

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 82 09053

(54) Procédé de type numérique d'enregistrement de signaux sonores sur un support magnétique à plusieurs pistes.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). G 11 B 5/09.

(22) Date de dépôt..... 25 mai 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 48 du 2-12-1983.

(71) Déposant : Société dite : THOMSON-BRANDT, société anonyme. — FR.

(72) Invention de : Jean-Louis Bernet.

(73) Titulaire :

(74) Mandataire : Philippe Guilguet, Thomson-CSF, SCI,
173, bd Haussmann, 75379 Paris Cedex 08.

PROCEDE, DE TYPE NUMERIQUE, D'ENREGISTREMENT DE
SIGNALS SONORES SUR UN SUPPORT MAGNETIQUE
A PLUSIEURS PISTES.

L'invention est relative à un procédé, de type numérique, d'enregistrement de signaux sonores sur un support magnétique à plusieurs pistes, tel qu'une bande en cassette. Elle concerne également : un procédé de lecture des enregistrements effectués par ce
5 procédé, un dispositif d'enregistrement et/ou de lecture de signaux ainsi enregistrés ainsi qu'un support magnétique, notamment une bande en cassette, présentant de tels enregistrements.

Pour enregistrer, sous forme numérique, un signal analogique sur un support magnétique on échantillonne ce signal et on convertit
10 chaque échantillon en un nombre binaire, c'est-à-dire en une suite de bits. Un bit occupe une longueur déterminée sur le support. La qualité de l'enregistrement étant d'autant plus grande qu'est élevé le nombre de bits par échantillon, un enregistrement numérique occupe donc une longueur importante sur le support.

15 Pour une même qualité d'enregistrement, l'invention permet de réduire la longueur occupée par chaque échantillon sur le support magnétique.

Le procédé d'enregistrement selon l'invention est caractérisé en ce que chaque échantillon de signal analogique à enregistrer est
20 converti en un signal numérique à N bits qui sont séparés en autant de groupes de bits que de pistes, chacun de ces groupes formant un nombre qui est enregistré sur la piste correspondante. Par exemple si le nombre à N bits est abcd et si le nombre de pistes est égal à deux on enregistre le nombre ab sur la première piste et le nombre
25 cd sur la seconde piste. Dans ces conditions, la longueur occupée par chaque échantillon sur le support correspond à deux bits alors que si l'enregistrement était effectué de façon classique cette longueur correspondrait à quatre bits pour une période d'échantillonnage.

De préférence, sur chaque piste le nombre correspondant à un groupe de bits est enregistré sous forme analogique, notamment sous la forme d'une sinusoïde à la fréquence d'échantillonnage. Dans ce dernier cas chaque période d'échantillonnage contient deux demie-alternances de même amplitude; cette amplitude correspond au nombre formé par ledit groupe de bits. Pour la lecture il suffit alors d'utiliser l'une des demie-alternances, l'autre demie-alternance pouvant être utilisée pour effectuer un contrôle de la qualité de l'enregistrement ou de la lecture. En effet, les amplitudes des deux demie-alternances d'une période d'échantillonnage devant être égales, une inégalité entre ces amplitudes traduit un défaut dans l'enregistrement ou la lecture. Pour le contrôle on effectue donc une comparaison entre les amplitudes; si cette comparaison indique une inégalité on peut supprimer le signal sur la période d'échantillonnage et, éventuellement, le remplacer par le signal transmis lors de la période d'échantillonnage précédente.

Bien que, dans cette dernière réalisation, les signaux soient enregistrés sur chaque piste sous forme analogique on bénéficie cependant des avantages de l'enregistrement numérique, notamment l'insensibilité aux bruits, car le signal analogique peut être d'une faible précision. En effet son niveau doit être choisi parmi un nombre limité de niveaux, ce nombre limité étant égal à 2^n , n représentant le nombre de bits constituant le groupe de bits à enregistrer sur la piste correspondante.

On a constaté qu'on obtenait un enregistrement d'une qualité satisfaisante sur une bande magnétique en cassette normalisée à quatre pistes parallèles avec un nombre N égal à douze (le nombre de bits pour chaque piste étant ainsi égal à trois) et une fréquence d'échantillonnage de 10 KHz.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront avec la description de certains de ses modes de réalisation, celle-ci étant effectuée en se référant aux dessins ci-annexés sur lesquels :

- les figures 1 à 3 sont des diagrammes destinés à expliquer les procédés d'enregistrement et de lecture selon l'invention,
- la figure 4 est un schéma d'un dispositif d'enregistrement mettant en oeuvre le procédé de l'invention, et
- 5 - la figure 5 est un schéma d'un dispositif de lecture de bande magnétique mettant en oeuvre le procédé de l'invention.

