

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 499 334**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 82 01893**

(54) Dispositif de commande de caractéristiques pour un égalisateur numérique.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). H 03 H 17/04; G 11 B 5/09.

(22) Date de dépôt ..... 5 février 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : Japon, 5 février 1981, n° 14938/1981 et 14344/1981, et 27 février 1981, n° 27844/1981.

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 31 du 6-8-1982.

(71) Déposant : Société dite : VICTOR COMPANY OF JAPAN, LTD, société de droit japonais, résidant au Japon.

(72) Invention de : Tsuchikane Yoshiyuki et Masao Kasuga.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Madeuf, conseils en propriété industrielle,  
3, av. Bugeaud, 75116 Paris.

La présente invention concerne, de manière générale, des dispositifs de commande de caractéristiques pour des égalisateurs numériques, et elle se rapporte notamment à un dispositif de commande pour un égalisateur numérique dans lequel une ou plusieurs des caractéristiques intermédiaires sont réglées entre de première et seconde caractéristiques arbitraires lorsqu'une caractéristique d'égalisation de l'égalisateur numérique est modifiée depuis la première caractéristique arbitraire pour donner la seconde caractéristique arbitraire, afin de changer la caractéristique en obtenant successivement la caractéristique intermédiaire à chaque stade, et, en outre, la commande est effectuée de telle manière que le changement vers chaque caractéristiques soit effectué à tout laps de temps prédéterminé afin d'éviter la formation de bruits et analogues provenant du changement de caractéristiques de l'égalisateur numérique lorsque l'on obtient un signal analogique en soumettant une sortie de l'égalisateur numérique à une conversion numérique-analogique de sorte que la performance de l'égalisateur numérique est améliorée.

De manière générale, dans des dispositifs d'enregistrement et de reproduction de signaux numériques à modulation d'impulsions (tels que des signaux à modulation par impulsions codées), l'égalisation des caractéristiques pour obtenir une caractéristique d'amplitude ou de phase-fréquence prédéterminée était effectuée par rapport à un signal analogique obtenu en soumettant un signal numérique reproduit à une conversion numérique-analogique au niveau d'un convertisseur N/A.E n variante, l'égalisation des caractéristiques était effectuée par rapport à un signal modulé du signal numérique modulé en amplitude, à savoir le signal analogique d'origine. La raison pour laquelle le procédé ci-dessus était utilisé est que l'égalisation des caractéristiques ne pouvait pas être effectuée directement par rapport au signal numérique mais uniquement par rapport au signal analogique.

En conséquence, même dans le cas d'un signal numérique obtenu par un enregistrement de très bonne qualité, un

traitement du signal tel que le passage du signal numérique à travers un convertisseur N/A était habituellement obligatoire. Une dégradation de la qualité du son était ainsi introduite (si le signal analogique d'entrée était un signal 5 audio) lorsque le signal numérique passait à travers un dispositif analogique. Il existait, en outre, un inconvénient en ce que l'égalisateur lui-même, qui effectue l'égalisation des caractéristiques par rapport au signal analogique, provoquait une dégradation dans la qualité du son.

10 Par conséquent, de manière à éviter la dégradation ci-dessus dans la qualité du son, il était fortement souhaitable de réaliser un égalisateur numérique capable d'effectuer une égalisation des caractéristiques d'amplitude et de phase-fréquence du signal converti analogique de sortie obtenu 15 à partir du signal numérique, directement par rapport au signal numérique. Lors de la réalisation d'un tel égalisateur numérique, il serait souhaitable de concevoir l'égalisateur numérique de telle manière que la caractéristique égalisée par ce dernier puisse être arbitrairement modifiée, et 20 qu'aucun bruit ne soit formé lors du changement de la caractéristique d'utilisation.

L'invention a ainsi pour objet :

- un dispositif de commande de caractéristiques pour un égalisateur numérique qui est nouveau et particulièrement utile, et dans lequel les inconvénients ci-dessus ont été éliminés ;

- un dispositif de commande de caractéristiques dans lequel la commande est effectuée de telle manière qu'une caractéristique d'égalisation d'un égalisateur numérique 30 soit modifiée d'une première caractéristiques arbitraire à une seconde caractéristique arbitraire en changeant successivement la caractéristique pour donner une ou plusieurs caractéristiques intermédiaires entre les première et seconde caractéristiques arbitraires avant d'atteindre la seconde 35 caractéristique arbitraire souhaitée ; selon le dispositif de la présente invention, un changement brusque dans la distribution spectrale du signal de sortie peut être supprimé, ce qui doit être comparé au cas où la caractéristique est modifiée

directement et brusquement pour donner la seconde caractéristique à partir de la première caractéristique, la formation de bruit due au changement ou à la modification des caractéristiques pouvant ainsi être empêchée ;

5 - un dispositif de commande de caractéristiques pour un égalisateur numérique dans lequel chacun des changements de caractéristiques ci-dessus est effectué avec un intervalle de temps supérieur à la durée nécessaire pour que la caractéristique du filtre numérique soit stabilisée ; selon le  
10 dispositif de la présente invention, étant donné que le changement de caractéristiques n'est pas effectué pendant le temps où le filtre numérique n'est pas stabilisé, on empêche que du bruit soit créé par le changement de caractéristiques pendant un intervalle de réponse transitoire dans lequel le  
15 filtre numérique n'est pas stabilisé ; la caractéristique peut ainsi être modifiée pour donner une caractéristique désirée sans formation du bruit qui affecterait de manière nuisible le caractère audible, et la performance de l'égalisateur numérique peut être grandement améliorée.

20 Diverses autres caractéristiques de l'invention ressortent d'ailleurs de la description détaillée qui suit.

Des formes de réalisation de l'objet de l'invention sont représentées, à titre d'exemples non limitatifs, aux dessins annexés.

25 La fig. 1 est un schéma synoptique d'une forme de réalisation d'un dispositif d'enregistrement et de reproduction de signaux numériques présentant un égalisateur numérique devant être commandé par un système de commande de caractéristiques conforme à la présente invention.

30 La fig. 2 est un schéma synoptique d'une forme de réalisation d'un dispositif de commande de caractéristiques pour un égalisateur numérique conforme à la présente invention.

Les fig. 3A et 3B sont des graphiques illustrant respectivement des caractéristiques d'égalisation avant et  
35 après que soit changée la caractéristique.

La fig. 4 est un graphique de caractéristiques permettant d'expliquer chaque exemple de trajet de changement

lorsque la caractéristique d'égalisation est modifiée selon le dispositif de la présente invention.

