

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 14821

(54) Montre électronique.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). H 02 P 8/00; G 04 C 3/00.

(22) Date de dépôt..... 11 juin 1979, à 13 h 40 mn.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 1 du 2-1-1981.

(71) Déposant : Société dite : KK DAINI SEIKOSHA, résidant au Japon.

(72) Invention de :

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Flechner,
63, av. des Champs-Élysées, 75008 Paris.

La présente invention concerne un dispositif d'entraînement pour un moteur pas à pas d'une montre électronique à affichage analogique, qui présente une consommation minimale.

La figure 1 représente une configuration courante du mécanisme d'affichage d'une montre à quartz à affichage analogique. L'énergie de sortie d'un moteur qui comprend un stator 1, une bobine 7 et un rotor 6 est transmise à un train d'engrenages qui comporte des roues dentées 2, 3, 4 et 5, et l'énergie de sortie du train d'engrenages est transmise au mécanisme d'affichage, comprenant une aiguille des secondes, une aiguille des minutes et une aiguille des heures, ou un dispositif de calendrier, dans certaines circonstances. Cette transmission s'effectue par des trains de roues dentées (non représentés), de façon à entraîner le mécanisme d'affichage.

La figure 2 représente un exemple de circuit pour une montre électronique classique. La fréquence d'un signal oscillant provenant d'un circuit oscillateur 10 est divisée de façon continue par un circuit diviseur de fréquence 11. Le signal à fréquence divisée est converti en deux signaux qui ont une largeur d'impulsion de 7,8 ms et une période de 2 s, mais qui sont mutuellement décalés de 1 s, à l'aide d'un circuit de combinaison d'impulsions 12. Les signaux obtenus sont appliqués aux entrées 15 et 16 d'inverseurs d'entraînement 13a et 13b. Ainsi, la bobine 7 reçoit une impulsion d'inversion qui change le sens du courant à chaque seconde, et le rotor 6, aimanté avec deux pôles, peut tourner successivement par pas de 180°. La figure 3 représente un exemple des ondes de courant qui apparaissent dans la bobine à ce moment.

D'autre part, la largeur de l'impulsion d'entraînement (comme 7,8 ms dans l'exemple précédent), la résistance de la bobine, le nombre de spires de cette bobine, les tailles de chacune des parties du moteur pas à pas, et d'autres paramètres, sont choisis de façon à entraîner le moteur pas à pas de façon stable, dans toutes les conditions auxquelles la montre électronique peut être soumise, c'est-à-dire dans le cas où la charge du train d'engrenages augmente du fait de l'adjonction de la fonction de calendrier, dans le cas où la montre est placée dans un champ magnétique, ou dans le cas où la résistance interne de la pile augmente du fait d'une température basse. De ce fait, la montre gaspille une grande quantité d'énergie pour assurer le fonctionnement dans les condi-

tions ci-dessus, alors qu'elle ne nécessite pas un couple élevé dans les conditions normales. Ceci empêche de réduire la consommation d'ensemble de la montre électronique.

5 L'invention a pour but d'éliminer les inconvénients de l'art antérieur, afin de réduire la consommation d'une montre électronique en lui appliquant des impulsions ayant la largeur minimale qui assure l'avance pas à pas du moteur dans n'importe quelle condition de charge.

10 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre d'un mode de réalisation, et en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 représente un exemple de mécanisme d'affichage pour une montre électronique à affichage analogique de type classique ;

15 La figure 2 montre un exemple de la structure du circuit de la montre électronique classique ;

La figure 3 montre un exemple de la forme d'un courant d'entraînement qui circule dans un moteur pas à pas ;

20 Les figures 4a, 4b et 4c montrent un exemple d'un train d'impulsions d'entraînement correspondant à l'invention ;

Les figures 5, 6 et 7 sont des schémas explicatifs d'un principe de détection du mouvement du moteur ;

La figure 8 montre un exemple de forme du courant d'entraînement qui circule dans le moteur pas à pas ;

25 Les figures 9 et 10 montrent respectivement un exemple de circuit de détection de mouvement pour un rotor, et un exemple de forme d'une tension de détection ;

30 Les figures 11a, 11b et 13a, 13b sont des graphiques qui montrent la relation entre l'angle de rotation d'un rotor, et une tension induite après l'entraînement ;

La figure 12 représente un exemple de circuit de détection de mouvement pour un rotor correspondant à un autre principe ;

35 La figure 14 montre la forme d'une tension induite et la forme d'un courant lorsqu'on modifie la largeur d'une impulsion d'entraînement ;

La figure 15 est un graphique qui montre la relation entre la largeur d'une impulsion d'entraînement et le potentiel de crête d'une tension induite après cette impulsion ;

40 La figure 16 montre un exemple de forme d'une tension induite lorsqu'on détecte le mouvement d'un rotor ;

La figure 17 est un schéma synoptique d'un mode de réalisation de l'invention ;

La figure 18 est un diagramme séquentiel des impulsions nécessaires dans ce mode de réalisation ;

5 La figure 19 montre des modes de réalisation d'un circuit d'entraînement et d'un circuit de détection ;

Les figures 20a et 20b représentent respectivement un schéma détaillé et un schéma synoptique d'un comparateur ;

10 Les figures 21a et 21b représentent des caractéristiques de fonctionnement d'un comparateur ; et

La figure 22 représente un exemple de structure d'un circuit de commande.

Avant de passer à l'explication détaillée de l'invention on va considérer ses principes généraux, en se référant aux figures 4a, 4b et 4c.

Les impulsions d'entraînement pour le moteur pas à pas qui est utilisé dans la montre électronique de l'invention comprennent deux types d'impulsions, à savoir des impulsions d'entraînement normales, et des impulsions d'entraînement de correction. L'ordre dans lequel les impulsions sont appliquées au moteur pas à pas est le suivant : impulsion d'entraînement normale puis impulsion d'entraînement de correction. Cependant, l'impulsion d'entraînement de correction n'est appliquée au moteur pas à pas que lorsque ce dernier ne peut pas tourner sous l'effet de l'impulsion d'entraînement normale. Puisque le fait que l'impulsion d'entraînement de correction soit appliquée au moteur pas à pas indique que ce dernier ne peut pas tourner sous l'effet de l'impulsion d'entraînement normale, on augmente d'une largeur prédéterminée la largeur de l'impulsion d'entraînement normale suivante, pour pouvoir faire tourner facilement le moteur.

Au contraire, on diminue d'une largeur prédéterminée la largeur de l'impulsion d'entraînement normale lorsque le fait de n'appliquer au moteur pas à pas que l'impulsion d'entraînement normale fait tourner ce moteur sur quelques pas consécutifs.

35 Du fait du fonctionnement indiqué ci-dessus, la largeur de l'impulsion d'entraînement normale P_1 devient la largeur d'impulsion minimale qui est nécessaire pour entraîner le moteur pas à pas dans n'importe quelle condition de charge. Dans ces conditions, la consommation du moteur pas à pas est réduite au minimum.

40 Par exemple, comme il apparaît sur la figure 4a, avec le fonction-

nement indiqué ci-dessus, la largeur de l'impulsion P_1 , qui est de 3,9 ms, est réduite à une largeur inférieure, égale à 3,4 ms. En supposant que le moteur pas à pas continue à tourner dans ces conditions, conformément au fonctionnement indiqué ci-dessus, la

5 largeur de l'impulsion P_1 est à nouveau réduite, pour prendre la valeur de 2,9 ms, après que le moteur pas à pas a tourné de quelques pas sous l'effet d'impulsions d'une largeur de 3,4 ms. Si on suppose maintenant que le moteur pas à pas ne peut plus tourner dans ces conditions, le fonctionnement indiqué ci-dessus ramène la

10 largeur de l'impulsion P_1 à 2,9 ms après que le moteur pas à pas a tourné de quelques pas sous l'effet d'impulsions d'une largeur de 3,4 ms. Si on suppose maintenant que le moteur pas à pas ne peut pas tourner dans ces conditions, on détecte l'absence de rotation du rotor, conformément au fonctionnement indiqué ci-

15 dessus, et on applique rapidement l'impulsion de correction P_2 au moteur, puis la largeur de l'impulsion P_1 qui est appliquée pour les pas suivants est fixée à 3,4 ms. La largeur de l'impulsion d'entraînement normale est maintenue par la suite à 3,4 ms en répétant le fonctionnement ci-dessus. Si pour certaines raisons,

20 le moteur pas à pas se trouve dans des conditions dans lesquelles il ne peut pas tourner sous l'effet de l'application de l'impulsion d'entraînement normale d'une largeur de 3,4 ms, on détecte l'absence de rotation du rotor en détectant le mouvement du rotor (voir la figure 4b), et on effectue rapidement l'entraînement de correc-

25 tion. On fixe ensuite à 3,9 ms la largeur des impulsions d'entraînement normales, pour les pas suivants. Ensuite, lorsque la largeur d'impulsion devient suffisamment grande pour faire à nouveau tourner le moteur, comme il est représenté sur la figure 4c, on fixe à 3,4 ms la largeur de l'impulsion d'entraînement normale,

30 conformément au fonctionnement ci-dessus, après quelques pas d'entraînement normal par des impulsions d'une largeur de 3,9 ms.

Lorsqu'on exécute une opération d'avance pas à pas pour effectuer une mise à l'heure de la montre électronique, on fixe la largeur de l'impulsion d'entraînement normale à une largeur

35 minimale (par exemple 2,4 ms), sur un grand nombre d'impulsions, au moment où on fait redémarrer le comptage, après un arrêt de comptage.

Après avoir expliqué les principes généraux de l'invention, on va expliquer le principe de la détection du mouvement du

40 rotor, qui constitue un élément important de l'invention. Bien

qu'on puisse détecter le mouvement du rotor en utilisant un élément extérieur, comme un interrupteur mécanique ou un élément à effet Hall tel qu'un semiconducteur, il est très difficile d'incorporer un tel mécanisme dans un boîtier de faible volume, comme le
5 boîtier d'une montre électronique. On expliquera ci-après deux principes différents de détection du mouvement, à titre d'exemples de la façon de détecter le mouvement du rotor. Ces deux principes ne nécessitent aucun élément extérieur et peuvent être mis en oeuvre sous la forme d'un circuit de détection incorporé à une
10 puce de circuit intégré qui comprend par ailleurs un circuit oscillateur, un circuit de division de fréquence, un circuit d'entraînement, etc....

Le premier procédé utilise le fait que l'onde du courant d'entraînement varie en fonction de la position du rotor, lorsqu'on
15 utilise un stator en une seule pièce. On se réfèrera à la figure 5 sur laquelle la référence 4 désigne un stator en une seule pièce, ou un seul corps, qui comporte des parties 17a, 17b qui peuvent être le siège d'une saturation magnétique. Ces parties sont en couplage magnétique avec une partie qui constitue un aimant, et
20 autour de laquelle est bobinée une bobine 7. Le stator comporte deux encoches 18a, 18b qui déterminent le sens de rotation du rotor 6, qui est aimanté avec deux pôles dans une direction radiale. La figure 5 montre les conditions juste après l'application du courant à la bobine 7. Cependant, lorsque la bobine ne reçoit
25 pas de courant, le rotor 6 demeure fixe dans une position dans laquelle l'angle entre la ligne qui passe par les encoches 18a, 18b et l'axe des pôles magnétiques du rotor est d'environ 90°. Dans ces conditions, lorsqu'il circule un courant dans la bobine 7, dans le sens de la flèche, il apparaît dans le stator des pôles
30 magnétiques qui sont placés de la manière représentée sur la figure 5, et le rotor 6 commence à tourner dans le sens des aiguilles d'une montre, sous l'effet de la répulsion. Au moment de l'interruption du courant qui circule dans la bobine 7, le rotor 6 s'arrête dans une position opposée par rapport à celle qui est représentée sur la figure 5. Ensuite, en faisant circuler dans la bobine
35 7 un courant de sens opposé, le rotor 6 continue à tourner dans le sens des aiguilles d'une montre.