10 L'exemple de réalisation qui va être décrit en relation avec les figures concerne un magnétophone (enregistreur et lecteur) à cassettes présentant une tête d'enregistrement et de lecture à quatre pistes.

La fréquence d'échantillonnage est de 10 KHz.

15 Chaque échantillon du signal à enregistrer, qui se présente sous forme analogique, est converti en un mot numérique binaire à douze bits qui est séparé en quatre ensembles de trois bits et chacun de ces ensembles de trois bits, qui forme un nombre ou mot binaire, est enregistré sur une piste sous la forme d'une alternance d'un signal sinusoïdal à la fréquence d'échantillonnage, le mot de trois bits correspondant étant représenté par l'amplitude de chaque demie-alternance. Chaque mot de trois bits est ainsi enregistré sous
20 forme analogique sur chaque piste, le signal analogique ne pouvant cependant prendre qu'une valeur choisie parmi huit valeurs.

Dans l'exemple de la figure 1 le mot numérique binaire à douze bits est 001100000111. Celui-ci est séparé en quatre mots de trois bits à savoir 001, 100, 000, 111, la séparation étant telle que les
25 trois bits les plus significatifs, c'est-à-dire 001, sont sur la première piste et les groupes de trois bits suivants respectivement sur la seconde, la troisième et la quatrième piste. Le codage en amplitude est effectué de façon naturelle, c'est-à-dire que le plus petit nombre binaire à trois bits (000) correspond à la plus faible amplitude (diagramme 1_c) et le plus grand nombre binaire de trois bits (111, de valeur 7 en notation décimale) correspond à la plus grande amplitude d'alternance de sinusoïdes, (diagramme 1_d).
30

Sur la figure 2 on a représenté sur le même diagramme avec le temps t en abscisses et l'amplitude en ordonnées, trois demie-

alternances respectivement 10, 11 et 12 apparaissant entre les instants 0 et $\frac{T_e}{2}$, avec $T_e = \frac{1}{F_e}$, F_e étant la fréquence d'échantillonnage. La demie-alternance 10 correspond au nombre binaire 001, la demie-alternance 11 correspond au nombre 011 et la demie-alternance 12 au nombre 111.

Ainsi sur chacune des quatre pistes de la bande magnétique, pendant chaque période du signal d'échantillonnage est enregistrée une alternance de sinusoïde, de fréquence F_e dont l'amplitude correspond à celle d'un nombre binaire à trois bits. Si les quatre entrefers de la tête magnétique quadruple sont alignés sur une perpendiculaire à la direction de défilement de la bande les abscisses de début et de fin de chaque alternance sont les mêmes pour toutes les pistes.

Pour la lecture des signaux enregistrés sur la bande il suffit de déterminer, pour chaque période d'échantillonnage, l'amplitude d'une demie-alternance, l'information d'amplitude de la seconde demie-alternance étant en principe identique à celle contenue dans la première. Chaque amplitude de première demie-alternance est ainsi convertie en un signal binaire à trois bits et les trois bits de chaque piste sont introduits dans trois cases correspondantes d'un registre à douze bits et le mot de douze bits ainsi obtenu en sortie du registre constitue le signal de lecture qui est ensuite, le cas échéant, converti sous forme analogique.

Selon une autre disposition de l'invention on met à profit la redondance de l'information au cours de chaque période d'échantillonnage pour contrôler la qualité des signaux transmis et, en cas de défaut, effectuer une correction. En effet on a vu ci-dessus que chaque période d'échantillonnage contient deux demie-alternances d'amplitudes égales et qu'il suffit de tenir compte de l'amplitude d'une seule de ces demie-alternances. Mais pour effectuer le contrôle on tient également compte de l'amplitude de la seconde demie-alternance et on compare les amplitudes des première et seconde demie-alternances. Si elles sont égales aucune correction n'est effectuée, l'enregistrement et la lecture étant alors en principe

dépourvus de défaut. Par contre si les amplitudes des deux demie-alternances sont inégales - cette inégalité est provoquée par un défaut de l'enregistrement et/ou de la lecture et apparaît pour une ou plusieurs pistes - on supprime le mot de douze bits pour lequel apparaît ce défaut et, éventuellement, on le remplace par le mot précédent qui ne présentait pas de défaut.

