s'il conduisait à de moins bons résultats.

Comme le montre la figure 2 la loi de variation de la fréquence F2 du signal de sortie de l'oscillateur capteur 2 (courbe B) est choisie monotone de façon qu'à une fréquence F2 donnée ne corresponde qu'une seule valeur de température. L'oscillateur capteur 2 est formé d'un circuit oscillateur INTERSIL 7038, associé à un résonateur au tantalate pour donner une fréquence F2 de 4,8 MHz ; la figure 3 montre que, pour une température qui varie de  $-40$  à  $+85^\circ\text{C}$ , la fréquence F2 dérive de  $5 \cdot 10^{-3}$  (courbe B).

Les signaux à fréquence F1 et F2, délivrés respectivement par l'oscillateur pilote 1 et l'oscillateur capteur 2 de la figure 1, sont envoyés sur les deux entrées d'un mélangeur de fréquences, 3, qui fournit, sur sa sortie, un signal de fréquence  $F3 = F1 - F2 = 200 \text{ kHz}$ .

Un fréquencemètre numérique, 4, mesure la fréquence du signal F3 ; pour cela il reçoit sur son entrée de mesure le signal du mélangeur 3 et il reçoit comme signal donnant une fréquence de référence, F4, le signal de sortie d'un diviseur de fréquence, 5, de rapport  $N = 5 \cdot 10^6$  dont le signal d'entrée est le signal délivré par l'oscillateur pilote 1 ; le signal à la fréquence F4 est formé d'impulsions de  $0,2 \mu\text{s}$  dont la fréquence de répétition est de 1 Hz ( $F4 = \frac{F1}{N} = 1 \text{ Hz}$ ).

La dérive en fréquence, dF3, du signal de sortie du mélangeur 3 est sensiblement égale à celle de l'oscillateur capteur 2 vu que  $dF3 = dF2 + dF1$  et que la dérive dF1 de l'oscillateur pilote 1 est négligea-

ble devant la dérive  $dF2$  de l'oscillateur capteur 2, comme cela a été indiqué plus avant. Le mélangeur 3 présente un double intérêt : d'une part il permet d'employer, comme fréquencemètre 4, un circuit pour la mesure d'une fréquence  $F3$  de l'ordre de 200 kHz qui consomme donc nettement  
 5 moins qu'un fréquencemètre travaillant à une fréquence  $F2$  de l'ordre de 4,8 MHz, d'autre part il délivre au fréquencemètre un signal dont la variation relative  $\frac{dF3}{F3}$  est nettement supérieure à celle,  $\frac{dF2}{F2}$ , du signal de l'oscillateur capteur 2 puisque  $dF3$  est équivalent à  $dF2$  et que  $F3$  est inférieur à  $F2$ .

10 Comme le montre la figure 3, le fréquencemètre 4 comporte un circuit de comptage 40 ; pendant les périodes du signal  $F4$ , c'est-à-dire pendant des périodes de 1 seconde, le circuit de comptage, 40, compte modulo 2048 les périodes du signal de sortie du mélangeur 3 ; pour cela, le circuit de comptage est remis à zéro, au moment de l'apparition des  
 15 fronts arrière des impulsions de  $0,2\mu s$  du signal  $F4$ , grâce à un circuit différentiateur 41. Le contenu du compteur est transféré dans un registre de sortie à 11 étages, 42, lors de l'apparition d'un signal représentatif du front avant des impulsions du signal  $F4$ , donné par le circuit différentiateur 42.

20 Les  $m = 11$  sorties du registre du fréquencemètre sont réunies (figure 1) à  $m = 11$  entrées d'adressage d'une mémoire programmable, 6, connue sous le nom de mémoire PROM, de type 27.16 ; cette mémoire délivre des mots de 8 bits sur ses  $n = 8$  sorties.

Les signaux de sortie de la mémoire 6 sont utilisés comme signaux  
 25 de commande des  $n = 8$  commutateurs  $S1$  à  $S_n$ , d'un circuit de commutation 7. Les commutateurs  $S1$  à  $S_n$  sont des transistors de type MOS qui sont bloqués ou saturés selon qu'ils reçoivent des signaux de niveau logique "0" ou "1" en provenance de la mémoire 6.

Ce circuit de commutation 7 sert à commander la mise en  
 30 parallèle, sur un condensateur, C, d'entrée de l'oscillateur pilote 1, des  $n = 8$  condensateurs  $C1$  à  $C_n$  d'une boîte de condensateurs, 8.