Dans un moteur pas à pas muni d'un stator en une seule pièce comportant les parties saturables 17a, 17b, l'onde de courant
40 présente une partie à croissance progressive, comme il est repré-

senté sur la figure 3, lorsqu'on fait circuler un courant dans la bobine 7. Ceci est dû au fait que la réluctance du circuit magnétique, vue de la bobine 7, est très faible avant que les parties saturables 17a, 17b du stator 4 se saturent, si bien que la constante de temps " τ " du circuit série qui comprend la résistance "R" et la bobine prend une valeur élevée. Ceci peut s'exprimer par l'équation suivante :

$$\tau = L/R, L \approx N^2/R_m$$

Ce qui donne : $\tau = N^2/(R \times R_m)$

10 Dans les expressions ci-dessus, L représente l'inductance de la bobine 7; N représente le nombre de spires de la bobine 7, et R_m désigne la réluctance du circuit magnétique. Lorsque les parties saturables 17a, 17b du stator 1 sont saturées, la perméabilité des parties saturées est la même que celle de l'air, si bien que la réluctance magnétique " R_m " augmente, et la constante de temps " τ " du circuit devient plus faible, comme il est représenté sur la figure 3. De ce fait, l'onde de courant présente une croissance brutale. Du fait que le temps de saturation dépend également des conditions d'aimantation du moteur, ce temps augmente en même temps que l'augmentation du courant au moment de la terminaison de l'impulsion. Ainsi, du fait que le temps de saturation est plus long après l'application de l'impulsion de correction au moteur pas à pas, on peut appliquer à ce moteur une impulsion de démagnétisation destinée à annuler l'effet indiqué ci-dessus. Dans cet exemple, la détection du mouvement du rotor résulte de la différence de constante de temps dans le circuit série qui comprend la résistance et la bobine. On va maintenant expliquer la raison qui fait apparaître une différence de constante de temps, en se référant pour cela aux dessins.

30 La figure 6 montre les conditions des flux magnétiques à l'instant auquel le courant commence à circuler dans la bobine 7, et les pôles magnétiques du rotor 6 se trouvent dans les positions dans lesquelles ce rotor peut commencer à tourner. Les lignes de flux magnétique 20a, 20b montrent comment les flux magnétiques sont engendrés par le rotor 6. En pratique, il existe un flux qui coupe la bobine, mais on le néglige ici. Les lignes de flux magnétique 20a et 20b sont dirigées dans le sens des flèches indiquées sur la figure 6. Dans la plupart des cas, les parties saturables 17a, 17b ne sont pas saturées. Dans ces conditions, le courant circule dans la bobine 7 dans le sens de la flèche, ce qui fait tourner le

rotor dans le sens des aiguilles d'une montre. Les flux magnétiques 19a, 19b qu'engendre la bobine 7 sont renforcés par les flux 20a, 20b qu'engendre le rotor 6, dans les parties saturables 17a, 17b, si bien que ces parties saturables du stator se saturent rapidement. Il apparaît ensuite dans le rotor 6 un flux magnétique qui a une valeur suffisante pour faire tourner ce rotor, mais ceci n'est pas représenté dans le cas de la figure 6. La forme du courant qui circule à ce moment dans la bobine est désignée par la référence 22 sur la figure 8.

La figure 7 montre des conditions de flux dans lesquelles le courant a circulé dans la bobine 7 alors que le rotor 6 n'a pas pu tourner, pour une raison quelconque, et est retourné à la position d'origine. Pour faire tourner le rotor 6, le courant doit circuler dans la bobine en sens opposé à la flèche, c'est-à-dire dans le même sens que sur la figure 6. Cependant, du fait qu'on applique dans ce cas à la bobine 7 un courant dont le sens alterne à chaque tour, une condition telle que celle indiquée ci-dessus apparaît, à moins que le rotor 6 puisse tourner. Dans ce cas, du fait que le rotor 6 n'a pas pu tourner, le sens du flux que produit le rotor 6 est le même que celui qui est représenté sur la figure 6. Du fait que le courant circule en sens opposé, le sens du flux devient celui qui est indiqué en 21a, 21b. Les flux magnétiques qui sont engendrés par le rotor 6 et la bobine 7 s'annulent mutuellement dans les parties saturables 17a, 17b du stator 1. Il faut un temps beaucoup plus long pour saturer les parties saturables du stator 1. Cette condition est désignée par la référence 23 sur la figure 8.

Les figures 9 et 10 représentent un exemple de moyens de détection de la position du rotor qui utilisent le phénomène indiqué ci-dessus.

La figure 9 représente le circuit de détection de position pour un rotor, et ce circuit est réalisé en ajoutant des portes de détection 28 et 29, une résistance de détection 30, une porte de transmission 31 destinée à charger un condensateur, un condensateur 33 et un comparateur de tension 32 au circuit d'entraînement classique, c'est-à-dire un inverseur d'entraînement qui peut être constitué par des portes MOS 24, 25, 26 et 27. Tout d'abord, à titre d'exemple de relations temporelles correspondant à une opération d'entraînement normale, on fait circuler un courant par le circuit 34, la bobine 7 est excitée, et le rotor est entraî-

né. Une fois que la rotation du rotor est pratiquement terminée, on applique une première impulsion de détection à la bobine 7, par un circuit 35, pendant une courte durée (environ 0,5 ms à 1 ms), puis on applique une seconde impulsion de détection à la bobine 7, par le circuit 36.

Si on suppose maintenant que l'impulsion d'entraînement normale fait normalement tourner le rotor d'un pas, la relation entre les pôles magnétiques du rotor et les pôles magnétiques du stator à l'instant auquel la première impulsion de détection est appliquée à la bobine correspond à la condition dans laquelle le rotor peut être à nouveau entraîné d'un pas, comme il est représenté sur la figure 6. A cet instant, la partie montante de l'onde de courant présente un temps de montée court, comme il est indiqué en 22 sur la figure 8. Lorsque la seconde impulsion de détection est appliquée à la bobine, la position du rotor est la même qu'au moment de l'application de la première impulsion de détection (la largeur de l'impulsion de détection est faible, et la résistance 30, de valeur élevée, est connectée en série avec la bobine, si bien que le rotor ne peut pas tourner sous l'effet de l'application de l'impulsion de détection). Du fait que le sens d'excitation est opposé, la relation de position entre les pôles magnétiques du rotor et les pôles magnétiques du stator devient celle qui est représentée sur la figure 7, et la partie montante de l'onde de courant présente un temps de montée élevé, comme il est indiqué en 23 sur la figure 8. Cependant, du fait que la résistance de détection 30 est connectée en série avec la bobine au moment de l'application de l'impulsion de détection, cette forme ne coïncide pas de façon précise avec la forme représentée sur la figure 8, sauf en ce qui concerne la caractéristique de la partie montante.

Ainsi, en observant la tension aux bornes de la résistance de détection 30, on détecte le fait que le potentiel V_{s1} produit par la première impulsion de détection monte à une valeur beaucoup plus élevée que le potentiel V_{s2} qui est produit par la seconde impulsion de détection, comme il est représenté à la ligne a de la figure 10.

Lorsque le rotor n'a pas pu tourner d'un pas sous l'effet de l'application de l'impulsion d'entraînement normale, et est retourné à sa position d'origine, la relation de position entre les pôles magnétiques du rotor et les pôles magnétiques du stator

à l'instant de l'application de la première impulsion de détection et de la seconde impulsion de détection devient une relation opposée par rapport à celle qui correspond à la rotation normale.

Ainsi, dans la tension qui apparaît aux bornes de la résistance 30, le potentiel V_{s2} devient supérieur au potentiel V_{s1} , comme il est représenté à la ligne b de la figure 10.

On voit donc qu'on peut détecter si le rotor a accompli un mouvement normal sous l'effet de l'application de l'impulsion d'entraînement normale, en comparant les valeurs des potentiels V_{s1} et V_{s2} . Dans ce mode de réalisation, la différence entre les potentiels V_{s1} et V_{s2} est d'environ 0,4 V. On peut facilement détecter une telle différence de potentiel. Pour effectuer l'opération de détection décrite ci-dessus, on peut utiliser par exemple le circuit qui présente la structure représentée sur la figure 9. Dans ce circuit, la porte 31 doit être ouverte à l'instant de la première impulsion de détection, pour que le condensateur 33 se charge au potentiel V_{s1} , puis le potentiel V_{s1} qui correspond à la charge du condensateur 33 à l'instant de l'application de la seconde impulsion de détection est comparé par un comparateur de tension 32 avec le potentiel V_{s2} qui apparaît aux bornes de la résistance de détection 30, pour déterminer lequel de ces potentiels est le plus élevé.

On vient d'expliquer le premier procédé ou principe de détection du mouvement du rotor. On va maintenant expliquer le principe de détection du mouvement du rotor qui utilise l'onde de tension qui est induite dans la bobine par l'oscillation libre du rotor, après son entraînement.

La figure 11a montre la relation entre l'onde de tension qui est induite dans la bobine et l'angle de rotation du rotor. Cette tension apparaît aux bornes d'une résistance de valeur élevée, par exemple de l'ordre de $10\text{ k}\Omega$, lorsque cette résistance de valeur élevée est connectée aux deux bornes de la bobine, après application de l'impulsion d'entraînement à la bobine.

La partie " T_1 " est celle au cours de laquelle l'impulsion d'entraînement est appliquée à la bobine, et la résistance de valeur élevée (c'est-à-dire la résistance de détection) n'est pas connectée au circuit, si bien que la tension induite n'apparaît pas. La tension au cours de la partie " T_2 " est la tension qui est induite dans la bobine sous l'effet de la rotation et du mouvement de vibration du rotor, après qu'il a été entraîné. Du fait que la

forme de la tension dans la partie " T_2 " varie en fonction des conditions de charge et des conditions d'entraînement du moteur pas à pas, la détection des variations de la forme de cette tension permet de détecter le mouvement du moteur pas à pas.

5 La figure 12 représente un exemple de circuit de détection correspondant à ce principe. Les portes 24, 25, 26, 27, 28 et 29, la résistance de détection 30 et la bobine 7 présentent la même structure que sur la figure 9, mais le signal d'entrée de la figure 12 est différent du signal d'entrée de la figure 9. L'extré-
10 mité supérieure de la résistance de détection 30 est connectée à une borne d'entrée d'un détecteur de tension 40, qui présente une tension de seuil prédéterminée. Lorsque l'impulsion d'entraînement normale est appliquée à la bobine par le circuit 41, cette bobine est excitée et le rotor est donc entraîné. Ensuite, pendant le
15 mouvement du rotor, il apparaît une commutation intermittente entre l'état dans lequel les deux bornes de la bobine sont connectées à la masse par un circuit 42, pour établir un court-circuit, et l'état dans lequel il est établi une boucle fermée qui comprend la résistance de détection 30, de valeur élevée. On expliquera ultérieurement l'effet de cette action de commutation intermittente. Tout
20 d'abord, pour simplifier l'explication, on va expliquer l'état dans lequel la boucle fermée comprenant la résistance de détection 30 est établie au moment où le rotor vient juste d'être entraîné. La figure 11a montre la forme de la tension qui apparaît aux
25 bornes de la résistance de détection 30 dans cet état. Sur la figure 11a, le moteur pas à pas fonctionne approximativement à vide. La figure 13a montre la forme de la tension produite à pleine charge et en surcharge, ainsi que l'angle de rotation du rotor, dans les mêmes conditions. Les conditions de fonctionnement à
30 pleine charge correspondent aux courbes "a", tandis que les conditions de fonctionnement en surcharge correspondent aux courbes "b". Du fait que la vitesse de rotation du rotor dans la condition de pleine charge "a" est faible, et que l'amplitude de la vibration qui suit la rotation d'un pas est faible, la forme de la tension
35 produite présente moins d'irrégularités. Dans la condition de surcharge "b", la tension de crête apparaît dans le sens négatif, lorsque le rotor retourne à la position d'origine. Cependant, la forme de la tension produite présente généralement peu d'ondulations, sauf dans la partie indiquée ci-dessus.

