

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 82 13848

⑮ Radio-altimètres à modulation de fréquence et onde entretenue perfectionnés.

⑯ Classification internationale (Int. Cl.³). G 01 S 13/08; B 64 D 43/00.

⑰ Date de dépôt..... 9 août 1982.

⑱ ⑲ ⑳ Priorité revendiquée : US, 10 août 1981, n° 291 854.

㉑ Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 6 du 11-2-1983.

㉒ Déposant : THE BENDIX CORPORATION. — US.

㉓ Invention de : Constantinos Sidney Kyriakos.

㉔ Titulaire : *Idem* ㉒

㉕ Mandataire : J. Brullé, service brevets Bendix,
44, rue François-1^{er}, 75008 Paris.

RADIO-ALTIMETRES A MODULATION DE FREQUENCE
ET A ONDE ENTRETENUE PERFECTIONNES

La présente invention se rapporte aux radio-altimètres du type à modulation de fréquence et à onde entretenue. Elle se rapporte plus particulièrement à un dispositif pour éliminer l'erreur résultant du déphasage dans le signal de sortie
5 des altimètres.

Les radio-altimètres du type à modulation de fréquence et à onde entretenue sont devenus les appareils préférés pour mesurer avec précision l'altitude d'un avion pendant l'ap-
proche du terrain d'atterrissage. La plupart des appareils de
10 ce genre actuellement en service sont, en règle générale, du type décrit dans le brevet des EUA n° 3.341.849 au nom de B.L. Cordry et autres. Dans les radio-altimètres de ce type, un émetteur est modulé linéairement en fréquence par une ten-
sion de modulation ayant une forme d'onde triangulaire. Une
15 partie du signal émis est mélangée au signal réfléchi reçu du sol pour produire un signal de fréquence de battement. La dif-
férence entre la fréquence du signal émis et celle du signal reçu, c'est-à-dire la fréquence de battement, est proportion-
nelle à l'altitude de l'avion et on produit en sortie une
20 indication de l'altitude en comptant la fréquence du signal de battement.

Comme il est bien connu, des erreurs apparaissent dans le signal de fréquence de battement pendant les périodes au cours desquelles l'onde de modulation s'approche de ses va-
25 leurs de pointe. Ces erreurs, ou erreurs résultant du déphasage, résultent du fait qu'à ces moments les fréquences des signaux émis et reçus s'approchent l'une de l'autre, de-
viennent égales pour retourner à la valeur qu'elles avaient avant la pointe de l'onde de modulation. Par conséquent, la
30 fréquence de battement tombe périodiquement à zéro à partir d'une valeur constante à des moments qui correspondent approximativement aux temps où l'onde de modulation atteint ses valeurs de pointe maximale et minimale. La fréquence de
battement, mesurée sur un cycle complet de modulation est,
35 par conséquent, erronée et une telle erreur est directement reflétée dans l'altitude indiquée par l'altimètre.

L'existence de l'erreur résultant du déphasage a été

prise en considération dans les appareils de la technique antérieure et des efforts ont été effectués pour réduire au minimum l'effet de cette erreur. Dans l'altimètre décrit dans le brevet des EUA n° 3.341.849 cité ci-dessus, on fait varier
5 légèrement (on fait vobuler) la fréquence de l'onde de modulation, ce qui tend à porter à une valeur moyenne l'erreur du déphasage. Il semblerait qu'une manière plus directe d'éliminer l'erreur résultant du déphasage consisterait à éliminer au moyen d'une porte ou à bloquer d'une autre manière les données de fréquence de battement pour empêcher qu'elles soient
10 traitées par le compteur de fréquence pendant les périodes de temps au cours desquelles ces données sont l'objet d'erreurs. Cependant, les compteurs de fréquence du type analogique, tels qu'utilisés dans l'altimètre du brevet des EUA n° 3.341.849,
15 ne peuvent pas être facilement commandés de manière à traiter avec précision des salves intermittentes de données de fréquence. Avec des processeurs de signaux numériques, on peut facilement commander un compteur de fréquence de façon à donner des résultats crédibles lorsqu'il fonctionne sur des
20 salves intermittentes de données de fréquence. La manière évidente de commander un processeur numérique consiste à engendrer un créneau de suppression en synchronisme avec l'onde de modulation et à utiliser ce créneau pour inhiber le fonctionnement d'un compteur de fréquence de battement numérique pendant les intervalles au cours desquels l'onde de modulation est proche de sa valeur de pointe. Il subsiste encore, cependant, avec de tels moyens, le risque qu'il existe dans les mesures d'altitude une erreur correspondant à une certaine partie fractionnaire d'un cycle du signal de fréquence de battement étant donné qu'il est extrêmement probable que la période pendant laquelle le compteur de fréquence de battement sera rendu actif ne sera pas égale à un nombre entier de cycles de la fréquence de battement.