Les condensateurs de la boîte 8 ont respectivement pour valeurs  
 35  $0,5 - 1 - 2 - 4 - 8 - 16 - 33$  et  $68$  pF ; ils ont été choisis pour permettre une compensation de la dérive en température de l'oscillateur pilote 1 entre  $-40$  et  $+85^\circ C$ . Pour cela, des mesures préalables sont effectuées

pour déterminer les valeurs à donner au condensateur à mettre en parallèle sur le condensateur C afin d'obtenir une fréquence F1 de l'oscillateur pilote 1 égale à 5 MHz, pour différentes valeurs de température, c'est-à-dire pour différentes valeurs de F3 mesurées grâce au  
5 fréquencesmètre 4 ; la mémoire 6 est alors programmée pour que, à chaque valeur donnée par le fréquencesmètre 4, corresponde une valeur de capacité de la boîte de condensateurs 8, mise en parallèle sur le condensateur C.

Avec le montage selon la figure 1 il a été possible de réduire à  
10  $5.10^{-7}$  la dérive de l'oscillateur pilote 1 pour un fonctionnement entre - 40 et + 85°C alors que cette dérive, sans compensation, était de  $2.10^{-5}$ .

Une variante au générateur de fréquence compensé en température de la figure 1, est donnée à la figure 4. La figure 4 est une vue partielle d'un générateur de fréquence qui ne se distingue de celui selon la  
15 figure 1 que par le remplacement du circuit de commutation 7 par un convertisseur numérique-analogique, 70, et par le remplacement de la boîte de condensateurs 8 par une diode à capacité variable, 80, aussi appelée varicap, branchée en parallèle sur le condensateur C. Le convertisseur numérique-analogique 70 reçoit les signaux de sortie de la  
20 mémoire 6 et est réglé de manière à fournir à la diode à capacité variable, la tension de polarisation qui détermine la capacité voulue pour compenser la dérive en température.

L'invention n'est pas limitée aux deux exemples décrits, c'est ainsi que la mesure de température peut s'effectuer sans le mélangeur 6, c'est-  
25 à-dire par la mesure directe de la fréquence F2 ; là encore la dérive en température de l'oscillateur capteur 2 doit être nettement plus importante que celle de l'oscillateur pilote 1 dans la mesure où la fréquence de référence du fréquencesmètre 4 est obtenue à partir du signal fourni par l'oscillateur pilote 1.

### REVENDEICATIONS

1. Générateur de fréquence compensé en température, comprenant un oscilalteur pilote à résonateur piézo-électrique (1) pour fournir un signal de sortie à fréquence stable (F1), des moyens de mesure (2, 3, 4, 5) pour fournir un signal de mesure fonction de la température de l'oscillateur pilote, des moyens de réglage (7, 8 - 70, 80) reliés à une entrée de commande de la fréquence de l'oscillateur pilote et un circuit de commande (6) pour commander les moyens de réglage en fonction du signal de mesure, caractérisé en ce que les moyens de mesure comportent : un oscillateur à résonateur piézo-électrique (2), utilisé comme  
10 oscillateur capteur, dont la dérive en température est, dans la bande des températures de fonctionnement du générateur, très supérieure à celle de l'oscillateur pilote, et un fréquencemètre (4) couplé à la sortie de l'oscillateur capteur pour effectuer une mesure, en ce que l'oscillateur capteur (2) est connecté thermiquement à l'oscillateur pilote (1) et en ce  
15 que le circuit de commande comporte une mémoire (6) programmée pour fournir des signaux de commande et dont les signaux d'adressage sont fonction du résultat de la mesure effectuée par le fréquencemètre.

2. Générateur de fréquence selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de mesure comportent un mélangeur (3) qui reçoit  
20 des signaux de l'oscillateur pilote et de l'oscillateur capteur et en ce que le fréquencemètre est couplé à la sortie de l'oscillateur capteur par le mélangeur.

3. Générateur de fréquence, selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le fréquencemètre comporte un circuit de  
25 couplage (41) qui compte les périodes du signal à mesurer pendant des intervalles de temps définis à partir du signal de l'oscillateur pilote (1).

4. Générateur de fréquence, selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de réglage comportent un circuit de commutation (7) commandé par les signaux de commande et une boîte  
30 de condensateurs (8) reliée à l'entrée de commande de l'oscillateur pilote et dont les conducteurs sont connectés par le circuit de commutation.

5. Générateur de fréquence selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les moyens de réglage comportent une diode à capacité variable (80) dont la tension de polarisation est fonction des

signaux de commande et en ce que cette diode est reliée à l'entrée de commande de l'oscillateur pilote.