40 Il existe de nombreux procédés permettant de détecter si

le rotor a tourné, en utilisant la forme de la tension produite, mais on peut simplifier la détection de la condition du rotor, et effectuer cette détection de façon sûre, en employant un procédé selon lequel on détecte l'existence de la tension de crête "P".

5 Ainsi, on détermine si le rotor a tourné ou non, en détectant si le potentiel aux bornes de la résistance de détection 30 atteint un potentiel prédéterminé en une durée prédéterminée. Il doit normalement apparaître une tension de crête "P" quelques fractions de seconde après la fin de l'application de l'impulsion d'entraîne-
10 ment.

Dans ce procédé, on considère que le rotor est dans la condition d'absence de rotation, bien qu'il tourne effectivement, lorsqu'il est dans les conditions de charge maximale, comme il est représenté sur la figure 13a. Dans ces conditions, un tel fonc-
15 tionnement erroné va dans le sens de la sécurité, lorsqu'on utilise ce principe dans un dispositif d'entraînement de correction, conformément à l'invention. En outre, dans ces conditions, il n'y a jamais de rotation excessive du rotor, puisqu'il apparaît simplement une impulsion de correction en excès, de même polarité.

20 La figure 14 montre les formes de la tension produite dans la bobine après entraînement par application d'impulsions d'entraînement normales, ayant des largeurs variables. Cette figure montre que lorsque la largeur de l'impulsion d'entraînement normale dépasse une valeur prédéterminée, la valeur de crête de
25 la tension produite prend une valeur inférieure, comme il est représenté en "P₄", bien que le moteur fonctionne à vide, et tourne normalement. Pour expliquer ceci simplement, on se réfèrera à la figure 15, sur laquelle l'axe des abscisses représente la largeur de l'impulsion d'attaque normale, et l'axe des ordonnées
30 représente la valeur de crête de la tension produite. La référence 45 désigne une courbe qui correspond à la condition dans laquelle la boucle fermée est établie en connectant de façon continue la résistance de détection à la bobine, en série, après entraînement de la manière décrite ci-dessus. La référence 46 désigne une courbe
35 qui correspond à la condition dans laquelle la résistance de détection est connectée de façon intermittente dans la boucle fermée, de la manière décrite ci-après.

On va maintenant expliquer l'effet que l'on obtient en connectant la résistance de détection à la bobine, en série, de
40 façon continue, après l'application de l'impulsion d'entraînement.

Dans le circuit d'entraînement classique, tel que celui qui est représenté sur la figure 2, pour effectuer l'opération d'entraînement en employant deux inverseurs, on met en court-circuit les deux bornes du moteur par l'intermédiaire d'une résistance de faible valeur qui appartient au circuit d'entraînement à inverseurs, lorsque le moteur ne fonctionne pas. Ainsi, le courant qui résulte de la tension qui est produite dans la bobine circule dans le court-circuit qui correspond au circuit 42 sur la figure 12. Ce courant produit un dégagement de chaleur par effet Joule dans la résistance et le transistor d'entraînement, ce qui a pour effet d'amortir le mouvement du rotor. Lorsque la boucle fermée est établie par le circuit 43 qui est représenté sur la figure 12, pour détecter la tension produite, le courant qui circule dans le circuit d'amortissement est faible par rapport au cas précédent, du fait que la résistance de détection 30, d'impédance élevée, est connectée en série, en plus du circuit d'entraînement.

L'action de commutation entre les deux circuits au moment de l'opération de freinage du rotor produit alors des variations rapides du courant dans le circuit. Cependant, du fait que l'inductance de la bobine du moteur est élevée, le circuit ne peut pas suivre la variation du courant. De ce fait, le circuit présente une caractéristique de réponse de retard du premier ordre, avec une constante de temps " τ " = L/R ", qui dépend de l'inductance " L " de la bobine et de la résistance $R_d = (R + R_{30})$, du circuit de freinage. La valeur de la tension qui apparaît aux bornes de la résistance de détection 30 à ce moment est approximativement de 0 V, lorsque le circuit de freinage est réalisé en utilisant le circuit 42 qui est représenté sur la figure 12. Au moment de la commutation sur le circuit 43, la bobine 7 agit de façon à maintenir dans le circuit 42 le courant correspondant à l'opération de freinage. Il apparaît ainsi rapidement une tension de valeur élevée aux bornes de la résistance de détection 30, d'impédance élevée. Ensuite, cette tension élevée diminue conformément à la constante de temps " τ ". La figure 16 montre un exemple de forme de la tension qui apparaît à ce moment aux bornes de la résistance de détection 30. Selon une caractéristique de ce procédé, il est possible d'amplifier la tension qu'engendre le moteur au moment de l'action de freinage en changeant simplement la valeur de la résistance qui se trouve dans le circuit de freinage du rotor, et la valeur maximale de la tension de crête dépasse la tension (environ

1,5 V) d'alimentation du circuit d'entraînement lorsque la résistance de détection est connectée par intermittence, comme il est indiqué en 46, alors que la valeur maximale de la tension de crête ne dépasse pas environ 0,8 V lorsque la tension produite est détectée de façon continue, comme il est indiqué en 45 sur la figure 15. Il est donc très facile de détecter une telle tension. En considérant maintenant la figure 15, on note que lorsque la largeur de l'impulsion d'entraînement normale est augmentée dans une certaine mesure, les ondulations de la tension produite diminuent.

On vient de décrire les deux principes du circuit de détection du mouvement du rotor, mais la caractéristique essentielle de l'invention réside en ce qu'on augmente ou on diminue la largeur de l'impulsion d'entraînement normale. Ainsi, bien que la structure du moteur pas à pas et du circuit de détection qui permet de détecter le mouvement du moteur pas à pas soient des éléments importants, ils ne sont pas limités aux modes de réalisation qui sont décrits ici.

On va maintenant expliquer un mode de réalisation de l'invention.

La figure 17 est un schéma synoptique d'un mode de réalisation de l'invention.

La référence 90 désigne un circuit oscillateur, dans lequel on utilise normalement un résonateur à quartz ayant une fréquence de vibration de 32 768 Hz. La référence 91 désigne un circuit de division de fréquence qui consiste en 15 bascules bistables branchées en cascade, ce qui permet d'obtenir en sortie de ce circuit un signal de temps d'une période de 1 s.

La référence 97 désigne une entrée de mise à l'heure de la montre, et tous les étages de division de fréquence sont remis à zéro par l'application d'un signal sur l'entrée de mise à l'heure. La référence 92 désigne un circuit de combinaison de signaux, qui permet d'élaborer l'impulsion désirée par combinaison des signaux de sortie des bascules du circuit de division de fréquence 91, à l'aide de portes NON-ET et de portes NON-OU, conformément au diagramme séquentiel de la figure 18. Du fait qu'on peut facilement concevoir le circuit de combinaison de signaux à l'aide de circuits logiques, on n'a pas représenté son schéma.

La figure 19 représente les schémas d'un circuit d'entraînement 94 et d'un circuit de détection 95 qui apparaissent sur la figure 17. Une borne d'entrée "T₁" correspond à une borne de

sortie d'un circuit de commande 93 qui apparaît sur la figure 17. Ce n'est que lorsque la borne "T₁" est à l'état haut ou "H", qu'une borne de sortie d'un moteur pas à pas 96 est à l'état "H", tandis que son autre borne est à l'état bas ou "B", ce qui fait circuler un courant dans le moteur 96. Le signal de sortie du circuit de commande 93 qui apparaît sur la figure 17 est appliqué sur une borne "T₂". Du fait que lorsque la borne "T₂" passe à l'état "H", les signaux Q et \bar{Q} d'une bascule bistable 100 sont appliqués à une porte OU-EXCLUSIF pendant la période, le signal de sortie de la porte OU-EXCLUSIF correspond à l'inversion logique du signal de sortie de la bascule 100. On peut ainsi inverser le sens du courant qui circule dans le moteur.

Dans ce mode de réalisation, on entraîne le moteur en utilisant l'impulsion de correction "P₂" lorsque le moteur n'a pas pu tourner sous l'effet de l'application de l'impulsion d'entraînement normale, et on applique ensuite à nouveau l'impulsion "P₃" qui est de sens opposé à l'impulsion "P₂". Ceci est dû à ce que, dans le moteur du type à stator en une seule pièce, le temps de saturation magnétique du circuit magnétique saturable du stator en une seule pièce, au moment de l'application de l'impulsion d'entraînement suivante, prend une valeur supérieure, lorsque l'opération d'entraînement de correction est effectuée à l'aide de l'impulsion "P₂", tandis que la largeur d'impulsion effective est réduite. Pour cette raison, lorsque l'impulsion "P₃" de sens opposé est appliquée à la bobine du moteur pas à pas 96 lorsque l'opération d'entraînement de correction est effectuée par application de l'impulsion "P₂", le stator est aimanté dans le sens qui correspond au sens de l'impulsion d'entraînement suivante, et le temps nécessaire pour saturer les parties saturables du stator en une seule pièce se trouve réduit.

Le signal de sortie "T₃" du circuit de commande 93 de la figure 17 est appliqué sur une borne d'entrée "T₃", et l'opération de détection de la condition de rotation s'effectue en utilisant cette impulsion conformément au procédé indiqué ci-dessus, dans lequel on emploie la tension qui est produite après la rotation du rotor.

Lorsque l'impulsion "P₀", d'une période d'une seconde, est appliquée à la bascule 100, cette dernière engendre un signal d'une fréquence de 1/2 Hz. Le signal de la sortie "Q" de la bascule 100 est appliqué à une porte OU-EXCLUSIF 121, et le signal de

sa sortie " \bar{Q} " est appliqué à une porte OU-EXCLUSIF 122. Une autre borne d'entrée de chacune des portes OU-EXCLUSIF 121 et 122 reçoit le signal de la sortie " T_2 ". La sortie de la porte OU-EXCLUSIF 121 est connectée aux portes NON-OU 102 et 103, et la sortie de la

5 porte OU-EXCLUSIF 122 est connectée aux portes NON-OU 104 et 105.

Le signal de sortie d'un inverseur 101 est appliqué aux portes NON-OU 103 et 104. Le signal de sortie " T_3 " du circuit de commande 93 est appliqué aux portes NON-OU 102 et 105, par l'intermédiaire d'un inverseur 120. La sortie de la porte NON-OU 102 est

10 connectée à une première borne d'entrée d'une porte NON-OU 106, ainsi qu'à un transistor à effet de champ MOS, de type N, 115.

La sortie de la porte NON-OU 103 est connectée à une seconde borne d'entrée de la porte NON-OU 106, et est également connectée par l'intermédiaire d'un inverseur 123 à l'entrée d'un

15 transistor à effet de champ MOS de type P, 113, que l'on emploie pour entraîner le moteur pas à pas.

La sortie de la porte NON-OU 104 est connectée à une première entrée d'une porte NON-OU 107, et est également connectée par l'intermédiaire d'un inverseur 124 à l'entrée d'un transistor

20 à effet de champ MOS, de type P, 118, que l'on emploie pour entraîner le moteur pas à pas. La sortie d'une porte NON-OU 105 est connectée à un transistor à effet de champ MOS, de type N, 116, ainsi qu'à une seconde entrée de la porte NON-OU 107. La sortie de la porte NON-OU 106 est connectée à un transistor à effet de

25 champ MOS, de type N, 114, que l'on emploie pour entraîner le moteur pas à pas, et la sortie de la porte NON-OU 107 est connectée à un transistor à effet de champ MOS de type N, 119, que l'on emploie pour entraîner le moteur pas à pas.

Une borne d'alimentation V_{DD} fournit une tension d'alimentation positive, et les électrodes de source des transistors à

30 effet de champ MOS de type P, 113 et 118, sont connectées à cette borne.

