



⑫ FASCICULE DE LA DEMANDE A3

⑪

616 045 G

②① Numéro de la demande: 6715/78

⑦① Requérent(s):
Ebauches S.A., Neuchâtel

②② Date de dépôt: 20.06.1978

⑦② Inventeur(s):
René Besson, Neuchâtel
Igor Scherrer, Colombier

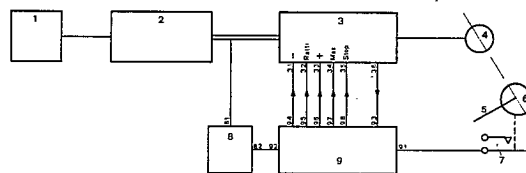
④② Demande publiée le: 14.03.1980

④④ Fascicule de la demande
publié le: 14.03.1980

⑤⑥ Rapport de recherche au verso

⑤④ Procédé pour réduire la consommation d'une pièce d'horlogerie électronique et pièce d'horlogerie électronique mettant en oeuvre ce procédé.

⑤⑦ La pièce d'horlogerie électronique est équipée d'un moteur (4) entraînant un organe d'affichage (5). Le circuit d'alimentation (3) du moteur et son circuit de commande (9) diminuent périodiquement l'énergie fournie au moteur en réponse à un signal de référence (8.2). L'énergie fournie ensuite au moteur est réglée en fonction de la présence ou de l'absence d'un signal délivré par un moyen de détection (7) actionné par l'organe d'affichage.





RAPPORT DE RECHERCHE RECHERCHENBERICHT

Demande de brevet No :
Patentgesuch Nr

CH 6715/78

I.L.B. Nr.:

HO 13 252

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.
	US - A - 3 855 781 (H. CHIHARA et al.) * colonne 1, lignes 6 à 43 *	1,4
A	US - A - 3 812 670 (A. NIKAIDO et al.) * abstract *	1
A	DE - A - 2 745 052 (K.K. SUWA SEIKOSHA) * page 3, ligne 1 à page 5, ligne 9 *	1
A	FR - A - 2 200 675 (SOCIETE DE RECHER- CHES EN MATIERE DE MICROMOTEURS ELECTRIQUES) * page 6, revendication 1; figures 1,2 *	1
A	DE - A - 2 125 224 (FORSCHUNGSGESELL- SCHAFT FUER UHREN- UND FEINGERAETE- TECHNIK e.v.) * page 8, ligne 10 à page 12, ligne 19 *	1

Domaines techniques recherchés
Recherchierte Sachgebiete
(INT. CL.²)

G 04 C 17/00
G 04 C 3/00

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

Etendue de la recherche/Umfang der Recherche

Revendications ayant fait l'objet de recherches
Recherchierte Patentansprüche:

Revendications n'ayant pas fait l'objet de recherches
Nicht recherchierte Patentansprüche:

Raison:
Grund:

Date d'achèvement de la recherche/Abschlussdatum der Recherche

Examinateur I.I.B./I.I.B. Prüfer

28 février 1979

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour réduire la consommation d'énergie électrique d'une pièce d'horlogerie électronique dans laquelle un moteur alimenté en énergie électrique fournit de l'énergie mécanique pour entraîner un organe d'affichage des informations horaires, caractérisé en ce qu'il comporte:
 - la mise en évidence, au moins périodique, d'une erreur de position éventuelle dudit organe d'affichage, et
 - l'ajustement en conséquence de l'énergie électrique alimentant le moteur pour la rapprocher de l'énergie électrique correspondant à l'énergie mécanique minimale requise pour que ladite erreur reste ou redevienne sensiblement nulle.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte, en outre, la réduction, au moins périodique, de l'énergie électrique d'alimentation d'une quantité déterminée.
3. Procédé selon la revendication 2, applicable à une pièce d'horlogerie munie d'un moteur pas à pas alimenté en énergie électrique par des impulsions motrices, caractérisé en ce que:
 - l'énergie desdites impulsions motrices est réglable par pas,
 - ladite réduction est opérée en diminuant d'au moins un pas ladite énergie des impulsions motrices, et
 - ladite mise en évidence est effectuée par comparaison des instants d'occurrence d'un signal de référence et d'un signal représentant le passage de l'organe d'affichage à une position de consigne.
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'énergie des impulsions motrices est réglée par une action sur la durée desdites impulsions.
5. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'énergie des impulsions motrices est réglée par une action sur l'amplitude desdites impulsions.
6. Pièce d'horlogerie électronique pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1, comportant un moteur entraînant un organe d'affichage des informations horaires, un oscillateur utilisé comme base de temps, un diviseur de fréquence couplé audit oscillateur, et un circuit d'alimentation couplé audit diviseur et délivrant de l'énergie électrique audit moteur, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre des moyens de commande dudit circuit d'alimentation, comprenant des moyens de contrôle pour mettre en évidence, au moins périodiquement, une erreur de position éventuelle dudit organe d'affichage, pour rapprocher ladite énergie électrique de celle qui correspond à l'énergie mécanique minimale requise pour que ladite erreur soit nulle.
7. Pièce d'horlogerie électronique selon la revendication 6, caractérisée en ce que lesdits moyens de contrôle comportent:
 - des moyens de détection couplés audit organe d'affichage pour délivrer un signal lorsque ledit organe d'affichage se trouve dans une position de consigne,
 - des moyens de référence couplés audit diviseur de fréquence pour délivrer un signal périodique de référence, et
 - des moyens de comparaison entre ledit signal de détection et ledit signal de référence pour mettre en évidence, par un signal de retard ou d'avance, une erreur de position dudit organe d'affichage.
8. Pièce d'horlogerie électronique selon la revendication 7, dans laquelle le moteur est un moteur pas à pas et le circuit d'alimentation délivre ladite énergie électrique sous forme d'impulsions motrices ayant une première fréquence, caractérisée en ce que ledit circuit d'alimentation comporte des moyens de réglage couplés auxdits moyens de commande pour régler par pas entre une valeur minimale et une valeur maximale l'énergie desdites impulsions motrices.
9. Pièce d'horlogerie électronique selon la revendication 8, caractérisée en ce que les moyens de commande comportent en outre:
 - des premiers moyens répondant audit signal de référence pour faire produire au circuit d'alimentation une impulsion d'essai dont l'énergie est inférieure à l'énergie de l'impulsion motrice précédente,
 - des deuxièmes moyens répondant audit signal de retard pour faire produire au circuit d'alimentation des impulsions de rattrapage dont l'énergie possède ladite valeur maximale et dont la fréquence est plus élevée que ladite première fréquence,
 - des moyens de comptage pour compter le nombre N desdites impulsions de rattrapage, et
 - des moyens de décision répondant auxdits moyens de comptage pour faire produire au circuit d'alimentation des impulsions motrices dont l'énergie dépend dudit nombre N.
10. Pièce d'horlogerie électronique selon la revendication 9, dans laquelle l'énergie de ladite impulsion d'essai est inférieure d'un pas à celle des impulsions motrices précédentes, caractérisée en ce que lesdits moyens de décision sont agencés de manière que l'énergie des impulsions motrices suivantes soit:
 - égale à celle de l'impulsion d'essai si $N = 0$,
 - supérieure d'un pas à celle de l'impulsion d'essai si $N \geq 1$ mais inférieur ou égal à un nombre entier déterminé K,
 - égale à l'énergie maximale si $N > K$.
11. Pièce d'horlogerie électronique selon la revendication 9, dans laquelle l'énergie de ladite impulsion d'essai est inférieure de deux pas à celle des impulsions motrices précédentes, caractérisée en ce que lesdits moyens de décision sont agencés de manière que l'énergie des impulsions motrices suivantes soit:
 - supérieure d'un pas à celle de l'impulsion d'essai si $N = 0$,
 - supérieure de deux pas à celle de l'impulsion d'essai si $N \geq 1$ mais inférieur ou égal à un nombre entier déterminé K,
 - égale à l'énergie maximale si $N > K$.
12. Pièce d'horlogerie électronique selon la revendication 7, caractérisée en ce que lesdits moyens de détection comportent un contact actionné par une came liée audit organe d'affichage.
13. Pièce d'horlogerie électronique selon la revendication 7, caractérisée en ce que lesdits moyens de référence comprennent un compteur d'impulsions couplé audit diviseur de fréquence.
14. Pièce d'horlogerie électronique selon la revendication 8, caractérisée en ce que lesdits moyens de réglage comprennent, d'une part, un circuit pour enclencher périodiquement les impulsions motrices, couplé audit diviseur de fréquence et, d'autre part, un circuit de déclenchement des impulsions motrices comprenant un circuit de mémoire et un circuit logique couplé audit circuit de mémoire et audit diviseur de fréquence, pour déclencher les impulsions motrices après un temps dépendant du contenu dudit circuit de mémoire.
15. Pièce d'horlogerie électronique selon la revendication 8, caractérisée en ce que lesdits moyens de réglage comportent, d'une part, un générateur d'impulsions de durée constante et, d'autre part, un circuit de mémoire, un générateur d'impulsions à rapport cyclique variable couplé audit circuit de mémoire, et un circuit de combinaison des impulsions de durée constante et des impulsions à rapport cyclique variable pour produire des impulsions motrices dont l'amplitude moyenne est fonction du contenu dudit circuit de mémoire.
16. Pièce d'horlogerie électronique selon la revendication 14 ou la revendication 15, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre un circuit d'alarme comportant:
 - des moyens de comptage couplés audit diviseur de fréquence et audit circuit de mémoire pour mesurer le temps pendant lequel ledit circuit de mémoire reste dans son état correspondant à l'énergie maximale des impulsions motrices, et
 - des moyens d'affichage couplés auxdits moyens de comptage pour afficher une alarme lorsque ledit temps dépasse une valeur déterminée.

La présente invention concerne un procédé pour réduire la consommation d'énergie électrique d'une pièce d'horlogerie électronique dans laquelle un moteur alimenté en énergie électrique fournit de l'énergie mécanique pour entraîner un organe d'affichage des informations horaires.

La présente invention concerne également une pièce d'horlogerie électronique comportant un moteur entraînant un organe d'affichage des informations horaires, un oscillateur utilisé comme base de temps, un diviseur de fréquence couplé audit oscillateur, et un circuit d'alimentation couplé audit diviseur et délivrant de l'énergie électrique audit moteur.

Dans une pièce d'horlogerie du type ci-dessus, la plus grande partie de l'énergie fournie par la source d'alimentation électrique, qui est en général une pile, est consommée par le moteur. Le courant moyen absorbé par ce dernier est en effet de l'ordre de 2 μ A, alors que les autres circuits électroniques de la montre (oscillateur, diviseur, etc.), regroupés dans un circuit intégré, consomment, ensemble, moins de 0,5 μ A. Il est donc important de limiter autant que possible la consommation du moteur pour augmenter la durée de vie de la pile ou, pour une durée de vie donnée, pour pouvoir diminuer le volume de cette pile.

Le moteur reçoit des impulsions motrices d'un circuit formateur alimenté en signaux à fréquence basse par un diviseur de fréquence associé à un oscillateur à quartz qui forme la base de temps de la montre.

Le circuit formateur est agencé de manière à fournir une énergie suffisante pour faire fonctionner le moteur dans les plus mauvaises conditions pouvant éventuellement se présenter: tension de pile faible, entraînement du mécanisme de calendrier, encrassement ou irrégularité des engrenages, chocs, etc. Comme ces mauvaises conditions ne se rencontrent que rarement, l'énergie fournie au moteur est, la plupart du temps, beaucoup plus grande que celle qui serait nécessaire pour le faire fonctionner de manière sûre. Il y a donc là un gaspillage d'énergie.

Différents moyens ont été proposés pour éviter ce gaspillage.

Le brevet américain N° 3855781 et la demande de brevet français N° 2200675 décrivent des circuits qui interrompent l'impulsion motrice dès que le rotor a tourné d'une certaine quantité. Cette rotation est détectée par la mesure de la tension induite dans une bobine auxiliaire, de la variation du courant dans la bobine motrice, ou encore d'une tension créée par la déformation d'un capteur piézo-électrique au passage des dents d'une des roues du train d'engrenages entraîné par le moteur.

La demande de brevet allemand (DOS) N° 2745052 décrit un circuit qui détermine la charge mécanique entraînée par le moteur par la mesure de la tension induite dans la bobine de ce dernier après la fin de l'impulsion motrice. Ce circuit règle la durée des impulsions motrices suivantes en fonction de l'importance de la charge ainsi mesurée.

Tous ces systèmes se fondent sur la détection du mouvement du rotor et font appel, d'une manière ou d'une autre, à des circuits analogiques pour détecter, amplifier, voire même différencier des tensions ou des courants très faibles. Or, ces circuits analogiques sont difficiles à réaliser, et leurs caractéristiques sont assez mal reproductibles, même s'ils sont fabriqués par intégration de leurs composants en même temps que les autres composants de la montre. Ils nécessitent soit un réglage destiné à les adapter, de cas en cas, au moteur avec lequel ils doivent travailler, soit l'adoption de tolérances très larges pour leur permettre de travailler dans n'importe quelles conditions avec n'importe quel moteur. Dans le premier cas, le prix de revient du circuit est augmenté, dans le second son efficacité est diminuée.

Le but de la présente invention est d'éviter les inconvénients ci-dessus, grâce au procédé et à la pièce d'horlogerie revendiqués.

Ce procédé et diverses formes d'exécution de cette pièce d'horlogerie vont être décrits ci-dessous, à titre d'exemple non limitatif, à l'aide du dessin où:

la fig. 1 est un diagramme du courant moyen consommé par un moteur pas à pas en fonction de la durée des impulsions motrices;

la fig. 2 est un schéma-bloc d'une première forme d'exécution d'une montre selon l'invention;

les fig. 3a à 3e illustrent différents cas de fonctionnement de cette première forme d'exécution;

les fig. 4 et 5 sont des schémas plus détaillés de certaines parties du circuit de cette première forme d'exécution;

les fig. 6 à 8 sont des diagrammes aidant à la compréhension du fonctionnement des circuits des fig. 4 et 5;

la fig. 9 illustre le fonctionnement d'une deuxième forme d'exécution d'une montre selon l'invention;

la fig. 10 est un schéma partiel du circuit de cette deuxième forme d'exécution;

la fig. 11 est un schéma d'un circuit indicateur pouvant être combiné avec les circuits des deux formes d'exécution, et

la fig. 12 est le schéma d'une variante du circuit de la fig. 4.

