

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

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

2 461 400

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 14725

-
- (54) Circuit d'alimentation d'un moteur pas à pas pour montre électrique.
- (51) Classification internationale (Int. Cl. 3). H 02 P 8/00; G 04 C 3/14.
- (22) Date de dépôt..... 2 juillet 1980.
- (33) (32) (31) Priorité revendiquée : Japon, 13 juillet 1979, demande de brevet, n° 89008/79.

-
- (41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 5 du 30-1-1981.

-
- (71) Déposant : Société dite : KABUSHIKI KAISHA DAINI SEIKOSHA, résidant au Japon.

-
- (72) Invention de : Masaharu Shida, Makoto Ueda, Shuji Otawa, Masaaki Mandai et Katsuhiko
Sato.

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

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

La présente invention concerne une montre électronique à affichage analogique qui utilise un moteur pas à pas, et elle porte plus particulièrement sur un perfectionnement visant à maintenir constant le couple de sortie et la puissance consommée par un moteur pas à pas, même si la tension d'alimentation qui est fournie par une source d'énergie est supérieure à la tension optimale pour le moteur pas à pas, et même si la tension d'alimentation et la résistance interne de la source d'énergie varient.

10 On va considérer une montre électronique de type caractéristique utilisant un moteur pas à pas classique.

La figure 1 représente un schéma synoptique d'une montre électronique classique. Sur la figure 1, la référence 1 désigne un résonateur à cristal de quartz qui est branché 15 à un circuit oscillant 2 et qui oscille sous l'effet d'un signal à la fréquence de 32 768 Hz. Les signaux d'oscillation sont appliqués à un diviseur de fréquence 3 et sont divisés en signaux d'une seconde par une chaîne de bascules à 15 étages. Un circuit de mise en forme de signal, 4, 20 élabore ensuite les signaux sous forme d'impulsions qui sont nécessaires à l'attaque d'un moteur pas à pas 6. Un circuit d'attaque 5 fait circuler un courant dans le moteur pas à pas 6 en lui appliquant les impulsions d'attaque que produit le circuit de mise en forme de signal 4.

25 La figure 2A montre un schéma d'ensemble du moteur pas à pas, sur lequel la référence 11 désigne un stator, la référence 12 désigne un rotor et la référence 13 désigne une bobine. La constitution de ce moteur pas à pas est exactement celle du moteur pas à pas qui est utilisé dans les 30 modes de réalisation de l'invention.

La figure 2B montre un signal de tension qui est appliqué aux bornes de la bobine 13 par le circuit d'attaque 5, ce signal consistant en impulsions de sens alterné d'une période d'une seconde. La largeur des impulsions de sens 35 alterné est fixée à 6,8 ms.

Tous les circuits qui sont représentés sur la figure 1 sont réalisés dans un circuit intégré et l'énergie est fournie par une source d'énergie 7. Du fait que la source

d'énergie 7 est généralement une pile à l'argent qui présente une caractéristique de décharge constante de 1,5 V presque jusqu'à la fin de la durée de vie de la pile, les circuits et le moteur pas à pas fonctionnent de façon stable.

5 Ainsi, on peut facilement détecter la tension d'alimentation en ajoutant un dispositif d'affichage de fin de la durée de vie de la pile, qui détecte la tension de la pile à la fin de sa durée de vie, lorsque la tension d'alimentation est réduite, ceci étant permis par la plage de variation étroite

10 de la tension d'alimentation. Il n'est donc pas nécessaire de tenir compte de la variation de tension dans la conception du moteur pas à pas.

D'autre part, dans le cas où on utilise pour la source d'énergie une pile au peroxyde d'argent, du fait que

15 la tension de cette pile est de 1,8 V juste après sa fabrication, le fonctionnement du moteur pas à pas considéré ci-dessus est instable.

Dans le but de supprimer le défaut mentionné ci-dessus, on réduit la capacité de la pile de façon qu'elle

20 fournit dès le début une tension de 1,5 V, par un traitement de l'argent au cours du processus de fabrication de la pile au peroxyde d'argent. Cependant, on n'utilise pas au mieux la caractéristique de la pile au peroxyde d'argent, c'est-à-dire le fait que la capacité de la pile est élevée

25 compte tenu de son volume.

Une pile au lithium est remarquable en ce qui concerne sa fiabilité élevée et sa densité d'énergie élevée, mais sa caractéristique de décharge est extrêmement défavorable.

30 La figure 3A montre la caractéristique de décharge de la pile au lithium. Comme le montre la figure 3A, une tension initiale de 3 V tombe à 2,7 V au bout d'un temps déterminé et demeure ensuite à 2,7 V pendant une certaine durée, après quoi la tension diminue progressivement. Il est

35 extrêmement difficile d'attaquer de façon stable le moteur pas à pas classique avec la pile au lithium ayant les caractéristiques mentionnées ci-dessus. En outre, du fait que le courant et le couple de sortie sont également influencés par

la tension, il est difficile d'attaquer le moteur pas à pas dans la plage dans laquelle la tension est variable. De plus, dans le cas où on utilise le moteur pas à pas prévu pour 3 V avec la source d'énergie classique, il est nécessaire de bobiner la bobine avec du fil fin afin d'augmenter la résistance de la bobine, ce qui a pour effet d'augmenter le coût de fabrication.

La figure 3B montre la variation de la tension d'alimentation dans le cas où la pile à l'argent ou pile au peroxyde est utilisée en tant qu'accumulateur et est chargée par une pile solaire. Dans ce cas, la tension d'alimentation varie constamment entre 1,57 V et 1,8 V sous l'effet de la répétition de la charge et de la décharge. Du fait que le fonctionnement du moteur pas à pas devient instable, comme il a été indiqué précédemment, on doit mettre en oeuvre un procédé de commande qui est représenté par le schéma synoptique de la figure 4.

La figure 4 est un schéma synoptique qui, outre les éléments du schéma synoptique de la figure 1, fait apparaître un circuit de détection de tension d'alimentation et un circuit de commande qui fait varier la largeur d'impulsion d'attaque en fonction de la variation de tension, dans le but de raccourcir la largeur d'impulsion d'attaque dans le cas où la tension d'alimentation est élevée.

Les figures 5A, 5B, 5C et 5D montrent les caractéristiques du moteur pas à pas en fonction de la tension dans le cas où on fait varier la tension d'attaque. Les figures 5A, 5B, 5C et 5D représentent respectivement le courant moyen, le couple de sortie au niveau d'un ensemble roue centrale/pignon, le rendement et le courant de crête, en fonction de la tension.

Cependant, en ce qui concerne le procédé qu'on utilise pour faire varier la largeur de l'impulsion d'attaque du moteur pas à pas, il existe une région dans laquelle le fonctionnement du moteur pas à pas est instable sous l'effet de la combinaison de la largeur d'impulsion et d'une tension particulière, comme le montrent les figures 5A et 5B (cette tension est d'environ 2,3 à 2,7 V dans ce mode de

réalisation), et on ne peut pas obtenir le couple de sortie désiré dans cette plage de tension. Bien que le rendement augmente en même temps que la tension, comme le montre la figure 5C, le courant de crête augmente en même temps que la tension, comme le montre la figure 5D, ce qui impose des restrictions sur la conception de la source d'énergie et du circuit intégré. Le procédé d'attaque classique présente donc un certain nombre de défauts pour l'utilisation pratique.