Les électrodes de source des transistors à effet de champ MOS de type N, 114 et 119, sont connectées à la masse, et

35 les électrodes de drain du transistor à effet de champ MOS de type P, 113, et du transistor à effet de champ MOS de type N, 114, sont reliées ensemble. Ces électrodes de drain sont connectées à une borne de sortie de la bobine du moteur pas à pas 96, ainsi qu'à l'électrode de drain du transistor à effet de champ MOS de

40 type N, 115, qui est utilisé pour la détection.

Les électrodes de drain du transistor à effet de champ MOS de type P, 118, et du transistor à effet de champ MOS de type N, 119, sont connectées ensemble, et ces électrodes de drain sont en outre connectées à l'autre borne de sortie de la bobine du
5 moteur pas à pas 96, et à l'électrode de drain du transistor à effet de champ MOS de type N, 116.

Les électrodes de source des transistors à effet de champ MOS de type N 115 et 116 sont connectées ensemble, et leur point commun est connecté à l'une des bornes d'une résistance 117.
10 L'autre borne de cette résistance est connectée à la masse. Le point de connexion entre les transistors à effet de champ MOS de type N, 115, 116 et 117 est connecté à la borne d'entrée positive d'un comparateur 110.

Le signal qui apparaît au point de connexion " T_0 " est le
15 signal qui indique si le rotor a tourné ou non, et le circuit qui comprend les résistances 108, 109, le comparateur 110 et le transistor à effet de champ MOS de type N, 111, constitue un mode de réalisation du circuit de détection 95. Lorsqu'on peut détecter le signal " T_0 " en utilisant la tension de seuil d'une porte en
20 technologie CMOS, on peut employer un inverseur CMOS.

L'une des bornes de la résistance 108 est connectée à la borne de source d'alimentation V_{DD} , et l'autre borne de cette résistance est connectée à la résistance 109. Dans ce cas, le point de connexion entre les résistances est connecté à la borne
25 d'entrée négative du comparateur 110. L'autre borne de la résistance 109 est connectée à l'électrode de drain du transistor à effet de champ MOS de type N, 111, pour bloquer l'opération de détection, et est reliée à la masse par l'intermédiaire de l'électrode de source. La borne de masse du comparateur 110 est également
30 connectée à l'électrode de drain du transistor à effet de champ MOS de type N, 111, et est connectée à la masse par l'intermédiaire de l'électrode de source.

Le signal de sortie du comparateur 110 apparaît sur une borne 112, sous la forme d'un signal " T_4 ", et il est appliqué au
35 circuit de commande 93. Le comparateur que l'on utilise dans le circuit de détection 93, conformément à l'invention, est réalisé en technologie CMOS, et on va maintenant décrire brièvement son fonctionnement.

Les figures 20a et 20b représentent un mode de réalisation

du comparateur 110, et la figure 20a est un schéma explicatif détaillé de ce comparateur, tandis que la figure 20b est un schéma synoptique. La borne 164 est une borne d'entrée "+", la borne 165 est une borne d'entrée "-", la borne 166 est une borne de sortie, et la borne "T₃" est une borne de validation. Le tableau ci-dessous indique les fonctions de ces bornes.

TABLEAU

10	Borne d'entrée "+"	Borne d'entrée "-"	Borne de vali- dation	Borne de sortie
	-	-	0	-
	$V_+ > V_-$		1	"H"
	$V_+ < V_-$		1	"B"

La référence " V_{DD} " désigne une borne d'alimentation, et cette borne est connectée aux électrodes de source des transistors à effet de champ MOS de type P, 160 et 162.

L'électrode de grille du transistor à effet de champ MOS de type P, 160, est connectée à son électrode de drain, et le point de connexion entre ces électrodes est connecté à l'électrode de grille du transistor à effet de champ MOS de type P, 162, ainsi qu'à l'électrode de drain du transistor à effet de champ MOS de type P, 161. La grille du transistor à effet de champ MOS de type N, 161, est connectée à la borne 164, et sa source est connectée au drain du transistor à effet de champ MOS de type N, 111. L'électrode de drain du transistor à effet de champ MOS de type P, 162, est connectée à l'électrode de drain du transistor à effet de champ MOS de type N, 163, ainsi qu'à la borne de sortie 166 du comparateur. L'électrode de grille du transistor à effet de champ MOS de type N, 163, est connectée à la borne 165, et l'électrode de source du transistor à effet de champ 163 est connectée à l'électrode de drain du transistor à effet de champ MOS de type N, 111, de même que l'électrode de source du transistor à effet de champ MOS de type N, 161. L'électrode de source du transistor à effet de champ MOS de type N, 111, est connectée à la masse, et son électrode

de grille est connectée à la borne " T_3 ".

En outre, les caractéristiques électriques du transistor à effet de champ MOS de type N, 171, sont identiques à celles du transistor à effet de champ MOS de type N, 163, et les caractéristiques électriques du transistor à effet de champ MOS de type P, 160, sont identiques à celles du transistor à effet de champ MOS de type P, 162.

On va maintenant expliquer le fonctionnement du comparateur qui présente la structure décrite ci-dessus. Lorsque la borne de validation " P_3 " est à l'état bas "B", le transistor à effet de champ MOS de type N, 111, est bloqué, et le comparateur ne peut donc pas fonctionner.

Lorsque la borne " T_3 " passe à l'état haut "H", le transistor à effet de champ MOS de type N, 111, devient conducteur, et le comparateur peut alors fonctionner. Du fait que dans ce mode de réalisation on obtient la tension de seuil pour le signal de détection à partir de la tension qui est divisée dans le circuit comprenant les résistances 108 et 109, la circulation d'un courant permanent dans ce circuit conduirait à un gaspillage d'énergie. Le circuit de ce mode de réalisation est donc conçu de façon que le courant ne puisse circuler que lorsque l'impulsion " T_3 " passe à l'état "H", sous l'effet du fonctionnement du transistor à effet de champ MOS de type N, 111. On voit que ceci a pour effet de réduire le courant.

Lorsqu'une tension d'entrée " V_1 " est appliquée sur la borne 164, le potentiel et le courant qui apparaissent au point de connexion 168 sont ceux qui sont représentés sur la figure 21a.

Sur la figure 21a, la référence V_{168} désigne le potentiel sur la borne 168, et la référence I_{168} désigne le courant qui passe par la borne 168. Du fait que le potentiel V_{168} est appliqué sur l'électrode de grille du transistor à effet de champ MOS de type P, 162 le courant de saturation de ce dernier est égal au courant I_{168} . Cette condition est représentée par les caractéristiques de la figure 21b.

D'autre part, si on suppose que la tension qui est appliquée sur la borne 165 est égale à " V_2 ", le courant de saturation du transistor à effet de champ MOS de type N, 163, devient supérieur à I_{168} , lorsque " V_2 " est supérieur à " V_1 ". De ce fait, le potentiel V_{166} sur la borne de sortie 166 prend une valeur qui correspond approximativement au niveau "L". Cette condition

est représentée par le point de fonctionnement "X" sur la figure 21b.

Au contraire, lorsque " V_1 " est supérieur à " V_2 ", le potentiel de sortie " V_{166} " prend le niveau "H". Cette condition est représentée par le point "Y" sur la figure 21b. On obtient donc les fonctions qui sont indiquées par le tableau précédent.

La figure 22 représente un exemple du circuit de commande 93 qui apparaît sur la figure 17.

Le signal de sortie " T_4 " du circuit de détection 95 est appliqué sur la borne d'entrée de positionnement "S" d'une bascule de type R-S 140. Le signal " P_1 " qui provient du circuit de combinaison de signaux 92 est appliqué sur une borne de remise à zéro "R" d'une bascule de type R-S 158, par l'intermédiaire d'un inverseur 157; sur la borne d'entrée de remise à zéro "R" de la bascule R-S 140; sur une borne d'entrée d'horloge d'un compteur binaire 143; et sur une borne d'entrée d'une porte ET 156. Le signal de sortie " P_2 " du circuit de combinaison de signaux 92 et le signal de la sortie \bar{Q} de la bascule R-S 140 sont appliqués à une porte ET 141. Le signal de sortie P_3 du circuit de combinaison de signaux 92 et le signal de la sortie \bar{Q} de la bascule R-S 140 sont appliqués à une porte ET 142, et le signal de sortie de cette porte est appliqué au circuit d'entraînement sous la forme du signal " T_2 ". Le signal de sortie " P_5 " du circuit de combinaison de signaux et le signal de la sortie \bar{Q} de la bascule R-S 140 sont appliqués à une porte ET 159, et le signal de sortie " T_3 " de cette porte est appliqué au circuit d'entraînement 94.

Dans ce mode de réalisation, le compteur binaire 143 consiste en quatre étages de bascules, et le signal de sortie de chaque étage est appliqué à une porte ET 144. Le signal de sortie de la porte ET 144 et le signal de sortie de la porte ET 142 sont appliqués à une porte OU 145. Le signal de la sortie \bar{Q} de la bascule R-S 140 et le signal de sortie d'une porte NON-ET 147 sont appliqués à une porte ET 146. Le signal de sortie de la porte ET 146 est appliqué sur une entrée "U/D" (entrée de commande de sens de comptage) d'un compteur réversible 148, et le signal de sortie de la porte OU 145 est appliqué sur une entrée d'horloge "C" de ce compteur. Dans ce mode de réalisation, le compteur réversible 148 comporte trois étages de bascules, et les signaux de sortie " Q_1 ", " Q_2 " et " Q_3 " sont appliqués à la porte ET 147, chacun de ces signaux de sortie " Q_1 ", " Q_2 " et " Q_3 " étant respectivement appliqué à l'une

des portes OU-EXCLUSIF 150, 151 et 152. Les signaux de sortie " P_1 " et " P_4 " du circuit de combinaison de signaux 92 et le signal de sortie \bar{Q} de la bascule R-S 158 sont appliqués à la porte ET 156. Le signal de sortie de la porte ET 156 est appliqué sur l'entrée d'horloge "C" d'un compteur binaire 149, et le signal de sortie "Q" de la bascule R-S 158 est appliqué sur l'entrée de remise à zéro "R" de ce compteur. Dans ce mode de réalisation, le compteur binaire 149 consiste en trois étages de bascules, et chaque signal de sortie " Q_1 ", " Q_2 " et " Q_3 " est appliqué sur une entrée respective de la porte OU 154, ainsi qu'à l'une respective des portes OU-EXCLUSIF 150, 151 et 152. Les signaux de sortie des portes OU-EXCLUSIF 150, 151 et 152 sont appliqués sur les entrées d'une porte NON-OU 153, et le signal de sortie de la porte 153 est appliqué sur l'entrée de positionnement "S" de la bascule R-S, 158. Le signal de sortie de la porte ET 141, le signal de sortie de la porte ET 142, le signal de sortie de la porte OU 154 et le signal de sortie " P_0 " du circuit de combinaison de signaux 92 sont respectivement appliqués à une porte OU 155, et le signal de sortie de cette porte est le signal " T_1 " qui est appliqué au circuit d'entraînement.

On va maintenant décrire le fonctionnement de ce mode de réalisation. Du fait que la bascule R-S 140, est positionnée par l'application du signal de détection " T_4 ", lorsque le rotor tourne, ce qui fait passer son signal de sortie \bar{Q} à l'état "L", tous les signaux de sortie des portes ET 141, 142, 146 et 159 passent à l'état "L". De ce fait, le signal de sortie " T_3 " de la porte ET 159 prend l'état "L", c'est-à-dire que le circuit de détection se trouve à l'état de blocage. Du fait que le compteur réversible 148 peut fonctionner en compteur en sens croissant lorsque son entrée "U/D" est à l'état "H", et ce compteur peut fonctionner en sens décroissant lorsque son entrée "U/D" est à l'état "B", le compteur 148 fonctionne en sens décroissant lorsque le rotor tourne.

Du fait qu'à ce moment le signal de sortie " P_1 " du circuit de combinaison de signaux est appliqué sur l'entrée d'horloge "C" du compteur binaire 143 à chaque seconde, dans le cas où le compteur binaire est constitué par 4 étages de bascules, comme dans le mode de réalisation considéré, le signal de sortie de la porte ET 144 passe à l'état "H" toutes les 16 secondes. Ce signal de sortie est appliqué sur l'entrée d'horloge "C" du compteur rever-

sible 148, par l'intermédiaire de la porte OU 145, et le contenu du compteur réversible 148 est diminué d'une unité toutes les 16 secondes.