En pratique on a intérêt, pour faciliter la conversion, à redresser le signal lu par la tête magnétique quadruple de façon qu'à la sortie du redresseur les deux demie-alternances d'une période d'échantillonnage aient la même polarité c'est-à-dire le même signe. Un signal redressé sur une piste est représenté à titre d'exemple sur la figure 3.

On se réfère maintenant à la figure 4 qui est un schéma d'un dispositif d'enregistrement mettant en oeuvre le procédé de l'invention.

Ce dispositif comprend un bloc 20, constituant filtre passe-bas et compresseur analogique, sur l'entrée analogique 21 duquel est appliqué le signal analogique à enregistrer sous forme mixte, analogique et numérique de la façon décrite ci-dessus, sur les quatre pistes d'une bande magnétique en cassette (non représentée). Le signal de sortie du bloc 20 est appliqué à l'entrée de données 22 d'un échantillonneur-bloqueur 23 présentant également une entrée 24 sur laquelle est appliqué le signal de synchronisation d'enregistrement à la fréquence d'échantillonnage F_e qui est fourni par un générateur d'horloge 25.

La sortie de l'échantillonneur-bloqueur 23 est reliée à l'entrée d'un convertisseur analogique-numérique 26 qui convertit les signaux délivrés par l'échantillonneur-bloqueur en mots numériques binaires de douze bits. Ce convertisseur 26 présente une entrée 27 de synchronisation reliée à une sortie 28 du générateur 25 délivrant des signaux à la fréquence F_e .

Le convertisseur 26 présente douze sorties parallèles, une sortie correspondant à 1 bit. Les trois premières sorties 29_1 sont reliées aux entrées parallèles d'un registre 30_1 à trois cases, c'est-à-

dire emmagasinant trois chiffres binaires. Les sorties 29_2 , 29_3 et 29_4 pour les bits de rangs respectifs 4 à 6, 7 à 9 et 10 à 12 du convertisseur 26 sont respectivement reliées, de façon analogue, aux entrées parallèles de registres 30_2 , 30_3 et 30_4 à trois cases chacun et identiques au registre 30_1 . En variante au lieu de quatre registres 30_1 , 30_2 , 30_3 et 30_4 à trois bits chacun on utilise un unique registre à douze cases à entrées et sorties parallèles.

Les sorties parallèles des registres 30_1 , 30_2 , 30_3 et 30_4 sont reliées, par l'intermédiaire de registres tampons 31_1 à 31_4 identiques aux registres 30_1 à 30_4 , aux entrées également parallèles de convertisseurs numériques-analogiques respectivement 32_1 à 32_4 . Chacun de ces convertisseurs 32 est du type à quatre quadrants et fournit sur sa sortie les deux demie-alternances d'une sinusoïde à la fréquence F_e d'échantillonnage (figure 2).

Bien entendu les registres 30 et 31 ainsi que les convertisseurs 32 présentent des entrées de synchronisation reliées à des sorties correspondantes du générateur 25 de synchronisation.

La sortie de chaque convertisseur 32 est reliée à une entrée correspondante 33_1 à 33_4 d'un additionneur 36_1 à 36_4 recevant sur sa seconde entrée - représentée, pour simplifier, par une entrée unique 34 - le signal de sortie d'un oscillateur 35 de prémagnétisation. Les signaux de sortie de ces additionneurs 36_1 à 36_4 sont appliqués aux entrées respectives 37_1 à 37_4 d'une tête d'enregistrement quadruple 38 par l'intermédiaire d'amplificateurs 39_1 à 39_4 .

On se réfère maintenant à la figure 5 qui représente un dispositif de lecture de signaux enregistrés sur les quatre pistes d'une bande magnétique par le procédé selon l'invention, notamment à l'aide du dispositif d'enregistrement de la figure 4.

Ce dispositif comprend une tête de lecture 40 à quatre entrefers, c'est-à-dire pouvant lire simultanément les quatre pistes de la bande en cassette. Les quatre sorties parallèles 41 de cette tête de lecture 40 sont reliées à des redresseurs double alternance respectifs 42 par l'intermédiaire de quatre amplificateurs 43 du type à faible bruit.

