



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

 (51) Int. Cl.³: G 04 C
G 04 C

 3/14
10/04

Demande de brevet déposée pour la Suisse et le Liechtenstein
 Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

 (12) **FASCICULE DE LA DEMANDE** A3

(11)

635 720 G

(21) Numéro de la demande: 4415/78

(22) Date de dépôt: 24.04.1978

(30) Priorité(s): 23.04.1977 JP 52-47096

(42) Demande publiée le: 29.04.1983

 (44) Fascicule de la demande
publié le: 29.04.1983

 (71) Requérent(s):
Kabushiki Kaisha Daini Seikosha, Tokyo (JP)

 (72) Inventeur(s):
Masaharu Shida, Koto-ku/Tokyo (JP)
Akira Torisawa, Koto-ku/Tokyo (JP)
Makoto Ueda, Koto-ku/Tokyo (JP)
Masaaki Mandai, Koto-ku/Tokyo (JP)
Kazuhiro Asano, Koto-ku/Tokyo (JP)
Katsuhiko Sato, Koto-ku/Tokyo (JP)

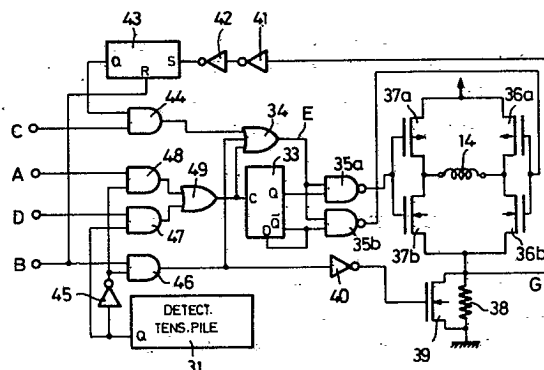
 (74) Mandataire:
Bovard AG, Bern 25

(56) Rapport de recherche au verso

(54) Montre électronique, notamment montre-bracelet électronique.

(57) Une montre électronique comporte un moteur pas à pas dont le bobinage (14) reçoit des impulsions alternées d'un circuit de commande (33-37). Un agencement de détection (38-39) détecte le fait que le moteur pas à pas a avancé en réponse à la dernière impulsion et en cas de non rotation les moyens (41 à 44) provoquent l'envoi d'une impulsion d'entraînement complémentaire de plus longue durée. Un circuit de détection de tension de pile (31) autorise, par l'intermédiaire de portes (46-49) le fonctionnement susmentionné tant que la tension de la pile est suffisante. Lorsque ce circuit de détection (31) appréhende la baisse de tension annonçant la fin prochaine de la durée de vie de la pile, il interdit le fonctionnement normal susmentionné et introduit, par l'ouverture d'une porte (47), des impulsions d'entraînement de durée fixe adéquate.

L'invention améliore les conditions de fonctionnement d'une montre-bracelet électronique dans les derniers temps de la vie de sa pile.





RAPPORT DE RECHERCHE RECHERCHENBERICHT

Demande de brevet No.:
Patentgesuch Nr.:

CH 4415/78

OEB. Nr.:

HO 13 279

Documents considérés comme pertinents Einschlägige Dokumente		
Catégorie Kategorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes. Kennzeichnung des Dokuments, mit Angabe, soweit erforderlich, der massgeblichen Teile	Revendications con- cernées Betrifft Anspruch Nr.
	<u>US - A - 4 014 164</u> (K. FUJITA) * résumé; colonne 1, lignes 35-65; revendication 1 * ---	1
	<u>FR - A - 2 256 460</u> (CITIZEN WATCH) * revendications 1,2,9-11 * ---	1,2
	<u>US - A - 3 812 670</u> (A. NIKAIDO et al.) * résumé; colonne 6, ligne 56 à colonne 7, ligne 10; revendications 1 et 2; figures 1,7,8 * ---	1,2
	<u>US - A - 3 855 781</u> (H. CHIHARA et al.) * colonne 1, lignes 35-40; colonne 2, lignes 37-42; colonne 3, ligne 12 à colonne 4, ligne 54; revendications 1-3,5,12; figure 7 * ---	2
	<u>FR - A - 2 200 675</u> (SOCIETE DE RECHERCHE) * revendications 1-3; figures 3,4 * ---	2
P	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 2, no. 22, page 11467E77, 14.2.1978 & JP - A - 52 141268 (SUWA SEIKOSHA KK) 25 novembre 1977. ---	1
Etendue de la recherche/Umfang der Recherche		
Revendications ayant fait l'objet de recherches Recherchierte Patentansprüche: ensemble Revendications n'ayant pas fait l'objet de recherches Nicht recherchierte Patentansprüche: Raison: Grund:		
Date d'achèvement de la recherche/Abschlussdatum der Recherche 19 novembre 1980		Examineur / Prüfer

Domaines techniques recherchés
Recherchierte Sachgebiete
(INT. CL.)

G 04 C 3/14
10/00
10/04
G 04 G 1/00

Catégorie des documents cités
Kategorie der genannten Dokumente

X: particulièrement pertinent
von besonderer Bedeutung

A: arrière-plan technologique
technologischer Hintergrund

O: divulgation non-écrite
nichtschriftliche Offenbarung

P: document intercalaire
Zwischenliteratur

T: théorie ou principe à la base de
l'invention
der Erfindung zugrunde liegende
Theorien oder Grundsätze

E: demande faisant interférence
kollidierende Anmeldung

L: document cité pour d'autres raisons
aus andern Gründen angeführtes
Dokument

D: document cité dans la demande
in der Anmeldung angeführtes Dokument

&: membre de la même famille, document
correspondant.
Mitglied der gleichen Patentfamilie;
übereinstimmendes Dokument

REVENDEICATION

Montre électronique, notamment montre-bracelet électronique, comprenant un oscillateur, un diviseur de fréquence, un circuit de combinaison d'impulsions, un moteur pas à pas, un circuit d'entraînement du moteur pas à pas, des moyens de commande automatique de la puissance d'entraînement du moteur pas à pas, et des moyens de détection de la tension d'une pile alimentant la montre, caractérisée en ce que lesdits moyens de commande automatique de la puissance d'entraînement du moteur pas à pas comprennent un circuit de détection de la rotation ou non rotation du rotor dudit moteur pas à pas, et un circuit de commande additionnel du circuit d'entraînement du moteur pas à pas qui provoque la fourniture d'une impulsion d'entraînement à plus grande énergie lorsque ledit rotor ne s'est pas mû en rotation sous l'effet de l'impulsion d'entraînement normale, et en ce que lesdits moyens de détection sont agencés pour provoquer, lorsqu'ils détectent le fait que la pile est dans un état de quasi-épuisement, l'inhibition au moins partielle du fonctionnement desdits moyens de commande automatique de puissance d'entraînement du moteur, et l'extension conséquente de la durée des impulsions de l'entraînement du moteur pas à pas à une valeur fixe.

La présente invention concerne une montre électronique, notamment une montre-bracelet électronique comprenant un oscillateur, un diviseur de fréquence, un circuit de combinaison d'impulsions, un moteur pas à pas, un circuit d'entraînement du moteur pas à pas, des moyens de commande automatique de la puissance d'entraînement du moteur pas à pas et des moyens de détection de la tension d'une pile alimentant la montre.