D'autre part, du fait que le signal de sortie "P₄" du circuit de combinaison de signaux 92 est un signal d'une fréquence de 2048 Hz, sa période est d'environ 0,5 ms, et ce signal de sortie n'est appliqué sur l'entrée d'horloge "C" du compteur binaire 149, par la porte ET 156, que lorsque le signal de sortie "P₁" du circuit de combinaison de signaux 92 est à l'état "H". Dans ce mode de réalisation, le compteur binaire 149 est constitué par trois étages de bascules. Les portes OU-EXCLUSIF 150, 151 et 152 contrôlent en permanence si le signal de sortie du compteur binaire 149 coïncide avec le signal de sortie du compteur réversible 148, et lorsque ces deux signaux de sortie ont la même valeur, tous les signaux de sortie des portes OU-EXCLUSIF passent à l'état "L", et le signal de sortie de la porte NON-OU 153 passe à l'état "H". Ainsi, la bascule R-S 158 est positionnée, son signal de sortie "Q" passe à l'état "H", et le compteur binaire 149 est remis à zéro. Dans ces conditions, le signal de sortie de la porte OU 154 passe à l'état "H", et la largeur de ce signal de sortie est égale à la durée de 0,5 ms, multipliée par le nombre contenu dans le compteur réversible.

D'autre part, dans le cas où le signal de sortie "T₄" du circuit de détection 95 ne produit aucun signal à l'état "H" pendant la durée d'une détection, on sait que le rotor n'a pas pu tourner sous l'effet de l'application de la première impulsion d'entraînement, et le signal de sortie "Q" de la bascule R-S 140 demeure à l'état "H". De ce fait, le signal de sortie "P₂" du circuit de combinaison de signaux 92 apparaît sans modification en sortie de la porte OU 155, et le signal de sortie de la porte OU 155 permet au moteur d'effectuer l'entraînement de correction. Le signal de sortie "P₃" du circuit de combinaison de signaux 92 est obtenu à partir de la sortie de la porte ET 142, sous la forme du signal "T₂", et ce signal "T₂" est appliqué au circuit d'entraînement 94. A ce moment, du fait que le circuit 94 commande le sens du courant d'une manière telle que le courant circule dans un sens opposé au sens du courant qui circule dans la bobine lorsque le moteur est dans les conditions d'entraînement normales, tandis que le signal de sortie "T₁" de la porte OU 155 est appliqué simultanément au circuit d'entraînement 94, les effets dus à l'aimanta-

tion résiduelle du moteur pas à pas peuvent être supprimés. Ainsi, on peut supprimer le temps de saturation du circuit magnétique saturable. En outre, du fait que le signal de sortie " \bar{Q} " de la bascule R-S 140 est à l'état "H", le signal de sortie de la porte ET 146 passe à l'état "H", et l'entrée "U/D" du compteur réversible 148 passe à l'état "H". Le compteur réversible est placé en mode de comptage en sens croissant, et le signal de sortie " P_3 " du circuit de combinaison de signaux 92 est appliqué sur l'entrée d'horloge "C" de compteur réversible 148 par l'intermédiaire de la porte ET 142 et de la porte OU 145. Dans ces conditions, le contenu du compteur réversible 148 devient égal à +1, et la largeur de la prochaine impulsion d'entraînement augmente de 0,5 ms. Tous les signaux de sortie " Q_1 ", " Q_2 " et " Q_3 " des bascules du compteur réversible 148 passent à l'état "H", et, de plus, tous les signaux de sortie de ce compteur passent à l'état "B" au moment de l'application d'un signal d'entrée de comptage en sens croissant. Pour éviter cette condition, le signal de sortie de la porte ET 146 passe à l'état "H" lorsque tous les signaux d'entrée de la porte NON-ET 147 passent à "H", et le compteur réversible 148 fonctionne en sens décroissant. De ce fait, la condition dans laquelle tous les signaux de sortie du compteur passent à l'état "B" n'apparaît pas.

Le signal de sortie " P_0 " du circuit de combinaison de signaux a pour fonction de déterminer la largeur minimale de l'impulsion d'entraînement normale. En effet, on gaspille une énergie importante tant que le moteur n'est pas entraîné par une impulsion de largeur minimale, dans le cas où la largeur d'impulsion peut augmenter à partir de la largeur minimale. Dans ce mode de réalisation, la largeur minimale de l'impulsion d'entraînement est fixée à environ 1,9 ms.

Le contenu du compteur réversible 148 n'est pas remis à zéro, même si le circuit de division de fréquence 91 est remis à zéro, et le changement de la largeur de l'impulsion d'entraînement commence à partir de la valeur de la largeur d'impulsion avant l'opération de remise à zéro, même si l'opération de remise à zéro est terminée.

Lorsque la largeur de l'impulsion d'entraînement du moteur pas à pas est trop faible pour faire tourner ce moteur, il est impossible de faire tourner le moteur pas à pas avec la largeur de l'impulsion d'entraînement normale. Ainsi, du fait que le signal

de sortie " T_4 " du circuit de détection est à l'état "B", le signal de sortie " \overline{Q} " de la bascule R-S 140 passe à l'état "H", et le signal de sortie " P_2 " du circuit de combinaison de signaux 92 est appliqué au moteur pas à pas 96, sous la forme de l'impulsion d'entraînement de correction. La largeur d'impulsion du signal est fixée de façon à assurer le couple maximal du moteur pas à pas. Dans ce mode de réalisation, cette largeur est fixée à 7,8 ms. Du fait que le compteur réversible 148 fonctionne en sens croissant lorsque le signal de sortie " P_3 " du circuit de combinaison de signaux 92 est appliqué, le contenu de ce compteur devient égal à +1. Ainsi, si la largeur de l'impulsion d'entraînement qui apparaît au bout d'une seconde est de 1,9 ms, la largeur de l'impulsion d'entraînement normale qui apparaît au bout de deux secondes devient égale à la somme de la largeur de l'impulsion de sortie " T_0 " = 1,9 ms du circuit de combinaison de signaux, et de 0,5 ms. Ainsi, l'impulsion d'entraînement prend une largeur de 2,4 ms. En outre, si le moteur n'a pas pu tourner sous l'effet de l'application d'une impulsion ayant une telle largeur, on entraîne en plus le moteur par une impulsion d'entraînement de correction d'une largeur de 7,8 ms, et on fixe ensuite à 2 le contenu du compteur réversible, à l'aide du signal de sortie " T_3 " du circuit de combinaison de signaux 92. La largeur de l'impulsion d'entraînement normale apparaissant au bout de 3 secondes devient égale à 2,9 ms. Si le moteur n'a pas pu tourner sous l'effet de l'application d'une impulsion d'une telle largeur, l'opération décrite ci-dessus se répète, et le moteur peut alors tourner sous l'effet de l'impulsion d'entraînement normale ayant la largeur minimale pour faire tourner le rotor. Cependant, lorsque le contenu du compteur binaire 143 devient égal à 16, le signal de sortie de la porte ET 144 passe à l'état "H", et le contenu du compteur réversible 148 devient égal à -1. Ainsi, si l'opération d'entraînement normale est accomplie en utilisant une impulsion d'une largeur de 3,4 ms, et si l'impulsion d'entraînement normale suivante d'une largeur de 2,9 ms fait tourner le rotor, le moteur continue à tourner sous l'effet de l'application d'une impulsion inchangée, d'une largeur de 2,9 ms, et lorsque cette impulsion d'une largeur de 2,9 ms ne fait pas tourner le rotor, ce dernier est entraîné par l'application d'une impulsion de correction, d'une largeur égale à 7,8 ms. Lorsqu'on détecte la condition d'absence de rotation, on fait tourner le rotor en lui appliquant l'impulsion d'entraînement

de correction, et on ajoute 1 au contenu du compteur réversible. La longueur de l'impulsion d'entraînement normale redevient donc égale à 3,4 ms.

De plus, dans le cas d'une montre qui comporte un mécanisme de calendrier, la charge augmente pendant six heures par jour, du fait de l'entraînement du mécanisme de calendrier. Dans ce cas, on peut également entraîner le moteur par une impulsion d'une largeur de 3,9 ms, 4,4 ms, et ainsi de suite, pendant la durée d'entraînement du mécanisme de calendrier, alors qu'on utilise normalement une impulsion d'une largeur de 3,4 ms. Au bout de 16 secondes, l'impulsion dont la largeur a été augmentée est réduite de 0,5 ms. On peut ainsi toujours entraîner le moteur par l'application d'une impulsion d'entraînement ayant la largeur minimale nécessaire à l'entraînement du rotor, et la montre fonctionne dans les conditions de consommation minimale du moteur.

Dans ce mode de réalisation, l'impulsion d'entraînement et l'impulsion de correction apparaissent simultanément toutes les 16 secondes, du fait que le compteur binaire 143 est constitué par 4 étages de bascules. S'il est nécessaire de réduire encore davantage la consommation, on peut réduire à une seconde la période sur laquelle l'impulsion d'entraînement normale et l'impulsion d'entraînement de correction apparaissent simultanément, en augmentant pour cela le nombre d'étages du compteur binaire 143.

Cependant, si on augmente de façon excessive le nombre d'étages du compteur, il faut une durée élevée pour que la largeur de l'impulsion d'entraînement retourne à la largeur d'origine lorsque la charge se réduit, après une augmentation de la largeur de l'impulsion d'entraînement sous l'effet d'une charge élevée. Ainsi, lorsque le nombre d'étages du compteur est très élevé, l'augmentation de ce nombre d'étages n'a aucun intérêt.

Conformément à la description précédente, l'invention permet d'entraîner un moteur pas à pas classique avec une consommation minimale, du fait que tous les éléments peuvent être incorporés dans un seul circuit intégré de type MOS, et du fait que le moteur classique est entraîné par une impulsion qui présente la largeur minimale capable d'entraîner ce moteur. Ces caractéristiques sont obtenues sans augmentation du coût. L'invention est donc très avantageuse pour une montre qui doit être plate, économique, et miniaturisée.

En outre, conformément à l'invention, on peut facilement

exécuter une opération de test et de contrôle du fonctionnement et des performances de la montre électronique, en utilisant un système d'entraînement dans lequel on fait démarrer la largeur d'une impulsion d'entraînement à une valeur minimale, après un
5 arrêt du comptage.

Le mode de réalisation qui vient d'être décrit porte sur un moteur qui comporte un stator en une seule pièce, mais l'invention permet d'obtenir pour un moteur comportant un stator en deux pièces les mêmes effets que pour un moteur comportant un stator en
10 une seule pièce.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées au dispositif décrit et représenté, sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATION

Montre électronique, caractérisée en ce qu'elle comprend:
un circuit oscillateur qui engendre un signal de référence de
temps; un circuit diviseur qui divise la fréquence du signal de
5 référence de temps ; un moteur pas à pas; un circuit de combinai-
son de signaux qui combine plusieurs impulsions; un circuit de
commande qui peut être connecté au circuit de combinaison de
signaux; un circuit d'entraînement qui applique une impulsion
d'entraînement au moteur pas à pas; et un circuit de détection qui
10 peut être connecté au circuit d'entraînement et au circuit de com-
mande; et en ce que le circuit de commande applique une impulsion
d'entraînement de largeur minimale en fonction de la charge, en
réduisant ou en augmentant par étapes la largeur de l'impulsion
d'entraînement, cette largeur de l'impulsion d'entraînement par-
15 tant d'une valeur minimale lorsque le comptage redémarre après un
arrêt.