On utilise la sortie de l'un des amplificateurs 43 pour former dans un générateur 44 le signal de synchronisation de lecture. Le générateur est par exemple tel qu'il détecte les passages par zéro du signal de sortie de l'amplificateur auquel il est relié.

5 Les signaux redressés sont appliqués sur les entrées de convertisseurs analogiques-numériques 45 qui transforment l'amplitude maximale de chaque demie-alternance de sinusoïde en un mot numérique binaire à trois bits. L'ensemble des convertisseurs 45 présente en tout douze sorties parallèles 46 qui sont reliées aux
10 douze entrées parallèles de registres 47 et 48 à douze cases chacun. Le registre 47 reçoit les mots numériques correspondant aux premières demie-alternances de chaque période d'échantillonnage tandis que le registre 48 reçoit les signaux fournis par la sortie 46 pour les secondes demie-alternances de chaque période d'échantillonnage.
15 La répartition temporelle des signaux de sortie 46 vers les registres 47 et 48 est effectuée à l'aide d'un organe d'aiguillage (non représenté) commandé par le générateur 44.

De même le fonctionnement des convertisseurs 45 et celui des registres 47 et 48 est synchronisé par le générateur 44.

20 Les sorties parallèles du registre 47 sont reliées aux entrées également parallèles 49, d'un multiplexeur 50 ainsi qu'aux entrées parallèles 51 d'un comparateur numérique 52 à douze bits présentant d'autres entrées parallèles 53 qui sont reliées aux sorties parallèles du registre 48.

25 Le multiplexeur 50 comporte des secondes entrées parallèles 54 qui sont connectées aux sorties 55 d'une mémoire 56 destinée à emmagasiner le mot numérique à douze bits qui a été transmis lors de la période d'échantillonnage précédente. A cet effet cette mémoire présente des entrées 57 connectées aux sorties parallèles
30 58 d'un registre tampon 59, également à douze bits, relié lui-même à la sortie du multiplexeur 50.

Enfin les sorties parallèles du registre tampon 59 sont connectées aux entrées parallèles d'un convertisseur numérique-analogique 60 délivrant sur sa sortie analogique 61 un signal qui est

transmis à une sortie audio 62 par l'intermédiaire d'un bloc 63 constituant filtre passe-bas et expanseur analogique complémentaire du compresseur analogique du bloc 20 de la figure 4.

5 Le fonctionnement de la mémoire 56 et celui du registre-tampon 59 sont synchronisés par le générateur 44.

10 Le multiplexeur 50 délivre sur ses sorties parallèles 64 soit le signal appliqué sur ses entrées 49 soit le signal appliqué sur ses entrées 54 en fonction de la comparaison effectuée par le comparateur 52. A cet effet la sortie 65 du comparateur 52 est reliée à l'entrée de commande 66 dudit multiplexeur 50. Ce dernier est tel que si le résultat de la comparaison, par exemple le chiffre binaire 0, indique que les signaux contenus dans les registres 47 et 48 sont identiques c'est le signal appliqué sur l'entrée 49, provenant du registre 47, qui est transmis sur la sortie 64. Dans le cas contraire, 15 c'est-à-dire si la comparaison, par exemple le chiffre 1, est telle qu'elle correspond à une non identité entre les contenus des registres 47 et 48, c'est le signal appliqué sur l'entrée 54 qui est transmis sur la sortie 64. En d'autres termes en cas de défaut c'est le mot transmis lors de la période d'échantillonnage précédente qui est de 20 nouveau transmis vers la sortie 62 après conversion.

Il va de soi que les supports magnétiques, notamment les bandes en cassette, enregistrés selon le procédé de l'invention entrent également dans le cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé, de type numérique, d'enregistrement de signaux sonores sur un support magnétique à plusieurs pistes, notamment une bande en cassette dans lequel le signal sonore échantillonné est converti en un mot binaire à N bits, caractérisé en ce que les bits sont séparés en groupes dont le nombre est égal au nombre de pistes, chaque groupe de bits formant un nombre binaire qui est enregistré sur une piste correspondante.

2. Procédé d'enregistrement selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'enregistrement sur chaque piste est effectué de manière analogique, le niveau du signal analogique ayant une valeur choisie parmi 2^n valeurs, n étant le nombre de bits du groupe de bits sur cette piste.