10 L'invention a pour but d'offrir un procédé de commande d'alimentation qui permette un fonctionnement stable en supprimant les inconvénients des modes de réalisation classiques mentionnés précédemment.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la 15 description qui va suivre de modes de réalisation, et en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 est un schéma synoptique d'une montre électronique classique,

Les figures 2A et 2B représentent respectivement 20 une vue en perspective d'un mode de réalisation du moteur pas à pas et le signal de tension d'attaque,

La figure 3A représente la caractéristique de décharge de la pile au lithium,

La figure 3B représente la variation de la caractéristique de charge-décharge d'un accumulateur,

La figure 4 est un schéma synoptique de la montre électronique correspondant à l'invention,

Les figures 5A, 5B, 5C et 5D sont des diagrammes qui représentent les caractéristiques du moteur pas à pas en 30 fonction de la tension, conformément au procédé d'attaque classique,

La figure 6A représente les signaux de tension d'attaque qui correspondent à l'invention,

Les figures 6B, 6C, 6D, 6E et 6F représentent les 35 signaux de courant,

Les figures 7A, 7B, 7C et 7D sont des diagrammes qui représentent les caractéristiques du moteur pas à pas en fonction de la tension, conformément au procédé d'attaque de

l'invention,

Les figures 8A, 8B et 8C représentent des modes de réalisation du circuit de détection de tension,

Les figures 9A et 9B représentent un mode de réalisation du circuit de mise en forme de signal et le diagramme séquentiel correspondant, et

La figure 10 représente la structure du circuit de commande et du circuit d'attaque.

Bien que le schéma synoptique correspondant à 10 l'invention soit le même que le schéma synoptique classique, la structure détaillée du circuit de mise en forme de signal 4, du circuit de commande 8, etc, est différente de la structure détaillée correspondant à la figure 4.

On va tout d'abord considérer la figure 6A qui 15 représente une partie d'un signal de tension d'attaque correspondant à l'invention. En répétant ce signal, la largeur de l'impulsion d'attaque, considérée en totalité, est de 6,8 ms. Si l'impulsion d'attaque comporte certaines parties dans lesquelles la tension d'attaque est de 0 V, en prenant 20 comme unité une largeur d'impulsion de 0,12 ms, le rapport correspondant aux largeurs effectives d'impulsions d'attaque (rapports effectifs) varie en prenant les valeurs respectives 4/8, 5/8, 6/8, 7/8 et 8/8 de PD_1 à PD_5 .

Les figures 6B, 6C, 6D, 6E et 6F représentent 25 respectivement les signaux de courant dans le cas où le moteur pas à pas est attaqué par les signaux de tension d'attaque PD_1 , PD_2 , PD_3 , PD_4 et PD_5 , lorsque la tension d'alimentation est de 3,2 V, 2,7 V, 2,2 V, 1,8 V et 1,6 V.

Ces figures montrent que l'enveloppe des signaux de courant 30 demeure pratiquement constante dans tous les cas.

Les signaux de courant sont maintenus pratiquement constants pour les raisons suivantes. Les signaux de courant qui sont représentés sur les figures 6A, 6B, 6C, 6D, 6E et 6F montrent le courant que fait circuler la source 35 d'énergie, et on voit que la valeur du courant lorsque la tension d'attaque n'est pas appliquée est "0". Mais un courant continue à circuler dans la bobine du moteur pas à pas de façon atténuée, sous l'effet de l'inductance de la bobine

qui s'exerce dans la boucle fermée comprenant le circuit d'attaque. La propriété ci-dessus fait apparaître une valeur moyenne pour la puissance d'attaque qui est appliquée au rotor du moteur pas à pas. Ainsi, si une partie de l'impulsion 5 d'attaque est supprimée avec un rapport effectif approprié, dans le cas où la tension d'alimentation est élevée, on peut appliquer au rotor une puissance d'attaque égale à la puissance d'attaque qui est appliquée au rotor par l'impulsion d'attaque sans suppression, avec une tension d'alimentation 10 plus faible.

Dans le cas des figures 6B, 6C, 6D, 6E, et 6F, du fait qu'on choisit une condition telle que la valeur résultante de la multiplication de la tension d'alimentation par le rapport effectif de l'impulsion d'attaque soit pratiquement 15 constant, le mouvement du rotor est presque le même.

De ce fait, les signaux de courant sont presque les mêmes.

Les durées d'interruption des impulsions d'attaque sont déterminées par le degré de lissage nécessaire pour la puissance électrique d'attaque et la puissance d'attaque du 20 rotor. Plus les durées d'interruption de l'impulsion d'attaque sont courtes, plus la puissance électrique d'attaque et la puissance d'attaque du rotor tendent vers une valeur moyenne, compte tenu d'une constante de temps qui est pratiquement déterminée par l'inductance et la résistance de 25 la bobine.

On considérera ensuite les figures 7A, 7B, 7C et 7D qui montrent les caractéristiques du moteur pas à pas en fonction de la tension lorsque le moteur pas à pas est attaqué par les signaux de tension d'attaque ci-dessus. Les 30 figures 7A, 7B, 7C et 7D représentent respectivement le courant moyen, le couple de sortie au niveau de l'ensemble roue centrale/pignon, le rendement et le courant de crête du moteur pas à pas, en fonction de la tension. Ce procédé permet de faire fonctionner le moteur pas à pas de façon stable 35 sur une plage étendue de tension d'alimentation. Si les signaux de tension d'attaque allant de PD_1 à PD_5 sont remplacés par une tension optimale, l'énergie consommée, le couple de sortie et le rendement demeurent pratiquement à un

niveau constant. D'autre part, le courant de crête peut être pratiquement maintenu à une valeur constante, comme le montre la figure 7D.

On va maintenant décrire en détail chaque sous-ensemble de la montre électronique qui correspond à l'invention.

La figure 8A est un schéma électrique du circuit de détection de tension 9 et de la source d'énergie 7 correspondant à l'invention. La référence 33 désigne une pile, la référence 49 désigne une pile idéale qui produit une tension de pile V_B et la référence 48 désigne la résistance interne de la pile. Les bornes V_D , V_S sont les bornes du circuit intégré. Sur la figure 8A la partie autre que la pile 33 constitue le circuit de détection de tension qui est incorporé au circuit intégré.

Le circuit de détection de tension comprend trois sous-ensembles, à savoir un comparateur 30, un générateur de tension de référence 31 et un diviseur de tension 32. Le comparateur 30 compare les tensions d'une entrée I^+ et d'une entrée I^- et le signal de sortie du comparateur 30 est à l'état haut lorsqu'on a $I^+ > I^-$. L'inverseur 34 fait fonction de séparateur pour le comparateur et il inverse simultanément le signal de sortie du comparateur. Le signal de sortie du comparateur est V_{comp} .

De façon générale, du fait que le comparateur consomme de l'énergie lorsqu'il fonctionne, le transistor MOS de type N n'est conducteur que lorsque le signal Z_0 est à l'état haut.

On peut considérer que le générateur de tension de référence 31 est équivalent à une pile fournissant une tension V_0 . Du fait qu'un courant d'alimentation est également nécessaire pour produire la tension de référence, un interrupteur 37 est à l'état fermé et le générateur de tension de référence 31 fonctionne lorsque le signal Z_0 est à l'état haut.

Le générateur de tension de référence 31 est un élément qui a été réalisé dans l'art antérieur pour la détection de la fin de la durée de vie de la pile. On détecte

la fin de la durée de vie de la pile en utilisant la différence de tension de seuil entre une paire de transistors MOS de type N. La figure 8B montre un mode de réalisation du circuit de détection de tension.

5 Le transistor MOS de type N 91 a une tension de seuil V_{TN} . Les caractéristiques du transistor MOS de type N 90 sont définies par implantation ionique, pour qu'il définisse une tension de seuil V'_{TN} et la tension de sortie V_0 est donnée par $V_0 = V_{TN} - V'_{TN}$. Bien que les valeurs 10 absolues de V_{TN} et V'_{TN} varient en fonction de la densité d'impuretés du substrat, de la température, etc, on peut définir la valeur $V_{TN} - V'_{TN}$ par la dose d'implantation ionique au cours du processus de fabrication du circuit intégré. D'autre part, l'interrupteur 37 peut fonctionner 15 si le signal de commande Z_0 est appliqué tel quel sur la grille du transistor MOS de type N 91.

On va maintenant décrire le fonctionnement du diviseur de tension 32 de la source d'énergie.

Si la borne Z_1 est à l'état haut, le transistor 20 MOS de type N 44 est conducteur. Lorsque $R_B=0$ alors que la résistance à l'état conducteur du transistor MOS de type N 44 est égale à 0, on a : $V_M = V_B \cdot R_1 / (R_0 + R_1)$. Le comparateur 30 compare les tensions V_M et V_0 et détermine quelle est la plus élevée.