La fig. 5 est un graphique de caractérisques illustrant des exemples concrets de chaque caractéristiques d'égalisation avant, pendant et après la modification de la caractéristique selon le dispositif de la présente invention.

La fig. 6 est un schéma synoptique d'une autre forme de réalisation d'un dispositif de commande de caractéristiques pour un égalisateur numérique conforme à la présente invention.

Les fig. 7A et 7B sont des graphiques de caractéristiques illustrant respectivement un exemple d'une caractéristique amplitude-fréquence et d'une caractéristique phase-fréquence du circuit illustré à la fig. 6.

La fig. 8 est un schéma synoptique d'une forme de réalisation d'un égalisateur numérique.

Les fig. 9A et 9B sont des graphiques illustrant, respectivement, une caractéristique amplitude-fréquence de l'égalisateur numérique illustré à la fig. 8 et une partie de la caractéristique amplitude-fréquence à plus grande échelle.

La fig. 10 est un graphique montrant un exemple d'une caractéristique amplitude-fréquence d'un filtre de blocage basse fréquence de l'égalisateur numérique illustré à la fig. 8.

A la fig. 1, un signal audio analogique appliqué à une borne d'entrée 11 est soumis à une conversion analogique-numérique au niveau d'un convertisseur A/N 12, et il est transformé en un signal numérique à modulation d'impulsion. Un tel signal numérique est enregistré sur un support d'enregistrement 14 par un enregistreur numérique 13. Le signal numérique ainsi enregistré est reproduit à partir du support d'enregistrement 14 par un dispositif de reproduction numérique 15. Le signal numérique ainsi reproduit reçoit une caractéristique de fréquence prédéterminée (caractéristique amplitude-fréquence et caractéristique phase-fréquence) par un égalisateur numérique 16 dont la caractéristique est

commandée par le dispositif conforme à la présente invention.

Le signal numérique obtenu à partir de l'égalisateur numérique 16 est appliqué à un circuit 17 de traitement de signaux dans lequel le signal numérique est soumis à un 5 traitement tel qu'un réglage du niveau. Le signal numérique ainsi traité est transformé en un signal analogique par un convertisseur N/A 18, et il est obtenu sur une borne de sortie 19.

Au lieu de suivre le traitement d'enregistrement 10 et de reproduction ci-dessus, le signal numérique sortant du convertisseur A/N 12 peut être directement appliqué à l'égalisateur numérique 16 comme illustré par la ligne en traits interrompus 20. Dans un tel cas, le signal numérique soumis à un traitement de signaux au niveau du circuit 17 est enregistré 15 sur le support d'enregistrement 14 par l'enregistreur numérique 13 comme illustré par la ligne en traits interrompus 21.

On décrit maintenant, en liaison avec la fig. 2, une forme de réalisation d'un dispositif de commande de caractéristiques pour l'égalisateur numérique 16 qui est utilisé de la 20 manière décrite ci-dessus. Le signal numérique provenant du dispositif de reproduction numérique 15 est appliqué à un ensemble de traitement opérationnel 32 constituant l'égalisateur numérique sur une borne d'entrée 31. L'ensemble 25 de traitement opérationnel 32 est réalisé à partir d'un filtre numérique récursif du second ordre décrit, par exemple, par la relation algébrique suivante :

$$y_n = a_0 x_n + a_1 x_{n-1} + a_2 x_{n-2} - b_1 y_{n-1} - b_2 y_{n-2}$$

30 Dans la relation précédente  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$  et  $b_2$  sont respectivement des coefficients multiplicateurs provenant d'un ensemble 38 formant mémoire de coefficients. La caractéristique de l'égalisateur numérique peut être modifiée en faisant varier ces coefficients multiplicateurs. En outre, dans la 35 relation précédente  $x_n$ ,  $x_{n-1}$  et  $x_{n-2}$  représentent respectivement des signaux numériques d'entrée à des moments  $nT$  (où  $T$  est un temps d'échantillonnage),  $(n - 1)T$  et  $(n - 2)T$ . Les

termes  $y_n$ ,  $y_{n-1}$  et  $y_{n-2}$  représentent respectivement des signaux numériques de sortie aux temps  $nT$ ,  $(n-1)T$  et  $(n-2)T$ . Les coefficients multiplicateurs ci-dessus sont des nombres binaires décrits, par exemple, par une indication de complément 5 à deux. En outre, la réalisation du filtre numérique récursif décrit par la relation algébrique ci-dessus est indiquée dans une forme de réalisation de l'invention donnée ci-après mais le filtre comprend de manière générale un premier circuit de maintien permettant de maintenir un signal numérique d'en-10 trée, une mémoire vive (RAM) permettant de stocker le signal de sortie du premier circuit de maintien, un multiplicateur permettant de multiplier le signal de sortie de la RAM par un coefficient multiplicateur provenant de l'ensemble 38 formant mémoire de coefficients, un additionneur permet d'ad-15ditionner successivement des signaux provenant du multiplicateur, et un second circuit de maintien permettant de maintenir un signal provenant de l'additionneur afin de produire un signal de sortie sur une borne de sortie et d'appliquer en contre-réaction ce signal de sortie au premier circuit 20 de maintien ci-dessus.

On obtient, sur une borne de sortie 33, un signal numérique sortant de l'ensemble de traitement opérationnel 32. Le signal de commande obtenu à partir de l'ensemble de traitement opérationnel 32 est appliqué à un compteur de mots 25 34 dans lequel la caractéristique d'égalisation au niveau de l'ensemble de traitement opérationnel 32 est modifiée comme décrit ci-après, c'est-à-dire dans lequel on commande l'intervalle de temps permettant de changer le coefficient. En conséquence, un signal obtenu à partir du compteur de 30 mots 34 avec un intervalle de temps constant est appliqué à un circuit de commande d'adresse 35. Le signal ainsi appliqué au circuit de commande d'adresse 35 est transformé en un signal de commande afin de produire un coefficient multiplicateur stocké dans un emplacement d'adresse de l'ensemble 38 formant 35 mémoire de coefficients en accord avec un signal d'adresse formé à partir du circuit de formation d'adresse 36. En outre, l'adresse spécifiée par le signal de commande appliquée à

l'ensemble 38 formant mémoire de coefficients à partir du circuit 35 de commande d'adresse est stocké dans un circuit mémoire référencé 37.