Les montres électroniques, de type très perfectionné quant à l'économie de consommation qu'elles permettent, ne sont toutefois pas encore parfaites notamment en ce qui concerne la préservation optimale de leur fonctionnement au moment où la pile qui les alimente atteint un état de quasi-épuisement, c'est-à-dire arrive à la fin de leur durée de vie. A ce moment-là l'entraînement de leur moteur pas à pas commence à manquer de stabilité et la présence des moyens automatiques de commande de la puissance d'entraînement du moteur pas à pas ne constitue plus le moyen idéal pour assurer à la fois une stabilité d'entraînement suffisante et une durée de fonctionnement correcte aussi longue que possible. L'invention vise ainsi d'une façon générale à fournir une montre électronique et notamment une montre-bracelet électronique apte à fonctionner de façon stable, le plus longtemps possible, c'est-à-dire avec une consommation d'énergie aussi réduite que possible, durant les derniers temps de la durée de vie de la pile.

Le mécanisme d'affichage, du type souvent dénommé «analogique» mais qu'en toute rigueur on devrait plutôt dénommer «positionnel à aiguilles», d'une montre connue du type en question, typiquement d'une montre-bracelet à cristal de quartz à affichage par aiguilles, d'un type maintenant couramment utilisé, est réalisable par exemple selon la construction représentée à la fig. 1 et avec le schéma général montré à la fig. 2. Le mouvement engendré par un moteur, consistant en un stator 1, un rotor 6 et un bobinage 7, est transmis à différentes roues, 2, 3, 4 et 5, puis à une aiguille des secondes, une aiguille des minutes et une aiguille des heures (non représentées) les rouages actionnant encore souvent un anneau de quantième de même que d'autres mobiles (égale-

ment non représentés). Les circuits électroniques d'une telle montre classique comprennent, comme le montre la fig. 2, un circuit oscillateur 10 qui fournit un signal ayant une fréquence approximativement 32 kHz, un circuit diviseur de fréquence 11 qui divise la fréquence de ce signal pour fournir un signal «à une seconde», et un circuit 12 de combinaison d'impulsions qui délivre chaque seconde, de façon alternée, c'est-à-dire avec une période de deux secondes, des impulsions ayant par exemple soit une durée de 3,9 ms, soit une durée de 7,8 ms. Les sorties 15 et 16 de ce circuit de combinaison d'impulsions commandent des inverseurs 13a et 13b qui appliquent au bobinage du moteur pas à pas des impulsions de mêmes périodes et mêmes durées, mais qui sont déphasées d'une seconde de façon que le bobinage 14 reçoive chaque seconde une impulsion, alternativement dans un sens et dans l'autre. Le rotor 6, magnétisé en deux pôles, tourne chaque fois d'un demi-tour dans une direction, et l'impulsion de courant dans le bobinage se présente chaque fois avec approximativement la forme d'onde représentée à la fig. 3.

Généralement, la durée des impulsions d'entraînement dans les montres électroniques classiques de ce genre était de 7,8 ms, durée qui, conjointement à d'autres paramètres tels que la résistance et le nombre de tours de bobinage, et les dimensions du moteur pas à pas, était adéquatement sélectionnée de manière à entraîner le moteur pas à pas de façon stable même lorsque les conditions de charge des rouages étaient accrues par rapport à l'énergie d'impulsion disponible, par exemple du fait que la montre était placée dans un champ magnétique, ou du fait que la résistance interne de la pile se trouvait notablement augmentée par suite de température très basse, ou encore du fait que la tension de la pile se trouvait diminuée en raison de l'approche imminente de son épuisement. Ces conditions extrêmes nécessitaient donc un couple mécanique relativement élevé, mais lorsque, situation la plus fréquente, un tel couple mécanique élevé n'était pas nécessaire, des quantités d'énergie excessives se trouvaient soutirées de la pile, provoquant ainsi une consommation d'énergie supplémentaire en pure perte.

Pour remédier à ce défaut, on a justement proposé récemment la méthode de commande automatique de la puissance d'entraînement du moteur, méthode qui prévoit des moyens de détection qui détectent les conditions de fonctionnement du moteur pas à pas de façon à modifier la puissance d'entraînement du moteur (généralement en modifiant la durée des impulsions d'entraînement) d'une manière continue ou par gradins, de façon à maintenir la consommation d'énergie minimum en fonction du couple mécanique requis.

Cette adaptation ne tenait toutefois pas compte du changement de conditions qui intervenaient lorsque, la pile arrivant en condition de quasi épuisement, sa tension diminuait, affaiblissant encore les impulsions courantes d'entraînement, déjà réduites, en conditions usuelles, pour assurer sans plus l'entraînement du rotor sous charge mécanique que normale.

L'exposé de brevet antérieurement publié US-4 014 164 proposait un circuit de surveillance et de détection de la tension de la pile, dans une montre électronique qui toutefois n'était pas munie d'un dispositif «de commande automatique de la puissance d'entraînement du moteur» au sens précédemment défini. Dans l'objet de cette publication antérieure américaine, l'effet du circuit de détection de tension de pile était, lorsqu'une tension de pile trop basse, annonciatrice de l'épuisement de la pile, était détectée, de modifier le rythme d'avancement de l'aiguille des secondes, de sorte que, au lieu d'effectuer un saut d'un soixantième de tour toutes les secondes, l'aiguille des secondes effectuait un saut plus long, d'un trentième de tour, toutes les deux secondes. Etant

donné que la montre électronique en question ne comprenait pas de dispositif de commande automatique de la puissance d'entraînement du moteur, l'effet du circuit de détection de tension de pile ne pouvait en aucun cas être d'inhiber le fonctionnement d'un tel dispositif, de sorte que cette publication antérieure américaine ne permettait pas de remédier aux inconvénients précédemment mentionnés.

Par ailleurs, l'exposé de demande de brevet française publiée, no FR-2 200 675 proposait un dispositif par lequel la durée de l'impulsion d'entraînement du moteur pas à pas d'une montre était automatiquement réglée, entre les limites extrêmes de 3,9 et 7,8 msec, en fonction de l'évolution du courant dans le bobinage. Cet exposé antérieur prévoit donc bien un système de détermination automatique de la durée d'entraînement; mais ce système n'impliquait pas une détection de «rotation/non rotation» du rotor, mais au contraire la détection d'un instant qui devait intervenir une fois que le rotor a tourné. La limite supérieure de durée était prévue afin d'éviter que l'impulsion reste appliquée en permanence dans le cas où cet instant n'aurait pas été détecté. Le dispositif de régulation automatique selon cet exposé français n'était donc pas semblable au dispositif «de commande automatique de la puissance d'entraînement du moteur» précédemment mentionné, et par ailleurs, la montre électronique selon cet exposé français ne comprenant aucun dispositif de détection de la tension de la pile, ce qui signifie que cet exposé non plus ne pouvait fournir une solution au problème précédemment mentionné qui se présente lors du proche épuisement de la pile dans une montre électronique appliquant la «méthode de commande automatique de la puissance d'entraînement du moteur», au sens précédemment mentionné.

Les deux publications antérieures que l'on vient de citer ne divulguaient donc pas la possibilité d'atteindre le but de la présente invention, lequel consiste à fournir une montre électronique, et notamment une montre-bracelet électronique, à moteur pas à pas, qui possède des moyens aptes à la maintenir en condition de fonctionnement stable également lorsque la pile qui l'alimente arrive en son état de quasi-épuisement, dans le cas où un agencement de commande automatique de la puissance d'entraînement du moteur est prévu pour assurer un fonctionnement correct de la montre tout en évitant tout gaspillage d'énergie.

Conformément à l'invention, ce but est atteint par la présence des caractères énoncés dans la revendication annexée.

Le dessin annexé illustre, à titre d'exemple, et tout d'abord à l'aide de figures correspondant également à l'état de la technique générale, une forme d'exécution de l'objet de l'invention.