Par conséquent, l'un des buts de la présente invention
35 est de réaliser des moyens pour supprimer l'erreur résultant du déphasage dans un radio-altimètre du type à modulation de fréquence et à onde entretenue.

Un autre but de l'invention est de réaliser un radio-
altimètre dans lequel les données de fréquence indicatrices
d'altitude sont traitées numériquement pour produire une in-
formation d'altitude sous une forme numérique.

5 D'autres buts et avantages de l'invention apparaîtront
plus clairement à la lecture de la description détaillée qui
va suivre et à l'examen du dessin annexé.

En résumé, l'invention a pour objet un radio-altimètre
qui comporte des moyens numériques pour engendrer une onde de
10 modulation triangulaire appliquée à un émetteur à modulation
de fréquence. Des moyens numériques synchronisés avec le géné-
rateur d'onde triangulaire produisent un signal de créneau de
comptage qui est à un haut niveau logique pendant la plus
grande partie de la région linéaire de la période de l'onde
15 triangulaire et qui est à un bas niveau logique pendant la
partie de la période de l'onde triangulaire proche des pointes
de l'onde. Le signal de créneau de comptage et le signal de
fréquence de battement produit par le mélange des signaux émis
et reçus sont appliqués à des moyens logiques qui modifient
20 la durée de l'état à haut niveau du signal de créneau de comp-
tage pour produire un signal de créneau de comptage dont l'é-
tat à haut niveau logique a toujours une durée égale à un
nombre entier de cycles du signal de fréquence de battement.
Le signal de créneau de comptage ainsi produit est alors uti-
25 lisé pour commander un compteur de fréquence de signal de
battement et un compteur de signaux d'horloge de précision
dont les signaux de sortie sont traités arithmétiquement pour
donner une information d'altitude numérique exempte d'erreur
résultant du déphasage.

30 Dans le dessin annexé donné à titre d'exemple non limi-
tatif:

la Fig. 1A est un diagramme qui montre la forme d'onde
de la tension de modulation et la relation qui existe entre
les fréquences des ondes émises et reçues d'un radio-alti-
35 mètre à modulation de fréquence et à onde entretenue;

la Fig. 1B est un diagramme qui représente la forme
d'onde d'un signal de créneau de comptage, synchronisé avec la

forme d'onde de modulation de la Fig. 1A, qui peut être utilisé pour supprimer les informations erronées dans le signal de fréquence différentielle de l'altimètre;

la Fig. 1C est un diagramme qui représente la forme d'onde du signal de fréquence différentielle de l'altimètre;

la Fig. 1D est un diagramme qui représente la forme d'onde d'un signal de créneau de comptage modifié pour éliminer les erreurs de comptage fractionnaires lors du comptage de la fréquence du signal de fréquence différentielle; et

la Fig. 2 est un schéma-bloc fonctionnel qui représente d'une manière schématique un radio-altimètre à modulation de fréquence et à onde entretenue et les moyens de la présente invention pour éliminer l'erreur résultant du déphasage de l'indication d'altitude de sortie.

Sur la Fig. 1A à laquelle on se référera, on a représenté une forme d'onde triangulaire qui représente la forme d'une tension de modulation appliquée à l'émetteur d'un radio-altimètre à modulation de fréquence ainsi que la variation de fréquence du signal émis. Une onde semblable 11 représente la variation de fréquence du signal reçu par l'altimètre. Le déplacement Δt entre les ondes 10 et 11 le long de l'axe des temps est proportionnel à l'altitude de l'avion qui porte l'altimètre. Comme il est évident, la différence F_d , entre la fréquence de l'onde 10 et celle de l'onde 11, est constante pendant la plus grande partie des cycles des ondes. Des erreurs résultant du déphasage apparaissent, cependant, aux moments proches des pointes t_1 , t_2 et t'_1 , t'_2 des ondes où la différence de fréquence tombe d'une valeur constante à zéro puis se rétablit à la valeur constante un certain temps après la pointe de l'onde reçue.