L'énergie électrique fournie au moteur pas à pas d'une montre pendant une impulsion motrice est, comme on le sait, déterminée par le produit de la tension appliquée au moteur, du courant qui le traverse et de la durée de cette impulsion. Pour réduire cette énergie, on peut donc agir, pour un moteur donné, sur la tension appliquée au moteur ou sur la durée de l'impulsion.

Dans la première et la deuxième forme d'exécution de la montre selon l'invention, qui vont être décrites en détail ci-dessous, la variation de l'énergie fournie par les impulsions motrices est obtenue en faisant varier la durée de ces dernières.

La fig. 1 illustre, à titre d'exemple, la variation du courant moyen absorbé par un moteur pas à pas typique en fonction de la durée des impulsions motrices qui lui sont appliquées. On y voit que, pour une durée D_1 de 7,8 ms, durée qui est couramment utilisée dans les montres actuelles, ce courant moyen est environ deux fois plus élevé que pour une durée D_2 de 4 ms, qui est la durée minimale pour laquelle le moteur fonctionne encore.

La fig. 2 est un schéma-bloc d'une montre selon l'invention, qui comporte un oscillateur à quartz 1 délivrant à un diviseur de fréquence 2 un signal à haute fréquence, par exemple 32 kHz.

Le diviseur 2, qui est composé de manière classique d'une série de flip-flops branchés en cascade, fournit à un circuit formateur 3, ou circuit d'alimentation, des signaux à basse fréquence que ce dernier utilise pour élaborer les impulsions motrices qu'il délivre au moteur 4. Ces impulsions motrices sont en général alternées, c'est-à-dire que leur polarité est toujours inverse de celle de l'impulsion qui les précède et de celle qui les suit.

Ce formateur d'impulsions, dont un schéma détaillé sera décrit plus loin, est agencé de manière à pouvoir régler par pas la durée des impulsions motrices, entre une durée maximale $D_{\max}$ et une durée minimale $D_{\min}$, en réponse à des signaux qu'il reçoit sur ses entrées de commande 3.1 à 3.5. Plus précisément, un signal sur l'entrée 3.1 provoque la diminution d'un pas de la durée de l'impulsion motrice, pour autant que la valeur minimale $D_{\min}$ ne soit pas déjà atteinte. Un signal sur son entrée 3.2 provoque la formation d'impulsions motrices de durée maximale et de fréquence relativement élevée, 64 Hz par exemple. Ces impulsions, dites impulsions de rattrapage, sont utilisées, d'une manière qui sera décrite plus loin, pour rattraper un retard pris par l'aiguille des secondes. L'entrée 3.3 est destinée à recevoir des impulsions provoquant, chacune, l'augmentation d'un pas de la durée des impulsions motrices, pour autant que ces dernières n'aient pas déjà la durée maximale. L'entrée 3.4 est destinée, elle, à recevoir une impulsion provoquant le retour de la durée des impulsions motrices à la valeur maximale. Un signal sur l'entrée 3.5, enfin, provoque, tant qu'il dure, l'arrêt complet des impulsions motrices. Le formateur 3 est en outre muni d'une sortie 3.6 qui délivre une impulsion pour chaque impulsion de rattrapage délivrée au moteur.

Le moteur 4 entraîne, par un rouage non représenté, un organe d'affichage des informations horaires comprenant une

aiguille des secondes 5, ainsi que des aiguilles des minutes et des heures et, éventuellement, un mécanisme de calendrier ou autre (également non représentés). Ces aiguilles se déplacent devant un cadran portant, en général, des graduations. La graduation correspondant à l'aiguille des secondes, en particulier, est numérotée, explicitement ou implicitement, de 0 à 59.

L'aiguille des secondes 5 est liée à une came 6 qui ferme un contact 7 lorsque l'aiguille 5 arrive à une position de consigne, telle que la graduation 0 du cadran (midi). Cette came 6 a une forme telle que le contact reste fermé jusqu'à ce que l'aiguille 5 ait fait environ un quart de tour.

Un compteur de référence 8, appelé ci-après compteur-suiveur 8, ayant une capacité de comptage de 60, reçoit du diviseur 2, sur son entrée 8.1, des impulsions à une fréquence de 1 Hz. Son état varie donc cycliquement de 0 à 59. On verra plus loin que cet état correspond, au moins en temps normal, à la position de l'aiguille 5 sur le cadran, d'où l'appellation compteur-suiveur. Ce compteur-suiveur 8 est muni d'une sortie 8.2 délivrant un signal de référence lorsqu'il passe de son état 59 à son état 0. Une erreur de position éventuelle de l'aiguille 5 peut donc être mise en évidence par des moyens de contrôle appropriés qui seront décrits plus loin, en comparant ce signal de référence avec celui que le contact 7 délivre lorsqu'il se ferme.

Un circuit de commande 9 comporte une entrée 9.1 reliée au contact 7, qui est agencé de manière à délivrer à cette entrée 9.1 un signal de détection ayant l'état logique 1 lorsqu'il est fermé, et l'état logique 0 lorsqu'il est ouvert. Le circuit de commande 9 est également muni d'une entrée 9.2 reliée à la sortie 8.2 du compteur-suiveur 8; d'une entrée 9.3 reliée à la sortie 3.6 du formateur 3, et de cinq sorties 9.4 à 9.8 reliées respectivement aux entrées 3.1 à 3.5 du formateur 3 et délivrant les divers signaux de commande dont il a été question ci-dessus de la manière suivante:

- La sortie 9.4 délivre une impulsion chaque fois que le compteur-suiveur 8 délivre son signal 8.2 (à une exception près qui sera décrite plus loin).
- La sortie 9.5 délivre un signal commandant l'envoi d'impulsions de rattrapage par le formateur 3 lorsque le contact 7 ne s'est pas fermé sous l'action de l'impulsion d'essai.
- La sortie 9.6 délivre un certain nombre d'impulsions s'il a dû y avoir un rattrapage (dans l'exemple décrit plus loin, ce nombre est de 1 si une ou deux impulsions de rattrapage ont dû être envoyées, ou de 2 si plus de deux impulsions de rattrapage ont été nécessaires pour que le contact 7 se ferme).
- La sortie 9.7 délivre un signal si plus de sept impulsions de rattrapage ont dû être délivrées avant que le contact 7 ne se ferme, et
- la sortie 9.8 délivre un signal si le contact 7 se ferme avant que le compteur-suiveur 8 ne délivre son signal 8.2.

Les fig. 3a à 3e illustrent cinq cas différents du fonctionnement de la montre de la fig. 2. Dans chacune de ces figures, le temps est porté en abscisse et son axe est gradué en secondes. Les nombres indiqués correspondent à chaque instant à l'état du compteur-suiveur 8. (N.B.: l'échelle des temps est deux fois plus grande dans la fig. 3d que dans les fig. 3a à 3c et 3e.)

Pour chacune de ces figures, les différents diagrammes représentent, de haut en bas:

- Les impulsions motrices par des segments verticaux dont la longueur correspond à la durée D de ces impulsions motrices, durée qui peut varier par pas, dans cet exemple, d'une durée maximale D₇ à une durée minimale D₀. Sur le même axe, on a reporté le couple moteur N, qui dépend directement de la durée D, et qui varie donc également par pas entre une valeur maximale N₇ et une valeur minimale N₀. Dans ce diagramme, on a également indiqué le couple résistant N_r par des traits interrompus horizontaux. Ce couple résistant est normalement constant entre 2 impulsions motrices, puisque le moteur et le rouage sont arrêtés, mais il peut varier pendant les impulsions motrices, pour diverses raisons. Il peut parfois changer entre

les impulsions motrices, par suite de chocs par exemple.

- La position α de l'aiguille des secondes repérée par le numéro de la division devant laquelle elle s'arrête entre 2 impulsions motrices.

- 5 — L'état du contact 7, 0 et 1 correspondant respectivement aux états ouvert et fermé.

- L'état de différents signaux désignés par la référence du point du schéma-bloc de la fig. 2 où ils sont mesurés, 0 et 1 correspondant alors à leurs états logiques.

- 10 Dans la description qui va suivre, ces signaux seront également désignés par cette référence.

Dans le cas illustré à la fig. 3a, on admettra que la pile est mise en place au temps 0 (ce qui fait démarrer la montre), et que le couple résistant est faible. Après une seconde, le moteur commence à recevoir des impulsions motrices ayant une période de 1 s et de durée maximale D₇ qui font avancer le moteur puisque, dans ce cas, le couple résistant est plus faible que le couple moteur. Lorsque le compteur-suiveur 8, qui reçoit également sur son entrée 8.1 des impulsions d'une fréquence de 1 Hz, atteint son état 0, il délivre sur sa sortie 8.2 un signal qui provoque la diminution de 1 pas de la durée de la prochaine impulsion motrice qui aura donc une durée D₆. Comme cette dernière est suffisante pour faire avancer le moteur, ce qui se marque par la fermeture du contact 7 avant la fin de l'impulsion 8.2, le circuit de commande 9 ne réagit pas, et le formateur 3 continue à produire des impulsions motrices de durée D₆.

Lorsque, après 60 s, le compteur-suiveur 8 délivre à nouveau son signal 8.2, le formateur 3 diminue à nouveau d'un pas la durée des impulsions motrices, qui passe à D₅, et ainsi de suite, jusqu'à ce que, après 7 mn, cette durée passe à D₀, qui est la durée minimale. Tant que le couple résistant ne dépasse pas la valeur correspondant à cette durée, le formateur 3 continue à délivrer des impulsions motrices ayant cette durée minimale D₀.

La fig. 3b illustre un cas où les impulsions motrices ont tout d'abord une durée D₃. Lorsque le compteur-suiveur 8 atteint son état 0 et délivre le signal 8.2, le formateur 3 diminue la largeur des impulsions motrices à la valeur D₂. Mais le couple résistant, pour une raison quelconque, est à cet instant plus élevé que le couple moteur N₂. Le moteur n'avance donc pas, et le contact 7 ne se ferme pas. Le circuit de commande 9 détecte cet état par le fait que, à la fin du signal 8.2, le signal 7 n'est pas présent. Il envoie alors immédiatement un signal 9.5 au formateur 3, qui commence à délivrer des impulsions de rattrapage de durée maximale D₇ et de fréquence 64 Hz, ainsi que, pour chaque impulsion de rattrapage, une impulsion 3.6.

La deuxième impulsion de rattrapage amène, dans le cas présent, l'aiguille des secondes 5 à sa position 0 et le contact 7 se ferme. La première impulsion de rattrapage a en effet la même polarité que l'impulsion motrice qui a amené le moteur 4 dans la position où il se trouve, et n'a donc aucune influence sur lui. Dès que le contact 7 se ferme, le circuit de commande 9 supprime immédiatement le signal 9.5 et délivre un signal 9.6 qui a pour effet d'augmenter d'un pas la durée des prochaines impulsions motrices, qui repasse donc à D₃ et y reste pour les 59 impulsions suivantes, après lesquelles le processus recommence.

On notera que, dans la fig. 3b et dans les fig. 3c, 3d et 3e, la distance entre les impulsions de rattrapage a été exagérée pour faciliter la lecture du dessin.

La fig. 3c illustre un cas où, par suite d'une série de chocs, par exemple, le couple résistant prend une valeur supérieure au couple moteur pendant environ 3 s, alors que l'aiguille 5 est en position 27. Les trois impulsions motrices de durée D₃ délivrées pendant ces chocs ne peuvent donc pas faire avancer l'aiguille 5 qui prend 3 s de retard. Le premier impulsion motrice qui suit ces chocs a la même polarité que celle qui les a précédés. Elle ne fait donc pas avancer le moteur et l'aiguille 5 prend une quatrième seconde de retard. Lorsque le compteur-suiveur 8 délivre son signal 8.2, la durée des impulsions motrices est réduite, comme

toujours, d'un pas et prend la valeur D₂, ce qui suffit à faire avancer le moteur. Mais, à cause du retard pris précédemment, le contact 7 ne se ferme pas et, comme dans le cas précédent, le circuit de commande 9 envoie un signal 9.5 au formateur 3. Celui-ci commence à produire des impulsions de rattrapage. A la quatrième de ces impulsions, l'aiguille des secondes atteint sa position 0 et le contact 7 se ferme; le circuit de commande 9 interrompt alors immédiatement le signal 9.5. Comme quatre impulsions de rattrapage ont dû être délivrées, soit plus de deux et moins de huit, le circuit de commande 9 délivre 2 impulsions à sa sortie 9.6, ce qui fait passer la durée des impulsions motrices à D₄, soit une durée supérieure d'un pas à la durée des impulsions précédentes.

La fig. 3d illustre un cas où, à partir de la position 50 de l'aiguille des secondes, le couple résistant prend une valeur plus élevée que celle du couple moteur, par suite du début de l'entraînement du mécanisme de calendrier par exemple. L'aiguille des secondes 5 reste donc bloquée sur cette position 50 et, comme dans les cas précédents, à la fin du signal 8.2, le circuit de commande délivre le signal 9.5. Le formateur 3 commence à fournir des impulsions de rattrapage au moteur qui tourne rapidement. A la dixième impulsion, l'aiguille 5 atteint sa position 0, le contact 7 se ferme et le signal 9.5 disparaît. Comme plus de huit impulsions de rattrapage ont été nécessaires, le circuit de commande 9 envoie le signal 9.7 au circuit formateur 3 qui délivre, à partir de cet instant, des impulsions motrices de durée maximale D₇. Après 59 de ces impulsions motrices, le processus décrit à propos de la fig. 3a recommence.