25 Dans le cas où la tension d'attaque varie, les équations suivantes permettent de déterminer les rapports des résistances R_0 , R_1 , R_2 , R_3 et R_4 , lorsque les tensions à déetecter sont de 2,8 V, 2,2 V, 1,9 V et 1,6 V.

$$V_{D1} = 2,8 = (1+R_0/R_1)V_0$$

$$30 \quad V_{D2} = 2,2 = \left\{ 1+R_0/(R_1+R_2) \right\} V_0$$

$$V_{D3} = 1,9 = \left\{ 1+R_0/(R_1+R_2+R_3) \right\} V_0$$

$$V_{D4} = 1,6 = \left\{ 1+R_0/(R_1+R_2+R_3+R_4) \right\} V_0$$

35 Dans les équations ci-dessus, on peut considérer que la valeur V_0 est constante, comme il a été mentionné précédemment, et on peut fixer les rapports de résistances de chaque équation par les rapports de longueurs des motifs

du circuit intégré. La caractéristique de température des tensions de détection V_{D1} à V_{D4} est donc excellente, et les rapports de résistances de chaque équation ne sont pas influencés par des paramètres du processus de fabrication du 5 circuit intégré, ce qui fait qu'on peut fixer correctement les valeurs V_D de chaque équation.

La figure 8C représente un autre mode de réalisation du diviseur de tension de la source d'énergie. Le diviseur de tension de la figure 8C est identique au diviseur de 10 tension de la figure 8A en ce qui concerne le fonctionnement, mais il en diffère en ce qui concerne le procédé de réglage de la résistance.

Les figures 9A et 9B représentent un mode de réalisation du circuit de mise en forme de signal 4 qui est 15 destiné à élaborer le signal nécessaire pour faire fonctionner le circuit de commande 8 et le circuit de détection 9 ; et un diagramme séquentiel relatif à ce circuit de mise en forme, conformément à un mode de réalisation de l'invention. Un circuit oscillateur 50 produit des signaux de référence 20 à 32 768 Hz en utilisant un résonateur à cristal de quartz comme source d'oscillation. Les signaux de référence sont successivement divisés par des bascules 51, 52, 53, 54 et 55. Les signaux divisés sont combinés par des portes 56, 57, 58, 59, 60, 61 et 62 pour produire les signaux nécessaires. 25 D'autre part, un signal d'une période d'une seconde ayant une largeur d'impulsion de 6,8 ms, qui est élaboré dans un autre circuit de mise en forme de signal, non représenté, est appliqué sur une borne d'entrée Z_D .

Les signaux qui sont élaborés dans le circuit de 30 mise en forme de signal 4 consistent en signaux d'horloge à quatre phases Z_1 , Z_2 , Z_3 et Z_4 , un signal à 8 kHz, Z_0 et un signal à 8 kHz, Z_R , avec un rapport cyclique de 1/3. Tous ces signaux sont masqués par des signaux Z_D ayant la largeur d'impulsion de 6,8 ms, avec une période d'une seconde, 35 et sont présentés en sortie.

La figure 10 représente un mode de réalisation du circuit de commande 8 et du circuit d'attaque 5. Une bascule de type RS 72 enregistre temporairement le signal de sortie

Vcomp du circuit de détection 9. Une bascule de type T 73 inverse alternativement ses signaux de sortie sous l'action des signaux Z_D qui sont appliqués à chaque seconde et elle applique alternativement aux inverseurs 77 et 78, par l'intermédiaire des portes NON-ET 75 et 76, les signaux de tension d'attaque que produit la porte OU 74, afin d'exciter une bobine 79 du moteur pas à pas.

On va maintenant considérer le fonctionnement global du dispositif de l'invention. Le signal de tension d'attaque à un point de connexion 69 est placé à l'état haut par les signaux d'attaque Z_0 pendant une durée T_1 qui est représentée sur la figure 9B et, simultanément, le signal Z_2 actionne la détection de tension. La bascule 72 a été restaurée précédemment par le signal Z_R . Du fait que le signal Vcomp est à l'état haut lorsque la tension d'alimentation est supérieure à 2,2 V, la bascule 72 est positionnée. De ce fait, le signal de tension d'attaque est à l'état bas lorsque la tension d'alimentation est supérieure à 2,2 V et il est à l'état haut lorsque la tension d'alimentation est inférieure à 2,2 V, pendant une durée T_2 . De façon similaire, les signaux d'attaque Z_0 sont produits pendant les durées T_3 , T_5 et T_7 et la tension d'alimentation est détectée de la même manière. Le signal de tension d'attaque pendant les durées suivantes est à l'état bas lorsque les tensions d'alimentation sont supérieures à 1,9 V, 2,8 V et 1,6 V et il est à l'état haut lorsqu'elles sont inférieures à 1,9 V, 2,8 V et 1,6 V. De ce fait, les signaux de tension d'attaque qui correspondent aux tensions d'alimentation supérieures à 2,8 V, 2,2 V, 1,9 V et 1,6 V et inférieures à 1,6 V se présentent de la manière qui est indiquée par les signaux PD_1 , PD_2 , PD_3 , PD_4 et PD_5 d'une durée de 0,98 ms sur la figure 6A. L'impulsion d'attaque de sortie de 6,8 ms est obtenue en répétant sept fois l'opération indiquée ci-dessus.

Grâce à l'invention, un moteur pas à pas alimenté par une pile de 1,5 V peut fonctionner avec un couple de sortie constant, une consommation constante et un rendement constant sur une plage de fonctionnement plusieurs fois supé-

rieure à celle qui correspond à la configuration classique. Bien que les rapports effectifs des tensions d'attaque, rapportés à la largeur d'impulsion globale varient en prenant les valeurs 4/8, 5/8, 6/8, 7/8 et 8/8 du fait de la détection 5 des tensions d'attaque à quatre niveaux dans ce mode de réalisation, on peut faire fonctionner le moteur pas à pas dans des conditions constantes sous des tensions plus élevées en faisant varier les rapports effectifs en prenant les valeurs 1/8, 2/8, 3/8... D'autre part, bien qu'on ait 10 représenté le cas d'un moteur pas à pas classique pour une pile de 1,5 V alimenté avec une pile de 3 V, comme une pile au lithium, on peut réduire les niveaux de tension de détection et les valeurs des rapports effectifs des signaux de tension d'attaque, du fait que la plage de variation de 15 la tension de la pile classique à l'oxyde d'argent est de 0,2 à 0,3 V. Le mode de réalisation considéré est donc avantageux dans la mesure où le moteur pas à pas est attaqué de façon à fonctionner automatiquement avec un couple de sortie constant et un rendement constant, conformément aux tensions 20 variables de la pile, grâce à la combinaison optimale de la valeur de réglage des niveaux de détection de tension et des rapports effectifs de l'impulsion d'attaque.

En outre, l'invention est efficace lorsque les conditions d'attaque varient sous l'effet d'une augmentation 25 de la résistance interne de la pile, du fait qu'on détecte les niveaux de tension du moteur pas à pas qui est attaqué. En effet, la circulation du courant qui est nécessaire à l'attaque du moteur pas à pas fait apparaître une chute de tension qui est égale au produit de la valeur du courant par 30 la résistance interne de la pile, et une augmentation de la chute de tension donne lieu à un rapport effectif élevé tandis qu'une diminution de la chute de tension donne lieu à un rapport effectif faible. Ainsi, la puissance d'attaque du moteur est constante, indépendamment de la résistance 35 interne. De ce fait, on réduit la diminution du couple à basse température, ce qui est la condition la plus défavorable pour la montre, et on peut concevoir la montre de façon à réduire la puissance d'attaque. Ainsi, le couple à la tem-

pérature ambiante est également réduit et le courant est réduit simultanément.

Du fait qu'on peut attaquer le moteur dans des conditions constantes malgré la variation de la résistance interne de la pile, l'application de l'invention à un moteur pas à pas attaqué par une pile à l'argent de 1,5 V permet de réaliser une montre capable de supporter une température basse.