La Fig. 1B représente un signal de créneau de comptage synchronisé avec l'onde triangulaire de la Fig. 1A. Le signal de créneau de comptage est à un niveau logique "1" pendant les temps auxquels le signal de fréquence de différence, F_d , est reçu et le signal de créneau de comptage est à un niveau logique "0" aux moments qui entourent les temps de pointe t_1 , t_2 , t'_1 , t'_2 des ondes triangulaires, où le signal F_d est

l'objet d'une erreur résultant du déphasage;

La Fig. 1C représente le signal de fréquence de différence F_d simplifié dans la mesure où la fréquence est normalement bien supérieure à celle représentée et où l'on n'a fait
5 aucune tentative pour montrer la variation de fréquence qui résulte de l'erreur résultant du déphasage. Les Fig. 1B et 1C montrent le cas le plus probable dans lequel le calage en phase et la durée du signal de créneau de comptage par rapport à la fréquence F_d sont tels qu'un compte de fréquence
10 effectué pendant la période de temps au cours de laquelle le signal de créneau de comptage est à un niveau logique "1" ne contient pas un nombre entier de cycles de la fréquence F_d . On élimine cette source d'erreur en appliquant le signal de créneau de comptage de la Fig. 1B et le signal de fréquence différentielle F_d de la Fig. 1C à des moyens logiques
15 pour produire un signal de créneau de comptage modifié représenté sur la Fig. 1D.

Le signal de créneau de comptage modifié ne s'élève à un niveau "1" logique que lorsque le front avant du premier cycle
20 F_d apparaît après que le signal de créneau de la Fig. 1B s'est élevé à un niveau "1" logique, par exemple à un temps t_3 . Le signal de créneau de comptage modifié reste à un niveau "1" logique et ne retombe à un niveau "0" logique que lorsque le front avant du premier cycle F_d apparaît à la suite du passage
25 du signal de créneau de comptage de la Fig. 1B à un niveau "0" logique, par exemple à un temps t_4 . Le signal de créneau de comptage modifié de la Fig. 1D a, par conséquent, toujours une durée telle qu'il contient un nombre entier de cycles du signal F_d . Le signal de créneau de comptage modifié est utilisé
30 pour commander des compteurs qui comptent respectivement la fréquence du signal F_d et un signal d'horloge de précision afin de produire une information numérique qui est traitée pour produire une information numérique indiquant l'altitude de l'avion, comme on le décrira ci-après en se référant à la
35 Fig. 2.

Comme représenté sur la Fig. 2 à laquelle on se référera, un radio-altimètre du type à modulation de fréquence et à

onde entretenue comporte un émetteur 15 à onde entretenue qui fournit un signal à une antenne émettrice 16 montée dans un avion pour diriger un faisceau d'onde radio vers le sol. Le signal de l'émetteur 15 est modulé linéairement en fréquence entre une basse fréquence F_L et une haute fréquence F_H par une onde triangulaire appliquée au modulateur 17 pour produire un signal émis dont la fréquence varie en fonction du temps comme représenté par la forme d'onde 10 de la Fig.1A. L'onde de modulation triangulaire, qui a avantageusement une fréquence de 150 Hz, est engendrée par un compteur progressif-régressif 18 qui compte les cycles d'une horloge 19 de 240 kHz et un convertisseur 21 de numérique en analogique. Pour une onde triangulaire de 150 Hz, la durée d'une demi-période est d'approximativement 3,3 ms, ce qui est égal à un compte de 799 cycles du signal de l'horloge 19. Le compteur 18 peut, par conséquent, être réglé pour compter de zéro jusqu'à l'équivalent binaire de 799 puis régressivement jusqu'à zéro, période pendant laquelle le compte en cours est continuellement converti en une tension analogique par le convertisseur 21, produisant ainsi une forme d'onde triangulaire de 150 Hz.