3. Procédé d'enregistrement selon la revendication 2, caractérisé en ce que sur chaque piste, pour chaque période d'échantillonnage, sont enregistrés les deux demie-alternances (10, 11, 12) d'une sinusoïde à la fréquence (F_e) d'échantillonnage, le niveau du signal étant l'amplitude maximale de chaque demie-alternance.

4. Procédé d'enregistrement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le support magnétique étant une bande, notamment en cassette, le nombre de pistes est égal à quatre et le nombre N de bits du mot binaire pour chaque échantillon du signal sonore est égal à douze, et en ce que ce mot binaire est séparé en quatre groupes de trois bits chacun.

5. Procédé d'enregistrement selon la revendication 4, caractérisé en ce que la fréquence d'échantillonnage est égale à 10 KHz.

6. Procédé de lecture d'un signal sonore enregistré selon le procédé de l'une quelconque des revendications précédentes, sur un support magnétique à plusieurs pistes tel qu'une bande en cassette, caractérisé en ce qu'à chaque période d'échantillonnage les nombres enregistrés sur chaque piste sont lus, rassemblés pour former un nombre binaire à N bits, N étant égal à la somme du nombre de bits des mots enregistrés sur chaque piste et en ce que ce nombre à N

bits est ensuite converti sous forme analogique pour restituer l'échantillon de signal sonore.

5 7. Dispositif d'enregistrement de signaux sonores sur un support magnétique à plusieurs pistes tel qu'une bande en cassette faisant appel au procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comporte un échantillonneur-bloqueur (23) à entrée analogique (22), un convertisseur (26) analogique-numérique présentant N sorties (29) parallèles qui sont séparées en
10 autant de groupes que de pistes, le signal correspondant à chaque groupe étant transmis à l'entrée correspondante d'une tête d'enregistrement (38) à plusieurs pistes.

8. Dispositif selon la revendication 7 pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce qu'il comporte, entre chaque groupe (29) de sorties du convertisseur
15 analogique-numérique (26) à N bits et l'entrée correspondante (37) de la tête d'enregistrement (38), un convertisseur numérique-analogique (32).

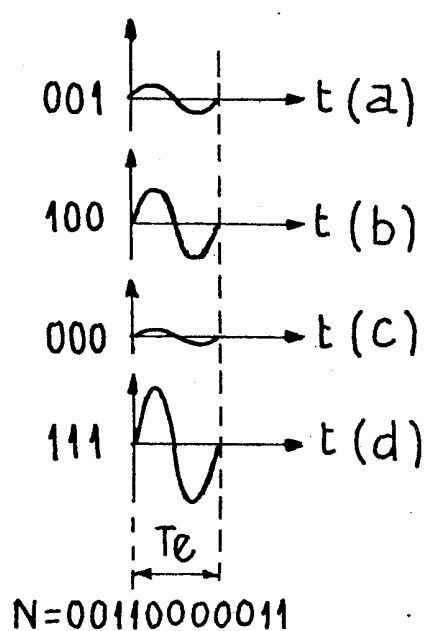
9. Dispositif de lecture de signaux enregistrés sur un support magnétique conformément au procédé de l'une quelconque des
20 revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend une tête de lecture (40) à plusieurs pistes qui sont lues simultanément, les chiffres binaires des nombres lus sur chaque piste étant rassemblés dans un registre (47) à N bits.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que
25 pour chaque piste il comprend un convertisseur analogique-numérique (45) entre la sortie (41) correspondante de la tête de lecture (40) et le groupe correspondant d'entrées du registre (47) à N bits.

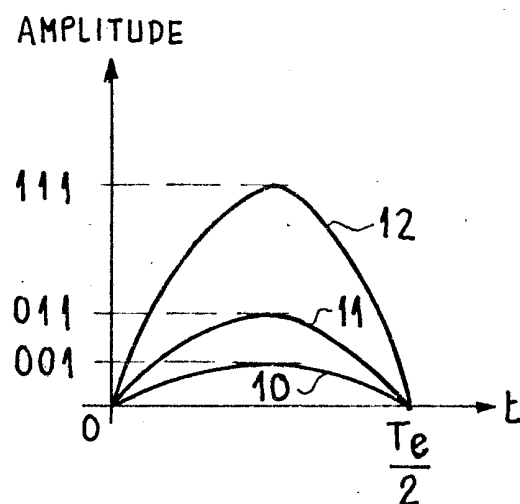
11. Support magnétique, notamment bande en cassette, caractérisé en ce qu'il est enregistré selon le procédé de l'une quelconque
30 des revendications 1 à 5.