Conformément à l'invention, l'opération de détection de tension et l'opération de commande de la tension d'attaque à 4 niveaux sont effectuées avec une période de 0,98 ms. L'impulsion d'attaque de 6,8 ms contient sept cycles de l'opération de détection de tension et de l'opération de commande de la tension d'attaque.

La durée d'interruption du signal de tension d'attaque, soit 0,12 ms, est très courte en comparaison de l'impulsion d'attaque totale de 6,8 ms. Cette durée d'interruption est déterminée par la constante de temps qui est définie par l'inductance de la bobine et sa résistance en courant continu. En interrompant le signal de tension d'attaque pendant une durée plus courte que la constante de temps, on évite l'annulation du courant dans la bobine pendant la durée d'interruption. De ce fait, on obtient l'effet qui a été mentionné précédemment.

Bien que dans ce mode de réalisation on compare la tension de détection et la tension de référence dans l'ordre 2,2 V → 1,9 V → 2,8 V → 1,6 V, il faut noter qu'on peut changer librement cet ordre. De plus, bien que le moteur pas à pas correspondant à l'invention soit du type bipolaire à stator en une seule pièce, qu'on utilise dans les montres électroniques, on peut appliquer l'invention à n'importe quels moteurs pas à pas, comme un moteur pas à pas multipo laire, un moteur pas à pas à une seule face, un moteur pas à pas du type à stator en deux pièces et un moteur pas à pas pour horloges.

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

REVENDICATIONS

1. Montre électronique comprenant : une source d'énergie, un circuit oscillateur à cristal de quartz, un circuit diviseur qui convertit un signal de sortie du circuit oscillateur à cristal de quartz en un signal prédéterminé, un circuit de mise en forme de signal qui reçoit plusieurs signaux de sortie qui sont produits par le circuit diviseur et qui produit plusieurs signaux de commande, un circuit de commande qui reçoit les signaux de commande qui proviennent du circuit de mise en forme de signal et qui commande un circuit d'attaque, et un moteur pas à pas connecté au circuit d'attaque, caractérisée en ce qu'un signal d'attaque comprend un signal qui est appliqué à la bobine du moteur pas à pas et un signal qui a pour action de connecter une borne de la bobine à l'autre borne.

2. Montre électronique selon la revendication 1, caractérisée en ce que la source d'énergie est une pile au lithium.

3. Montre électronique selon la revendication 1, caractérisée en ce que la source d'énergie est équipée d'un dispositif de charge.

4. Montre électronique selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre un circuit de détection qui est connecté à la source d'énergie, grâce à quoi un signal normal ou un signal intermittent est appliqué sélectivement en fonction des variations de la tension d'alimentation que fournit la source d'énergie.

5. Montre électronique selon la revendication 1, caractérisée en ce que la durée pendant laquelle une borne de la bobine est connectée à l'autre borne de la bobine par l'action d'un signal intermittent est inférieure à la constante de temps qui est définie par l'inductance et la résistance de la bobine.

6. Montre électronique selon la revendication 1, caractérisée en ce que le circuit de détection est réalisé de façon à détecter la tension d'alimentation que fournit la source d'énergie pendant que la bobine du moteur pas à

pas reçoit une tension d'attaque.

7. Montre électronique selon la revendication 4, caractérisée en ce que le rapport effectif du signal intermittent (c'est-à-dire le rapport entre la durée pendant 5 laquelle la tension est appliquée à la bobine et la largeur d'impulsion d'attaque correspondant à un pas) est fixé sélectivement en fonction de la valeur de la tension de la source d'énergie.

8. Montre électronique selon la revendication 6, 10 caractérisée en ce qu'une opération de détection de la tension d'alimentation et une opération d'élaboration et d'application d'un signal de tension d'attaque sont déclenchées respectivement plus de deux fois pour chaque impulsion d'attaque.

15 9. Montre électronique selon la revendication 7, caractérisée en ce que les rapports effectifs varient dans la plage de 1 à 0,1.