Le faisceau émis par l'antenne 16 et réfléchi par le sol est reçu par l'antenne 22 puis est mélangé à une petite partie de l'onde de sortie de l'émetteur 15 dans le récepteur-mélangeur 23. Le signal produit à la sortie 24 du récepteur-mélangeur 23 est le signal de fréquence différentielle de la Fig. 1C qui contient la variation de fréquence due à l'erreur résultant du déphasage.

Le signal de créneau de comptage est engendré par un compteur binaire 26 et un circuit logique 27. Le compteur 26 accumule continuellement le compte des cycles de sortie de l'horloge 19 pendant chaque demi-période de l'onde triangulaire de sortie du convertisseur 21. Le circuit logique 27 décode le signal de sortie du compteur 26 pour produire un "1" logique après que le compteur 26 a accumulé l'équivalent binaire de 120 et jusqu'à ce que le compteur 26 ait accumulé un compte binaire correspondant à 648, à la suite de quoi le signal de sortie du circuit logique 27 tombe au niveau "0" logique. La forme d'onde du signal de créneau de comptage présente, par

conséquent, un bas niveau pendant approximativement 0,5 ms après le début d'une onde de modulation suivi d'un haut niveau pendant approximativement 2,2 ms et retombe à nouveau à un bas niveau pendant approximativement 0,5 ms. Le signal de créneau de comptage est dans une relation telle avec l'onde de modulation triangulaire que l'état de haut niveau du signal de créneau de comptage apparaît pendant la partie linéaire de l'onde triangulaire et l'état de bas niveau apparaît avant les pointes de l'onde triangulaire et se poursuit après ces pointes qui sont situées approximativement au centre de ce signal de créneau.

Le signal de sortie de créneau de comptage émis par le circuit logique 27 et le signal de fréquence différentielle produit à la sortie du récepteur-mélangeur 24 sont appliqués à un circuit logique 28 pour produire à la sortie 29 de ce dernier le signal de créneau de comptage modifié représenté sur la Fig. 1D. Le circuit logique 28 peut avantageusement comporter une bascule du type D à l'entrée D de laquelle est appliqué le signal de créneau de comptage provenant du circuit logique 27 tandis que le signal de fréquence différentielle provenant de la sortie 24 est appliqué à son entrée de signal d'horloge. Une bascule du type D a la propriété de transférer l'état du signal présent à son entrée D à sa sortie Q lors de l'apparition d'un signal de haut niveau à son entrée de signal d'horloge. Par conséquent, le signal de créneau modifié produit à la sortie Q 29 de la bascule, s'il est initialement à un bas niveau, ne passe à un haut niveau que lorsque la première impulsion de sens positif du signal F_d apparaît après l'apparition d'un haut niveau de signal de créneau de comptage à l'entrée D, par exemple au temps t_3 , comme représenté sur la Fig. 1D. Le passage du signal de la sortie 29 d'un haut niveau à un bas niveau se produit après que l'entrée D est retombée à un bas niveau et au moment où la première impulsion de sens positif est appliquée à l'entrée de signal d'horloge, par exemple au temps t_4 , comme représenté sur la Fig. 10. Le signal de créneau de comptage modifié de la Fig. 1D a, par conséquent, toujours une durée telle qu'il

contient un nombre entier de cycles du signal F_d et il est positionné par le signal de créneau de comptage par rapport à l'onde triangulaire de la Fig. 1A de façon à n'être dans un état de haut niveau que pendant les parties linéaires de l'onde triangulaire.