Dans ce dessin:

la fig. 1 est une vue schématique fournissant un exemple de mécanisme d'affichage pour montre électronique à affichage analogique par moteur pas à pas, mécanisme que l'on rencontre également dans des montres connues;

la fig. 2 est un schéma-bloc très général montrant les circuits d'une montre électronique à cristal de quartz et à moteur pas à pas, d'un type connu;

la fig. 3 est un diagramme de forme d'onde montrant l'évolution du courant dans les impulsions d'entraînement du moteur pas à pas d'une montre électronique à affichage par aiguilles;

les figs. 4 à 6 sont des figures explicatives illustrant le fonctionnement d'un moteur pas à pas pour montre électronique;

la fig. 7 est un diagramme représentant la forme d'onde du courant dans les impulsions d'entraînement du moteur pas à pas, en différents cas particuliers dans lesquels ces impulsions peuvent intervenir;

la fig. 8 est un schéma-bloc des circuits électroniques d'une montre électronique à moteur pas à pas du type particulier conforme à l'invention;

la fig. 9 est un schéma plus détaillé des circuits de la montre électronique selon l'invention;

la fig. 10 est un diagramme des niveaux logiques en fonction du temps, se rapportant au fonctionnement des circuits de la fig. 9, et

la fig. 11 est une partie d'un diagramme de forme d'onde illustrant différents cas du fonctionnement de la montre selon l'invention et représentant la tension apparaissant, dans ces différents cas, aux bornes d'une résistance comprise à cet effet par la forme d'exécution décrite de la montre selon l'invention.

Les figs. 1, 2 et 3 ayant déjà été brièvement considérées, on va maintenant décrire l'objet de l'invention et tout d'abord son cadre contextuel, en liaison avec les figs. 4 et suivantes.

Tout d'abord, il convient d'expliquer plus en détail, comment dans le système de commande automatique de la puissance d'entraînement du moteur pas à pas, des moyens de détection reconnaissent le fait que le rotor du moteur pas à pas a effectué ou non la rotation que l'impulsion d'entraînement lui a commandé d'effectuer, puis délivrent une information représentant l'état ainsi reconnu sur le moteur pas à pas.

Le principe des opérations est le suivant: en condition normale, le moteur pas à pas est entraîné par une impulsion ayant une durée plus courte que l'impulsion d'entraînement que l'on a dans les pièces classiques, en suite de quoi est appliquée au bobinage du moteur pas à pas une impulsion de détection à laquelle est dévolu le rôle «d'inspecter» l'état du moteur pas à pas pour reconnaître si son rotor a ou n'a pas effectué une rotation sous la commande de ladite courte impulsion d'entraînement. Le fait que le rotor a ou n'a pas effectué cette rotation est détecté par le niveau atteint, durant la très courte durée de l'impulsion de détection, par la chute de tension aux bornes d'une résistance connectée en série avec le bobinage, chute de tension qui est plus grande lorsque le rotor n'a pas suivi l'injonction de rotation que lorsqu'il a effectivement effectué une rotation sous la commande de l'impulsion d'entraînement, ceci du fait que dans le premier cas l'inductance du bobinage est plus faible que dans le second, ce qui permet une croissance plus rapide du courant dans le bobinage et partant l'atteinte durant l'impulsion de détection d'une valeur de courant plus élevée dans le bobinage et donc d'une pointe de tension plus forte aux bornes de la résistance série en question.

Avant d'entrer dans les explications détaillées concernant le fonctionnement du circuit, on va expliquer plus en détail le principe de la détection de l'état de «rotation/non rotation», en liaison avec les figs. 4 à 7.

La rotation du rotor d'un moteur pas à pas du type utilisé dans les montres-bracelets électroniques, et notamment dans la montre électronique selon l'invention, est obtenue en faisant intervenir des actions électromagnéto-mécaniques que l'on peut aisément comprendre, en se référant aux figures en question du dessin.

Sur la fig. 4, on voit que le stator 1 du moteur pas à pas est fait d'une seule pièce formant un circuit magnétique et dans laquelle deux voies magnétiques saturables 17 sont établies par rétrécissement de la section de passage du flux magnétique. Les parties polaires ainsi potentiellement créées sont couplées avec une portion formant un noyau magnétique autour duquel se trouve bobiné le bobinage 7 du moteur. Par ailleurs, le stator 1 comprend deux encoches, 18a et 18b, dont la position détermine la direction dans laquelle va se mouvoir le rotor 6 du moteur pas à pas, lequel rotor est

magnétisé en direction radiale, présentant donc deux pôles magnétiques de polarités contraires, diamétralement opposés. La fig. 4 illustre la situation telle qu'elle se présente lorsqu'aucun courant ne circule dans le bobinage 7, et elle représente la position du rotor par rapport au stator telle qu'elle se présente soit en l'absence de courant dans le bobinage, soit juste après que le courant ait été appliqué au bobinage, alors que le rotor n'a pas encore effectué de rotation en réponse à l'application de ce courant. Dans cette situation, et principalement lorsqu'aucun courant n'est appliqué au bobinage, le rotor 6 se maintient dans une position telle que l'axe de ces pôles magnétiques fait un angle d'approximativement 90° avec l'axe sur lequel se situent les encoches 18. Si dans cette situation, du courant est amené à circuler dans la direction indiquée par une flèche à travers le bobinage du moteur, des pôles magnétiques se trouvent engendrés dans le stator de la manière indiquée à la fig. 4, et le rotor 6 va avoir tendance à se mouvoir en rotation dans le sens horaire, du fait de l'effet de répulsion magnétique entre les pôles du rotor et les pôles créés dans le stator. Lorsque le courant circulant à travers le bobinage 7 est interrompu, le rotor 6 vient s'immobiliser dans une situation diamétralement opposée à celle qui est représentée à la fig. 4. Ensuite, lorsque du courant circule à nouveau, dans le sens opposé, à travers le bobinage 7, le rotor 6 se remet à se mouvoir en rotation dans le sens horaire pour venir, après nouvelle interruption du courant dans le bobinage, reprendre la position représentée à la fig. 4.

Puisque, dans cette forme d'exécution de la montre-bracelet électronique, le moteur pas à pas a une construction à «stator en une seule pièce» avec les portions saturables 17, lorsque le courant commence de circuler dans le bobinage 7, la forme d'onde de l'impulsion de courant comporte tout d'abord une montée relativement lente, due à la forte self-inductance du stator (ce début de montée à relativement faible pente est bien visible à la fig. 3). Tant que les portions saturables 17 ne sont pas encore saturées, la réluctance magnétique du circuit magnétique reste faible et l'inductance reste élevée, et la constante de temps τ , résultant de l'inductance et de la résistance ohmique du bobinage a une valeur élevée qui peut s'exprimer par l'expression suivante:

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

Donc

$$\tau = N^2/(R \times R_m)$$

L étant l'inductance du bobinage 7,
N étant le nombre de tours de ce bobinage, et
 R_m étant la résistance magnétique (ou réluctance magnétique).

Lorsque les portions saturables 17 du stator 1 viennent à saturation, la perméabilité de ces portions saturées devient identique à celle de l'air, de sorte que la réluctance magnétique R_m augmente et que la constante de temps τ du circuit devient beaucoup plus faible, ce qui se traduit par une montée rapide du courant, comme on le voit à la fig. 3. La détection de l'état de rotation du rotor 6, dans la montre électronique selon la présente invention, se base sur cette différence de constante de temps du circuit comprenant en série l'inductance et la résistance ohmique du bobinage. Il reste à voir pour quelle raison cette constante de temps est différente selon que le rotor a suivi ou non l'injonction de rotation que lui a donnée l'impulsion d'entraînement. Pour cela, on considérera les fig. 5 et 6.