PL.1/7

FIG.1

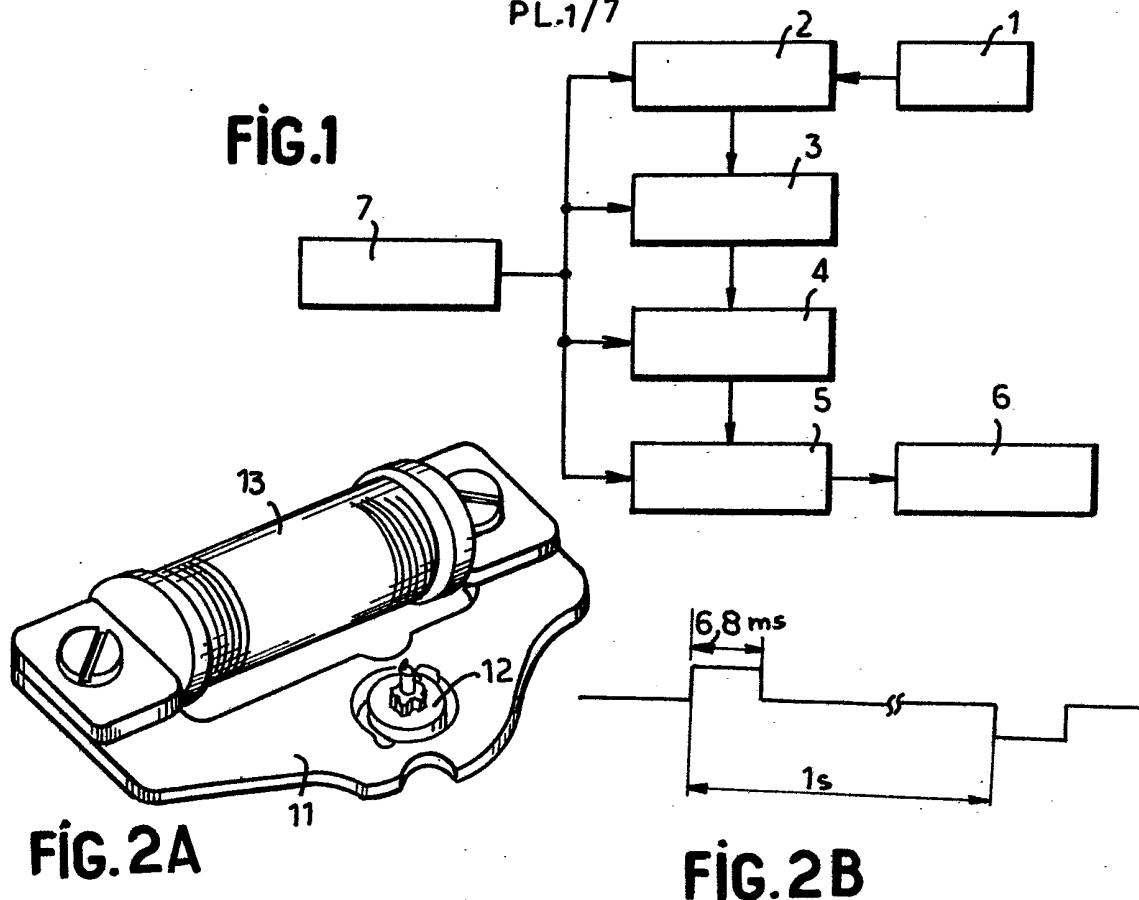


FIG.2A

FIG.2B

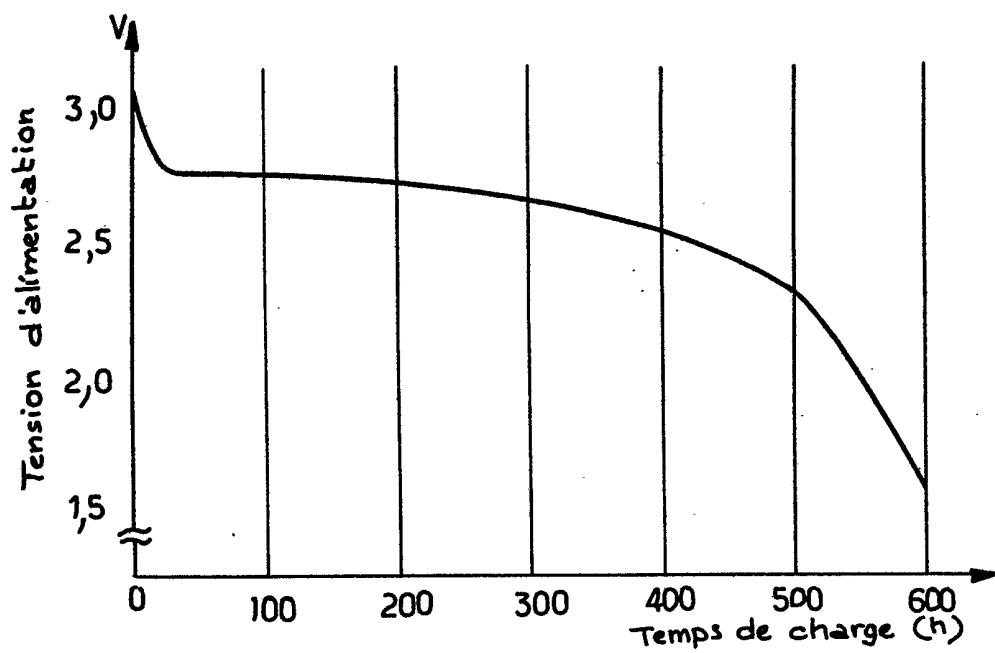


FIG.3A

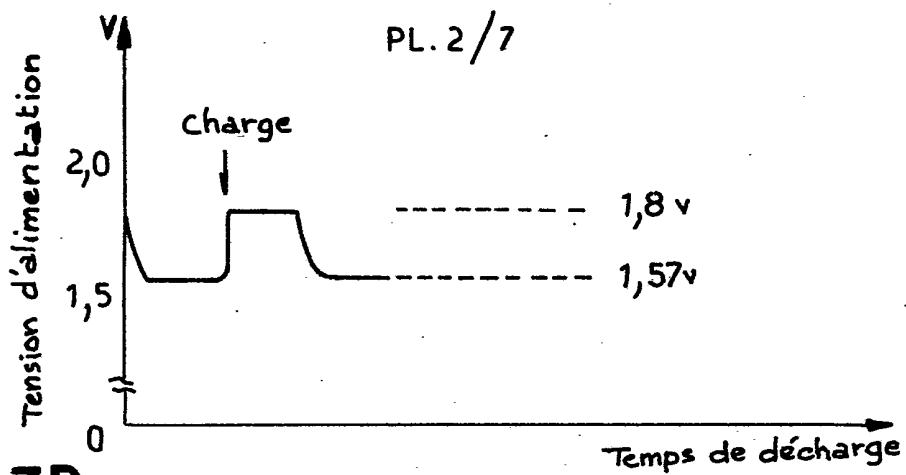


FIG.3B

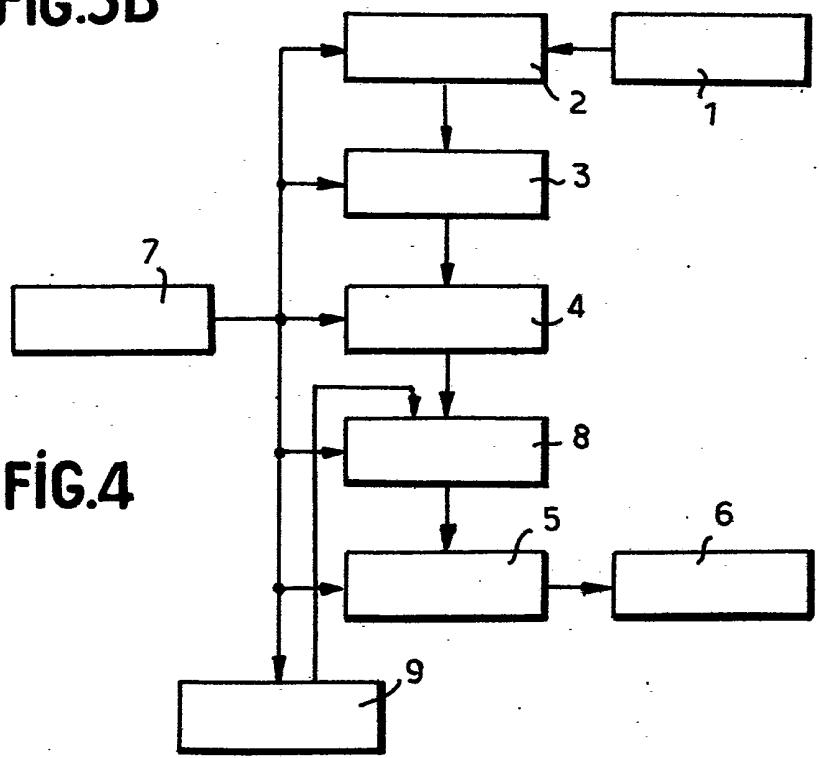


FIG.4

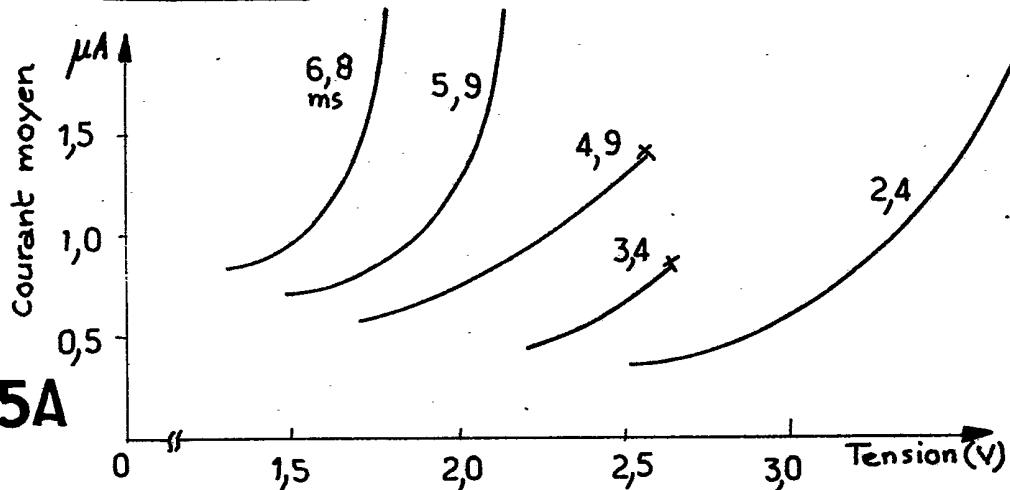


FIG.5A

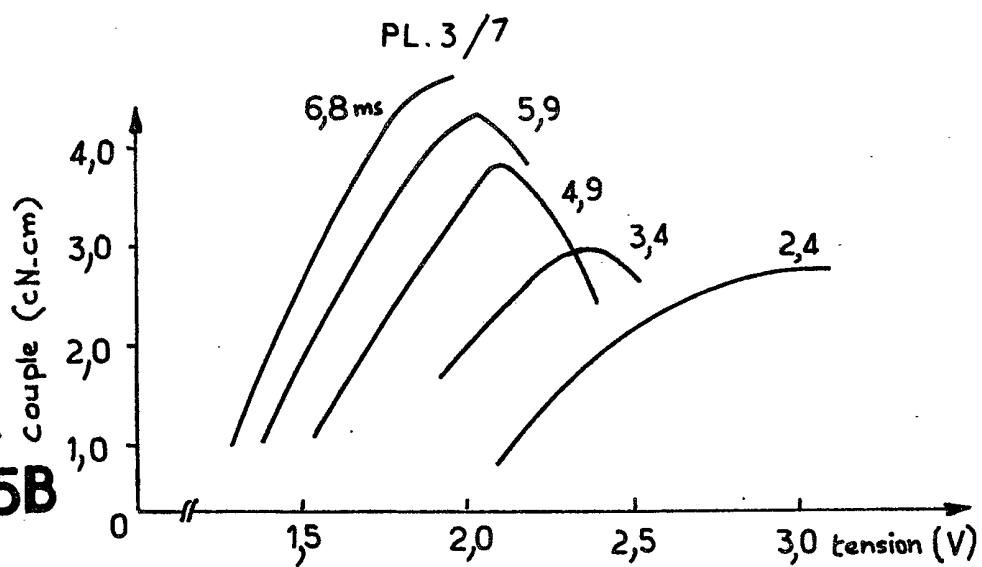


FIG.5B