La fig. 3e illustre un cas où, à nouveau par suite d'un choc, par exemple, se produisant alors qu'elle se trouve à la position 52, l'aiguille des secondes 5 prend 2 s d'avance. Le contact 7 se ferme donc avant que le signal 8.2 ne soit délivré. Dans ce cas, le circuit de commande 9 produit le signal 9.8 qui interrompt l'envoi des impulsions motrices depuis l'instant de la fermeture du contact 7 jusqu'au moment où le signal 8.2 est délivré par le compteur-suiveur 8. Dans ce cas, puisque l'impulsion d'essai n'a pas pu être fournie, le signal 9.4 n'est pas envoyé au formateur 3 au moment où le compteur 8 délivre le signal 8.2; les motrices délivrées par le formateur 3 après l'interruption du signal 9.8 ont donc la même durée qu'avant la fermeture du contact 7.

Il faut noter que ce dernier cas assure une synchronisation automatique entre la position de l'aiguille 5 et l'état du compteur-suiveur 8. Il n'est donc pas nécessaire d'amener l'aiguille 5 à sa position 0 au montage de la montre ou après un changement de la pile pour garantir ce synchronisme.

Un schéma plus détaillé d'une forme d'exécution de la montre selon l'invention est donné aux fig. 4 et 5. Le fonctionnement de ces circuits va être décrit ci-après, à l'aide des diagrammes des fig. 6 à 8. Ces diagrammes portent les références des points des fig. 4 et 5 où les signaux qu'ils représentent sont mesurés.

On notera que les flip-flops compris dans ces figures sont tous de type D et ont tous leur sortie Q reliée à leur entrée D, ce qui fait qu'ils changent d'état à chaque transition de 0 à 1 de leur entrée CL (clock), pour autant que leur entrée R de remise à zéro soit à l'état logique 0. Un état 1 sur cette entrée R impose un état 0 sur leur sortie Q et un état 1 sur leur sortie Q, indépendamment de l'état de leurs autres entrées.

En outre, pour alléger la description, chaque fois que cela sera possible, des expressions du genre «la sortie 36a de la porte 36» ou «l'entrée 35b de la porte 35» seront abrégées en «la sortie 36a» ou «l'entrée 35b». De même, le mot flip-flop sera abrégé en FF. Enfin, les différents signaux dont il sera question seront désignés par la référence du point où ils sont mesurés, et les états logiques 0 et 1 par «0» et «1».

La fig. 4 est un schéma d'une forme d'exécution du circuit formateur 3, dans lequel on a également représenté l'oscillateur 1 et le diviseur 2, ainsi que le moteur 4.

On admettra pour commencer que les entrées 3.1 à 3.5 sont à «0», ainsi que les sorties Q de tous les FF.

Le diviseur 2, qui est formé d'une manière classique par une série de FF non représentés branchés en cascade, reçoit de l'oscillateur 1 un signal à 32 kHz et délivre à ses sorties 2a à 2f des signaux ayant une fréquence de 1, 2, 4, 8 ... 1024 Hz respectivement. Les FF du diviseur 2 sont agencés, comme c'est généralement le cas dans ce type de diviseur, de manière que chacun de ces signaux de sortie change d'état lors du passage de «1» à «0» du signal de l'étage précédent.

La sortie 11a d'une porte ET 11, dont les entrées 11b à 11g sont reliées aux sorties 2a à 2f du diviseur 2, délivre un signal ayant une période de 1 s et une durée de 15,6 ms environ, juste avant que le signal 2a repasse à «0» (fig. 6).

Une porte ET 12, dont l'entrée 12a est reliée à la sortie 11a, transmet le signal 11a par sa sortie 12c à l'entrée 14a d'une porte OU 14. Son entrée 12b est en effet reliée, par l'intermédiaire d'un inverseur 13, à l'entrée 3.2 et se trouve donc à «1». L'entrée 14b de cette porte 14, qui est reliée à la sortie 15a d'une porte ET 15, se trouve à «0», car l'entrée 15b de cette porte 15 est reliée à l'entrée 3.2 du formateur 3, qui est à «0». Ce signal 11a se retrouve donc à la sortie 14c et à l'entrée 16a d'une porte NON-ET 16 qui lui est reliée. Comme l'entrée 16b de cette dernière est reliée à l'entrée 3.5 par l'intermédiaire d'un inverseur 17, et se trouve donc à «1», le signal 11a est transmis, inversé, à l'entrée CL d'un FF 18.

Ce FF bascule donc à la fin du signal 11a et sa sortie Q passe à «1». Cette sortie est reliée à l'entrée 19a d'une mémoire 19-20 formée par les portes NON-OU 19 et 20 dont les sorties 19c et 20c sont reliées, respectivement, aux entrées 20b et 19b. La sortie 20c passe donc à «1» et, comme elle est reliée à l'entrée R du FF 18, la sortie Q de ce dernier repasse immédiatement à «0» (la durée de l'état «1» de cette sortie Q 18 est fortement exagérée dans la fig. 6; elle n'est en réalité que de quelques fractions de microseconde).

Le signal 20c est transmis, inversé par un inverseur 21, à l'entrée CL d'un FF 22, qui ne bascule donc pas à cet instant, et aux entrées 23a et 24a de deux portes NON-OU 23 et 24. Les entrées 23b et 24b de ces dernières étant reliées, respectivement, aux sorties Q et $\bar{Q}$ du FF 22, la sortie 23c passe à «1» alors que la sortie 24c reste à «0».

Les sorties 23c et 24c sont reliées respectivement à deux inverseurs 25 et 26, formés des transistors T1 à T4 dimensionnés de manière à pouvoir fournir le courant nécessaire au fonctionnement du moteur 4. Tant que les sorties 23c et 24c sont à «0», les transistors T1 à T3 sont conducteurs et les transistors T2 et T4 bloqués; le moteur est donc pratiquement court-circuité. Lorsque la sortie 23c passe à «1», le transistor T1 se bloque et le transistor T2 devient conducteur, et un courant I commence à circuler dans le sens indiqué par la flèche, pris arbitrairement comme positif. Le moteur commence donc à tourner.

Un certain temps après le début de cette impulsion motrice, un signal «1», dont la formation sera expliquée ci-dessous, apparaît à la sortie 27a d'une porte OU 27 qui est reliée à l'entrée 20a de la mémoire 19-20. Ce signal 27a provoque le rebascullement de la mémoire 19-20 dont la sortie 20c repasse à «0». Le transistor T2 se bloque donc, alors que le transistor T1 redevient conducteur et l'impulsion motrice est interrompue. (N.B.: La durée de cette impulsion motrice est également exagérée dans la fig. 6.)

Simultanément, l'entrée CL du FF 22 passe à «1», ce qui provoque son basculement et le passage de sa sortie Q à «1» et de sa sortie $\bar{Q}$ à «0». Le circuit reste dans cet état jusqu'à l'apparition de la prochaine impulsion 11a, une seconde plus tard. Le processus décrit ci-dessus recommence, avec la seule différence que, cette fois, la sortie Q du FF 22 est à «1» et sa sortie $\bar{Q}$ à «0». Il s'ensuit que le signal 20c est transmis à la sortie 24c et provoque le blocage du transistor T3 et la conduction du transistor T4. Un

courant s'établit donc dans le sens négatif, inverse de celui de la flèche.

Comme ci-dessus, le signal 27a provoque le rebasculement de la mémoire 19-20 et la fin de l'impulsion motrice. Le processus décrit ci-dessus se reproduit chaque seconde, et le moteur reçoit ainsi, chaque seconde également, des impulsions motrices alternées dont le début est fixé par la fin de l'impulsion 11a et la fin par le début du signal 27a.

Dans le cas présent, ce signal 27a provient de la sortie 28a d'une porte ET 28, qui est reliée à l'entrée 27b. Les autres entrées 27c à 27i sont toutes à «0», car elles sont reliées aux sorties 29a à 35a de sept portes ET 29 à 35, dont on verra ci-dessous qu'elles sont à «0».

On verra également ci-dessous que l'entrée 28c de la porte 28 est à l'état «1»; il en résulte que l'état de la sortie 28a varie comme celui de l'entrée 28b. Comme cette dernière est reliée à la sortie 2g du diviseur 2, la sortie 28a, et donc la sortie 27a et l'entrée 20a, passent de «0» à «1» environ 7,8 ms (une demi-période du signal à 64 Hz délivré par la sortie 2g) après que le signal 11a a passé à «0». L'impulsion motrice dure donc 7,8 ms.

L'entrée 28c de la porte 28 est à l'état «1», car elle est reliée à la sortie 36a d'une porte OU 36 ayant elle-même une entrée 36b reliée à une sortie 37a d'un décodeur 37.

Ce décodeur, tout à fait classique, a toujours une et une seule de ses huit sorties 37a à 37h à l'état «1», selon l'état de ses entrées 37i à 37k, qui sont reliées respectivement aux trois sorties 38a à 38c d'un compteur réversible 38 qui, pour le moment, sont dans l'état «000». La sortie 37a du décodeur 37 est justement celle qui est à «1» pour cette combinaison particulière des entrées 37i à 37k.

Le compteur réversible 38, qui est également d'un type bien connu, est muni d'une entrée 38d d'incrément et d'une entrée 38e de décrément, c'est-à-dire que chaque impulsion délivrée à son entrée 38d, d'une manière qui sera décrite plus tard, fait augmenter son contenu d'une unité, alors que chaque impulsion délivrée sur son entrée 38e fait diminuer ce contenu d'une unité.

Comme cela a été dit ci-dessus, pour chaque combinaison binaire des états des sorties 38a, 38b et 38c, prises dans cet ordre, l'une des sorties 37a à 37h du décodeur 37 est à l'état «1», les autres étant à «0». A l'état «000» correspond un «1» sur la sortie 37a, à l'état «001» correspond un «1» sur la sortie 37b, et ainsi de suite jusqu'à l'état «111» auquel correspond un «1» sur la sortie 37h.

On a déjà vu que la sortie 37a est reliée à l'entrée 28c de la porte 28 par l'intermédiaire de la porte 36. Les autres sorties 37b à 37i du décodeur 37 sont reliées respectivement aux entrées 39a à 45a de sept portes ET 39 à 45 ayant des secondes entrées 39b à 45b reliées ensemble à l'entrée 3.2 par l'intermédiaire de l'inverseur 13. Ces entrées 39b à 45b sont donc, pour l'instant, à «1», et les sorties 39c à 45c ont le même état que les sorties 37b à 37i, qui sont à «0».

Les sorties 39c à 45c étant respectivement reliées aux entrées 29b à 35b, et les autres entrées 29c à 29f, 30c à 30e, 31c à 31e, 32c et 32d, 33c à 33e, 34c et 34d, et 35c et 35d étant reliées aux sorties 2h à 2k du diviseur 2 comme indiqué à la fig. 4, on voit (fig. 7) que si, d'une manière qui sera décrite plus bas, l'état des sorties 38a à 38c change par suite de la modification du contenu du compteur 38, le signal 27a change également, l'instant où il passe pour la première fois à «1» après le passage du signal 11a de «1» à «0» étant différent pour chaque combinaison des sorties 38a à 38c.

Ainsi, par exemple, lorsque les sorties 38a à 38c sont dans l'état «001», la sortie 37b, la sortie 39c et l'entrée 29b sont à «1», et la sortie 29a, et donc la sortie 27a, passe à «1» aussitôt que les quatre sorties 2h à 2k du diviseur 2 sont simultanément à «1», c'est-à-dire 7,3 ms environ après le passage de la sortie 11a de «1» à «0».

La fig. 7 montre la forme du signal 27a pour chacune des combinaisons des états des sorties 38a à 38c. Dans cette figure, les références 27a₀₀₀, 27a₀₀₁, ... 27a₁₁₁ désignent les diagrammes du signal 27a pour les états «000», «001», ..., «111» des sorties 38a à 38c. Si on se rappelle que le début des impulsions motrices est déterminé par le passage du signal 11a de «1» à «0» et leur fin par le passage du signal 27a de «0» à «1», on voit que la durée de ces impulsions motrices dépend directement du contenu du compteur 38. Lorsque ce contenu croît, la durée des impulsions motrices décroît. Dans l'exemple décrit, cette durée passe de 7,8 ms environ à 4,4 ms environ par pas de 0,5 ms environ (exactement de 8 à 4,5 périodes du signal 2k à 1024 Hz, par pas d'une demi-période du même signal) lorsque le contenu du compteur 38 passe de 0 à 7 (de 000 à 111 en binaire).

Les circuits décrits ci-dessus constituent donc un moyen de réglage par pas de la durée, et donc de l'énergie des impulsions motrices.

Il est utile de mentionner que les impulsions apparaissant dans certains cas après le premier passage du signal 27a de «0» à «1» n'ont aucun effet, car la mémoire 19-20 bascule à ce premier passage et reste dans son état de repos jusqu'à la fin de la prochaine impulsion 11a.

Le contenu du compteur 38 est augmenté par des impulsions appliquées d'une manière qui sera décrite plus loin, à son entrée 38d par la sortie 46a d'une porte ET 46 dont une entrée 46c est reliée à l'entrée 3.1 du formateur 3. Lorsque ce contenu atteint sa valeur maximale 7 (en binaire 111), la sortie 37h du décodeur 37 prend l'état «1». Cette sortie 37h étant reliée, par l'intermédiaire d'un inverseur 47, à une entrée 46b de la porte 46, cette dernière est alors bloquée, et les impulsions suivantes arrivant à l'entrée 3.1 n'atteignent plus l'entrée 38d. On évite ainsi que, lorsque le contenu du compteur 38 est à 7, une nouvelle impulsion sur l'entrée 3.1 ne le fasse repasser à 0, ce qui ferait repasser la durée des impulsions motrices de sa valeur minimale à sa valeur maximale.