1/3

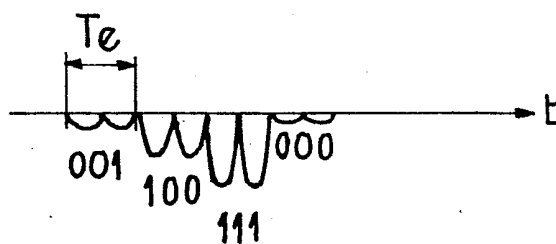
FIG_1

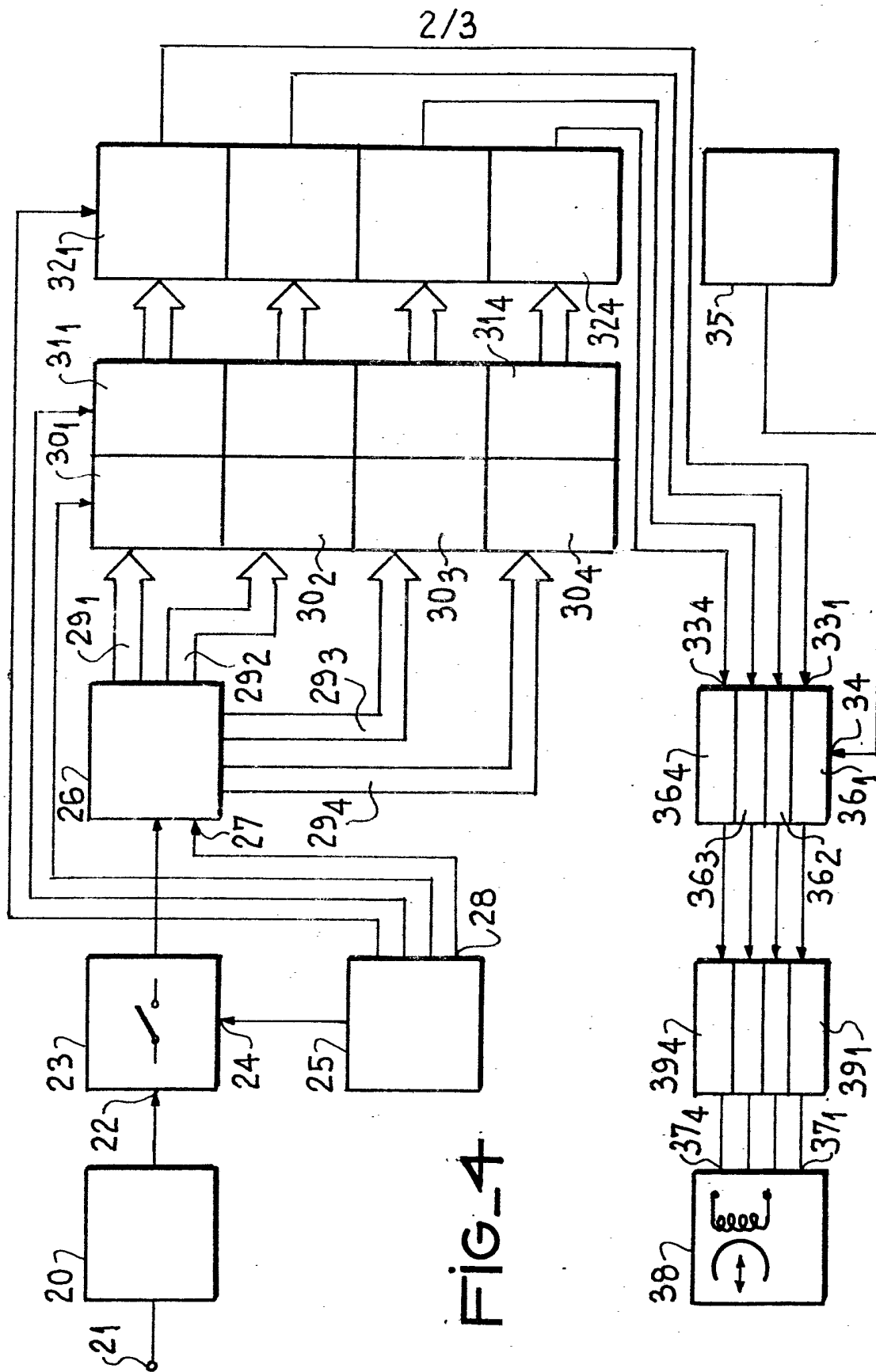