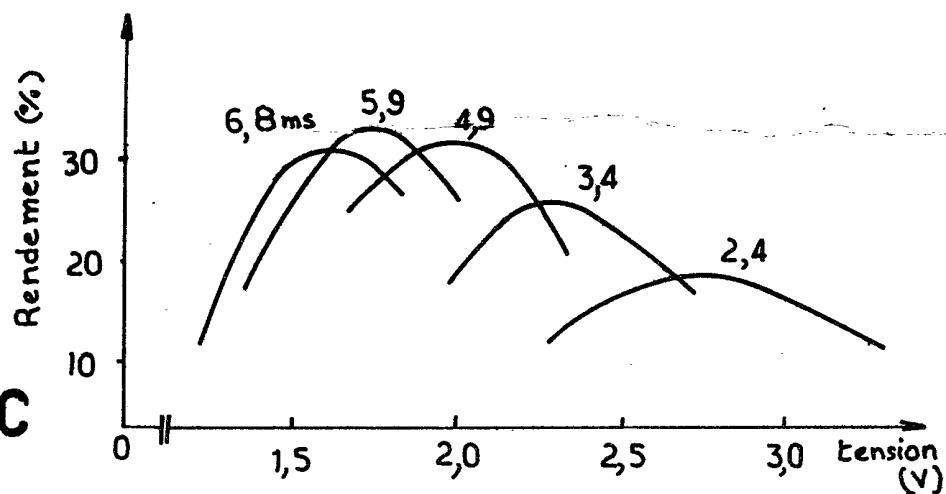


FIG.5C

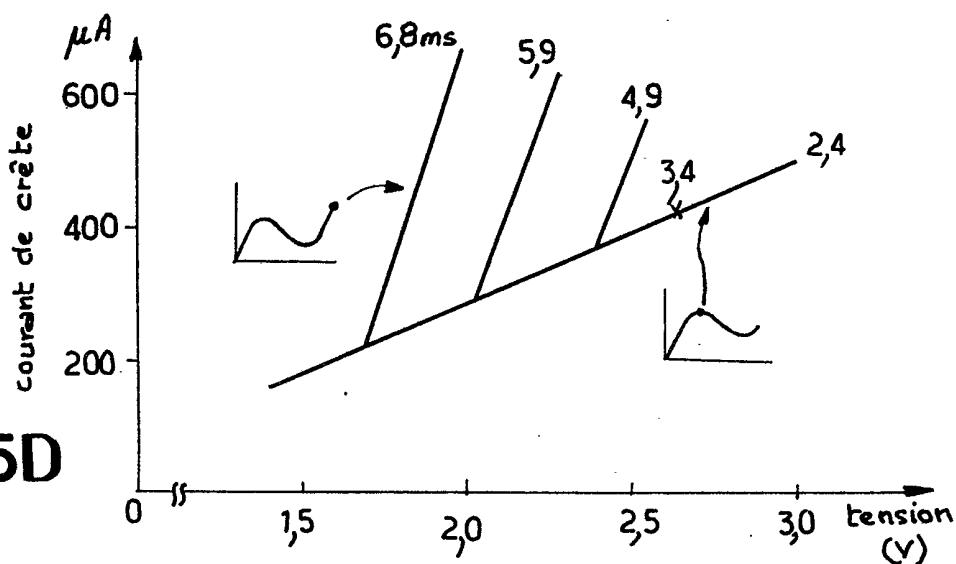
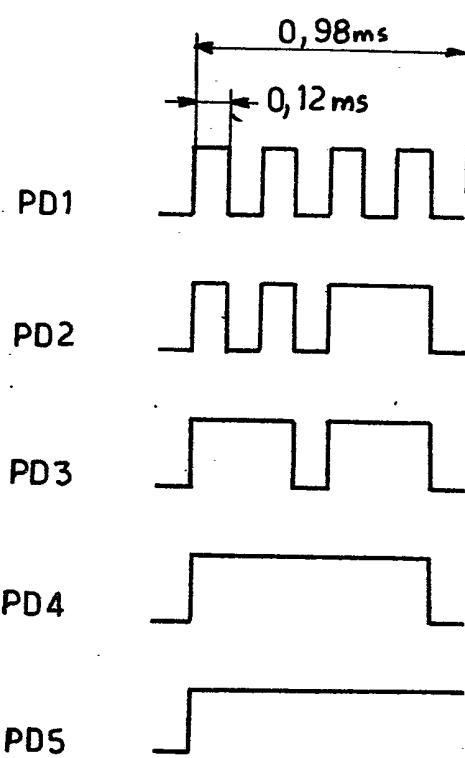
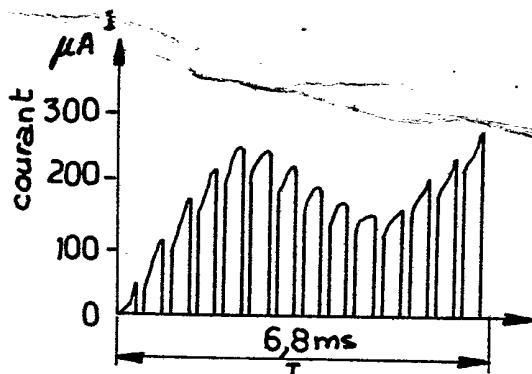
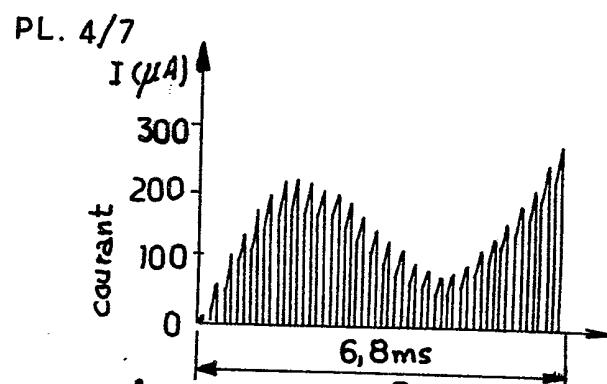
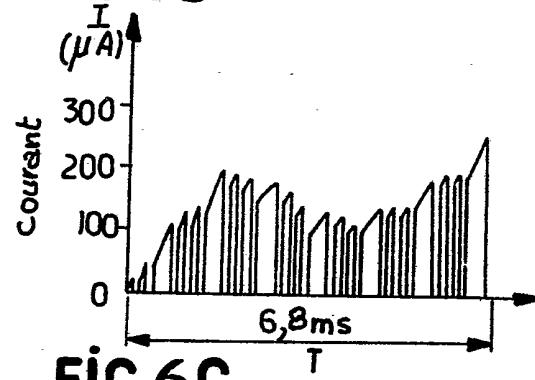
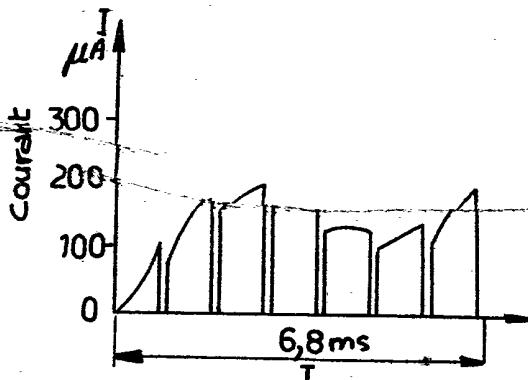
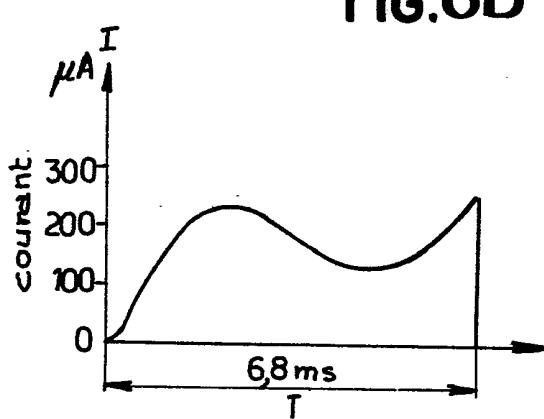