De même, le contenu du compteur 38 est diminué par des impulsions appliquées d'une manière qui sera également décrite plus loin, à son entrée 38e par la sortie 48a d'une porte ET 48 dont une entrée 48b est reliée à l'entrée 3.3 du formateur 3. Lorsque le contenu du compteur 38 est à sa valeur minimale 0, la sortie 37a du décodeur 37 est à «1», et comme cette sortie 37a est reliée à l'entrée 48c de la porte 48, par l'intermédiaire d'un inverseur 49, cette porte 48 est bloquée, et les impulsions arrivant sur l'entrée 3.3 n'atteignent plus l'entrée 38e. On évite ainsi que, lorsque le compteur 38 est à 0, une nouvelle impulsion sur l'entrée 3.3 ne le fasse repasser dans son état 7.

La fig. 4 montre encore un inverseur 50 dont l'entrée est reliée à la sortie 2j du diviseur 2 et dont la sortie délivre donc un signal 2j dont l'utilité sera décrite plus loin.

La fig. 5 est un schéma d'une forme d'exécution du compteur-suiveur 8 et du circuit de commande 9, dont le fonctionnement va être décrit à l'aide des diagrammes de la fig. 8.

Comme le montre la fig. 5, le compteur-suiveur 8 comprend un compteur 51 qui reçoit sur son entrée 51a, par l'intermédiaire d'un inverseur 52, les impulsions délivrées par la sortie 11a de la porte 11 (fig. 4). Le compteur 51 comprend 6 FF interconnectés de manière classique et peut donc théoriquement compter de 0 à 63. Mais les sorties 51b à 51e des quatre derniers FF sont reliées aux entrées 53a à 53d d'une porte ET 53, dont la sortie 53e est reliée à l'entrée 54a d'une mémoire 54-55 formée de deux portes NON-OU 54 et 55 dont les sorties 54c et 55c sont reliées, respectivement, aux entrées 55b et 54b. La sortie 55c est en outre reliée à l'entrée R de remise à zéro du compteur 51, de sorte que, dès que les états logiques des sorties 51b à 51g, prises dans cet ordre, forment la combinaison binaire «111100» correspondant, en décimal, à 60, la mémoire 54-55 bascule, et le signal «1» qui apparaît à sa sortie 55c remet à zéro le compteur 51. Ce dernier ne reste donc qu'un instant très bref dans son état 60.

Le compteur 51 compte donc les impulsions délivrées par la sortie 11a de la porte 11, qui ont une période de 1 s et dont la fin provoque le début des impulsions motrices, comme cela a été décrit ci-dessus. Ce compteur 51 est donc tout à fait comparable au compteur des secondes d'une montre à affichage digital. Il est également un compteur de référence car la combinaison binaire des états que prennent ses sorties 51b à 51g à la fin de chaque impulsion 11a (il réagit au passage de 11a de «1» à «0»), correspond au numéro de la graduation du cadran que l'aiguille des secondes 5 devrait atteindre, et atteint en général, sous l'action de l'impulsion motrice qui commence à cet instant. Le signal «1» apparaissant à la sortie 55c lorsqu'il est remis à 0 est un signal de référence indiquant que l'aiguille 5 doit arriver à la graduation 0 du cadran.

La sortie 51b, en outre, prend l'état «1» depuis le moment où le compteur atteint son état 32 (100000 en binaire) jusqu'au moment où le compteur 51 est remis à zéro comme cela a été décrit ci-dessus. Cette propriété est mise à profit, comme on le verra plus loin, pour remettre à zéro en temps utile certains compteurs et FF.

Lorsque le compteur 51 passe de son état 59 à son état 60, on a vu ci-dessus que la mémoire 54-55 bascule et provoque le retour immédiat du compteur 51 dans son état 0. Simultanément, la sortie 9.4 du circuit de commande 9, qui est reliée, par l'intermédiaire d'un inverseur 56 à la sortie 57a d'une porte NON-ET 57, délivre une impulsion d'une durée de 1 ms environ (une demi-période d'un signal à 512 Hz). En effet, cette porte 57 a une entrée 57b reliée à la sortie 55c, une entrée 57c reliée à la sortie de l'inverseur 50 (fig. 4) et une entrée 57d reliée à la sortie Q d'un FF 58. Au moment où la sortie 55c passe à «1», le signal 2j est à «0» et donc l'entrée 57c à «1». La sortie 9.4 passe donc à «1» et y reste jusqu'à ce que l'entrée 57c passe à «0», c'est-à-dire environ 1 ms plus tard. A ce moment, le FF 58 bascule et sa sortie Q applique un signal «0» à l'entrée 57d, empêchant ainsi la formation d'autres impulsions. Ce FF 58 reste dans cet état jusqu'à ce que la sortie 51b du compteur 51, qui est reliée à son entrée R, passe à «1», c'est-à-dire pendant 32 s.

L'impulsion 9.4 est appliquée, par l'entrée 3.1 du formateur 3, à l'entrée 38d du compteur 38 (fig. 4). Le contenu de ce compteur 38 est donc augmenté d'une unité. L'impulsion motrice qui commence à cet instant, et qui est l'impulsion d'essai, aura donc une durée réduite d'un pas (environ 0,5 ms) par rapport aux impulsions précédentes, à condition bien sûr que ces impulsions précédentes n'aient pas déjà eu la durée minimale.

Si le couple résistant s'opposant à la rotation du moteur est inférieur au couple moteur créé par cette impulsion d'essai, comme c'est le cas généralement, le contact 7 se ferme un certain temps après le début de cette impulsion d'essai (fig. 8a). L'entrée 9.1, qui est reliée au contact 7, passe donc à «1» et une mémoire 59-60 dont l'entrée 59a est reliée à l'entrée 9.1 bascule. Cette mémoire 59-60 est formée de deux portes NON-OU 59 et 60 dont les sorties 59c et 60c sont reliées aux entrées 60b et 59b respectivement.

On peut noter ici que les rebondissements du contact 7 n'ont aucune influence sur le circuit. La mémoire 59-60 bascule en effet à la première fermeture du contact 7 et reste dans cet état jusqu'à ce que, 32 s plus tard, la sortie 51b du compteur 51, qui est reliée à l'entrée 60a, repasse à «1». On peut également noter que, à ce moment, le contact 7 sera sûrement à nouveau ouvert, ce qui fait que des rebondissements éventuels lors de cette réouverture n'auront aucun effet.

Le basculement de la mémoire 59-60 met à «0» l'entrée R d'un FF 61 qui est relié à la sortie 59c, et met à «1» l'entrée 62a d'une porte ET 62. L'entrée 62b de cette porte 62 est reliée à la sortie Q du FF 61, qui est encore à «1». La sortie 62c passe donc à «1» au moment du basculement de la mémoire 59-60 et y reste jusqu'à ce que le signal à 32 Hz délivré par la sortie 2f du diviseur 2 et appliqué, par une liaison non représentée, à l'entrée d'un

inverseur 63 dont la sortie est reliée à l'entrée CL du FF 61 passe à «0». Cela provoque le passage de la sortie Q du FF 61 et donc de la sortie 62c à «0».

L'entrée 55a de la mémoire 54-55 reçoit de la sortie 64a d'une porte ET 64, dont les entrées 64b et 64c sont reliées, par des liaisons non représentées, respectivement aux sorties 2f et 2g du diviseur 2, un signal qui est à «1» lorsque ces 2 sorties 2f et 2g sont simultanément à «1». Lorsque ce signal apparaît, 23,4 ms après le basculement de la mémoire 54-55, cette dernière rebasculé dans son état de repos, et la sortie 55c repasse à «0». Comme cette sortie est reliée, par l'intermédiaire d'un inverseur 65, à l'entrée 66a d'une porte OU 66 dont la sortie 66c est reliée à l'entrée CL d'un FF 67, cette entrée passe à «1». Mais, comme le contact 7 s'est fermé avant cet instant, le signal 62c, appliqué à l'entrée R du FF 67, et qui est encore à «1», empêche ce dernier de basculer. Sa sortie Q, qui constitue la sortie 9.5 du formateur 9, reste donc à «0».

Si, par contre (fig. 8b), le couple résistant est supérieur au couple moteur, ou si le moteur n'a pas réagi à une ou plusieurs des impulsions motrices précédentes, le contact 7 ne se ferme pas avant le passage de la sortie 55c à «0». Les sorties 60c et 62c restant ainsi à «0», le FF 67 peut basculer au moment où le signal 55c repasse à «0» puisque son entrée R est à «0». La sortie 9.5 du circuit de commande 9 passe donc à «1» et applique un signal de retard, par l'entrée 3.2 du formateur 3, à l'entrée 15b de la porte 15 dont l'entrée 15c est reliée à la sortie 2g du diviseur 2 (fig. 4). La sortie 15a commence donc à délivrer des impulsions à une fréquence de 64 Hz, impulsions qui agissent sur le FF 18 et sur les circuits qui le suivent comme les impulsions 11a décrites ci-dessus. Le moteur 4 commence donc à recevoir des impulsions motrices de rattrapage à cette même fréquence de 64 Hz.

Simultanément, le signal présent à l'entrée 3.2, appliqué aux entrées 39b à 45b des portes 39 à 45 par l'intermédiaire de l'inverseur 13 bloque ces dernières dont les sorties sont maintenues à «0»; la porte 36, par contre, a sa sortie 36a à «1» puisque son entrée 36c est reliée directement à l'entrée 3.2. Il en résulte que la durée des impulsions motrices de rattrapage est déterminée par le signal appliqué à l'entrée 28b de la porte 28, indépendamment de l'état du compteur 38. Les impulsions motrices de rattrapage ont donc la durée maximale. Cet état dure jusqu'à ce que le contact 7 se ferme. A ce moment, la mémoire 59-60 bascule, et la sortie 62c passe à «1», ce qui remet à zéro le FF 67, et donc la sortie 9.5.

Les impulsions délivrées par la sortie 15a tant que dure ce processus de rattrapage, et dont le nombre N correspond au nombre d'impulsions motrices de rattrapage qui ont été nécessaires pour que le moteur rattrape son retard et que le contact 7 se ferme, sont comptées par un compteur 68 dont l'entrée 68a est reliée, par l'entrée 9.3 du circuit de commande 9 et la sortie 3.6 du formateur 3, à cette sortie 15a. Ce compteur 68 comporte 4 FF, branchés en cascade de manière classique, et dont les sorties forment les 4 sorties 68b à 68e du compteur 68.

Dans l'exemple décrit, si l'aiguille des secondes 5 n'avait pas de retard avant l'impulsion d'essai, et si cette dernière n'a pas fait avancer le moteur, il faudra envoyer 2 impulsions de rattrapage pour amener l'aiguille 5 à sa position 0. L'impulsion motrice d'essai avait en effet une certaine polarité et n'a pas fait avancer le moteur. La première impulsion de rattrapage a donc la polarité inverse de celle de l'impulsion d'essai, c'est-à-dire la même polarité que celle de l'impulsion motrice qui a amené le moteur dans l'état où il se trouve. Cette première impulsion de rattrapage n'a donc aucun effet sur le moteur, et c'est la seconde impulsion de rattrapage qui, ayant la même polarité que l'impulsion d'essai, amène effectivement l'aiguille 5 à sa position 0. Le compteur 68 compte donc dans ce cas 2 impulsions délivrées par la sortie 15a.

La sortie 69a d'une porte NON-ET 69, dont une entrée 69b est reliée à la sortie 68c, passe donc à «0» à cet instant, car ses 2 autres entrées 69c et 69d sont reliées, respectivement, à la sortie

de l'inverseur 50 (fig. 4) et à la sortie $\bar{Q}$ d'un FF 70, qui sont toutes deux à «1». La sortie 9.6 qui est reliée à la sortie 71a d'une porte NON-ET 71 dont une entrée 71b est reliée à la sortie 69a, passe donc à «1» et y reste jusqu'à ce que le signal 2j passe à «0». A ce moment, la sortie 9.6 repasse à «0». Simultanément, le FF 70 dont l'entrée CL est reliée à la sortie 69a, bascule et sa sortie $\bar{Q}$ passe à «0», ce qui bloque la porte 69 et empêche les impulsions suivantes délivrées par la sortie 2j du diviseur 2 d'atteindre la sortie 9.6.

L'impulsion ainsi formée est appliquée à l'entrée 38e du compteur 38 par l'entrée 3.3 du formateur 3 et la porte 48 (fig. 4). Elle fait diminuer d'une unité le contenu de ce compteur, et donc augmenter d'un pas la durée des prochaines impulsions motrices. Comme cette durée avait été réduite d'un pas pour l'impulsion d'essai, ces prochaines impulsions motrices auront la même durée que celles qui ont précédé l'impulsion d'essai (voir fig. 3b).

Si, par contre, l'aiguille des secondes 5 avait déjà du retard avant l'impulsion d'essai, le formateur doit envoyer au moteur 4 plus de deux impulsions de rattrapage. A la deuxième impulsion de rattrapage, la sortie 9.6 délivre une première impulsion, comme cela a été décrit ci-dessus; à la troisième de ces impulsions de rattrapage, les sorties 68b et 68c passent à «1». La sortie 72a d'une porte NON-ET 72, dont les entrées 72b et 72c sont reliées à ces 2 sorties 68b et 68c, passe à «0».

Comme la sortie 72a est reliée à la seconde entrée 71c de la porte 71, la sortie 71a de cette dernière, et donc la sortie 9.6, repasse à «1» jusqu'à ce que l'entrée 72d de la porte 72, qui est également reliée à la sortie de l'inverseur 50, passe à «0». A cet instant, un FF 73 dont l'entrée CL est reliée à la sortie 72a bascule, et le signal «0» qui apparaît à sa sortie $\bar{Q}$ bloque la porte 72 par son entrée 72e. Cette deuxième impulsion diminue encore d'une unité le contenu du compteur 38. Les impulsions motrices suivantes auront donc une durée augmentée d'un pas par rapport aux impulsions motrices qui précédaient l'impulsion d'essai (voir fig. 3c).