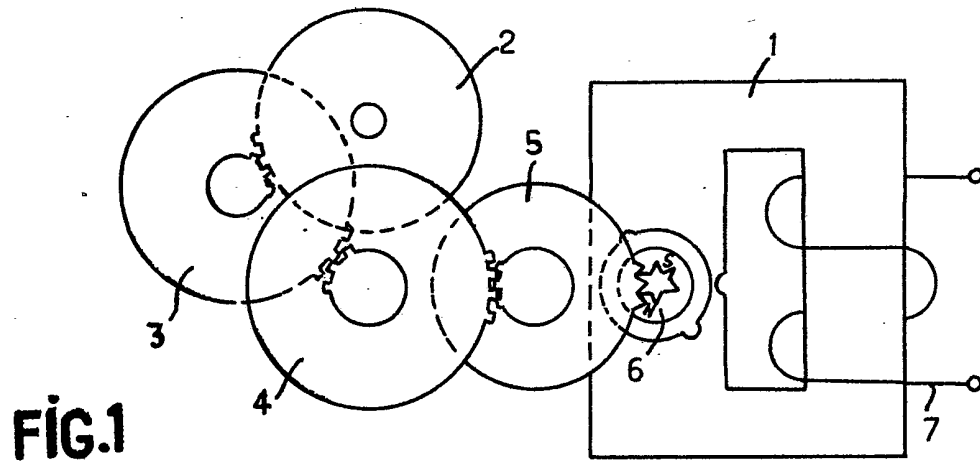


FIG. 1

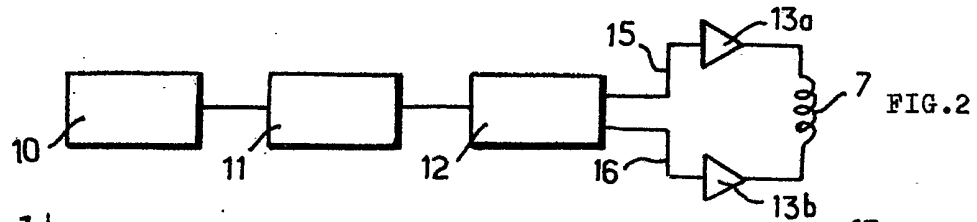


FIG. 2

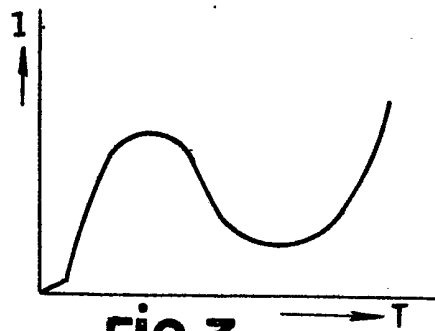


FIG. 3

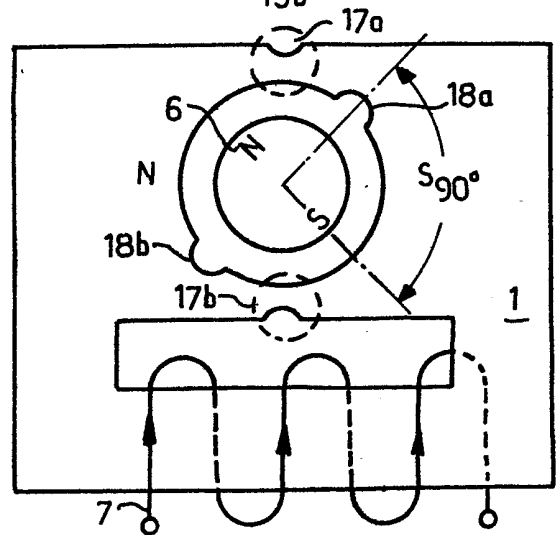


FIG. 5

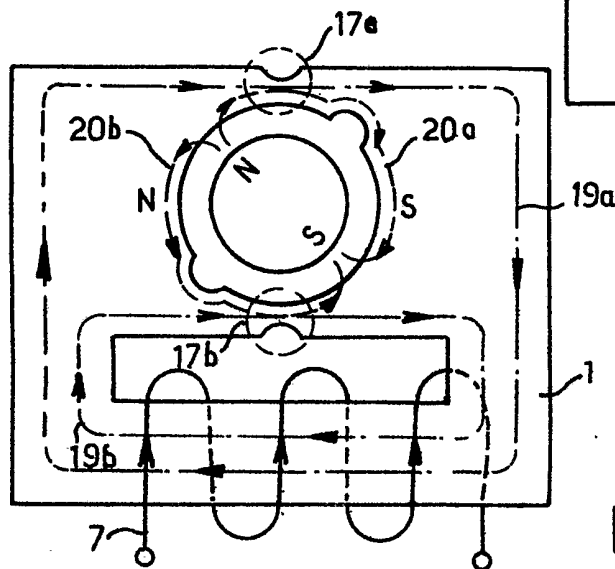


FIG. 6

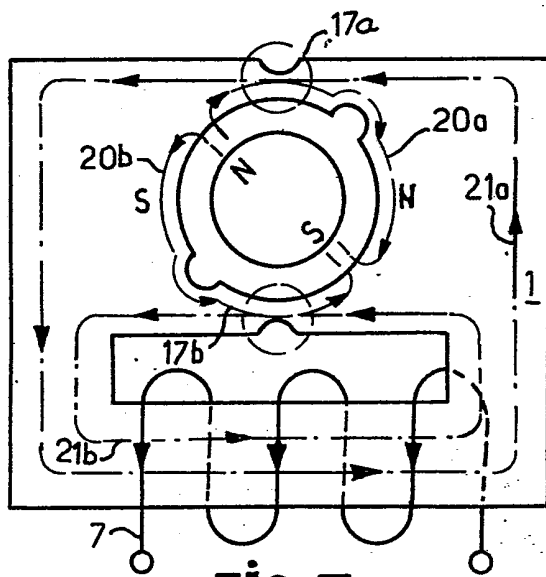
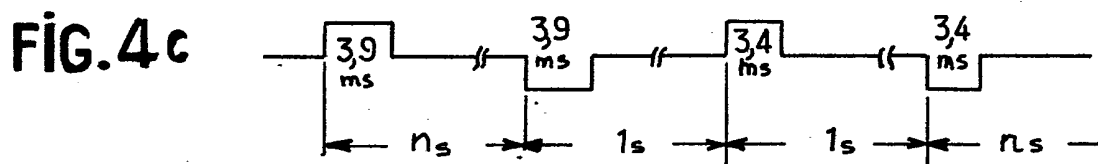
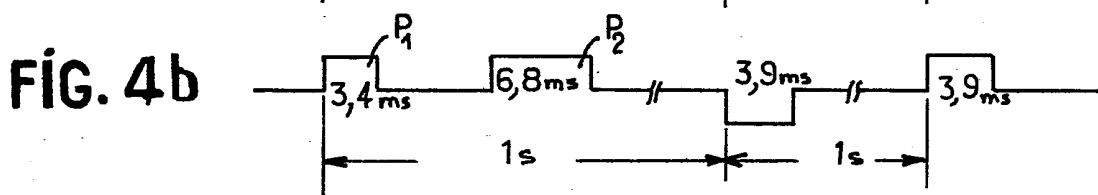
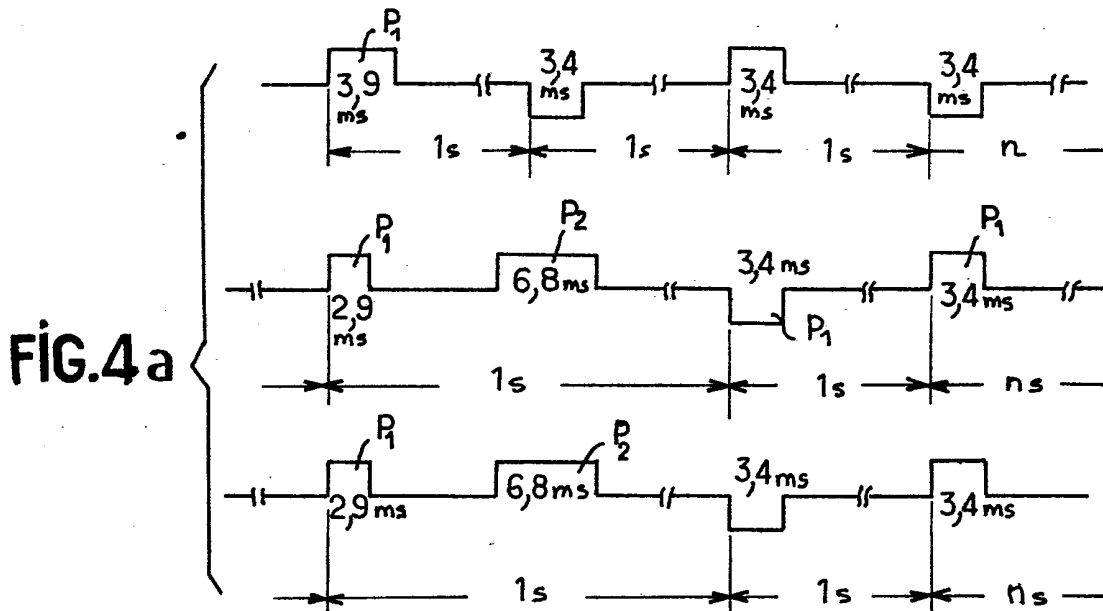


FIG. 7

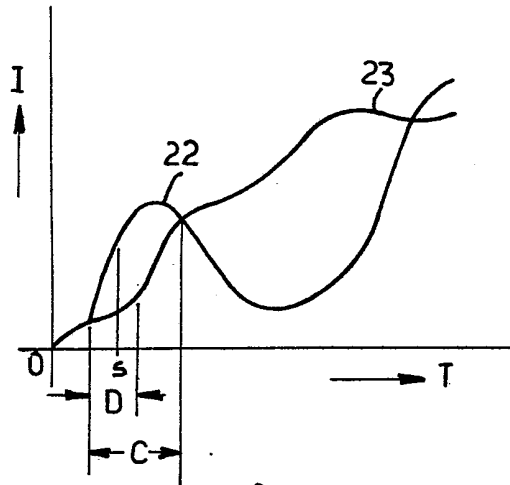


FIG. 8

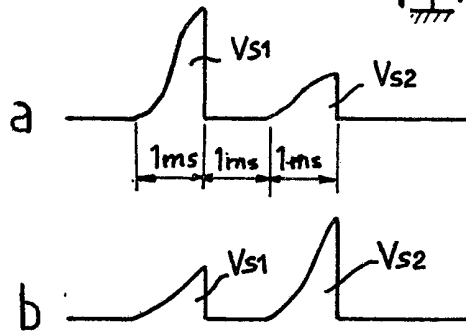
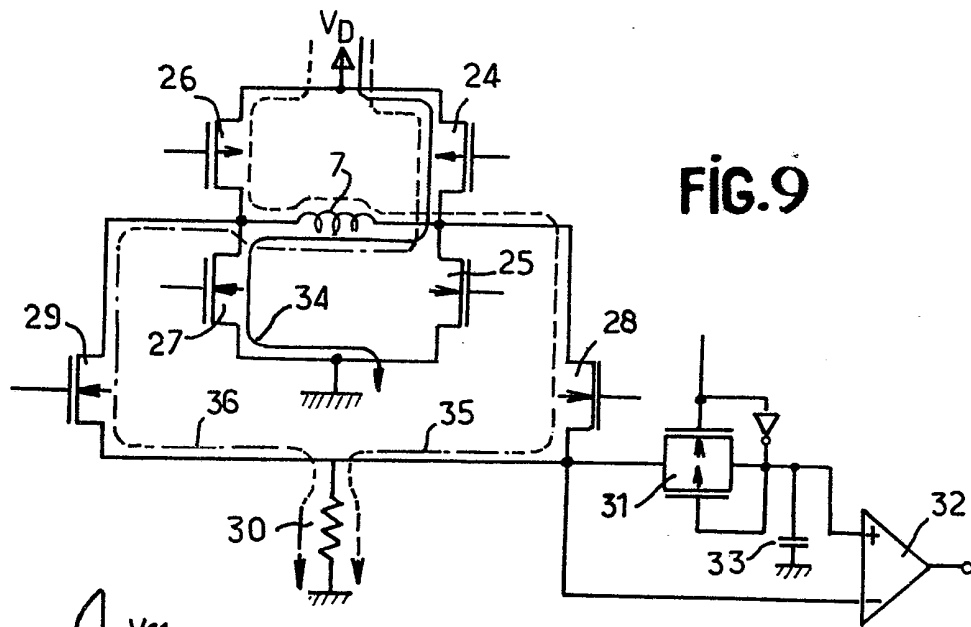