On décrit maintenant la commande de caractéristiques 5 de l'égalisateur numérique présentant la réalisation décrite précédemment. Par exemple, une caractéristique amplitude-fréquence A d'un élément donné (le nombre d'éléments est déterminé par le nombre de positions des crêtes ou des creux formés dans la caractéristique amplitude-fréquence, par exemple) de l'égalisateur numérique illustré à la fig. 3A est modifiée pour donner une caractéristique amplitude-fréquence B illustrée à la fig. 3B. Dans ce cas, selon le dispositif de la présente invention, la caractéristique n'est pas modifiée pour donner la caractéristique B directement à partir 15 de la caractéristique A. Dans la présente invention, une ou plusieurs des caractéristiques intermédiaires sont réglées entre les caractéristiques A et B et la commande est effectuée de telle manière que la caractéristique se modifie successivement pour donner ces caractéristiques intermédiaires afin 20 d'obtenir finalement la caractéristique souhaitée B.

Il existe divers trajets par lesquels la caractéristique est modifiée de A à B. Par exemple, comme illustré à la fig. 4, le trajet le long duquel le sommet de la caractéristique amplitude-fréquence obtenue se déplace peut être 25  $A \rightarrow B$ ,  $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B$ ,  $A \rightarrow E \rightarrow B$  et  $A \rightarrow F \rightarrow B$ . Ainsi, si on choisit le trajet  $A \rightarrow B$ , par exemple, le trajet du changement du sommet de la caractéristique amplitude-fréquence varie depuis le sommet A où la fréquence est faible et la quantité d'augmentation de la largeur est importante, et la fréquence augmente 30 de manière graduelle. Par ailleurs, la quantité d'augmentation de la largeur diminue de manière graduelle, en même temps, et on obtient une caractéristique d'atténuation à une certaine fréquence avant d'atteindre finalement le sommet B (voir fig.4).

Quel que soit le trajet illustré à la fig. 4 qui 35 est choisi, les caractéristiques intermédiaires sont, dans la présente invention, obtenues successivement avant que la caractéristique soit modifiée de A à B. Notamment, lorsque

les caractéristiques A et B diffèrent fortement dans leur fréquence et leur niveau, un changement brusque de la distribution spectrale du signal de sortie est diminué par rapport au cas où la caractéristique est modifiée directement de A à B. On empêche ainsi, conformément au dispositif de la présente invention, le changement brusque du niveau de conversion analogique du signal de sortie, ou la formation de bruit due au changement brusque de la composante de courant continu.

Le compteur de mots 34 est réalisé de telle manière que chaque période de temps de changement, pendant la modification successive de la caractéristique par l'intermédiaire de l'ensemble des caractéristiques intermédiaires, devienne égale au temps nécessaire pour que le filtre numérique formant l'ensemble de traitement opérationnel 32 se stabilise, ou un temps plus grand que celui-ci. Selon les résultats expérimentaux obtenus par la présente invention, le temps nécessaire pour que le filtre numérique ci-dessus se stabilise est égal ou supérieur à 10 temps d'échantillonnage par rapport à un signal MIC échantillonné par une fréquence d'échantillonnage dans la gamme de 45 kHz, par exemple. On empêche par conséquent que du bruit soit formé du fait du changement de caractéristiques pendant une période de temps où le filtre numérique est stabilisé, puisque le changement de caractéristiques n'est pas effectué pendant la période instable du filtre numérique du système conforme à la présente invention.

On décrit maintenant la relation entre le changement des valeurs numériques réelles des coefficients et le changement d'amplitude-fréquence donné par l'égalisateur numérique. On suppose que les valeurs (1) à (8) indiquées dans le tableau ci-après pour les coefficients  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$  et  $b_2$  de la relation algébrique du filtre numérique ci-dessus formant l'ensemble de traitement opérationnel 32 sont stockées dans l'ensemble 38 formant mémoire de coefficients. Le tableau ci-après est donné en tant qu'exemple de cas où la fréquence d'échantillonnage est de 44,056 kHz et que le facteur Q de la caractéristique amplitude-fréquence est égal à 0,1 et est constant. En outre, les coefficients sont réellement des nombres binaires.

	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$-b_1$	$-b_2$
(1)	1,19353200	-1,57538200	0,38548420	1,48649300	-0,49012710
(2)	1,13460500	-1,54534700	0,41437570	1,48649300	-0,49012710
(3)	1,08316300	-1,52091200	0,44138310	1,48649300	-0,49012710
5 (4)	1,03883200	-1,50192700	0,46673010	1,48649300	-0,49012710
(5)	1,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
(6)	0,89683580	-0,87188010	0,01243268	0,97083640	-0,00822476
(7)	0,80272350	-0,78038660	0,01112802	0,97111370	-0,00457858
(8)	0,71747300	-0,69750830	0,00994620	0,97246210	-0,00237299

10

 $* Q = 0,1$  et commun

Dans le cas ci-dessus, lorsque la caractéristique amplitude-fréquence dans laquelle chacun des coefficients présente les valeurs indiquées dans la rangée (1) du tableau (une caractéristique présentant une crête de 4dB pour une fréquence centrale de 500 Hz, comme illustré par la ligne en trait plein I de la fig. 5) est modifiée pour donner une caractéristique amplitude-fréquence dans laquelle les coefficients présentent les valeurs indiquées à la rangée (8) du tableau (caractéristique présentant un creux de -3dB pour une fréquence centrale de 3kHz comme illustré par la ligne en trait plein III de la fig. 5), les six caractéristiques intermédiaires dans lesquelles les coefficients présentent respectivement les valeurs indiquées dans les rangées (2) à (7) du tableau sont obtenues successivement avant d'atteindre la caractéristique indiquée dans la rangée (8) du tableau. Ainsi, les coefficients indiqués à la rangée (2) du tableau sont successivement lus à partir d'adresses prédéterminées de l'ensemble 38 formant mémoire de

coefficients par l'intermédiaire du signal de commande provenant du circuit de commande d'adresse 35. En conséquence, la caractéristique amplitude-fréquence représentée par la ligne en trait plein I à la fig. 5 est modifiée pour donner une 5 caractéristique amplitude-fréquence indiquée par la ligne en traits discontinus II<sub>1</sub> à la fig. 5 qui présente une crête de 3dB, pour une fréquence centrale de 500Hz, à l'intérieur d'un temps d'échantillonnage.