Si l'aiguille des secondes 5 avait 8 s de retard ou plus, la sortie 68e du compteur 68 passe à «1» lorsque la huitième impulsion de rattrapage est envoyée au moteur 4 par le formateur 3. Dans ce cas, la sortie 9.7 du circuit de commande 9, qui est reliée à cette sortie 68e, passe à «1», ce qui provoque la remise à zéro du compteur 38 dont l'entrée R est reliée à l'entrée 3.4, elle-même reliée à la sortie 9.7. Si donc 8 impulsions de rattrapage, ou plus, ont dû être envoyées au moteur avant que le contact 7 se ferme, ce qui signifie que l'aiguille des secondes 5 avait 8 pas de retard ou plus, les impulsions motrices suivantes auront la durée maximale (voir fig. 3d).

On voit donc que les circuits 69 à 73 permettent de prendre une décision quant à la durée, et donc à l'énergie, des impulsions motrices suivant l'impulsion d'essai.

Lorsque le contact 7 se ferme avant que le signal 55c passe à «1», c'est-à-dire que l'aiguille des secondes 5 a pris de l'avance (voir fig. 3e), le signal 62c passe à «1», comme cela a été décrit ci-dessus. Ce signal est appliqué à l'entrée 75a d'une porte ET 75, dont la sortie 75c est reliée à l'entrée CL d'un FF 76. Comme l'entrée R du FF 76 est reliée à la sortie 55c et se trouve donc à «0», ce FF 76 bascule, et sa sortie Q, qui est reliée à la sortie 9.8 du circuit de commande 9, passe à «1».

L'entrée 16b de la porte 16 (fig. 4), qui est reliée à l'entrée 3.5, et donc à la sortie 9.8, par l'inverseur 17, passe donc à «0», ce qui empêche, à partir de cet instant, les impulsions délivrées par la sortie 11a de la porte 11 d'atteindre l'entrée CL du FF 18. Le moteur ne reçoit donc plus d'impulsions motrices et s'arrête, jusqu'à ce que la sortie 55c passe à «1», ce qui remet à «0» la sortie Q du FF 76 et donc à «1» l'entrée 16b de la porte 16.

Le circuit formé par les portes et FF 65 à 67 et 75 et 76 forme donc un circuit de comparaison entre le signal de référence 8.2 et le signal provenant du contact 7.

Une mémoire 77-78, formée par deux portes NON-OU 77 et 78 dont les sorties 77a et 78a sont reliées, respectivement, aux entrées 78b et 77b, a deux entrées 77c et 77d reliées, respectivement, aux sorties Q des FF 67 et 76. De cette manière, lorsque l'un de ces FF bascule, la mémoire 77-78 bascule également. Comme les sorties 77a et 78a sont reliées, respectivement, aux entrées 75b et 66b, on évite ainsi que, à la fin du processus de rattrapage, le FF 76 ne bascule, ce qui provoquerait l'arrêt complet du moteur. On évite également que, réciproquement, à la fin du blocage des impulsions motrices par le signal 9.8, le FF 67 ne bascule, ce qui provoquerait la formation d'impulsions de rattrapage non désirées.

La remise à zéro de la mémoire 59-60 au moment où l'état du compteur 51 arrive à 32 a déjà été décrite ci-dessus. En même temps qu'elle, la mémoire 77-78, le compteur 68 et les FF 58, 70 et 73 sont remis à zéro, pour autant bien sûr qu'ils aient quitté cet état. Leurs entrées de remise à zéro, 78c pour la mémoire 77-78, et R pour le compteur 68 et les FF 58, 70 et 73, sont en effet également reliées à la sortie 51b du compteur 51. Le circuit est alors prêt à recommencer à fonctionner lorsque le signal 53e sera à nouveau délivré.

Il est évidemment possible d'imaginer d'autres modes de fonctionnement pour atteindre le but visé. La fig. 9, où, comme dans les fig. 3a à 3e, les impulsions motrices sont représentées par des segments verticaux dont la longueur est proportionnelle à la durée des impulsions, illustre le fonctionnement d'une seconde forme d'exécution de la montre selon l'invention, dans laquelle les impulsions d'essai ont une durée de 2 pas plus courte que les impulsions qui les ont précédées. Si le moteur réagit à ces impulsions d'essai (fig. 9a), la durée des impulsions suivantes est augmentée d'un pas par rapport à la durée de l'impulsion d'essai.

Si le contact 7 ne se ferme pas en temps voulu, le circuit formateur délivre, comme dans la première forme d'exécution décrite ci-dessus, des impulsions de rattrapage. Lorsque le contact 7 se ferme après 2 impulsions de rattrapage (fig. 9b), les impulsions motrices suivantes ont la même durée que celles qui précédaient l'impulsion d'essai.

Lorsque le contact 7 se ferme après plus de 2 et moins de 8 impulsions de rattrapage (fig. 9c), les impulsions motrices suivantes ont une durée supérieure d'un pas à celle des impulsions motrices précédentes, et lorsque 8 impulsions de rattrapage, ou plus, doivent être délivrées par le formateur avant que le contact 7 ne se ferme (fig. 9d), la durée des impulsions motrices suivantes est égale à la durée maximale.

On notera que l'échelle des temps est deux fois plus grande dans la fig. 9d que dans les fig. 9a à 9c. En outre, l'espace séparant les impulsions de rattrapage est exagéré pour faciliter la lecture des figures.

La sécurité de fonctionnement de la montre est notablement améliorée, dans cette deuxième forme d'exécution, sans que la consommation augmente sensiblement.

La fig. 10 montre les quelques modifications qui doivent être apportées au schéma de la fig. 5 pour l'adapter à cette deuxième forme d'exécution.

On retrouve dans cette fig. 10 le circuit formé par l'inverseur 56, la porte 57 et le FF 58, circuit qui délivre un signal à la sortie 9.4 pour incrémenter le compteur 38 (fig. 4) lorsque la mémoire 54-55 bascule. Cependant, la sortie $\bar{Q}$ du FF 58 n'est plus reliée à l'entrée 57d de la porte 57, mais à l'entrée CL d'un FF 58' dont la sortie $\bar{Q}$ est, elle, reliée à cette entrée 57d. De cette manière, lorsque le signal 55c passe à «1», ce n'est plus une, mais deux impulsions qui sont délivrées par la sortie 9.4. En effet, à la première impulsion, la sortie $\bar{Q}$ du FF 58 passe à «0» et, à la deuxième, elle repasse à «1», ce qui fait basculer le FF 58' et passer sa sortie $\bar{Q}$ à «0», et bloque la porte 57.

Ces deux impulsions augmentent de deux unités le contenu du compteur 38 et diminuent donc de deux pas la durée de l'impulsion motrice commençant à cet instant, qui est l'impulsion d'essai.

On retrouve également dans cette fig. 10 le circuit formé par les portes 69, 71 et 72 et par les FF 70 et 73, ce circuit délivrant, comme cela a été décrit ci-dessus, des impulsions à la sortie 9.6. Mais, ici également, un FF 70' a été ajouté au circuit, avec son entrée CL branchée à la sortie $\bar{Q}$ du FF 70 et sa sortie $\bar{Q}$ reliée à l'entrée 69d, de manière que deux impulsions, et non plus une seule, soient délivrées à la sortie 9.6 lorsque le contenu du compteur 68 arrive à 2, c'est-à-dire à la deuxième impulsion de rattrapage.

La porte 71, enfin, est munie d'une troisième entrée 71d, qui est reliée à la sortie 79a d'une porte NON-ET 79. Comme cette porte 79 est munie d'une entrée 79b reliée à la sortie 80a d'une porte ET 80 dont les entrées 80b et 80c sont, elles-mêmes, reliées aux sorties 55c et 60c, d'une entrée 79d reliée à la sortie de l'inverseur 50 (fig. 4) et d'une entrée 79d reliée à la sortie $\bar{Q}$ d'un FF 81 dont l'entrée CL est reliée à la sortie 79a, la sortie 9.6 délivre une impulsion lorsque le contact 7 se ferme en temps voulu, c'est-à-dire pendant que la sortie 55c est à «1». Cette impulsion est celle qui fait diminuer le contenu du compteur 38 d'une unité et donc augmenter la durée des prochaines impulsions motrices, comme cela a été décrit ci-dessus.

Lorsque les impulsions motrices ont leur durée maximale pendant plusieurs minutes consécutives, cela signifie que la tension de la pile a diminué et que cette dernière est bientôt épuisée, ou que le rouage de la montre est encrassé et oppose un couple résistant trop élevé au moteur. Dans les deux cas, l'usager a intérêt à porter sa montre chez un horloger pour la faire nettoyer ou pour en changer la pile. La fig. 11 donne un exemple de schéma d'un circuit indicateur permettant à l'usager de se rendre compte de cette situation.

Dans le circuit de la fig. 11, un compteur 82 formé, par exemple, de quatre FF, compte les impulsions délivrées à son entrée 82a par la sortie 83a d'une porte ET 83 dont les entrées 83b et 83c sont reliées, respectivement, à la sortie 51b du compteur 51 (fig. 5) et à la sortie 37a du décodeur 37 (fig. 4). Cette sortie 83a délivre donc une impulsion chaque minute, lorsque le compteur 51 atteint son état 32 (en décimal) et que la sortie 37a est à «1», c'est-à-dire que les impulsions motrices ont leur durée maximale. Lorsque les FF composant le compteur 82 atteignent leur état «1111», c'est-à-dire lorsque les impulsions motrices ont eu leur durée maximale pendant 16 mn consécutives, la sortie 84a d'une porte ET 84, dont les entrées 84b à 84e sont reliées aux sorties 82b à 82e, passe à «1», ce qui enclenche un dispositif d'affichage 85.

Ce dispositif peut être constitué, par exemple, d'un élément d'affichage passif à cristaux liquides ou électrochromique, ou actif tel qu'une diode électroluminescente. Il peut également être constitué par un circuit agissant sur le formateur d'impulsions motrices pour modifier le rythme d'avance de l'aiguille 5. Tous ces dispositifs sont connus, et ne seront pas décrits plus en détail ici.

Lorsque la sortie 84a passe à «1», l'entrée 83d de la porte 83, qui est reliée à cette sortie 84a par un inverseur 86, passe à «0», ce qui bloque le compteur 82 dans son état «1111».

Lorsque la durée des impulsions motrices diminue, le compteur 82 est remis à zéro par un signal appliqué à son entrée R par la sortie 87a d'une porte ET 87 dont l'entrée 87b est reliée à la sortie 51b et l'entrée 87c, par l'intermédiaire d'un inverseur 88, à la sortie 37a.

Le circuit formé par les portes, inverseurs, compteur et décodeur 27 à 49 (fig. 4) est destiné à déterminer la durée des impulsions motrices en fonction du contenu du compteur 38. La fig. 12 donne le schéma d'un circuit remplissant la même fonction, mais qui est beaucoup plus simple. On retrouve dans cette fig. 12 le compteur 38, et les portes 46 et 48 qui lui transmettent les impulsions délivrées par les sorties 9.4 et 9.6 du circuit 9. Mais la sortie 46a est maintenant reliée à l'entrée 38e de décrémentation et la sortie 48a à l'entrée 38d d'incrément, ce qui fait, d'une part, que chaque impulsion délivrée par la sortie 9.6 du circuit 9

pour allonger la durée des impulsions motrices augmente le contenu du compteur 38 d'une unité, à condition que la porte 48 ne soit pas bloquée et, d'autre part, que chaque impulsion délivrée par la sortie 9.4 du circuit 9 pour raccourcir la durée des impulsions motrices diminue d'une unité le contenu du compteur 38, à condition que la porte 46 ne soit pas bloquée.

L'entrée 20a de la mémoire 19-20 (fig. 4) est, dans le cas de cette fig. 12, reliée à la sortie 88a d'une porte OU 88 dont l'entrée 88b est reliée à la sortie 89a d'une porte ET 89 et l'entrée 88c à la sortie 2g du diviseur 2. L'entrée 89b de cette porte 89 est reliée à la sortie de l'inverseur 13 et se trouve donc normalement à «1». Ses entrées 89d à 89g sont reliées aux sorties 91a à 94a de quatre portes OU 91 à 94. Ces dernières ont chacune une entrée 91b à 94b reliée, respectivement, à une des sorties 2h à 2k du diviseur 2. L'entrée 89c de la porte 89 est reliée à la sortie 95a d'une porte NON-ET 95 dont les entrées 95b à 95d sont reliées aux sorties 38f à 38h du compteur 38. Ces sorties 38f à 38h sont les inverses des sorties 38a à 38c, respectivement, utilisées dans le schéma de la fig. 8. La seconde entrée 91c de la porte 91 est reliée à la sortie 95a par l'intermédiaire d'un inverseur 96, et les secondes entrées 92c à 94c sont reliées respectivement aux sorties 38f à 38h.

Lorsque le compteur 38 est dans son état 0, ses sorties 38f à 38h sont dans l'état «111». Le compteur 38 ne peut alors pas être incrémenté par des impulsions délivrées par la sortie 9.6 du circuit 9 à l'entrée 3.3 du circuit 3, car l'état «0» qui apparaît à la sortie 95a bloque la porte 48 par son entrée 48c qui est reliée à cette sortie 95a.

Cet état «0» bloque également la porte 89 par son entrée 89c, et la sortie 88a suit le signal 2g. Le signal 88a a donc exactement la même forme que le signal 27a₀₀₀ de la fig. 7, et les impulsions motrices ont leur durée maximale.