La fig. 5 représente la situation qui se présente juste après que le courant a été amené à passer dans le bobinage 7, alors que le rotor 6, situé dans la position depuis laquelle il peut se déplacer, ne s'est effectivement pas encore déplacé (la même situation se présente si le rotor est empêché de se déplacer). On voit que des pôles magnétiques du rotor 6 produisent

dans le stator un flux de lignes magnétiques 20, qui se sépare en une partie 20a et une partie 20b, dirigées dans le sens des flèches. En pratique, une petite partie du flux magnétique dû à la magnétisation du rotor passe également dans le noyau du bobinage 7, mais cette partie de flux est très faible et son effet est négligeable. On ne l'a donc pas dessinée à la fig. 6. Les lignes de flux magnétiques 20a et 20b ont, dans les portions saturables 17a et 17b, la direction représentée au dessin par les flèches. Dans la plupart des cas, les portions saturables 17 ne sont pas encore saturées simplement du fait du passage du flux magnétique dû à la magnétisation du rotor. Si à ce moment du courant est amené à circuler à travers le bobinage 7, dans la direction indiquée par les flèches, à la fig. 5, direction qui est celle que le courant doit avoir pour provoquer une rotation du rotor à partir de la position représentée à la fig. 5, un flux magnétique 19 s'établit dans le stator du fait du passage du courant dans le bobinage. On voit que les deux parties 19a et 19b de ce flux, qui passent respectivement dans les portions saturables 17a et 17b, s'ajoutent au flux 20a, 20b dû à la magnétisation du rotor, de sorte que la saturation des portions saturables 17a et 17b interviendra très rapidement, très peu de temps après que le courant ait commencé à traverser le bobinage. Dès que ces portions saturables sont saturées, l'inductance qui s'oppose à la croissance du courant dans le bobinage 7 diminue fortement et le courant dans le bobinage 7 augmente rapidement. Bientôt, il atteint une valeur suffisante pour provoquer dans le stator une importante magnétisation qui provoque une rotation du rotor 6. Ceci n'a toutefois pas été représenté à la fig. 5. Dans ce cas, la courbe d'évolution du courant dans le bobinage du stator, au cours de l'impulsion d'entraînement, correspond à la courbe 22 tracée à la fig. 7, courbe qui est très analogue à celle de la fig. 3.

La fig. 6 représente la situation qui s'établit lorsque du courant est amené à traverser le bobinage 7 dans l'autre sens. La position du rotor représentée à la fig. 6 est la même que celle de la fig. 5. Cela signifie que la situation représentée à cette fig. 6 est celle que l'on aura dans le cas où l'impulsion précédente n'aura pas entraîné le rotor en rotation, celui-ci ayant été empêché de se mouvoir, par exemple, par suite d'une charge mécanique trop élevée. La situation représentée à la fig. 6 correspond également au cas où l'impulsion de courant appliquée est une seconde impulsion de courant de même polarité intervenant après qu'une impulsion ayant déjà eu la même polarité ait ramené le rotor dans sa position initiale. Comme, en fonctionnement normal, des impulsions des deux polarités se suivent d'une façon alternée, il est indifférent que l'on considère une des situations ou l'autre. D'une façon générale, on peut dire que la situation de la fig. 6 est celle qui se présente lorsque l'impulsion appliquée trouve le rotor dans une position telle que la polarité de cette impulsion ne va pas faire avancer le rotor. A la fig. 6, on voit que les flux 20a, 20b dus à la magnétisation du rotor et les flux 21a, 21b dus au passage du courant dans le bobinage sont dirigés dans le sens contraire dans les portions saturables 17a, 17b. De ce fait, les deux flux commencent par se neutraliser et la saturation des portions 17a, 17b n'interviendra qu'au moment où le flux magnétique dû au courant dans le bobinage aura pris une valeur beaucoup plus grande, c'est-à-dire au moment où ce courant lui-même aura pris une valeur notablement plus grande. Jusqu'à la saturation, l'inductance s'opposant à la croissance du courant dans le bobinage sera élevée et le courant ne croîtra que très lentement dans le bobinage 7. Cela est représenté par la courbe 23 de la fig. 7.

Dans le moteur pas à pas de la forme d'exécution représentée, le diamètre du fil formant le bobinage était de 0,23 mm, le nombre de spires du bobinage était de 1000, la résistance ohmique du bobinage était de 3 kOhms, le diamè-

tre du rotor était de 1,3 mm et la largeur minimum des portions saturables était de 0,1 mm. La différence de temps D (fig. 7) entre l'instant de saturation dans un des cas et l'instant de saturation dans l'autre cas était de 1 ms. On comprend bien que, dans l'intervalle de temps C (fig. 7), l'inductance du bobinage est faible si l'impulsion trouve le rotor dans l'état où elle est apte à le mouvoir et elle est forte si l'impulsion trouve le moteur dans l'état où elle n'est pas apte à le mouvoir. Dans le moteur pas à pas répondant aux spécifications susmentionnées, l'inductance équivalente dans l'intervalle de temps D était de 5 Hy dans le cas de la forme d'onde 22 (polarité d'impulsion et position du rotor tels qu'une rotation est possible), tandis que cette inductance équivalente était de 40 Hy dans la situation illustrée par la courbe 23 (polarité d'impulsion et position du rotor tels que le rotor ne peut pas se mouvoir).

Pour détecter la valeur de cette inductance, il est aisé de détecter la tension produite aux bornes d'une résistance de détection durant un intervalle de temps relativement petit. On pourra faire agir la tension ainsi recueillie sur un inverseur CMOS, en utilisant la valeur de tension de seuil de celui-ci, c'est-à-dire en principe la valeur de tension $1/2 V_D$, de façon qu'avec une forte inductance la tension recueillie aux bornes de la résistance n'atteigne pas cette valeur de tension de seuil et ne fasse pas basculer l'inverseur, tandis qu'avec la faible valeur d'inductance, la tension ainsi recueillie dépasse cette valeur de tension de seuil et fasse basculer l'inverseur CMOS.

Pour déterminer la valeur r de cette résistance de détection, il y a lieu de tenir compte également de la valeur R de la résistance ohmique du fil conducteur constituant le bobinage. Si l'on désigne par V_D la tension d'alimentation et si l'on admet comme valeur de tension de seuil pour l'inverseur CMOS servant à la détection la valeur $1/2 V_D$, on peut établir l'équation suivante:

$$(1/2)V_D = r/(R + r) \cdot [1 - \text{Exp}\{-(R + r) \cdot t/L\}]V_D$$

Selon cette équation, si R vaut 3 kOhms, t 1 ms et L 40 Hy, r vaudra 29 kOhms, c'est-à-dire que tant que r restera inférieur à 29 kOhms, une impulsion rencontrant une inductance élevée ne risquera pas de faire basculer l'inverseur CMOS. Par ailleurs, en appliquant la même équation au cas de la courbe 22 de la fig. 7, et en considérant que, après un temps de saturation de 0,4 ms, le temps t est de 0,6 ms, on obtient, en conservant R à 3 kOhms et en admettant L à 5 Hy, une valeur r de 7,1 kOhms. Cela signifie que tant que la valeur de la résistance sera supérieure à 7,1 kOhms, une impulsion trouvant une impédance basse produira sur la résistance une chute de tension qui fera à coup sûr basculer l'inverseur CMOS. On voit ainsi qu'il est possible de réaliser la détection avec, en série sur le bobinage 7, une résistance de détection ayant une valeur située entre 7,1 kOhms et 29 kOhms, ce qui est facile à réaliser. On note que ce résultat calculé correspond avec les résultats obtenus lors d'essais pratiques.