Le signal de créneau de comptage modifié présent à la sortie 29 est appliqué à l'entrée d'activation d'un premier compteur binaire 31 à 16 bits qui reçoit le signal F_d de la sortie 24 sur son entrée de signal d'horloge. Le signal de créneau de comptage modifié provenant de la sortie 29 est également appliqué à l'entrée d'activation d'un second compteur binaire 32 à 16 bits qui reçoit sur son entrée de signal d'horloge le signal de sortie d'un oscillateur-horloge 33 de 400 kHz. Le signal de sortie du compteur 31 est un compte binaire du nombre des cycles du signal F_d qui se produisent pendant la période de temps au cours de laquelle le signal de créneau de comptage est à l'état "1" logique. Le signal de sortie du compteur 32 est le compte binaire du nombre des cycles du signal d'horloge de l'oscillateur 33 qui se produisent pendant la période de temps au cours de laquelle le compte de cycles du signal F_d est accumulé. Les signaux de sortie numériques des compteurs 31 et 32 sont traités arithmétiquement par un microprocesseur 33 pour produire la valeur numérique de l'altitude de l'avion, valeur qui peut être affichée sur un indicateur 34 ou utilisée d'une autre manière pour l'exploitation de l'avion.

Le calcul effectué par le microprocesseur sur l'information numérique reçue des compteurs 31 et 32 apporte une solution à l'équation suivante :

$$H = \frac{F_d \cdot c}{2 \frac{(dF)}{(dt)}} \quad (1)$$

dans laquelle :

- H est l'altitude de l'avion;
- F_d est la fréquence du signal de fréquence différentielle;
- c est la vitesse de propagation des ondes radio; et
- $\frac{dF}{dt}$ est la pente de la forme d'onde 10 de la Fig. 1A.

Les paramètres d'un mode de réalisation spécifique de l'invention s'appliquent à l'équation (1) de la manière suivante:

La fréquence du signal émis varie cycliquement entre une faible valeur $F_L = 4,235$ GHz et une valeur élevée $F_H = 4,365$ GHz à une fréquence de 150 Hz, la demi-période étant égale à 1/300 s ou approximativement 3,3 ms; par conséquent:

$$\frac{dF}{dt} = \frac{(4,365 - 4,235) \times 10^9}{3,3 \times 10^{-3}} = 3,94 \times 10^{10}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s (environ)}$$

En introduisant ces valeurs dans l'équation (1) cette dernière devient:

$$H = \frac{F_d}{263} \text{ m (environ)} \quad (2)$$

On détermine la valeur de F_d en divisant le signal de sortie N_1 du compteur 31 par le produit du signal de sortie N_2 du compteur 32 et de la période T_c des signaux d'horloge de l'oscillateur 33. Par conséquent, le microprocesseur doit simplement diviser N_1 par N_2 et multiplier le quotient résultant par une constante prédéterminée pour produire la valeur numérique de l'altitude de l'avion. Pour les paramètres indiqués:

$$T_c = \frac{1}{400 \times 10^3}$$

Si l'on effectue une substitution de ces valeurs à F_d dans l'équation (2) on obtient:

$$H = \frac{N_1}{N_2 \frac{1}{400 \times 10^3}} \cdot \frac{1}{263} = \frac{N_1}{N_2} \times 1.520 \text{ m}$$

La constante prédéterminée (1.520) est, naturellement, convertie en son équivalent binaire avant son introduction dans le microprocesseur 33 et le signal de sortie du microprocesseur est produit sous une forme binaire qui peut être convertie en une valeur décimale pour être affichée ou conservée sous une forme binaire en vue d'une autre utilisation.

REVENDEICATIONS

1 - Un radio-altimètre du type à modulation de fréquence et à onde entretenue comportant un émetteur (15) modulé en fréquence par une onde de modulation cyclique (10), dont des parties varient linéairement en fonction du temps, un récepteur (23) pour recevoir les réflexions par un objet des signaux émis par l'émetteur et un mélangeur auquel les signaux reçus par le récepteur et une partie du signal émis par l'émetteur sont appliqués pour produire un signal de différence de fréquence (F_d) dont la fréquence est indicative de la distance entre l'émetteur et l'objet qui réfléchit les signaux de l'émetteur, ce radio-altimètre étant caractérisé en ce qu'il comporte: des moyens pour éliminer l'erreur résultant du déphasage dans l'indication de sortie de l'altimètre, ces moyens comprenant: des moyens (19, 26, 27) pour engendrer un premier signal de créneau ayant un niveau "1" logique pendant les périodes de temps au cours desquelles l'onde de modulation varie linéairement en fonction du temps et un niveau "0" logique aux autres moments; des moyens logiques (28) auxquels le premier signal de créneau et le signal de différence de fréquence sont appliqués, ces moyens logiques fonctionnant en réponse au niveau "1" logique du premier signal de créneau et au signal de différence de fréquence pour produire un second signal de créneau ayant un niveau "1" logique pendant une durée égale à un nombre entier de cycles du signal de différence de fréquence; des moyens (31, 32, 33) commandés par le second signal de créneau pour déterminer la fréquence du signal de différence de fréquence; et des moyens (33) pour traiter numériquement la fréquence du signal de différence de fréquence afin de produire une indication de distance en tant que signal de sortie de l'altimètre.