La première impulsion délivrée par la sortie 9.4 à l'entrée 3.1 et, à travers la porte 46, à l'entrée 38e de décrémentation, fait passer le compteur 38 de son état 0 à son état 7. Dans cet état, les sorties 38f à 38h prennent l'état «000», et la sortie 95a passe à «1». Les entrées 91c à 94c, par contre, passent à «0», ce qui fait que la sortie 89a, et donc la sortie 88a, délivre un signal «1» lorsque les sorties 2h à 2k sont simultanément à «1». C'est exactement la situation du signal 27a₀₀₁ de la fig. 7.

Les impulsions 9.4 suivantes font passer les sorties 38f à 38h à l'état «001», puis «010», ..., «110». Pour chacun de ces états, une combinaison particulière des signaux 2g à 2k parvient à la sortie 88a, dont l'état varie exactement de la même manière que dans les diagrammes 27a₀₁₀ à 27a₁₁₁ de la fig. 7.

Une porte NON-ET 97 a sa sortie 97a reliée à l'entrée 46b de la porte 46, ses entrées 97b et 97c reliées aux sorties 38f et 38g, et son entrée 97d reliée, par un inverseur 98, à la sortie 38h. Lorsque les sorties 38f à 38h atteignent l'état «110» correspondant à la durée minimale des impulsions motrices (le compteur 38 est alors dans son état 1, en décimal), la sortie 97a de la porte 97 passe donc à «0» et bloque la porte 46. Les impulsions suivantes délivrées par la sortie 9.4 ne peuvent donc plus atteindre l'entrée 38e. Le compteur 38 ne peut donc pas passer de cet état 1 à son état 0 qui, on l'a vu ci-dessus, correspond à la durée maximale des impulsions motrices.

Les impulsions délivrées par la sortie 9.6 du circuit 9, et qui atteignent l'entrée 38d par l'intermédiaire de la porte 48, modifient bien entendu l'état du compteur 38 en sens inverse de celui qui a été décrit ci-dessus. Les impulsions 9.4 et 9.6 ont donc, sur la durée des impulsions motrices, le même effet que dans le cas de la fig. 8.

De même, lorsque le signal 9.5 passe à «1» pour provoquer la formation d'impulsions de rattrapage, l'entrée 89b, qui est reliée à la sortie de l'inverseur 13, passe à «0». La porte 89 est donc bloquée, et le signal 88a devient identique au signal 2g, qui est appliqué à l'entrée 88c de la porte 88. Les impulsions motrices ont

donc leur durée maximale, indépendamment de l'état du compteur 38.

Enfin, comme dans le cas de la fig. 4, lorsque le signal 9.7 est appliqué à l'entrée R de remise à zéro du compteur 38, la durée des impulsions motrices repasse à son maximum.

On pourrait bien entendu imaginer d'autres modes de mise en œuvre de l'invention. Il serait possible, par exemple, de délivrer une impulsion d'essai 2 ou 3 fois par tour de l'aiguille des secondes; ou de modifier le nombre et la grandeur des pas entre la durée maximale et la durée minimale des impulsions motrices; ou encore de choisir autrement la durée des impulsions d'essai, et de modifier différemment la durée des impulsions motrices suivantes

selon le nombre des impulsions de rattrapage qui ont dû éventuellement être délivrées.

On pourrait également agir sur d'autres paramètres des impulsions motrices pour régler l'énergie délivrée au moteur. Chaque 5 impulsion motrice pourrait, par exemple, être remplacée par un train d'impulsions courtes. L'inductivité du moteur agissant comme un filtre sur ce train d'impulsions, l'effet de ce dernier serait le même que celui d'une impulsion motrice dont l'amplitude serait réduite d'un facteur égal au rapport cyclique des impulsions 10 composant le train. En modifiant ce rapport cyclique, on pourrait faire varier l'amplitude de l'impulsion motrice résultante, et donc l'énergie fournie au moteur.