Après que 10 temps d'échantillonnage se soient 10 écoulés à partir du changement indiqué ci-dessus dans la caractéristique, par exemple, un signal est produit à partir du compteur de mots 34. Ainsi, les coefficients indiqués à la rangée (3) du tableau ci-dessus sont successivement lus à partir d'autres adresses prédéterminées à l'intérieur de 15 l'ensemble 38 formant mémoire de coefficients par l'intermédiaire du circuit de commande d'adresse 35. Ainsi, on donne au signal numérique d'entrée de l'ensemble de traitement opérationnel 32 une caractéristique illustrée par la ligne en traits discontinus II<sub>2</sub> à la fig. 5 qui présente une crête 20 de 2dB pour une fréquence centrale de 500 Hz. La caractéristique est directement donnée par rapport au signal numérique. Cependant, lorsque la caractéristique est donnée, la valeur logique du signal numérique est modifiée, et il en résulte que le signal de conversion analogique du signal numérique 25 présente la caractéristique illustrée par la ligne en traits discontinus II<sub>2</sub> à la fig. 5. Il est évident, d'après ce qui précède, que le niveau du signal numérique est toujours constant. La caractéristique de l'égalisateur numérique est, par conséquent, modifiée depuis celle indiquée par la ligne en 30 traits discontinus II<sub>1</sub> pour donner celle indiquée par la ligne en traits discontinus II<sub>2</sub> à la fig. 5.

De même, lorsque les coefficients lus à partir de l'ensemble 38 formant mémoire de coefficients changent depuis ceux indiqués dans le tableau dans un ordre (3) → (4) → (5) 35 → (6) → (7) pour chaque 10 temps d'échantillonnage, la caractéristique d'amplitude donnée au niveau de l'égalisateur numérique est modifiée successivement pour fournir les caractéristiques

intermédiaires illustrées par des lignes en traits interrompus à la fig. 5, dans un ordre  $\text{II}_2 \rightarrow \text{II}_3 \rightarrow \text{II}_4 \rightarrow \text{II}_5 \rightarrow \text{II}_6$ . Lorsque le coefficient  $a_0$  est égal à "1,00000000" et les autres coefficients  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$  et  $b_2$  sont égaux à zéro comme indiqué à la rangée (5) du tableau, la caractéristique d'amplitude devient celle indiquée par la ligne en traits discontinus  $\text{II}_4$  qui est une caractéristique plane indiquant 0 dB sur toute la bande de fréquence. Les caractéristiques indiquées par les lignes en traits interrompus  $\text{II}_5$  et  $\text{II}_6$  montrent respectivement des caractéristiques d'égalisation d'atténuation présentant des creux de -1 dB et -2 dB pour une fréquence centrale de 3 kHz.

Après que les coefficients aient été changés ou modifiés pour donner les coefficients indiqués à la rangée (7) du tableau, les coefficients indiqués à la rangée (8) du tableau sont lus à partir de l'ensemble 38 formant mémoire de coefficients. On obtient, en conséquence, la caractéristique amplitude-fréquence désirée indiquée par la ligne en trait plein III de la fig. 5 et qui présente un creux de -3 dB pour une fréquence centrale de 3kHz. Dans cet exemple concret, la caractéristique désirée est obtenue par le trajet  $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B$  représenté à la fig. 4.

Le filtre numérique formant l'ensemble de traitement opérationnel 32 n'est pas limité au filtre numérique décrit ci-dessus par l'équation algébrique précédente. En outre, la caractéristique phase-fréquence peut également être modifiée de manière analogue.

On décrit maintenant, en se référant à la fig. 5, une autre forme de réalisation d'un dispositif de commande de caractéristiques pour un égalisateur numérique conforme à la présente invention. Le signal numérique (précision de signaux de  $n$  élément d'information ou bits pour un canal parmi  $J$  canaux où  $J$  est un nombre naturel indiquant le numéro ou le nombre des canaux) provenant du dispositif de reproduction numérique 16, qui est appliqué à la borne 31, est maintenu au niveau d'un verrou 41 de l'ensemble de traitement opérationnel 32. L'ensemble de traitement opérationnel 32 comprenant le filtre numérique récursif comporte un multiplicateur

44 présentant une précision opérationnelle de  $\underline{m}$  ( $\underline{m} \geq n$ ) bits et effectue une opération conforme à la relation précédente. Un signal numérique obtenu à partir du verrou 41 est appliqué à une mémoire vive (RAM) 42 et y est stocké. La donnée de 5 mémoire à l'intérieur de la RAM 42 est appliquée à la RAM 42 après avoir traversé successivement les verrous 43 et 41, et elle est stockée à un nouvel emplacement d'adresse.

La donnée d'entrée  $x_n$  lue de la RAM 42 est appliquée au multiplicateur 44, et cette donnée est multipliée par le 10 coefficient  $a_0$  provenant d'une mémoire de coefficients 47. Un signal de  $\underline{m}$  bits est ainsi obtenu à la suite de la multiplication précédente, et ce signal à  $\underline{m}$  bits est appliqué à un circuit d'addition et de soustraction 49 dans lequel il est maintenu. Ensuite, la donnée d'entrée  $x_{n-1}$  est lue de la 15 RAM 42, elle est multipliée par le coefficient  $a_1$  provenant de la mémoire de coefficients 47 au niveau du multiplicateur 44, et elle est alors appliquée au circuit d'addition et de soustraction 49. Le reste du calcul est ainsi effectué en accord avec le terme restant  $-b_2 xy_{n-2}$ . Finalement un 20 signal numérique  $y_n$  de sortie à  $\underline{m}$  bits est stocké dans la RAM 42 en traversant successivement des verrous 50, 51 et 41. On obtient ainsi la donnée pour  $y_{n-1}$  au temps  $(n+1)T$ .

Le signal numérique  $y_n$  lu de la RAM 42 est multiplié par un coefficient ATT provenant d'une mémoire formant atténuateur 48. Le signal multiplié  $z_n$  ainsi obtenu est appliqué, 25 par l'intermédiaire d'un verrou 50 et de la borne 33, à un additionneur 55 se trouvant à l'intérieur d'un mélangeur 52. Lorsque le nombre d'éléments de l'égalisateur numérique, c'est-à-dire le nombre d'emplacements de fréquence pour donner 30 une caractéristique d'amplification ou d'atténuation amplitude-fréquence pour une égalisation, est égal à  $P$  ( $P$  étant un nombre naturel), le coefficient de sortie de la mémoire de coefficients 47 est commandé par le signal de commande provenant de la borne d'entrée 18. En outre, après avoir répété 35 le fonctionnement afin d'obtenir  $P$  fois le signal ci-dessus, le coefficient ATT provenant de la mémoire formant atténuateur 48 est multiplié pour obtenir le signal numérique  $z_n$  de sortie.