On se rend donc compte que, en envoyant juste après l'instant où la rotation du rotor devrait avoir eu lieu, sur le bobinage en série avec la résistance de détection, une brève impulsion de détection ayant la même polarité que l'impulsion d'entraînement précédente, cette impulsion de détection trouvera une situation correspondant à la fig. 5 si la rotation n'a pas eu lieu et une situation correspondant à la fig. 6 si la rotation a eu lieu. Dans ce dernier cas, l'inductance sera élevée et la pointe de tension sur la résistance de détection sera insuffisante à faire basculer l'inverseur CMOS, tandis que si la rotation n'a pas eu lieu, la pointe de tension sera beaucoup plus forte, du fait de l'inductance plus faible, et

elle provoquera le basculement de l'inverseur CMOS. Ceci permet de comprendre aisément comment on peut détecter le fait que la rotation a bien eu lieu ou alors qu'elle n'a pas eu lieu malgré l'impulsion qui devrait l'avoir provoquée.

On a ainsi décrit un principe selon lequel peut se faire la détection de la rotation ou de la non rotation du rotor.

D'une façon générale, dans le cas où l'on utilise des moyens de commande automatiques de la puissance d'entraînement du moteur pas à pas, on peut avoir un circuit qui détecte des quantités analogiques à l'aide de tout moyen adéquat. Dans la forme d'exécution décrite ci-dessus, le système comprenant un inverseur CMOS recevant sur son entrée la chute de tension dans l'élément de résistance de détection susmentionné a donné de bons résultats. Il n'en reste pas moins vrai qu'il est difficile de maintenir les caractéristiques de détection d'un circuit analogique lorsque l'on modifie la tension de la source d'alimentation. De ce fait, lorsque la tension de cette source diminue, des erreurs des opérations de détection se présentent fréquemment et il est difficile de faire fonctionner les moyens de commande automatique de la puissance d'entraînement du moteur pas à pas d'une manière tout à fait stable. Plus spécialement, le système de correction de puissance d'entraînement qui vient d'être expliqué s'avère désavantageux à ce moment-là du fait qu'il provoque une augmentation de consommation par rapport à la consommation que l'on a avec le système classique des durées d'impulsions d'entraînement fixes, lorsqu'une diminution du couple mécanique fourni par le moteur pas à pas résulte d'une diminution de la tension d'alimentation et que le fonctionnement du dispositif de correction de puissance d'entraînement intervient fréquemment.

C'est la raison pour laquelle la présente invention propose un agencement dans lequel, lorsque la tension de la pile diminue, le fonctionnement des moyens de commande automatique de la puissance d'entraînement du moteur pas à pas est inhibé à l'aide d'un circuit de détection (ou de surveillance) de la tension de la batterie, circuit généralement utilisé, dans les montres électroniques les plus récentes, pour fournir une indication (une alarme) indiquant que la durée de vie de la pile touche à sa fin. Lorsque ces moyens de détection ont inhibé les moyens de commande automatique de la puissance d'entraînement, une impulsion de durée fixe adéquate est appliquée chaque seconde au moteur pas à pas.

La fig. 8 représente le schéma-bloc d'une montre électronique réalisant cette performance. Elle comprend un circuit oscillateur 10, un circuit diviseur de fréquence 11 et un circuit de combinaison d'impulsions 12, qui sont semblables aux circuits homologues d'une montre de type connu. Le circuit 30 d'entraînement du moteur pas à pas est connecté au bobinage 14 d'un moteur pas à pas, et, en même temps, ce circuit 30 est connecté à un circuit 32 détecteur de rotation. La sortie d'un circuit 31 de surveillance et/ou de détection de la tension de la pile est connectée au circuit d'entraînement 30 et au circuit de détection de rotation 32.

La fig. 9 représente la structure détaillée du circuit d'entraînement 30 et du circuit de détection de rotation 32. Le circuit de combinaison d'impulsions 12, qui produit des signaux ayant des impulsions de durée fixe adéquatement déterminées par des combinaisons de portes à partir de signaux prélevés sur le diviseur de fréquence, est une construction connue ou en tous les cas facile à imaginer, de sorte que ce circuit n'est pas représenté en détail à la fig. 9. On n'a de même pas représenté en détail le circuit 31 de détection de la tension de la pile, car un tel circuit n'est pas l'objet de la présente invention, et on se contentera par la suite d'expliquer

simplement sa fonction, sans entrer dans les détails de sa constitution.

Le circuit d'entraînement 30 comprend une portion d'entraînement comprenant un flip-flop de type D 33, une porte OU 34, des portes ET INVERSE 35a, 35b, et un inverseur de sortie formé de transistors MOSFET de type P et de type N 36a, 36b, 37a et 37b. Le circuit d'entraînement comprend également une portion de commande qui comprend un flip-flop de type RS 43 et une porte ET 44. Le circuit de détection de rotation 32 comprend une résistance 38, un transistor MOSFET de type N 39, un inverseur 40 et des inverseurs de détection 41, 42. Le circuit de commande selon la présente invention est constitué de portes ET 46, 47 et 48, et d'une porte OU 49.

L'entrée d'impulsions d'horloge C du flip-flop de type D 33 est connectée à la sortie de la porte OU 49, les sorties Q et $\bar{Q}$ de ce flip-flop étant connectées aux entrées de portes ET INVERSE 35a et 35b, l'entrée «DATA» D de ce flip-flop étant connectée à la sortie $\bar{Q}$ de ce même flip-flop. Les sources des transistors MOSFET de type P 36a et 37b sont connectées à la source d'alimentation positive V_{DD} .

La connexion de mise en position S du flip-flop de type RS 43 est reliée à la sortie de l'inverseur 42, la connexion de remise à zéro R de ce flip-flop est connectée au point d'entrée B, et la sortie Q de ce flip-flop est connectée à l'entrée d'une porte ET 44.

Le fonctionnement de cette partie de circuit d'entraînement va maintenant être expliqué. Puisque l'entrée D du flip-flop de type D 33 est connectée à la sortie $\bar{Q}$ de ce même flip-flop, les sorties Q et $\bar{Q}$ de ce flip-flop vont changer leur état chaque fois qu'une impulsion est appliquée à l'entrée d'impulsions d'horloge C. Pour cela, le signal E provenant de la sortie E de la porte OU 34 passe sur l'une ou l'autre des deux portes ET INVERSE 35a et 35b, d'une façon alternée, de sorte que, sur les deux connexions de bobinage 14, une tension est appliquée alternativement dans un sens et dans l'autre, de façon à provoquer chaque fois une rotation du rotor.

Le circuit de la fig. 9 fonctionne de la manière suivante:

Le circuit 31 de détection (ou de surveillance) de la tension de la pile détecte périodiquement la tension de cette pile. Tant que la valeur de tension mesurée est plus grande qu'une certaine valeur prédéterminée, l'état «0» de la sortie Q de ce circuit est maintenu, tandis que lorsque la valeur de la tension de pile détectée est plus faible que ladite valeur prédéterminée, la sortie Q de ce circuit 31 passe au niveau logique «1».