2 - Radio-altimètre muni de moyens pour éliminer l'erreur résultant du déphasage, caractérisé en ce que les moyens servant à déterminer la fréquence du signal de différence de fréquence comprennent: un générateur (53) de signal d'horloge; et deux compteurs (31, 32) qui sont tous deux rendus actifs pendant la période au cours de laquelle le second signal de créneau est

à un niveau "1" logique, l'un des compteurs (31) lorsqu'il est actif comptant le signal de différence de fréquence, l'autre compteur (32) lorsqu'il est actif comptant les impulsions du générateur de signal d'horloge.

- 5 3 - Radio-altimètre muni de moyens pour éliminer l'erreur résultant du déphasage selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les moyens logiques précités comprennent une bascule du type "D" ayant une entrée D, une entrée de signal d'horloge et une sortie Q, cette bas-
- 10 cule ayant la propriété de transférer à la sortie Q le niveau logique présent à l'entrée D lors de l'apparition du niveau "1" logique à l'entrée de signal d'horloge, le premier signal de créneau étant appliqué à l'entrée D, le signal de différence de fréquence étant appliqué à l'entrée de signal d'horloge
- 15 et le second signal de créneau apparaissant à la sortie Q.
- 4 - Dispositif pour éliminer l'erreur résultant du déphasage dans un radio-altimètre du type à modulation de fréquence et à onde entretenue, ledit altimètre comportant un émetteur (15)
- 20 un récepteur (23) et un mélangeur (23) pour combiner une partie du signal de l'émetteur avec un signal reçu par le récepteur pour produire un signal de fréquence différentielle, l'émetteur fonctionnant en réponse à une onde de modulation (10) pour produire un signal pour l'émission qui varie conformément à l'onde de modulation, ce dispositif étant caractérisé
- 25 en ce qu'il comporte, en combinaison: un oscillateur-horloge (19), un compteur progressif-régressif (18) recevant le signal de sortie de l'oscillateur-horloge, ce compteur incrémentant un nombre minimal qui y est pré-réglé à chaque cycle de signal de l'oscillateur-horloge jusqu'à ce qu'un compte pré-réglé maxi-
- 30 mal y soit accumulé puis décrémentant le compte accumulé, à chaque cycle du signal de l'oscillateur-horloge, jusqu'à ce que le compte accumulé soit égal au nombre minimal pré-réglé; un convertisseur (21) de numérique en analogique recevant le compte accumulé par le compteur progressif-régressif et le con-
- 35 vertissant en un signal de tension de sortie dont la grandeur est proportionnelle au compte accumulé, la tension de sortie étant appliquée à l'émetteur en tant qu'onde de modulation; un second compteur (26) recevant le signal de sortie de l'oscil-

lateur-horloge, ce second compteur accumulant un compte continu de cycles du signal de l'oscillateur-horloge; des moyens logiques (27) pour décoder le compte accumulé par le second compteur afin de produire un signal de créneau ayant un niveau
5 "1" logique pour des comptes accumulés par le second compteur entre les comptes minimal et maximal préréglés du compteur progressif-régressif; et des moyens (28-33A) commandés par le signal de créneau et fonctionnant pendant le niveau "1" logique du signal de créneau pour déterminer la fréquence du signal
10 de fréquence différentielle.