En outre, lorsque le nombre de canaux du signal numérique d'entrée appliqué sur la borne d'entrée 31 et du signal numérique de sortie provenant de la borne de sortie 59 est égal à J (J étant un nombre naturel), le fonctionnement ci-dessus 5 permettant d'obtenir le signal numérique  $z_n$  est répété J fois.

La valeur du coefficient de sortie de la mémoire 48 est modifiée par un signal de commande qui est conforme à la position opérationnelle d'un bouton de réglage de niveau (atténuateur), obtenu à partir d'une borne d'entrée 46.

10 Le signal numérique  $z_n$  de sortie à m bits, qui est appliquée à l'additionneur 55 du mélangeur 52, est ajouté à un signal numérique (précision de signaux de n bits pour un canal parmi K canaux où K est un nombre naturel) obtenu à partir d'une borne d'entrée 53 par l'intermédiaire d'un verrou 54. Le 15 signal ainsi obtenu est appliquée à un circuit de traitement de signaux 56 dans lequel un traitement est effectué pour produire une opération d'arrondissement à n bits à partir de m bits assurant une protection par rapport au dépassement et analogue. Le signal numérique à n bits pour un canal, ainsi 20 obtenu à partir du circuit de traitement de signaux 56, est maintenu par un verrou 58 formant un ensemble de sortie 57, et il est produit sur une borne de sortie 59.

Par ailleurs, le circuit entouré par la ligne en traits interrompus 60 est un ensemble de commande. L'ensemble 25 de commande 60 forme et fournit une impulsion de rythme pour amener chaque bloc (par exemple les blocs indiqués par les références 14 à 24 et 27 à 29 ainsi que 30) à effectuer les opérations décrites ci-dessus, en maintenant un synchronisme avec des dispositifs numériques externes lorsque cela 30 est nécessaire. Le circuit 60 comprend un compteur 62 présentant un interface d'entrée de synchronisation permettant de compter le signal d'entrée de synchronisation provenant d'une borne d'entrée 61 et une mémoire morte (ROM) 63 commandée par une sortie du compteur 62 afin de former diverses impulsions 35 de rythme.

En répétant toutes les opérations ci-dessus avec une période qui est égale au temps d'échantillonnage T du signal numérique entrée/sortie, il est possible de réaliser un éga-

lisateur numérique capable d'effectuer un traitement en temps réel.

Par exemple, lorsque les coefficients sont tels que  $a_0 = 0,9290643$ ,  $a_1 = -1,9484430$ ,  $a_2 = 0,9704944$ ,  $b_1 = -1,8150360$  5 et  $b_2 = 0,8355227$  dans la relation précédente, la caractéristique amplitude-fréquence illustrée par la courbe  $I_a$  à la fig. 7A et la caractéristique phase-fréquence illustrée par la courbe  $I_b$  à la fig. 7B sont données au signal numérique. Par ailleurs, lorsque les coefficients sont tels que  
10  $a_0 = 1,0763520$ ,  $a_1 = -1,8150360$ ,  $a_2 = 0,8355227$ ,  $b_1 = -1,9444430$   
et  $b_2 = 0,9704944$  dans la relation ci-dessus, la caractéristique amplitude-fréquence illustrée par la courbe  $II_a$  à la fig. 7A et la caractéristique phase-fréquence illustrée par la courbe  $II_b$  à la fig. 7B sont données au signal numérique.. Les  
15 fig. 7A et 7B illustrent respectivement des caractéristiques pour le cas où la fréquence d'échantillonnage est égale à 50,35 kHz.

Dans l'égalisateur numérique de type connu, la composante de courant continu change à la gamme basse fréquence 20 de la caractéristique amplitude-fréquence. Il existe ainsi, dans le dispositif connu, un inconvénient en ce que la gamme dynamique du signal est réduite et qu'une sorte de bruit est formé du fait du changement ci-dessus de la composante de courant continu. Une forme de réalisation d'un égalisateur 25 numérique qui surmonte l'inconvénient ci-dessus est illustrée à la fig. 8.

Un signal numérique appliqué à une borne d'entrée 71 est fourni à un filtre numérique 73 par l'intermédiaire d'un filtre de blocage basse fréquence 72. On donne au signal 30 une caractéristique de fréquence désirée, et celui-ci est obtenu sur une borne de sortie 74. Le filtre de blocage basse fréquence 72 comprend un filtre numérique et il bloque la composante basse fréquence, y compris la composante de courant continu.

35 On donne au filtre numérique d'entrée, au niveau de l'oscillateur numérique, une caractéristique amplitude-fréquence indiquée à la fig. 9A. A la fig. 9A, des courbes

a, b et c indiquent respectivement des caractéristiques amplitude-fréquence à des gammes de fréquence basse, intermédiaire et élevée. La partie entourée par une ligne en traits interrompus de la caractéristique de la gamme des basses fréquences de la fig. 9A est illustrée à plus grande échelle à la fig. 9B. Comme on le voit clairement à la fig. 9B une composante de fréquence inférieure à 10Hz, par exemple, est fortement atténuée tandis que la composante de courant continu est toujours maintenue à une valeur constante. Il devient, en conséquence, possible d'éviter une réduction de la gamme dynamique et la formation du bruit dû au changement de la composante de courant continu.

On décrit maintenant un cas où un filtre numérique à réponse d'impulsion infinie (RII) est utilisé pour le filtre de blocage basse fréquence 72 ci-dessus. Dans ce cas, on suppose que le filtre numérique RII est décrit par la relation algébrique suivante:

$$y_n = a_0 x_n + a_0 \cdot a_1 \cdot x_{n-1} - b_1 y_{n-1}$$

Les coefficients présentent, par exemple, les valeurs  $a_0 = 0,999422$ ,  $a_1 = -0,999999\dots$ , et  $b_1 = -0,9987441$ . Dans cet exemple, la caractéristique amplitude-fréquence du filtre numérique RII devient telle qu'indiqué à la fig. 10 qui montre une caractéristique de blocage basse fréquence présentant une fréquence de coupure à 10 Hz. L'atténuation au niveau de la composante de courant continu devient, en conséquence,  $-\infty$  dans ce cas. Il n'est pas essentiel, en outre, pour la fréquence de coupure de la caractéristique de blocage basse-fréquence d'être égale à 10 Hz. Tout ce qui est nécessaire est que la caractéristique présente une fréquence de coupure qui n'interfère pas avec la bande désirée de sorte que la composante de courant continu soit bloquée.