Les impulsions selon les courbes a, b, c et d de la fig. 10 sont appliquées respectivement aux points d'entrée A, B, C et D par le circuit 12 de combinaison d'impulsions. En fonctionnement normal, étant donné que la sortie Q du circuit 31 de détection de la tension de la pile est au niveau «0», des impulsions a et b peuvent passer par les portes ET 48 et 46, tandis que l'impulsion D est empêchée de passer à travers la porte ET 47. Ces diverses impulsions sont combinées par les portes OU 49 et 34, et il en résulte que le signal e_1 , représenté à la fig. 10, se trouve présent au point E. Puisque le signal d'entraînement doit changer de direction chaque seconde pour être appliqué sur les deux connexions du bobinage 11, on produit aux bornes du bobinage 14 à l'aide de la porte 34, du flip-flop 33, des portes 35a et 35b et des transistors 37a, 37b, 36a et 36b, une différence de tension qui se présente de la manière représentée par la courbe f_1 de la fig. 10.

En admettant maintenant que le rotor s'est mû d'un pas en condition normale par l'application de l'impulsion d'entraînement 50a au bobinage 14 (à ce moment le transistor

MOSFET de type P 39 est à l'état passant et l'élément de résistance 38 est court-circuité), on voit que la forme d'onde produite au point de détection G par l'impulsion de détection 51a (intervenant 31 ms après le début de l'impulsion d'entraînement) aura la forme d'onde à faible pente correspondant à la courbe 54 de la fig. 11, visible en 53a sur la courbe g_1 de la fig. 10, cette impulsion de tension étant, en vertu du principe de détection de rotation précédemment décrit, d'une amplitude faible qui ne lui permet en aucun cas d'atteindre le niveau de seuil de détection V_{th} (marqué à la fig. 10, courbe g_1). Ainsi le flip-flop de type RS 43 ne sera pas mis en position de travail, de sorte que l'impulsion c ne pourra pas passer à travers la porte ET 43. En conséquence, aucune impulsion de correction 52a ne sera produite.

Si par contre, pour quelques raisons, le rotor n'avait pas été mû en rotation par l'impulsion d'entraînement, ce qui est admis dans le cas de l'impulsion d'entraînement 50b (fig. 10), la forme d'onde produite au point de détection G lors de l'impulsion 51b sera une forme à flanc de montée rapide, correspondant à la courbe 55 de la fig. 11 et qui, comme on le voit en 53b sur la courbe g_1 de la fig. 10, dépassera le niveau de seuil de détection V_{th} , de sorte qu'un signal de détection sera produit. Le flip-flop RS 43 sera mis en position de travail par l'intermédiaire des inverseurs 41 et 42, et l'impulsion de correction C passera à travers la porte ET 44. En conséquence, une impulsion d'entraînement de correction 52b sera appliquée au bobinage, comme on le voit sur la courbe f_1 de la fig. 10.

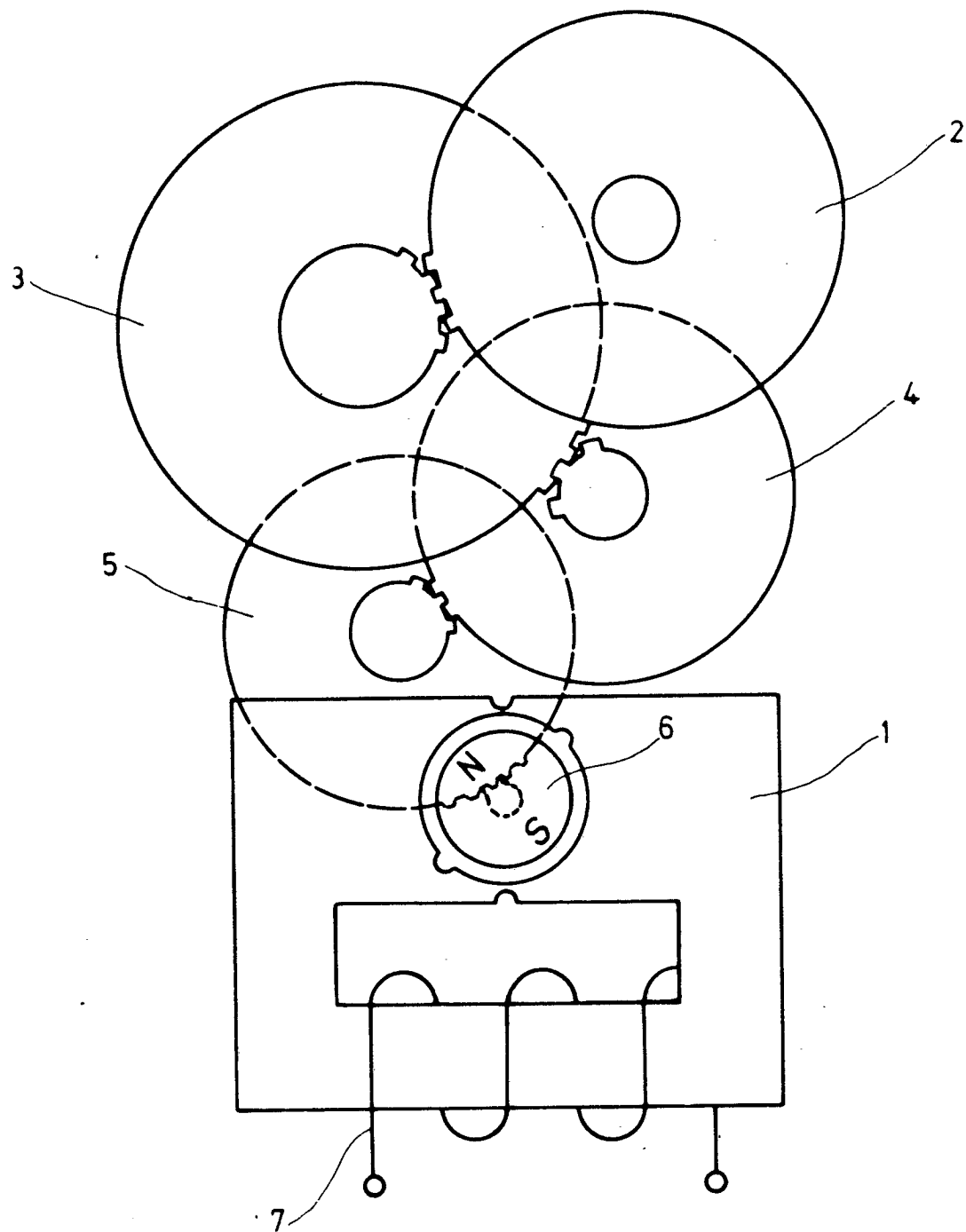
En admettant maintenant que la sortie Q du circuit 31 détecteur de la tension de pile passe au niveau «1» du fait d'une diminution de la tension de la pile, on voit que les portes ET 46 et 48 seront fermées et ne laisseront plus passer les impulsions a et b. Par contre, la porte ET 47 laissera passer l'impulsion d depuis le point d'entrée D. Le flip-flop RS 43, quant à lui, ne recevra que le signal de remise à zéro, le blocage de la porte 46 maintenant le transistor 39 à l'état passant et empêchant l'envoi d'une impulsion sur l'entrée S de ce flip-flop 43. Ainsi donc, ce dernier ne passera pas à son état de travail. D'autre part, l'impulsion c, provenant du point C, ne pourra plus passer à travers la porte ET 44. Ainsi donc, le signal sur le point E deviendra un signal portant une impulsion de durée fixe, comme cela est représenté par la courbe e_2 de la fig. 10. Les impulsions appliquées au bobinage 14 auront toutes une durée égale à celle des impulsions d, comme on le voit sur la courbe F_2 de la fig. 10. Ainsi, le moteur pas à pas sera durant les derniers temps de la durée de vie de la pile, entraîné par des impulsions de durée fixe adé- quatement choisies, semblablement à ce que l'on a dans des montres à moteur pas à pas de type classique. Cette manière de commander le moteur pas à pas en fin de vie de la pile consommera en définitive moins d'énergie que le maintien en vigueur des moyens de commande automatique de l'énergie d'entraînement du moteur dans le cas où ceux-ci, vu la faible tension de la pile, maintiendraient en quasi-permanence l'application des impulsions supplémentaires destinées normalement à permettre au moteur pas à pas de vaincre une résistance mécanique plus forte.