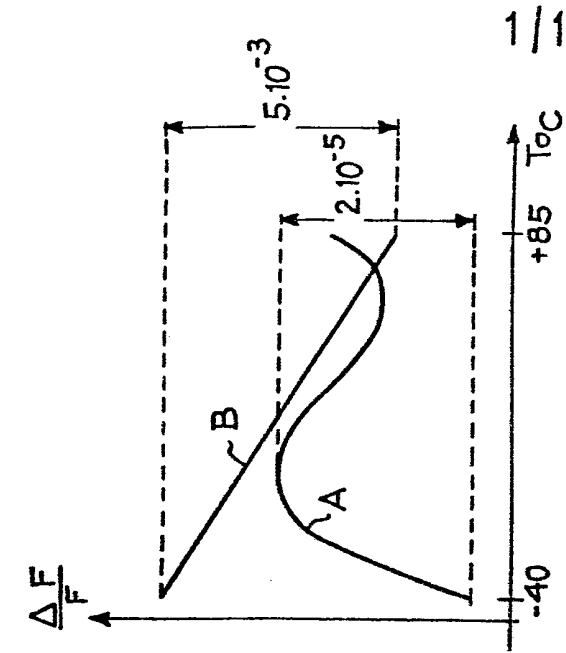


Fig.2

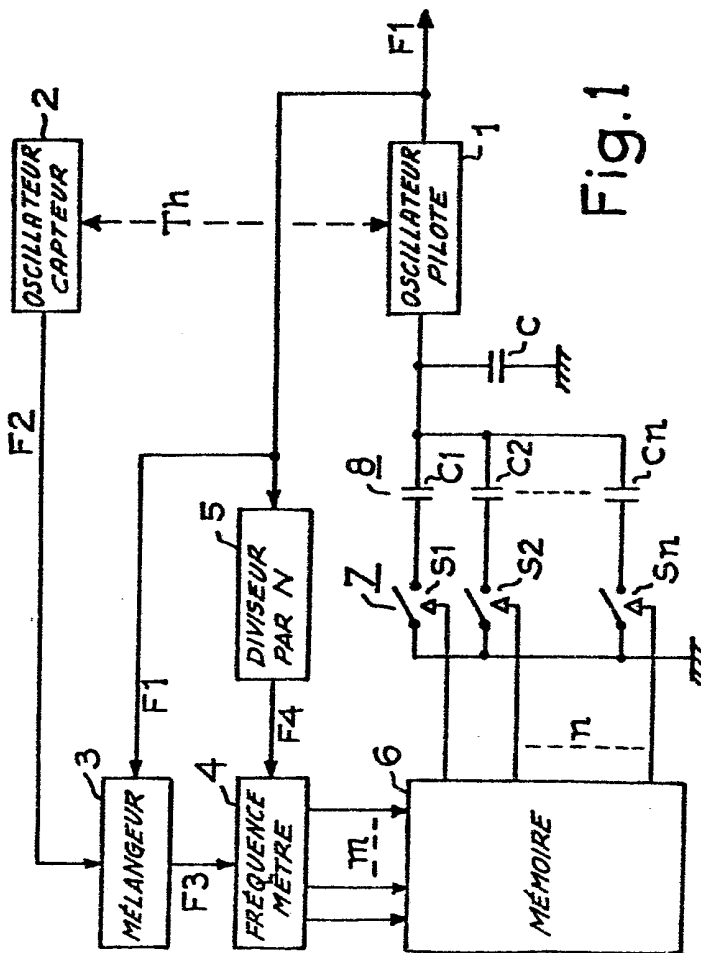


Fig.1

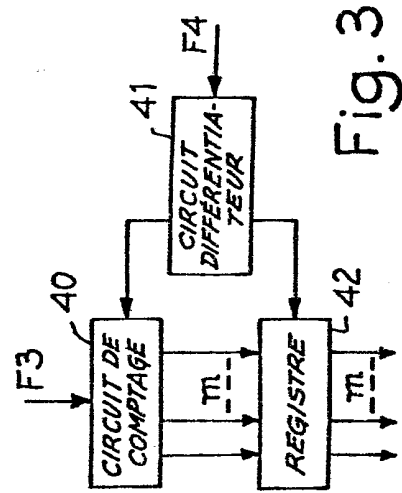


Fig.3

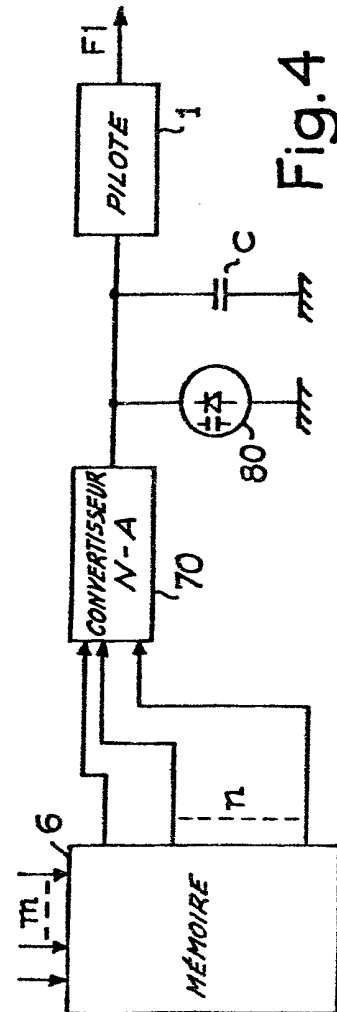


Fig.4