FIG.5D

**FIG.6A****FIG.6D****FIG.6B****FIG.6C****FIG.6E****FIG.6F**

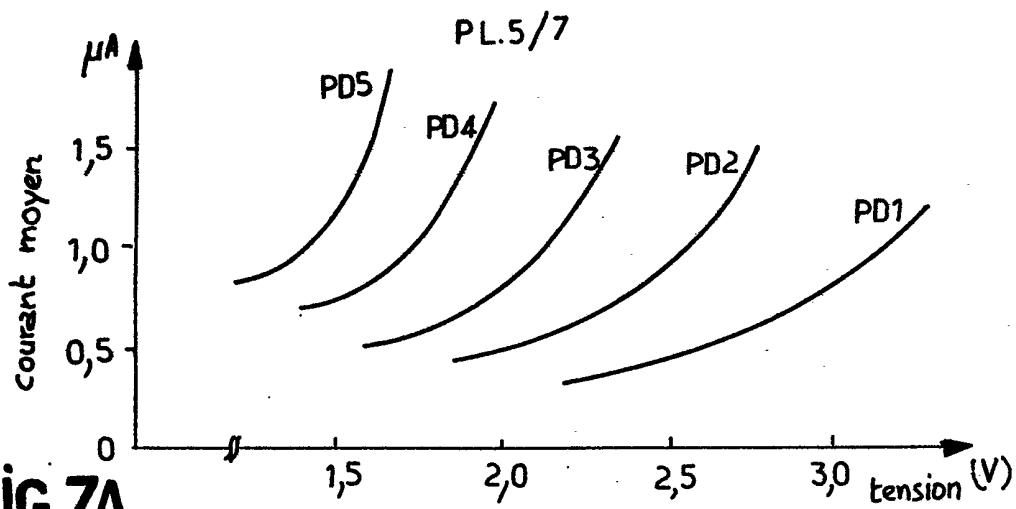


FIG.7A

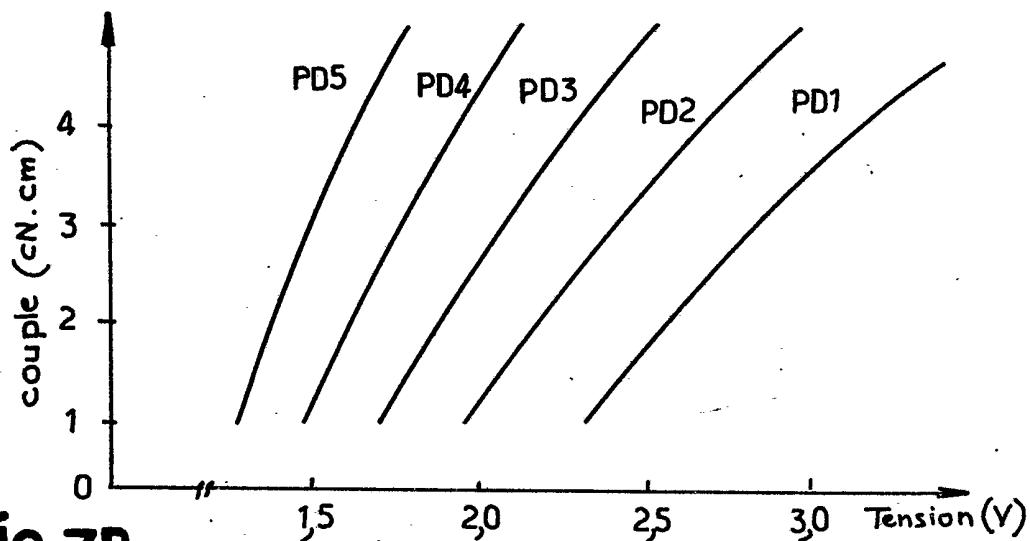


FIG.7B

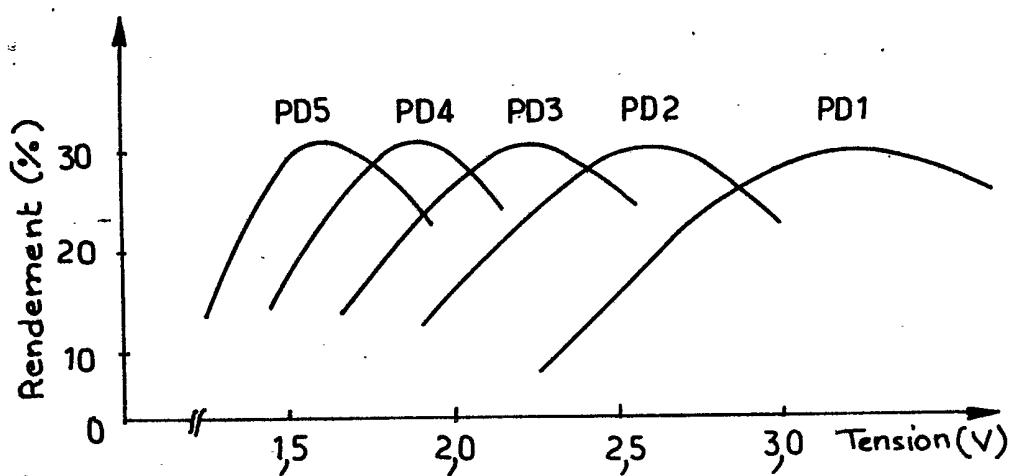


FIG.7C

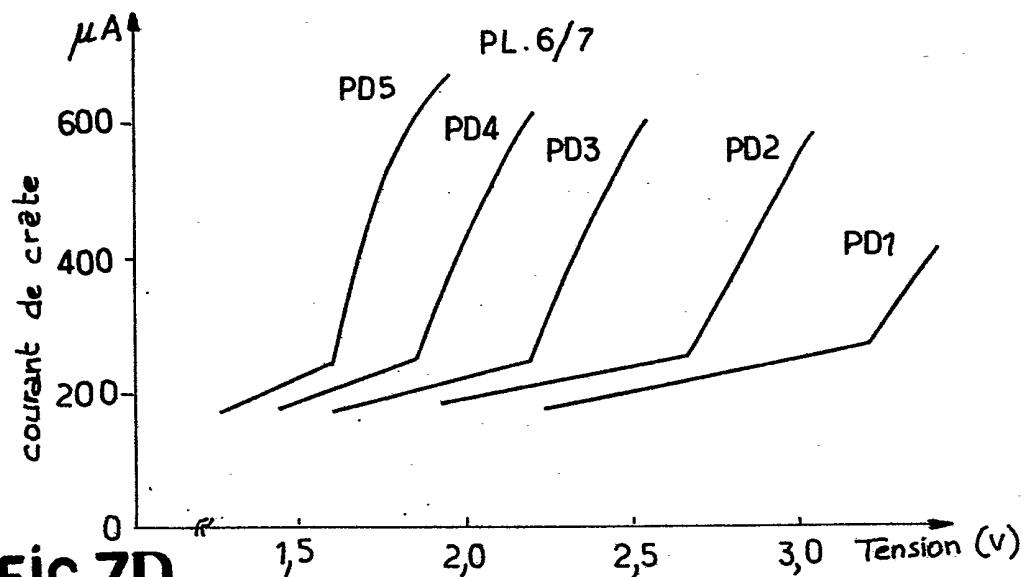