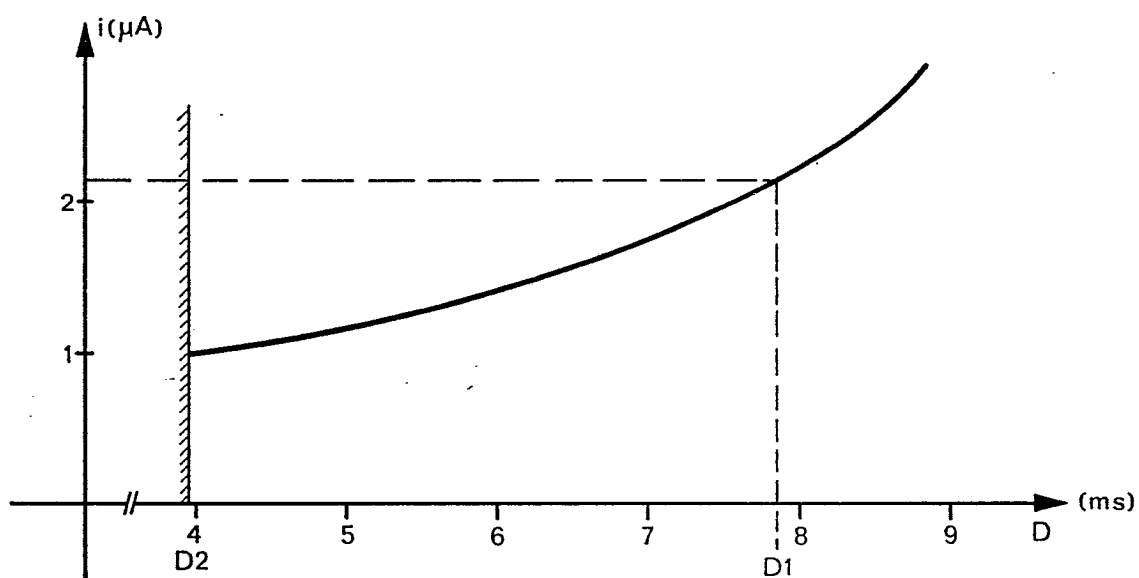


FIG.1

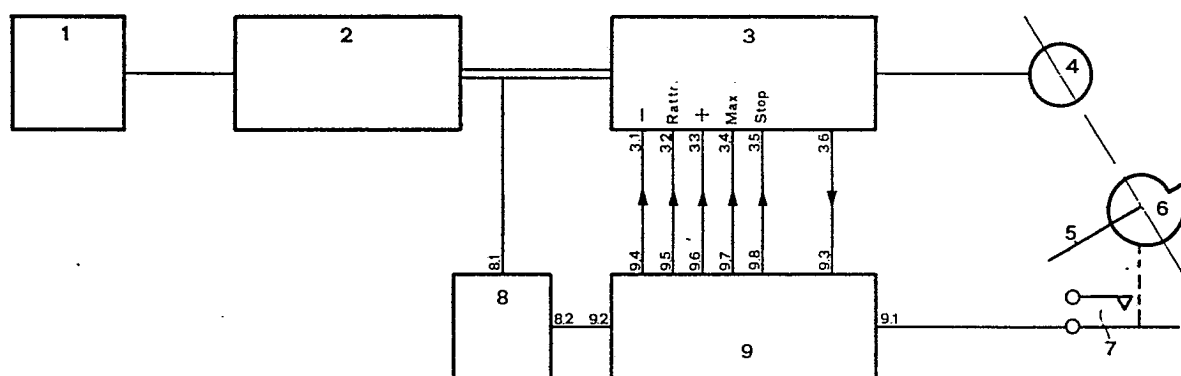


FIG.2

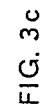


FIG. 3 b

FIG. 3a

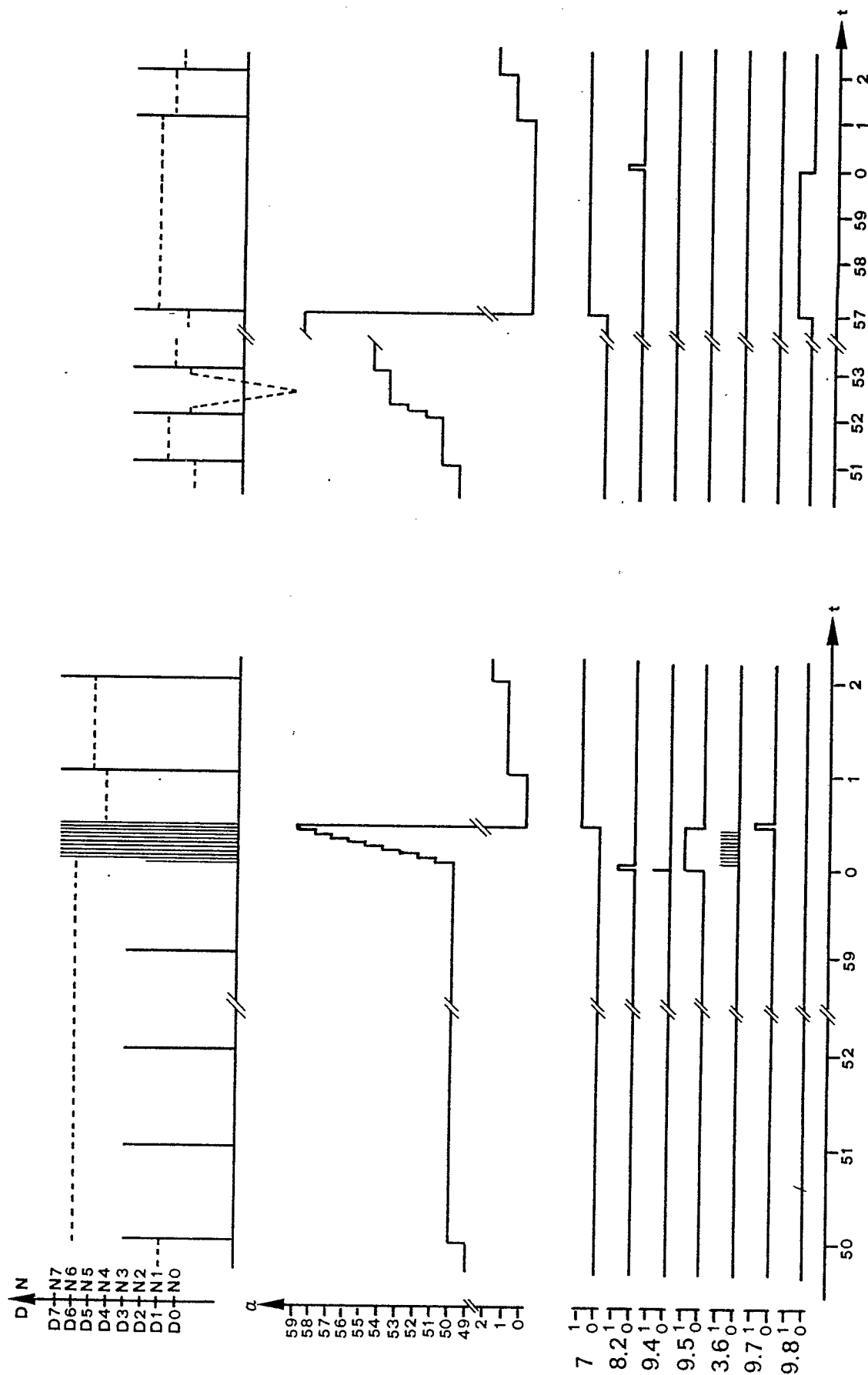


FIG. 3d

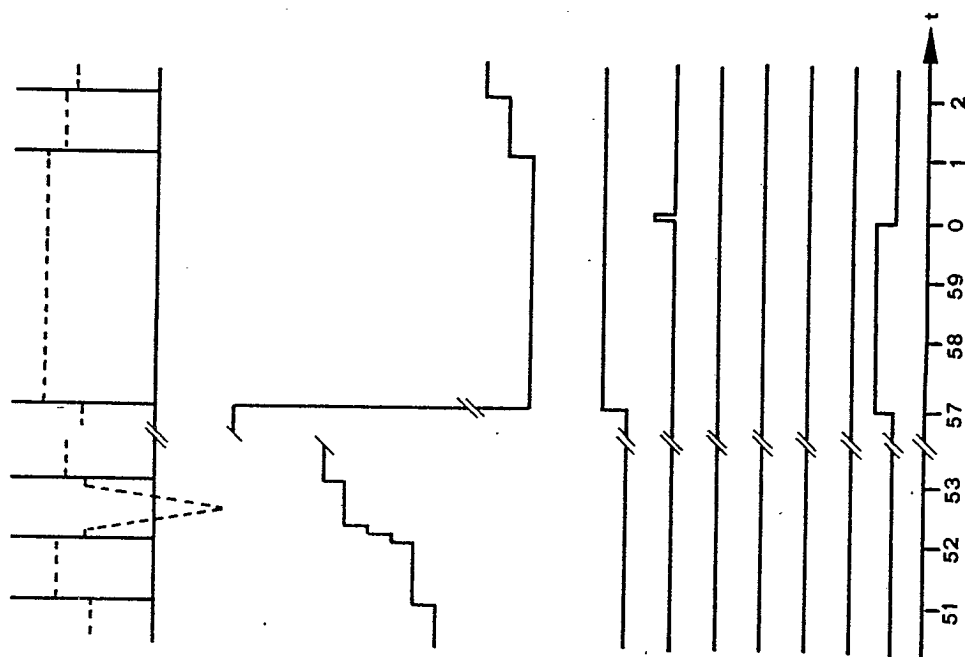


FIG. 3e

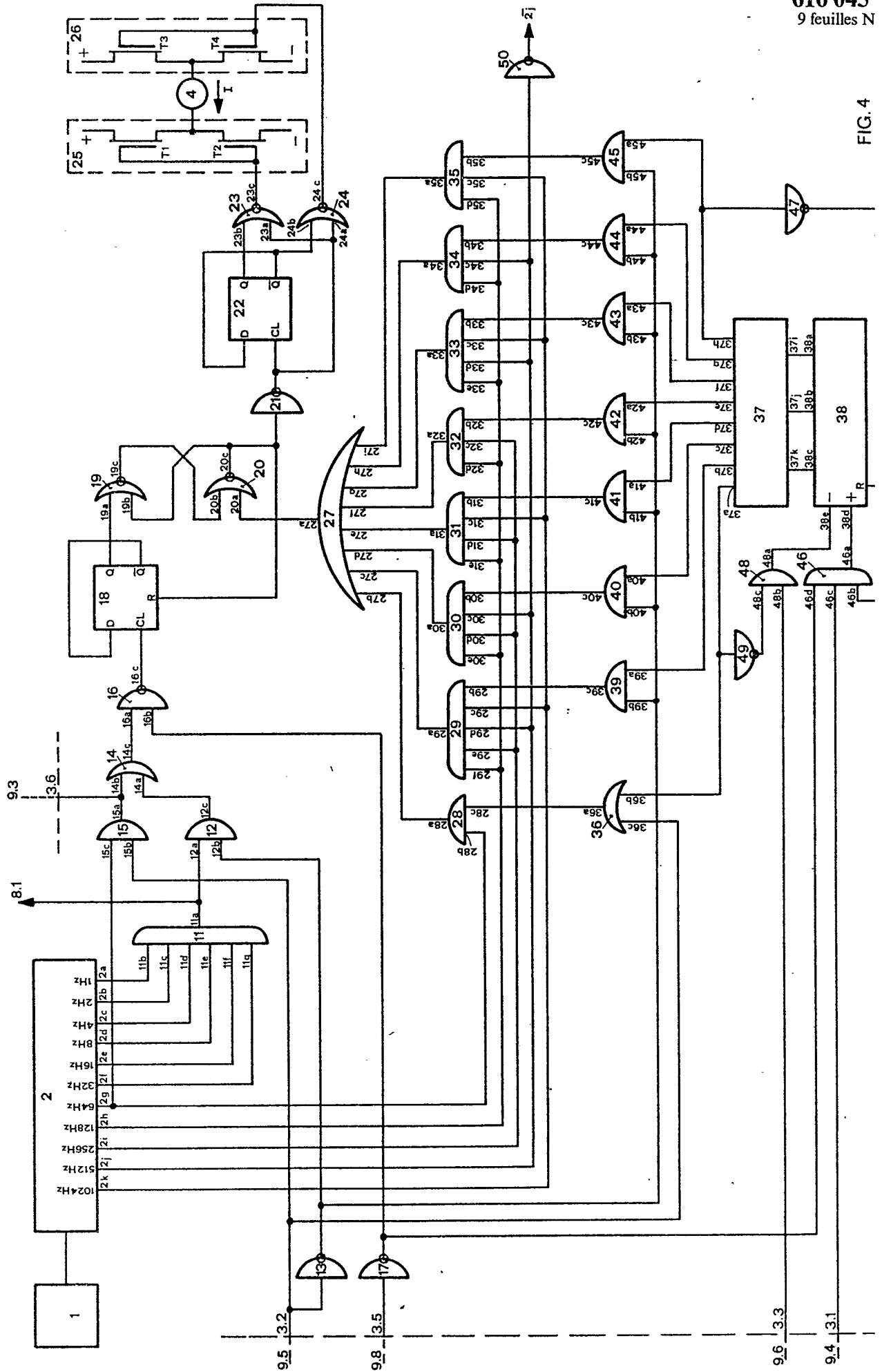
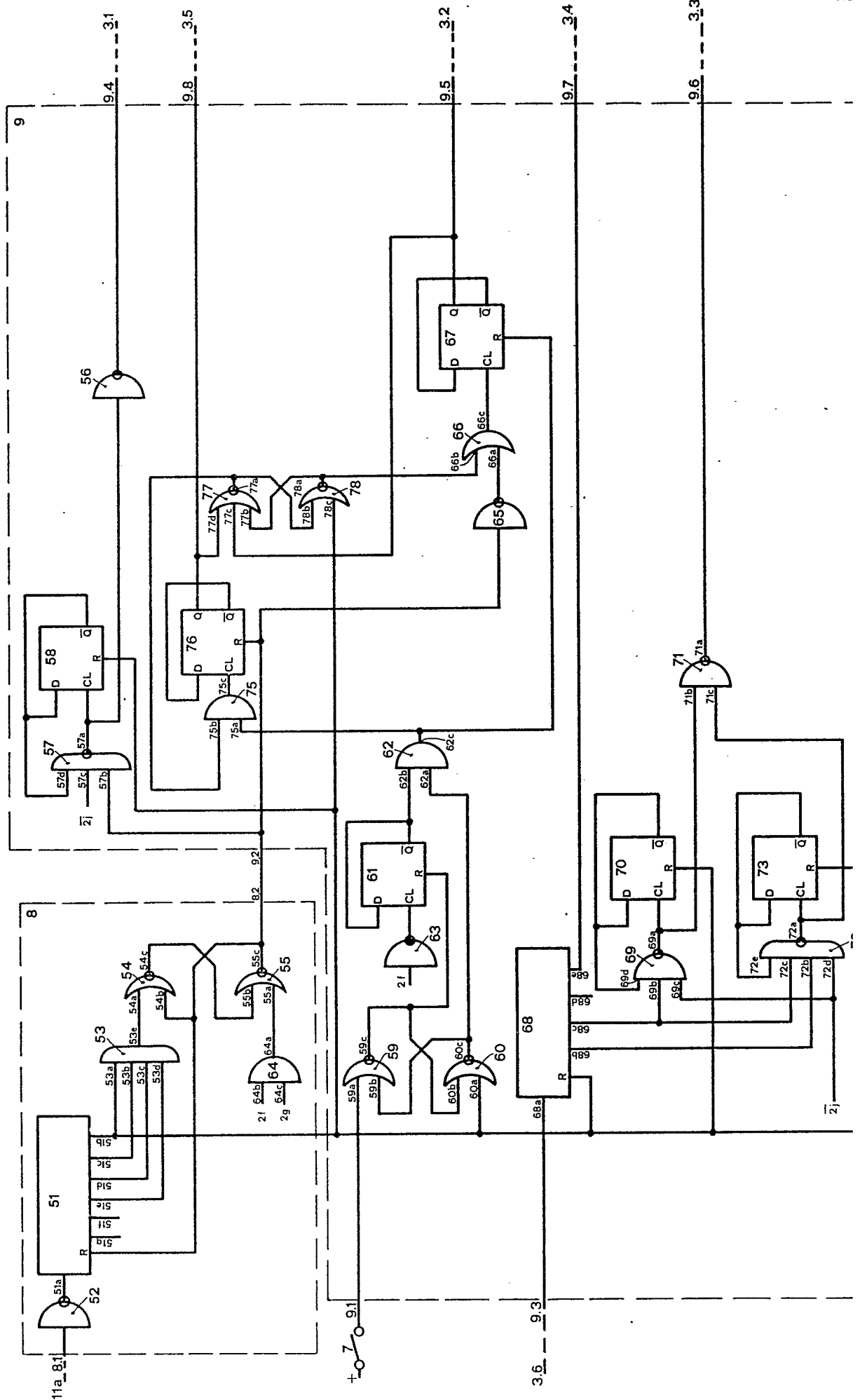