Dans la forme de réalisation ci-dessus de l'invention, le filtre de blocage basse-fréquence 72 est prévu à l'étage d'entrée du filtre numérique 73. Cependant, le filtre numérique 73 peut être réalisé pour que ce dernier présente lui-même la caractéristique de blocage basse-fréquence indiquée à la fig. 10.

L'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation représentés et décrits en détail car diverses modifications peuvent y être apportées sans sortir de son cadre.

REVENDICATIONS

1 - Dispositif de commande de caractéristiques pour un égalisateur numérique, caractérisé en ce que l'on prévoit un égalisateur numérique (16, 32) réalisé à partir d'un filtre 5 numérique pour donner directement une caractéristique d'égalisation désirée par rapport à un signal numérique à modulation d'impulsion ; et un ensemble de commande (34-38, 60) pour changer ou modifier la caractéristique d'égalisation de l'égalisateur numérique à partir d'une première caractéristique arbitraire et l'amener à une seconde caractéristique arbitraire de telle sorte qu'une ou plusieurs caractéristiques d'égalisation intermédiaires est obtenue successivement avant d'atteindre la seconde caractéristique arbitraire désirée.

2 - Dispositif de commande de caractéristiques pour 15 un égalisateur numérique selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'ensemble de commande modifie et contrôle les caractéristiques d'égalisation de telle manière que chaque période de changement de caractéristiques intermédiaires soit choisie à une période de temps plus grande que celle 20 nécessaire pour que la caractéristique du filtre numérique formant l'égalisateur numérique se stabilise.

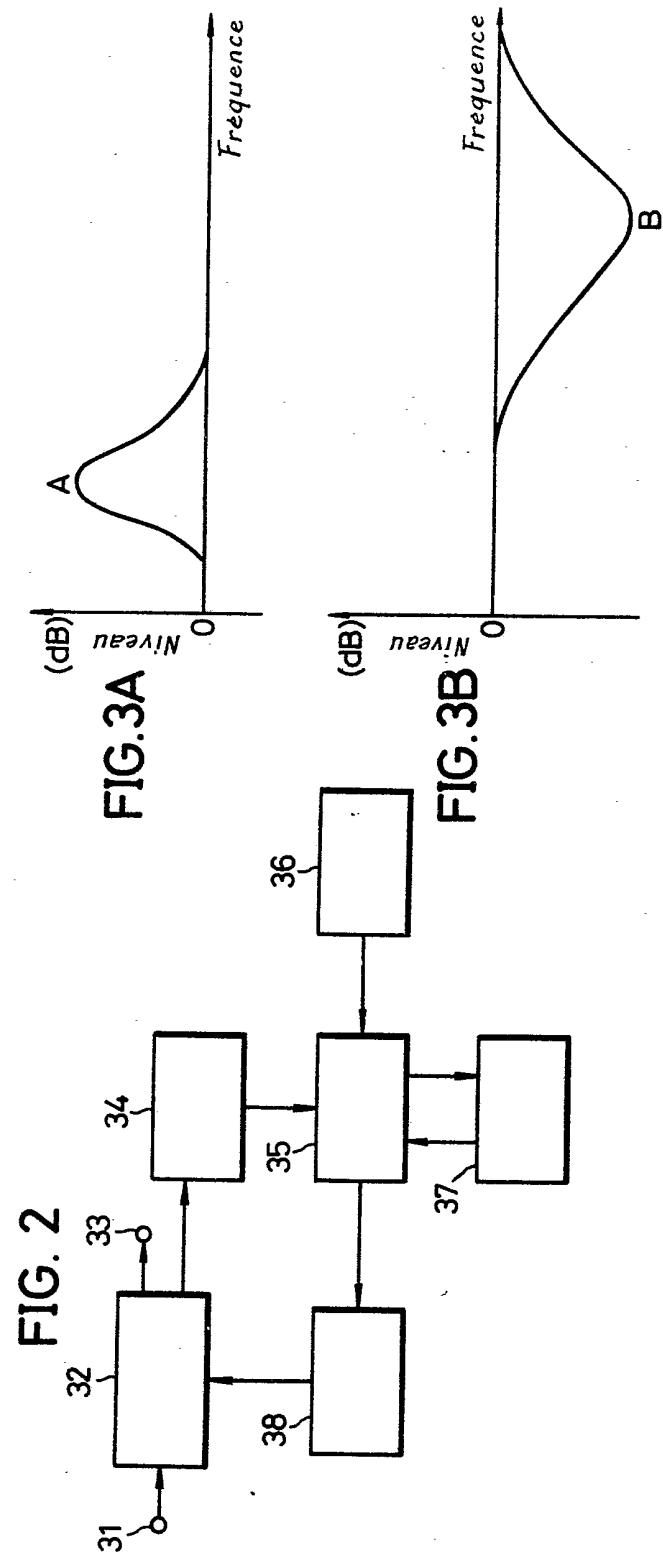
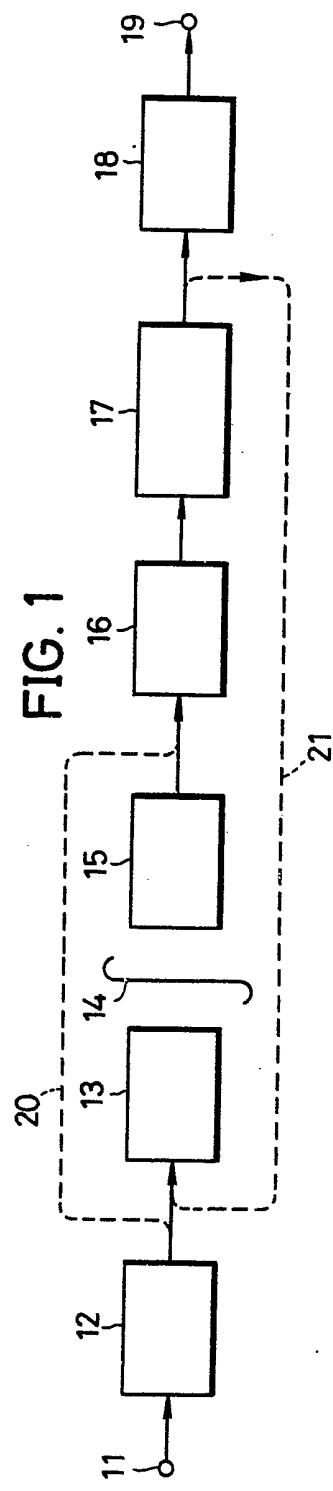
3 - Dispositif de commande de caractéristiques pour un égalisateur numérique selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'égalisateur numérique est réalisé à partir 25 d'un filtre numérique récursif (32) décrit par une relation algébrique comprenant des coefficients multiplicateurs, en ce que l'ensemble de commande comprend un ensemble formant mémoire de coefficients (38) donnant les coefficients multiplicateurs de l'équation algébrique décrivant le filtre 30 numérique, un circuit de formation d'adresse (36) formant un signal d'adresse, et un circuit de commande d'adresse (35) amenant l'ensemble formant mémoire de coefficients à produire un coefficient multiplicateur stocké dans un emplacement d'adresse correspondant au signal d'adresse formé par le 35 circuit de formation de signaux d'adresse suivant ledit signal d'adresse et en ce que la caractéristique de l'égalisateur numérique est modifiée selon le changement du coefficient multiplicateur.