Ainsi se présentent les explications concernant le fonctionnement des circuits particuliers de la montre selon l'invention. On remarque qu'en utilisant des impulsions changeant périodiquement toutes les deux secondes, comme cela est montré en d' à la fig. 10, en lieu et place des impulsions appliquées au point d'entrée D, cette forme d'exécution peut être utilisée en tant que circuit fournissant une alarme relative au prochain épuisement de la pile.

Ainsi, conformément à la présente invention, il est possible de faire fonctionner un moteur pas à pas en condition stable au moment du quasi-épuisement de la pile, en effectuant un changement dans le circuit, et plus précisément en prévenant un gaspillage d'énergie dû au fonctionnement du système de commande automatique de la puissance d'en-

traînement du moteur pas à pas qui, sinon, risque à ce moment-là de provoquer une augmentation au moins partiellement superflue de la durée globale des impulsions d'entraînement. La disposition proposée par l'invention fournit
s donc un notable effet d'économie.

FIG. 1



10

FIG. 4

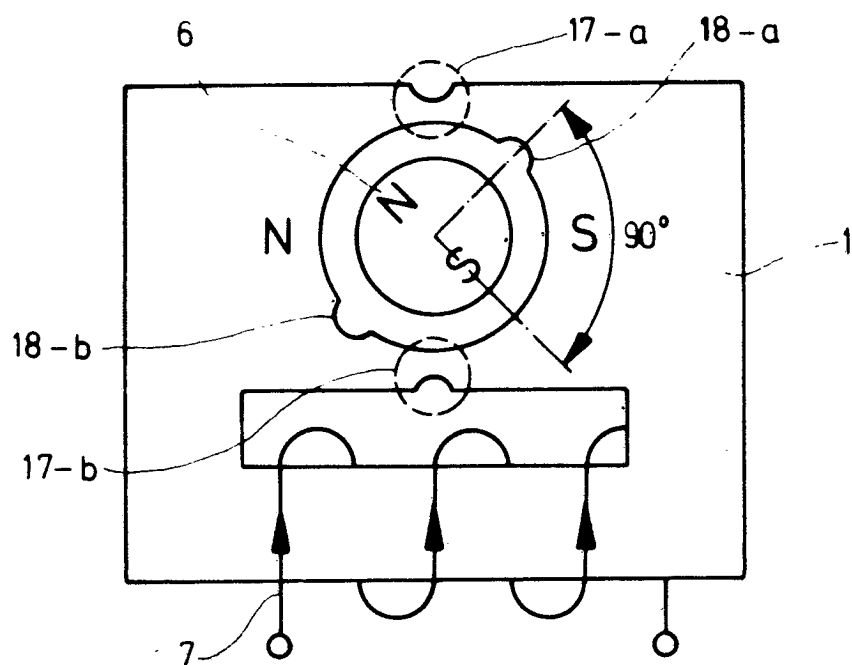


FIG. 5

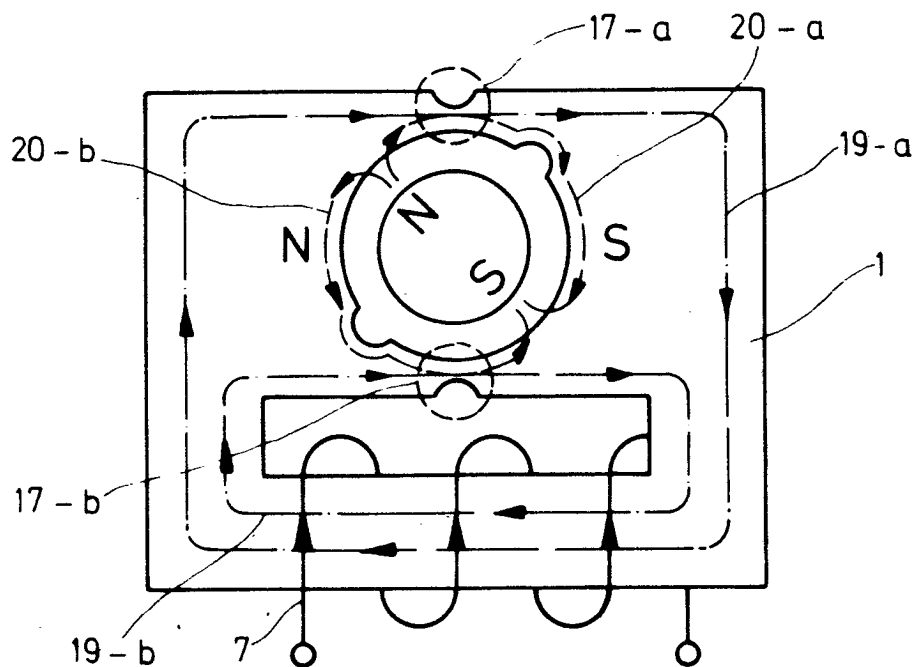


FIG. 6

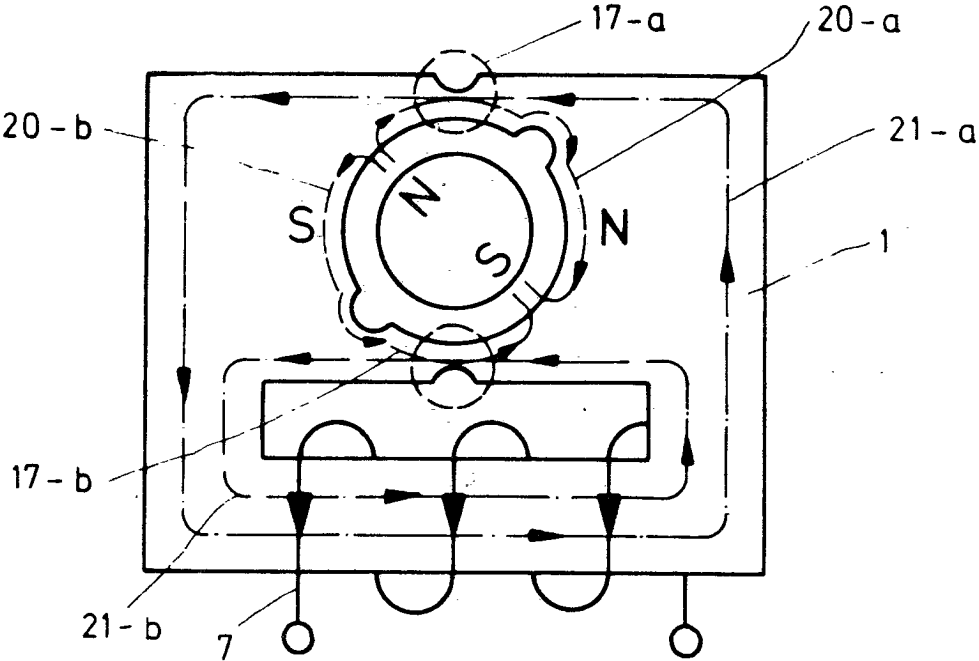


FIG. 7

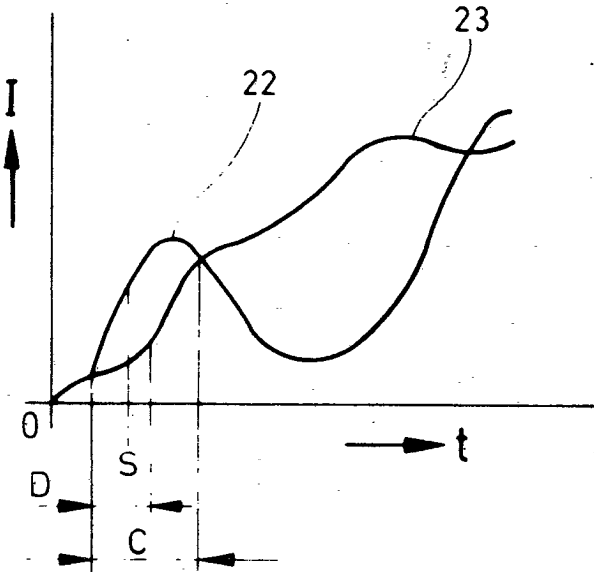


FIG. 8

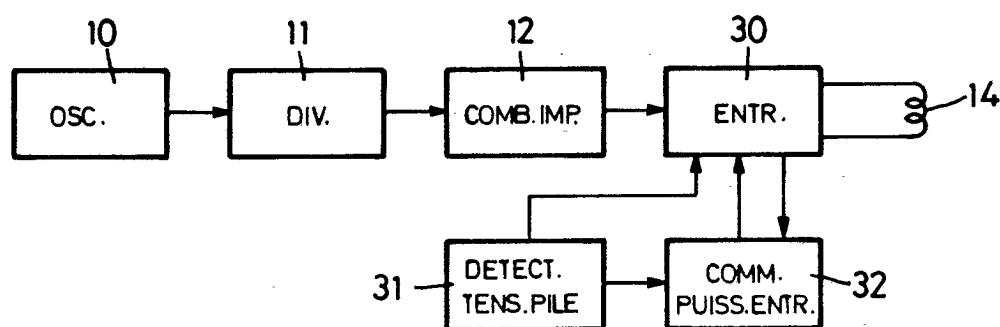


FIG. 9

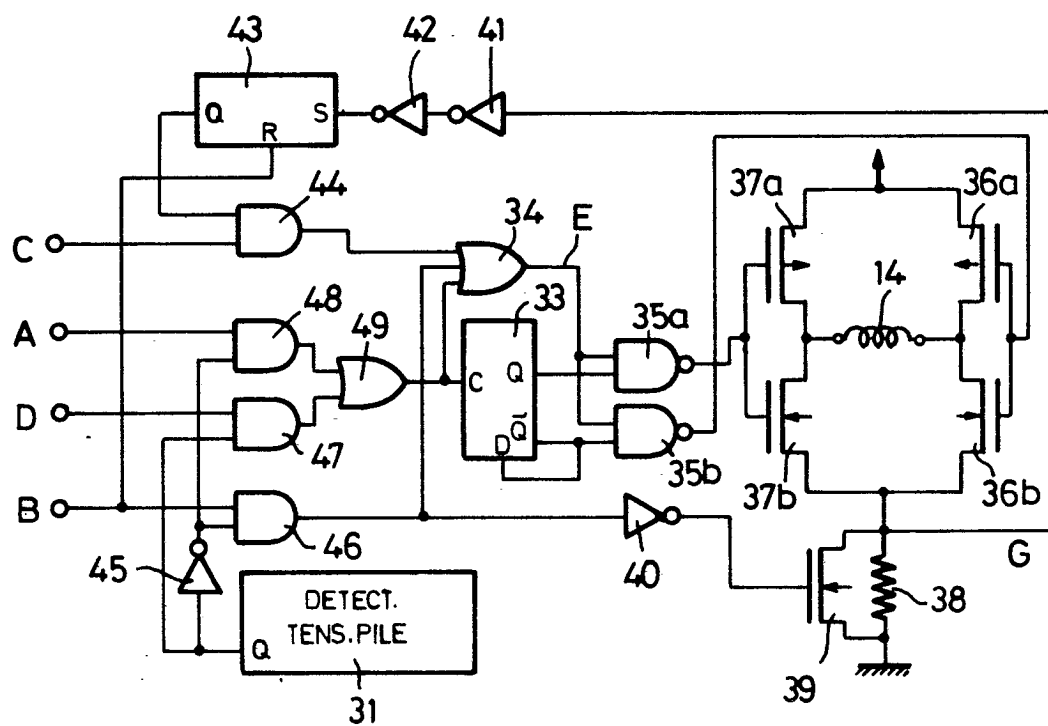


FIG. 10

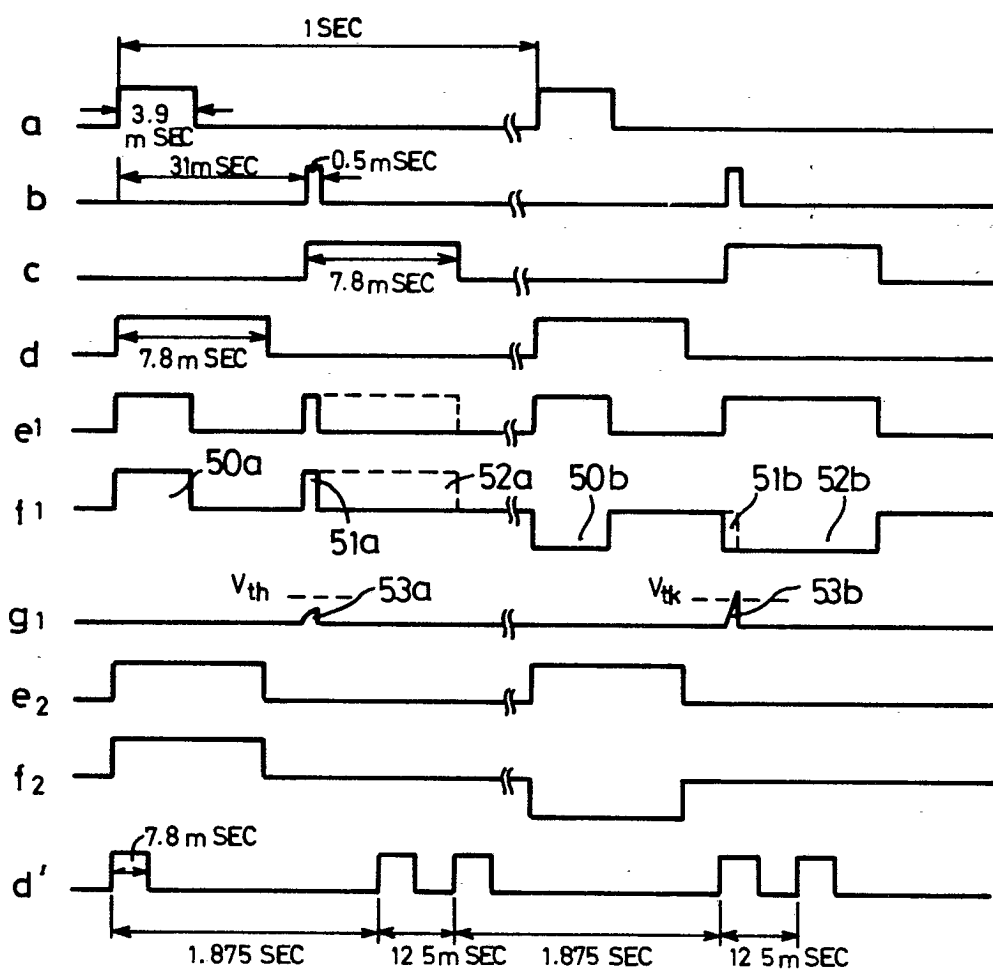


FIG. 11