FIG. 4



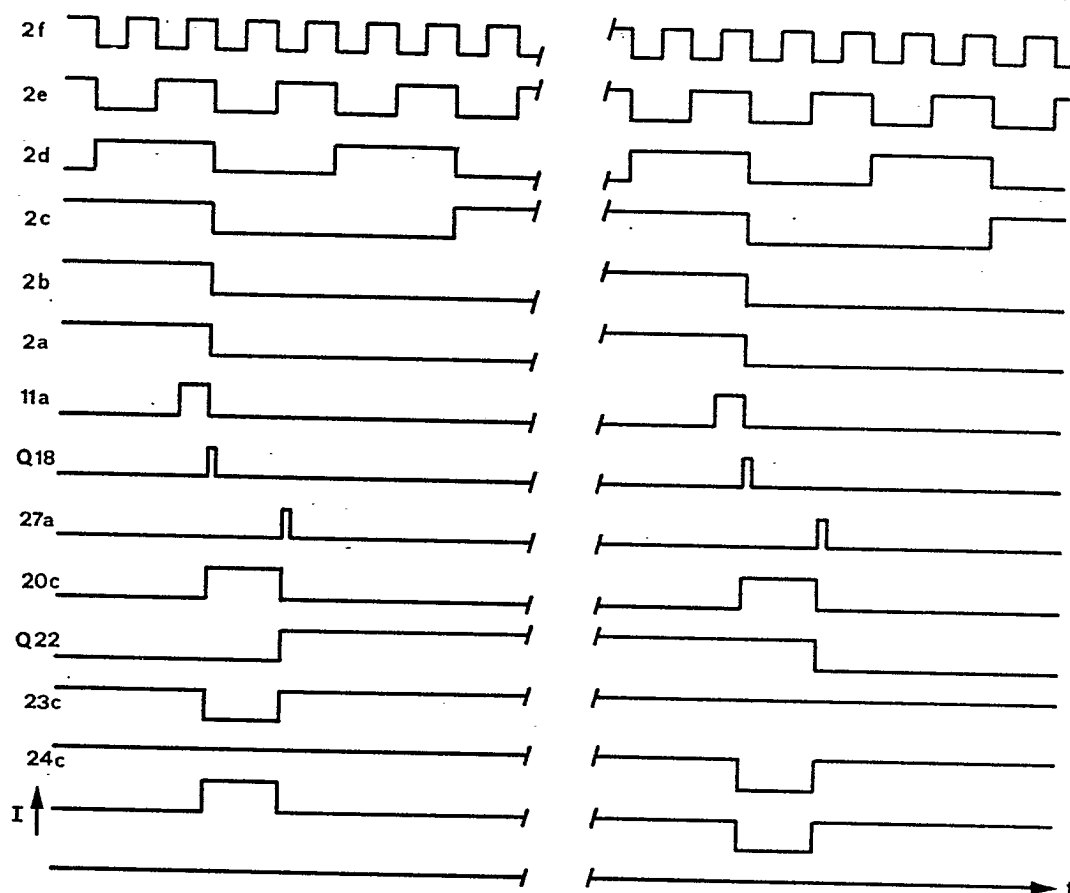


FIG. 6

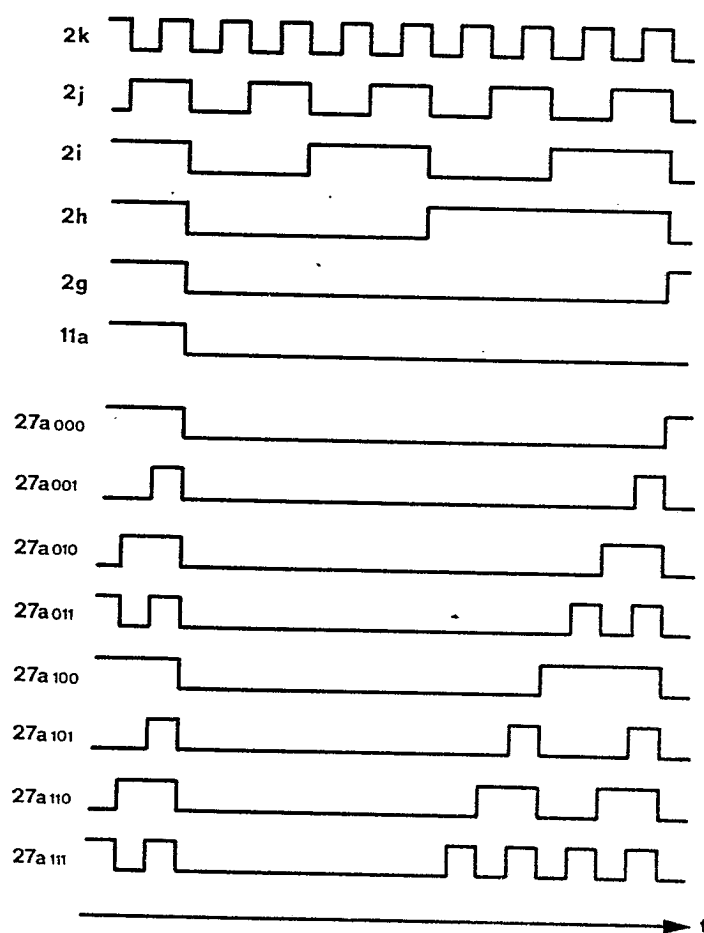


FIG. 7

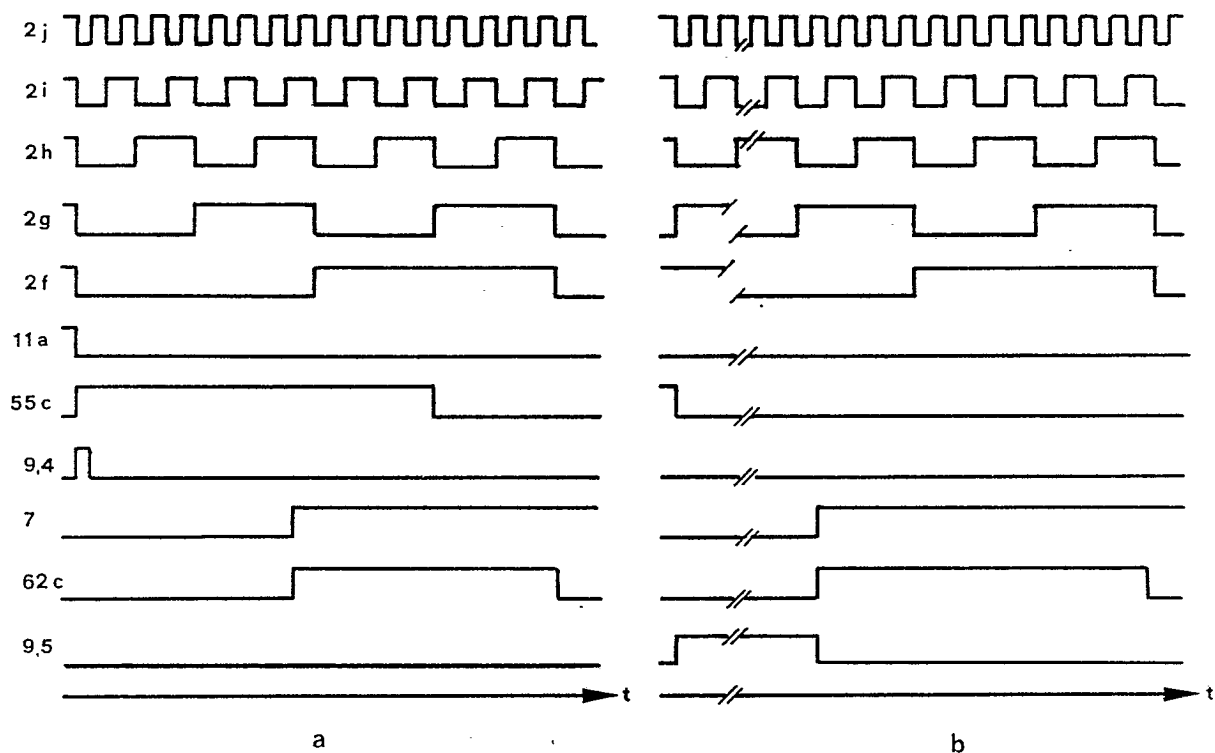


FIG. 8

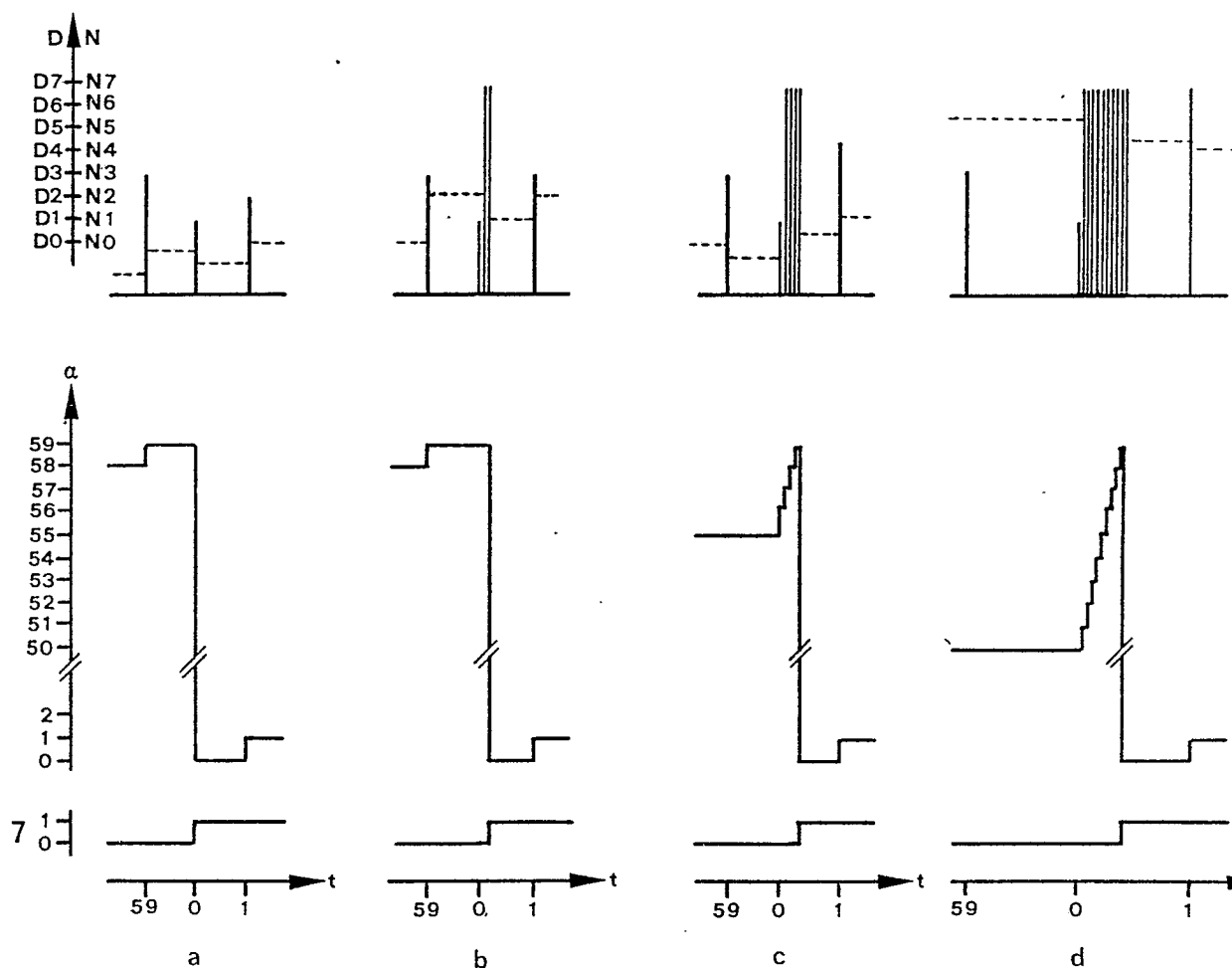


FIG. 9

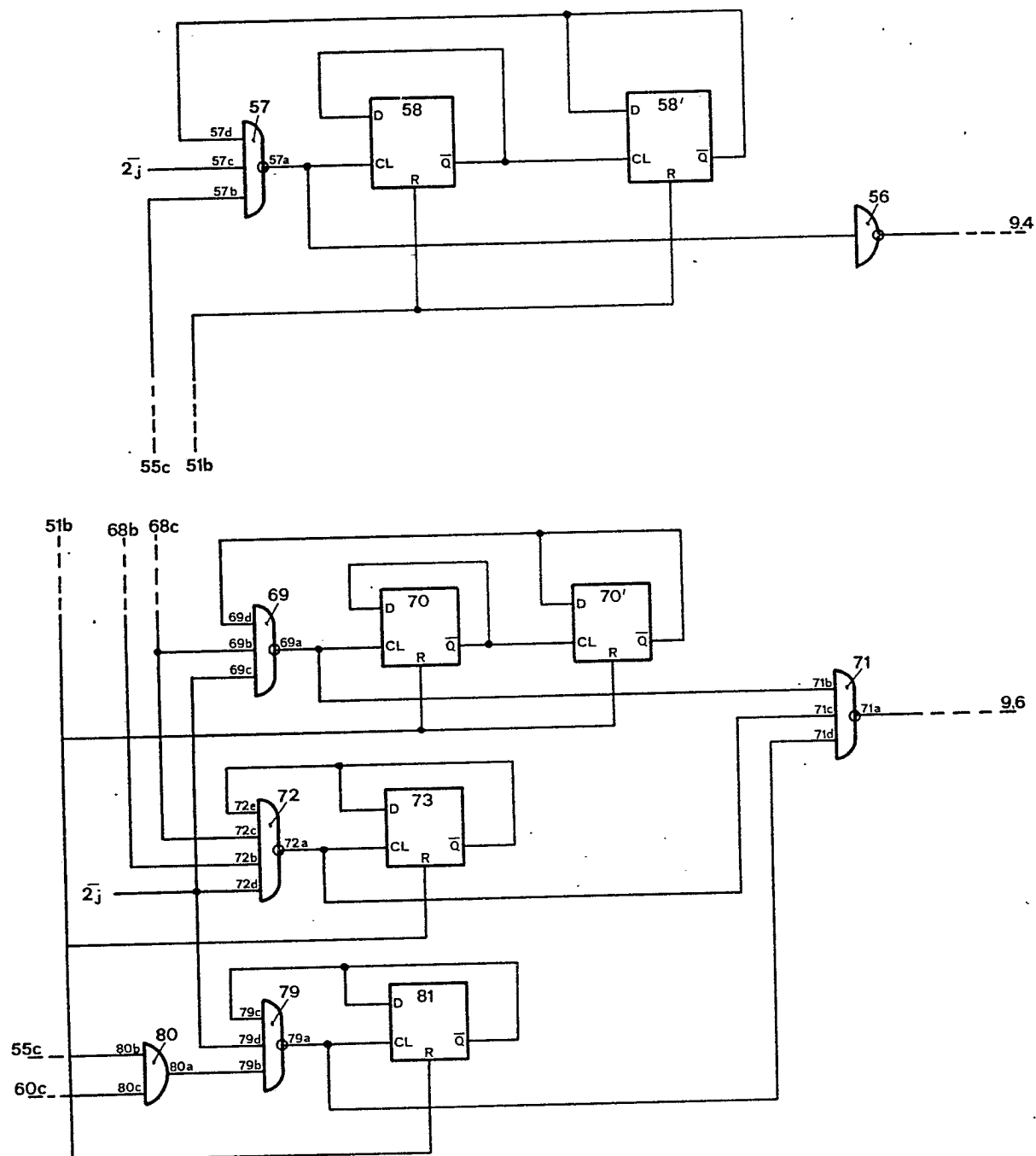


FIG. 10

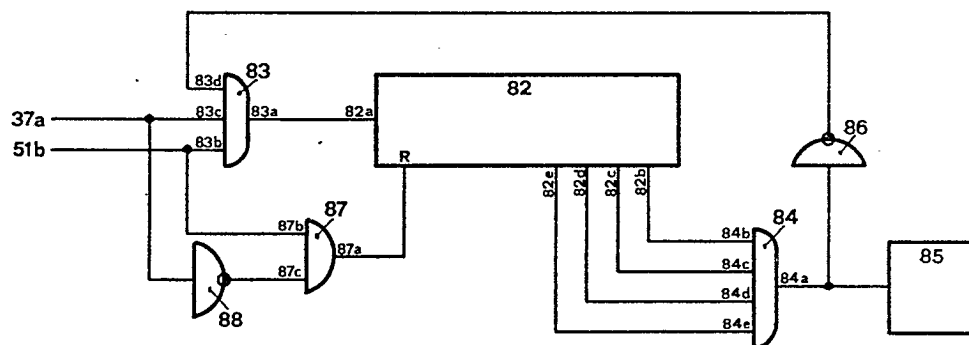


FIG. 11

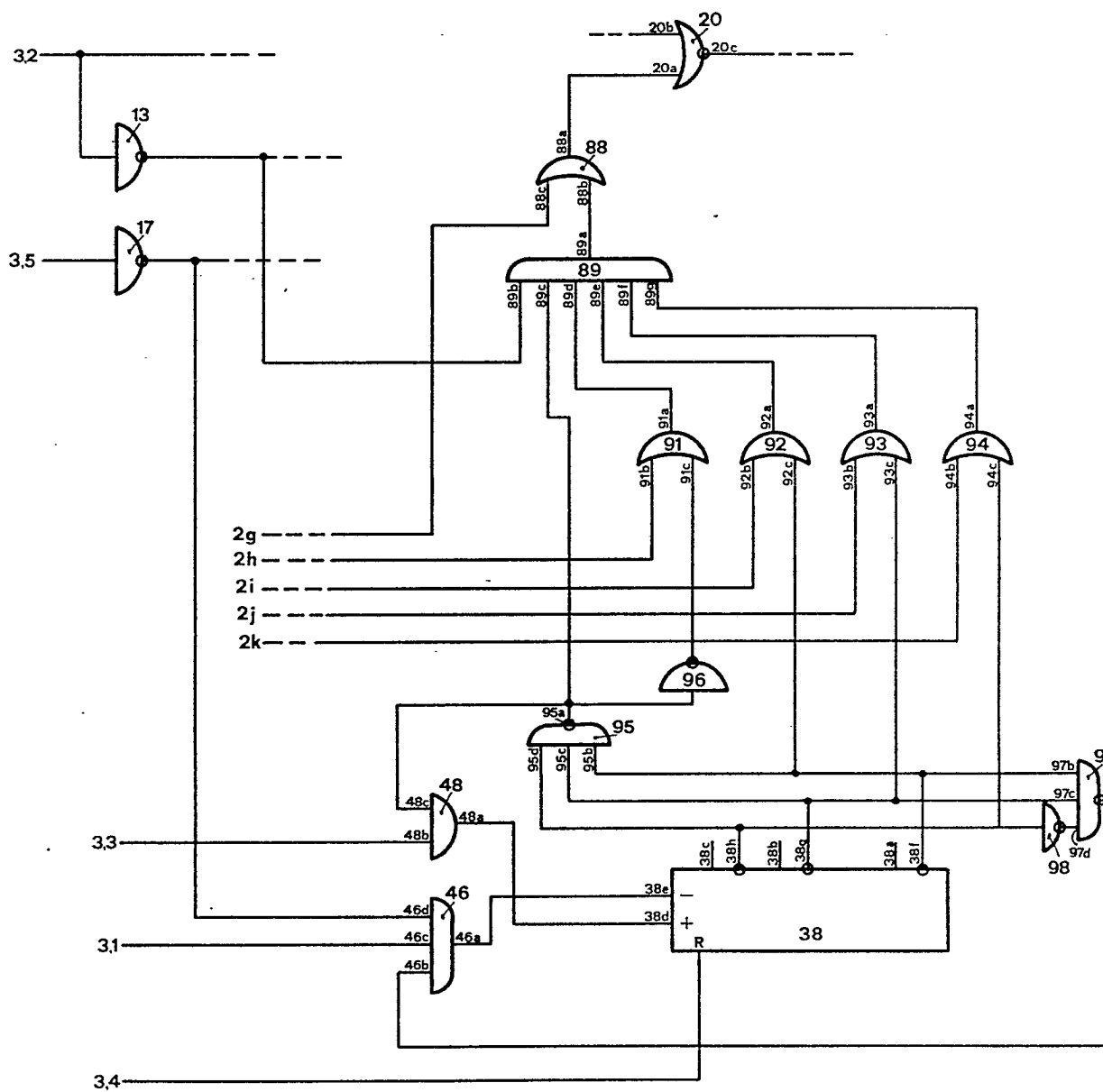


FIG. 12