4 - Dispositif de commande de caractéristiques pour un égalisateur numérique selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'ensemble de commande comprend, de plus, un circuit (34) contrôlant le circuit de commande d'adresse de telle manière que le coefficient multiplicateur soit produit à partir de l'ensemble formant mémoire de coefficients avec un intervalle de temps prédéterminé selon un signal de commande provenant de l'égalisateur numérique, et un circuit de mémoire d'adresse (37) pour stocker une adresse spécifiée dans la mémoire de coefficients par ledit circuit de commande d'adresse.

5 - Dispositif de commande de caractéristiques pour un égalisateur numérique selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'égalisateur numérique comprend un premier circuit de maintien (41) recevant le signal numérique afin de le maintenir ; une mémoire (42) pour stocker un signal de sortie dudit premier circuit de maintien et lire le signal ainsi stocké ; un second circuit de maintien (43) pour maintenir le signal lu à partir de la mémoire afin d'amener ce signal en contre-réaction à l'entrée de ladite mémoire ; une mémoire de coefficients (47) pour stocker des coefficients qui dépendent de caractéristiques d'égalisation prédéterminées ; un multiplicateur (44) permettant de multiplier des signaux respectivement lus à partir de la mémoire (42) et de la mémoire de coefficients (47) ; un circuit d'addition et de soustraction (49) pour ajouter successivement des signaux de sortie provenant du multiplicateur (44) ; un troisième circuit de maintien (50) pour maintenir un signal de sortie du circuit d'addition et de soustraction (49) ; un quatrième circuit de maintien (51) pour maintenir un signal de sortie du troisième circuit de maintien (50) afin d'appliquer ce signal en contre-réaction à l'entrée de la mémoire (42) par l'intermédiaire du premier circuit de maintien ; un ensemble de sortie (52, 57) permettant d'obtenir un signal numérique de sortie d'un nombre prédéterminé d'éléments d'information ou bits à partir du troisième circuit de maintien (50) ; et un ensemble de formation de rythme (60) permettant de former et d'appliquer une impulsion de rythme prédéterminée auxdits premier à quatrième

circuits de maintien, à ladite mémoire (42), à ladite mémoire de coefficients (47), audit multiplicateur (44), audit circuit d'addition et de soustraction (49) et aux organes analogues, l'ensemble de sortie produisant un signal numérique obtenu  
5 en soumettant le signal numérique d'entrée dudit premier circuit de maintien à une égalisation de caractéristiques directes.

6 - Dispositif de commande de caractéristiques pour un égalisateur numérique selon la revendication 1, caracté-  
10 risé en ce que l'égalisateur numérique présente une caractéristique de blocage basse fréquence (72) afin de bloquer une composante de courant continu.