FIG.7D

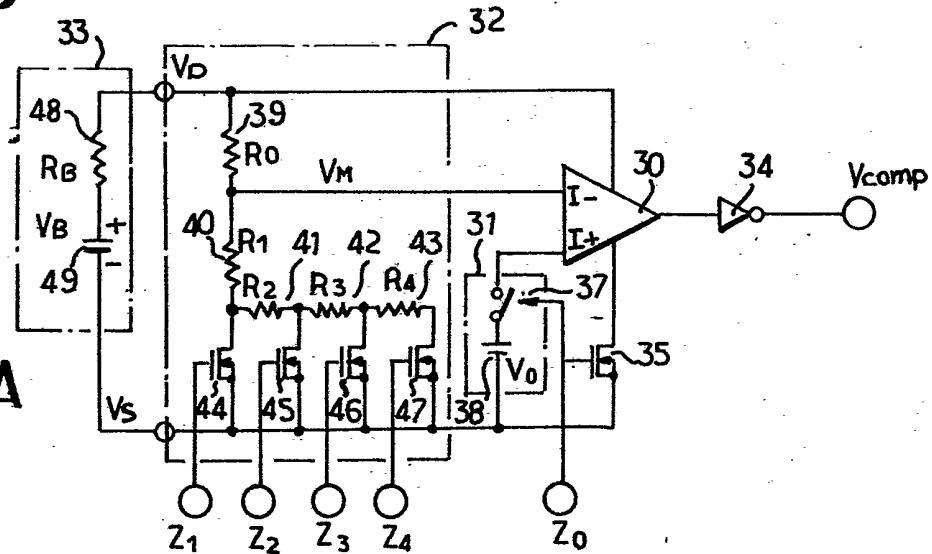


FIG.8A

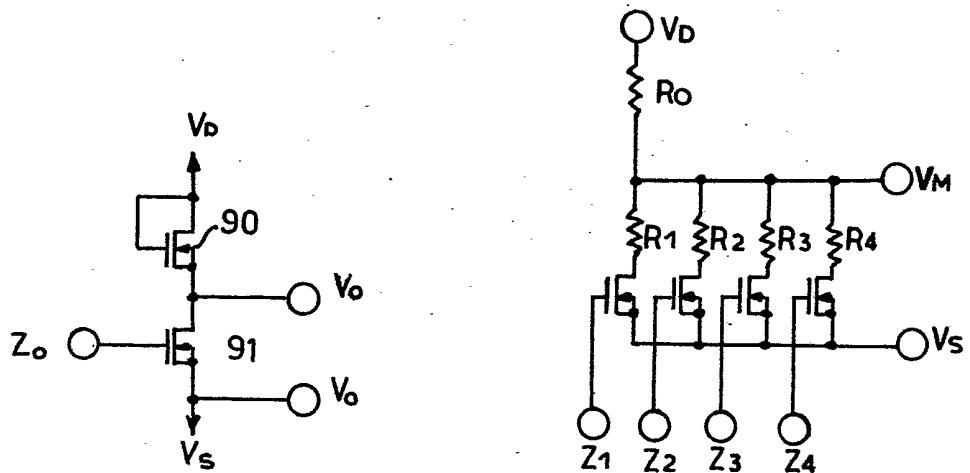


FIG.8B

FIG.8C

FIG.9A

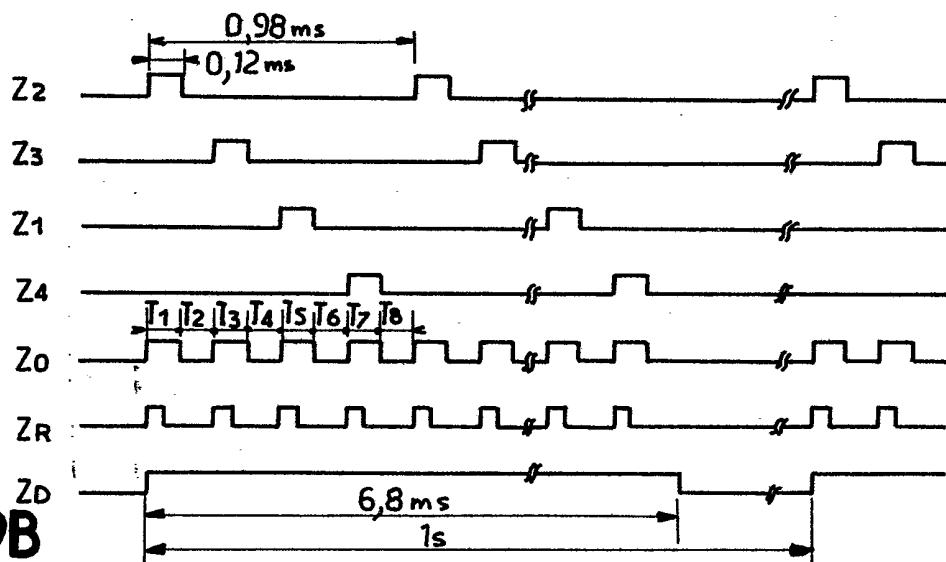
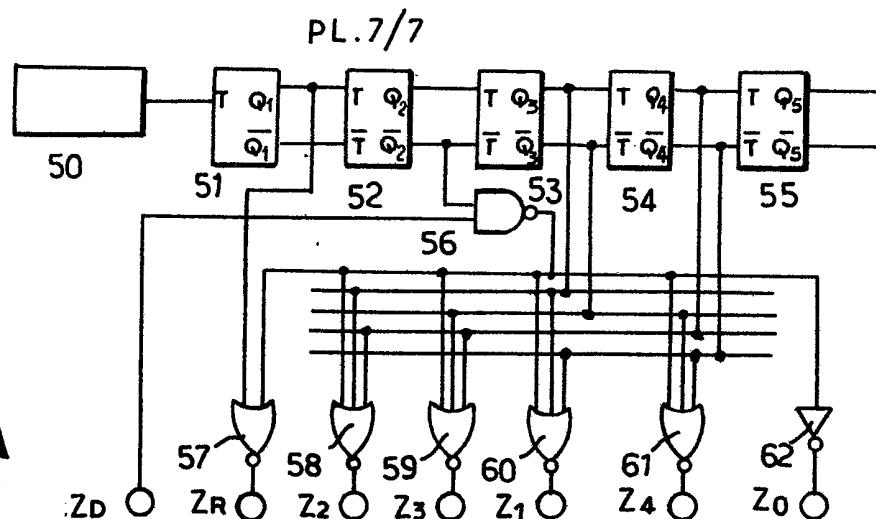


FIG.9B

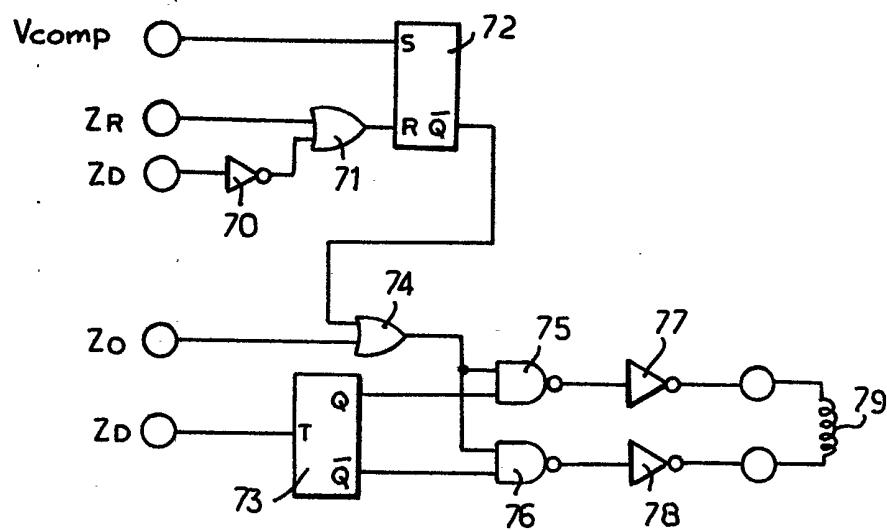


FIG.10