FIG. 10

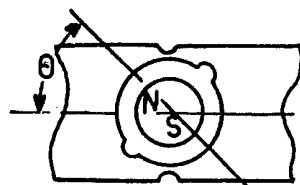


FIG. 11b

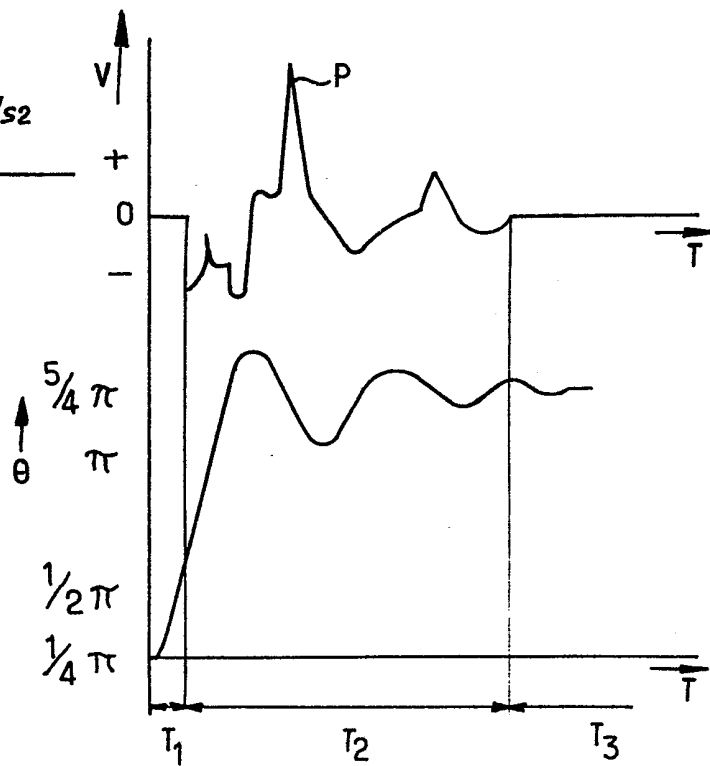


FIG. 11a

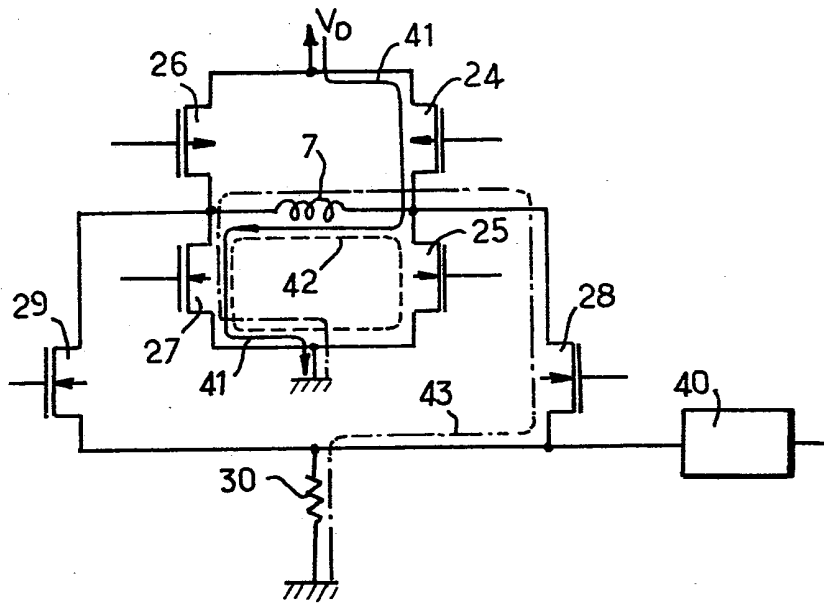


FIG.12

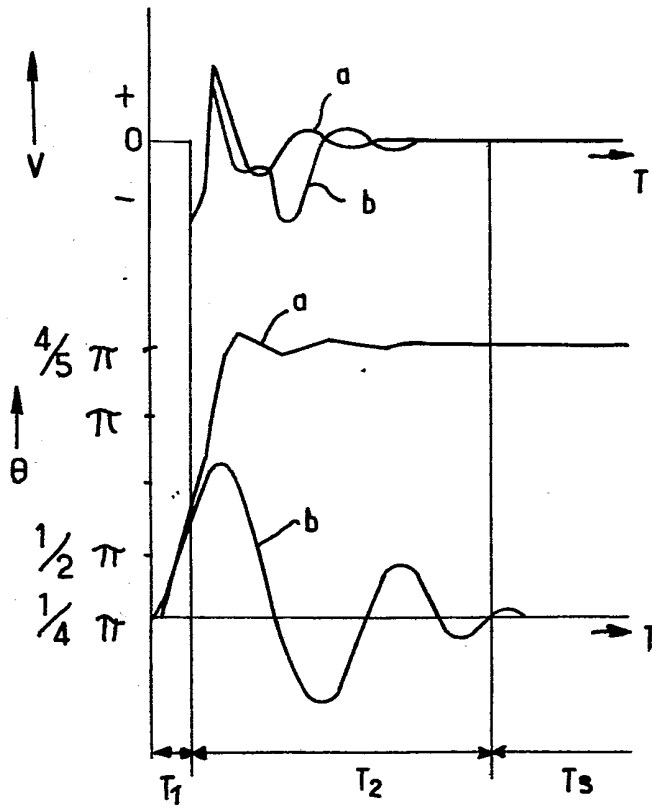


FIG.13a

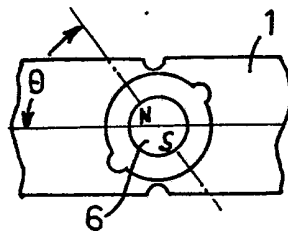


FIG.13b

FIG.14

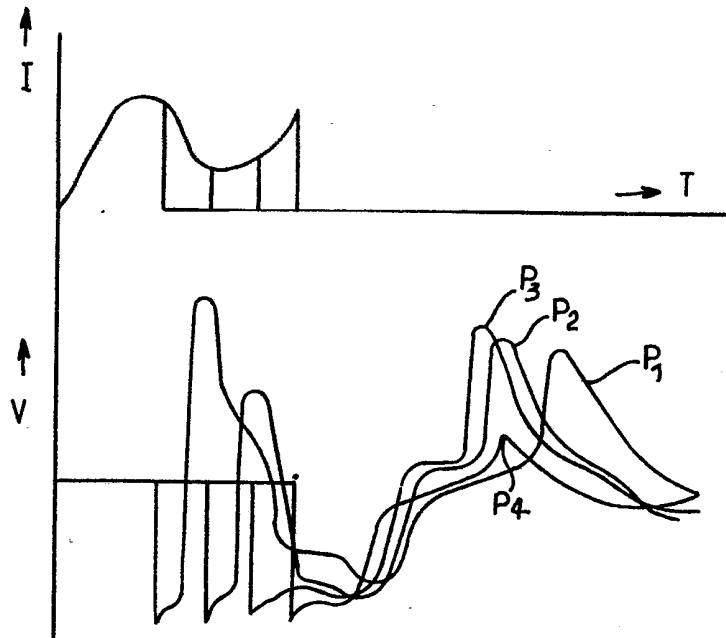


FIG.15

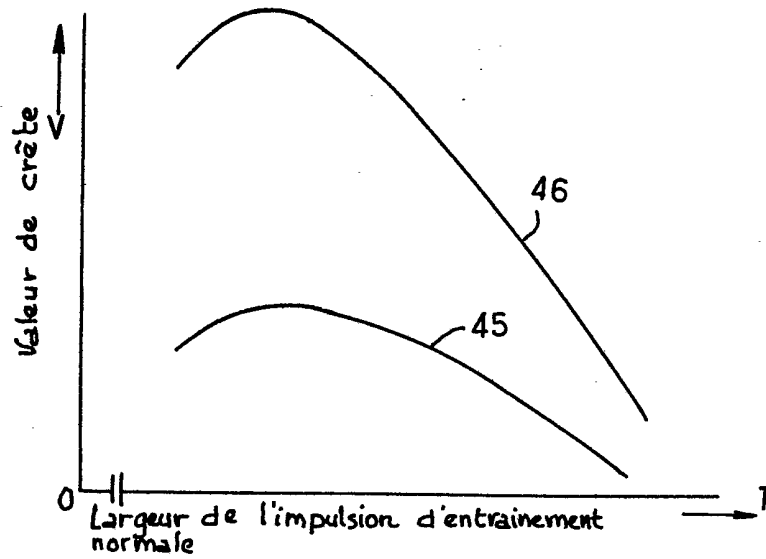
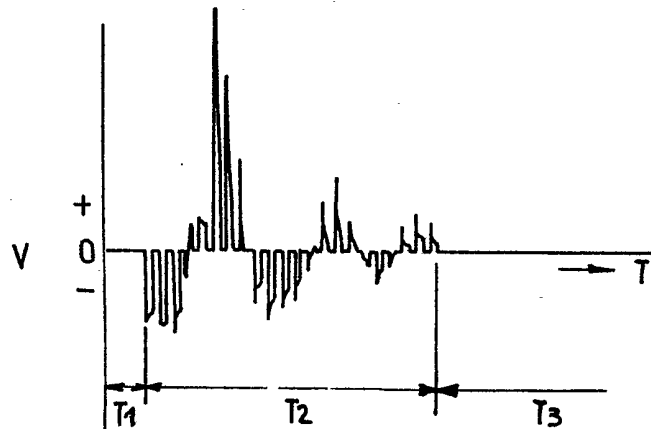
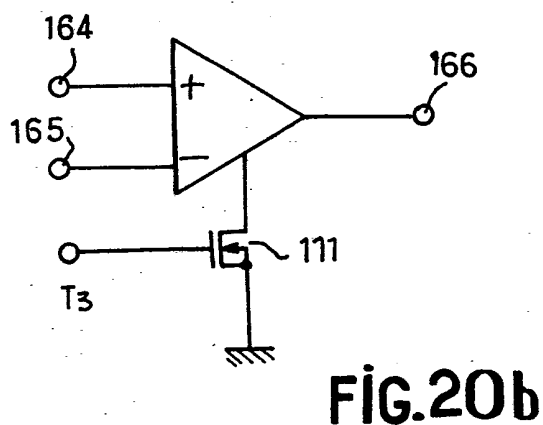
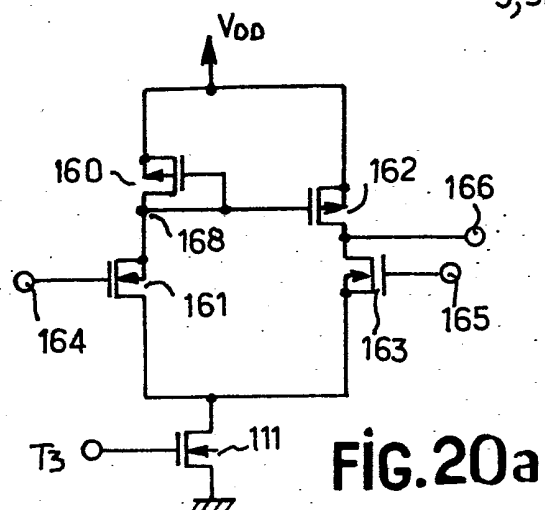
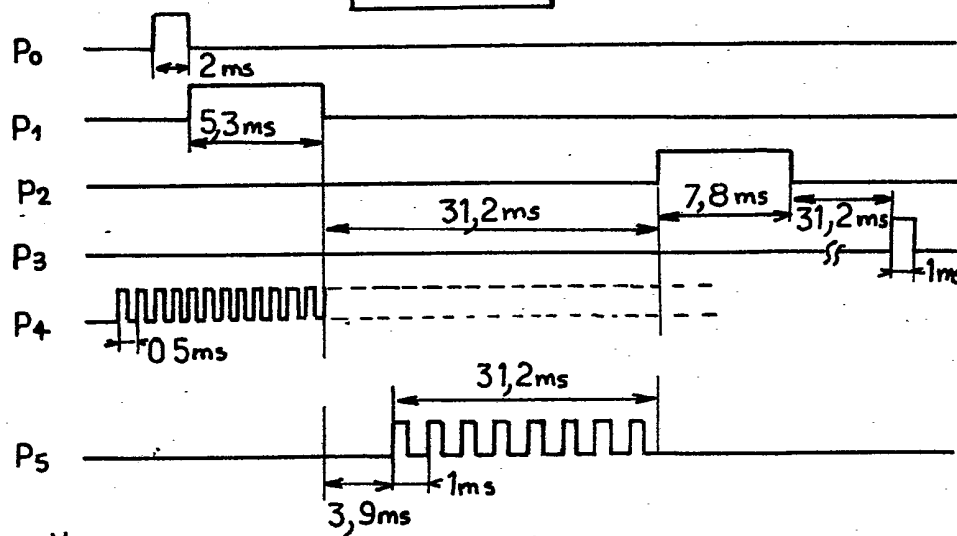
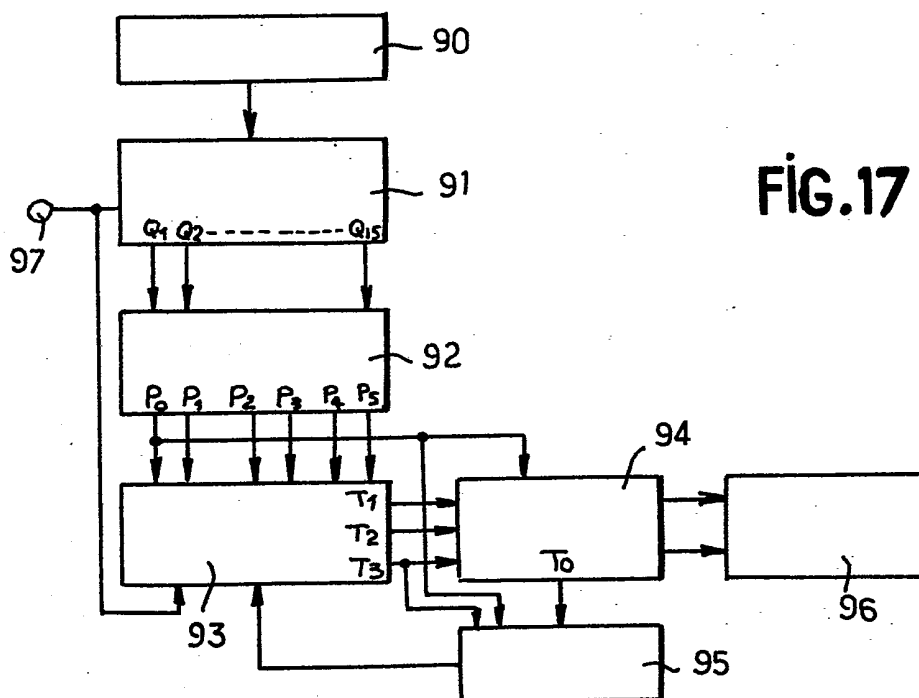