PL II/4

FIG. 4

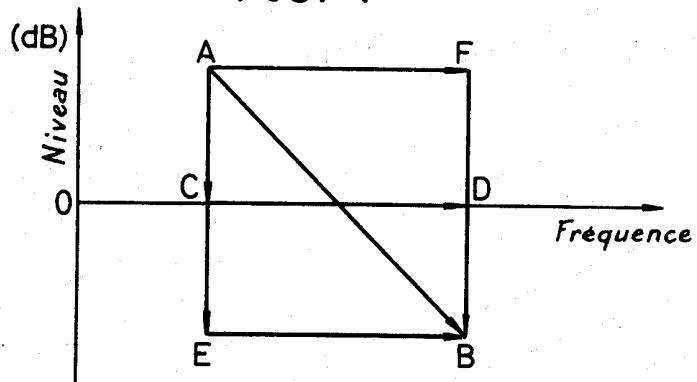


FIG. 5

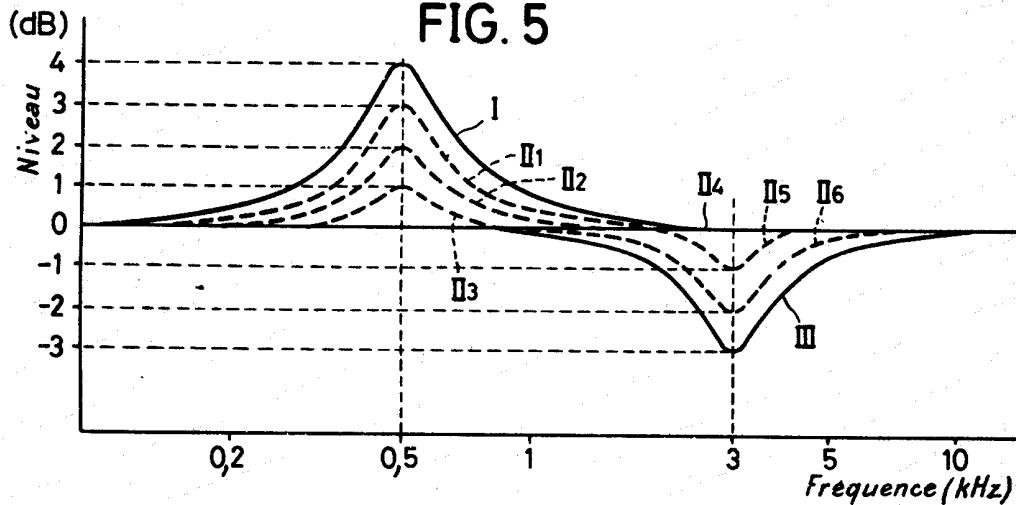


FIG. 7A

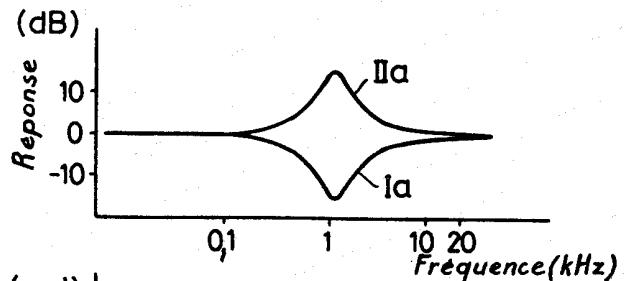
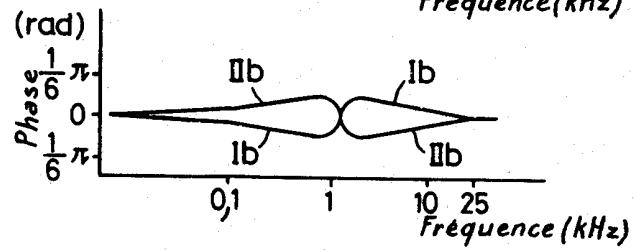
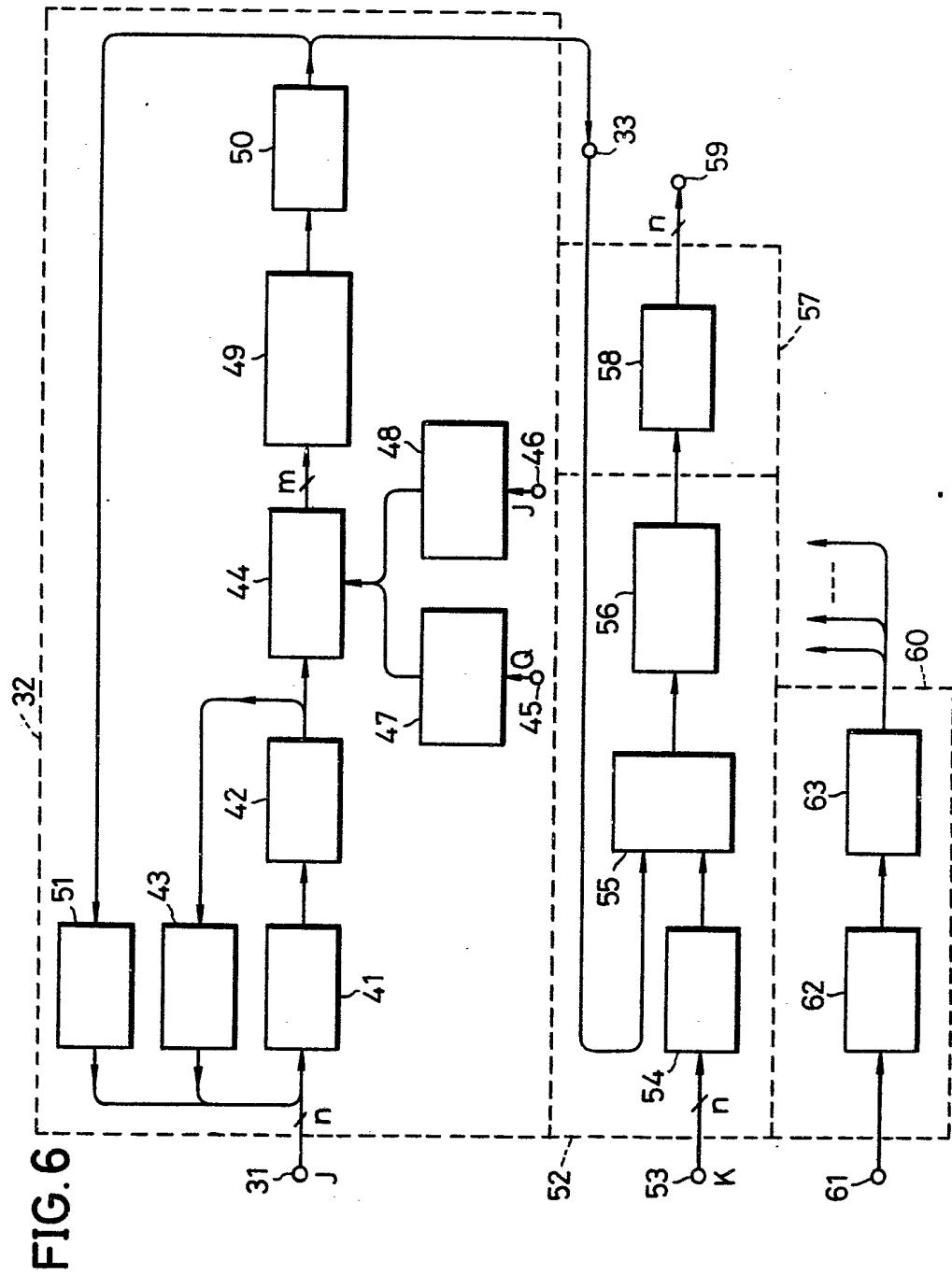


FIG. 7B





PL IV/4

FIG. 8

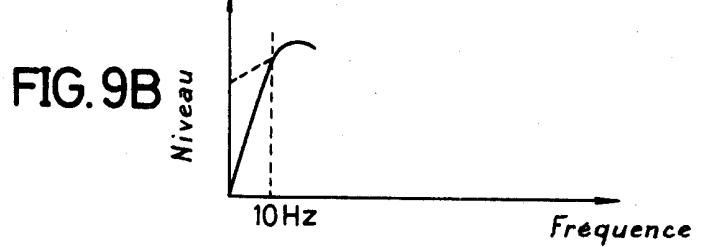
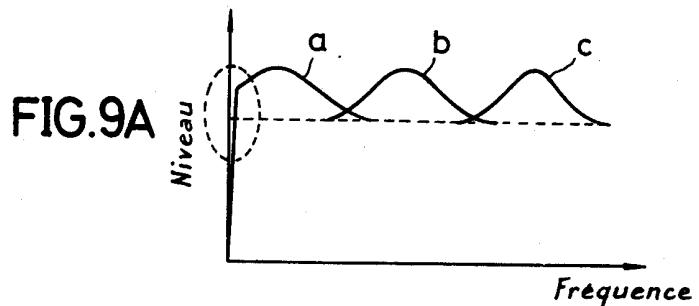
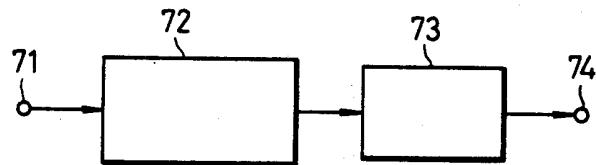


FIG. 10