5 - Dispositif pour éliminer l'erreur résultant du déphasage selon la revendication 4, caractérisé en ce que les moyens servant à déterminer la fréquence du signal de fréquence différentielle comprennent: des seconds moyens logiques (28) auxquels le signal de créneau et le signal de fréquence différentielle sont appliqués pour produire un second signal de créneau ayant un niveau "1" logique d'une durée égale à un nombre entier de cycles du signal de fréquence différentielle; et un troisième compteur (31) commandé par le second signal
15 de créneau pour compter le nombre des cycles du signal de fréquence différentielle qui se produisent pendant la période de temps au cours de laquelle le second signal de créneau est à un niveau "1" logique.

6 - Dispositif pour éliminer l'erreur résultant du déphasage selon la revendication 5, caractérisé en ce que les moyens servant à déterminer la fréquence du signal de fréquence différentielle comprennent, en outre, un second oscillateur-horloge (33) et un quatrième compteur (32) pour compter le nombre des cycles du signal du second oscillateur-horloge
20 produits pendant la période de temps au cours de laquelle le second signal de créneau est à un niveau "1" logique.

7 - Dispositif pour éliminer l'erreur résultant du déphasage selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens servant à déterminer la fréquence du signal de fréquence différentielle comprennent des moyens (33A) pour diviser le
35 compte accumulé par le troisième compteur (31) par le compte accumulé par le quatrième compteur (32).

PLANCHE UNIQUE

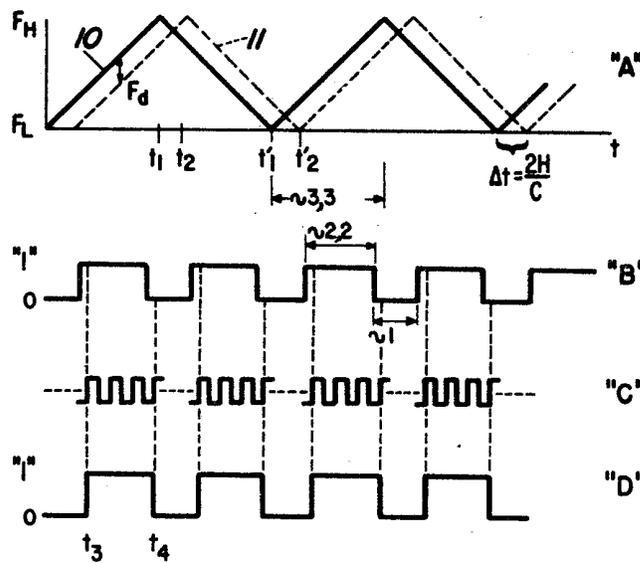
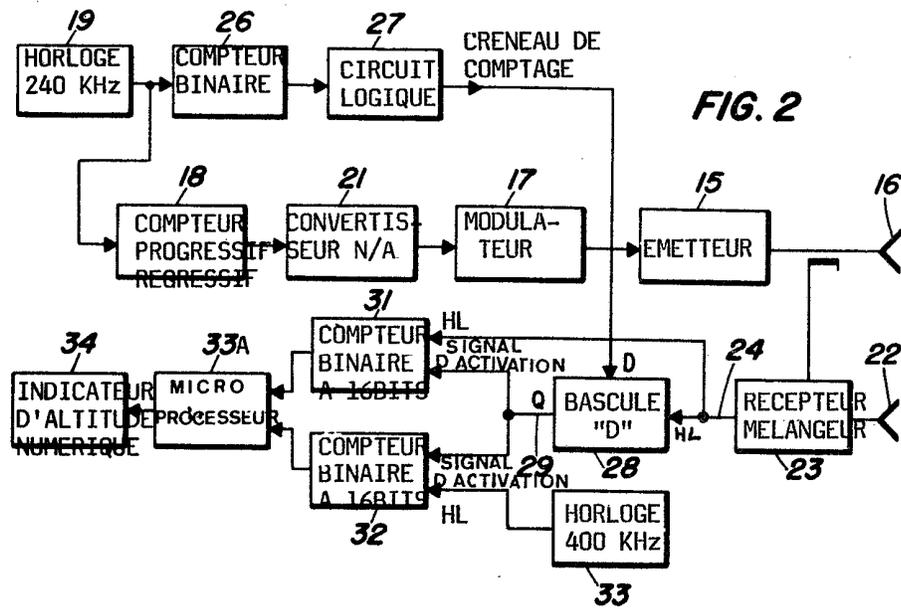


FIG. 1