FIG.16





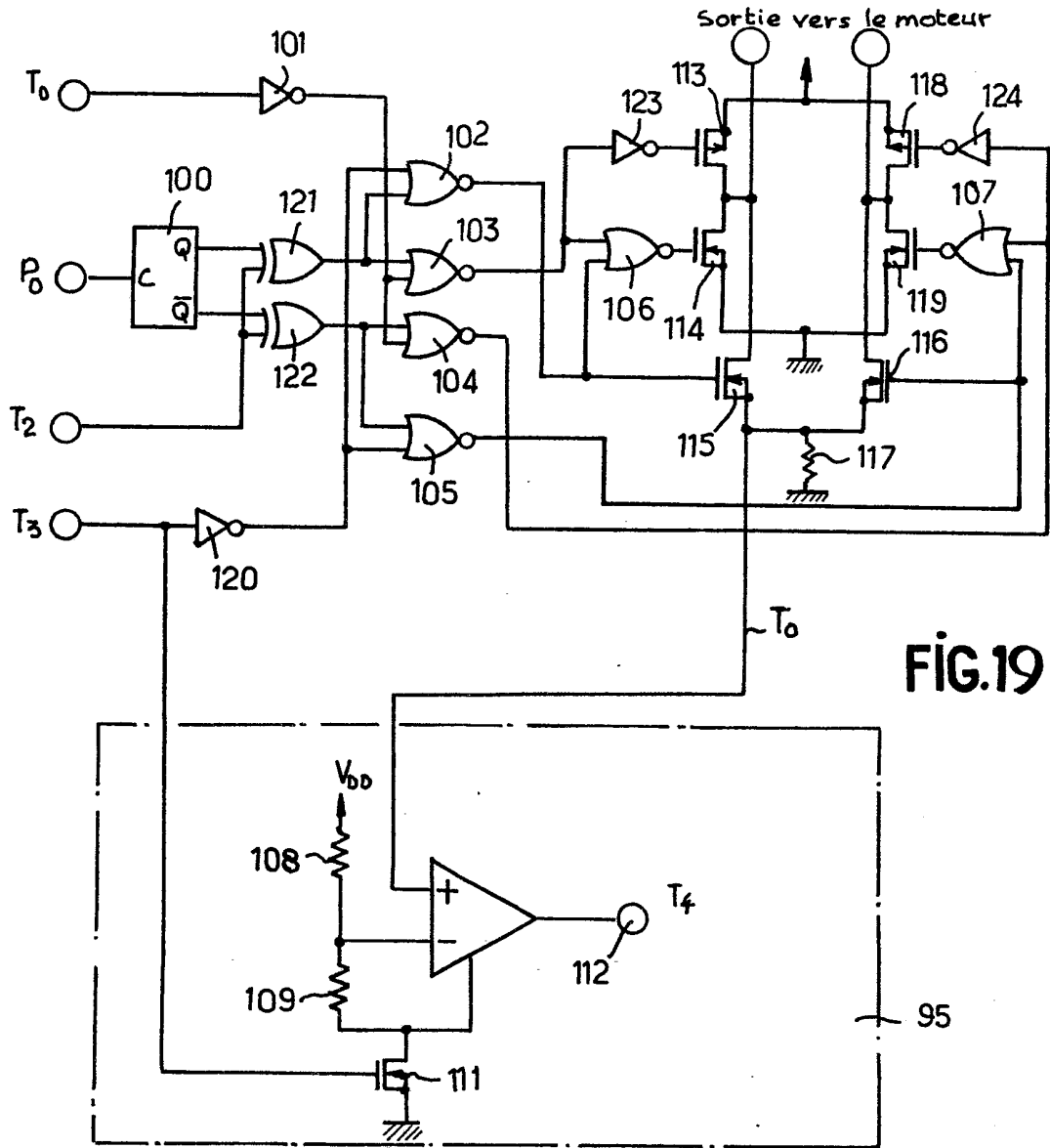


FIG. 19

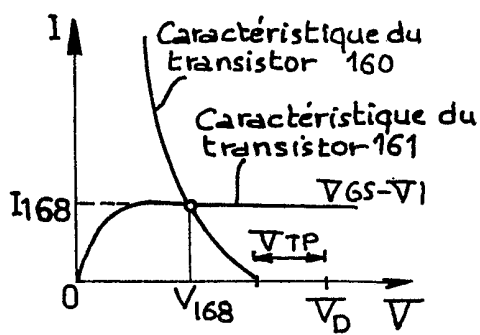


FIG. 21a

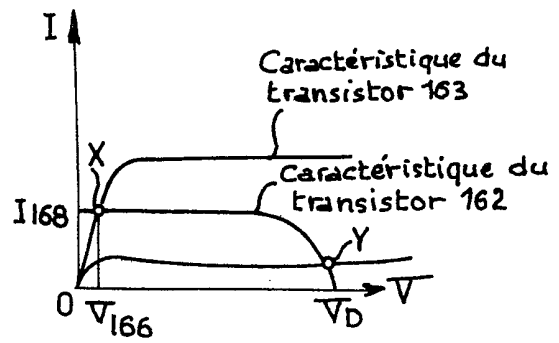


FIG. 21b

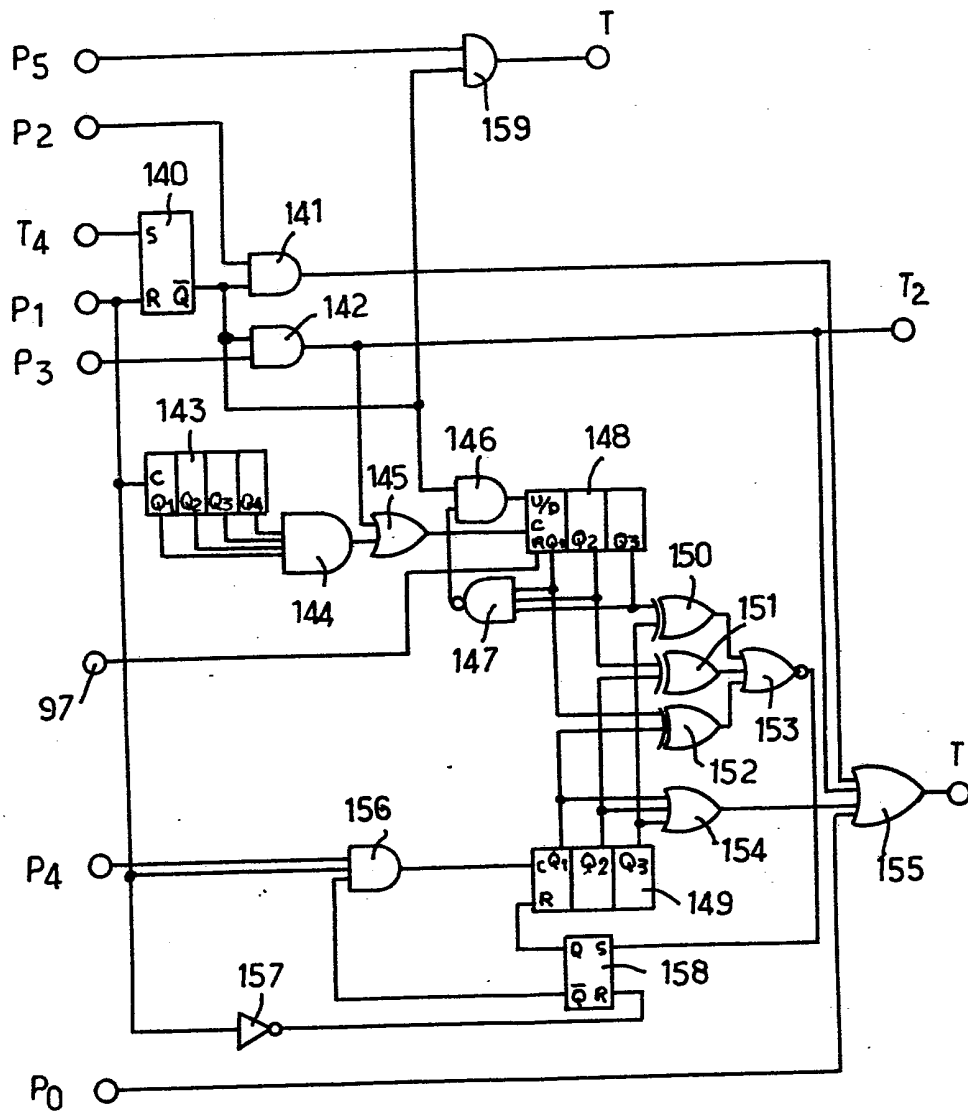


FIG. 22