FIG_2



FIG_3





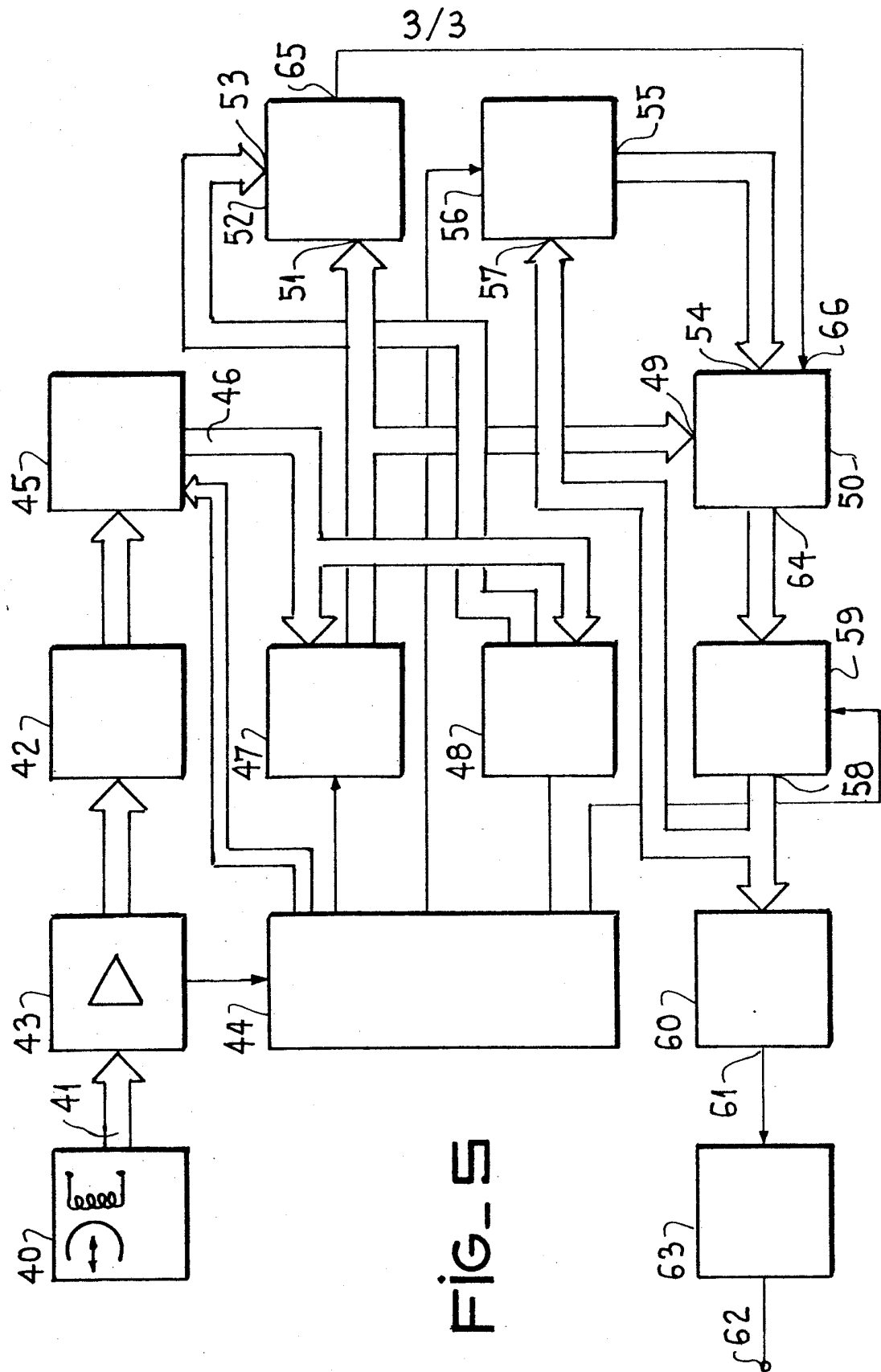


FIG-5

3/3