

⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
07.05.86

⑤① Int. Cl.⁴ : **G 10 L 7/04, G 01 R 23/167**

②① Numéro de dépôt : **82401272.8**

②② Date de dépôt : **06.07.82**

⑤④ **Analyseur spectral à filtres communs à deux voies, notamment pour la reconnaissance vocale.**

③⑩ Priorité : **10.07.81 FR 8113674**

④③ Date de publication de la demande :
12.01.83 Bulletin 83/02

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
07.05.86 Bulletin 86/19

⑧④ Etats contractants désignés :
DE FR GB IT NL

⑤⑥ Documents cités :
EP-A- 0 028 103
US-A- 3 590 284
US-A- 4 137 510
PROCEEDINGS OF THE IEEE, vol. 67, no. 10, octobre
1979, pages 1403-1405, New York (USA); C.R. HEWES
et al.: "Applications of CCD and switched capacitor
filter technology".

⑦③ Titulaire : **SOCIETE POUR L'ETUDE ET LA FABRICATION DE CIRCUITS INTEGRES SPECIAUX - E.F.C.I.S.**
17, avenue des Martyrs
F-38100 Grenoble (FR)

⑦② Inventeur : **Terrier, Christian**
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08 (FR)
Inventeur : **Caillon, Christian**
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08 (FR)
Inventeur : **Barbier, Daniel**
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75379 Paris Cedex 08 (FR)

⑦④ Mandataire : **Guérin, Michel et al**
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine
F-75008 Paris (FR)

EP 0 069 673 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention concerne un analyseur spectral, c'est-à-dire un circuit de filtrage apte à recevoir un signal électrique présentant un certain spectre de fréquences et à déterminer l'énergie contenue dans chacune de plusieurs bandes étroites de fréquences de ce spectre.

Le signal électrique peut provenir d'un microphone devant lequel on parle, et l'analyseur spectral sert alors à analyser ou à reconnaître la parole émise. Le spectre d'énergie de certains phonèmes (et notamment les voyelles et les consonnes sonores) est en effet caractéristique de ces phonèmes.

Pour bien faire comprendre la présente invention, on a représenté à la figure 1 un schéma classique d'analyseur spectral utilisé pour la reconnaissance de la parole.

Outre des organes spécifiques de l'application à la reconnaissance de la parole, qui sont respectivement un microphone 10, un préamplificateur avec commande de gain 12, un filtre passe-bas 14 de fréquence de coupure 5 kHz, et un filtre de correction 16 qui établit une préaccentuation du signal avec une pente de + 6 décibels par octave entre 500 et 5 000 Hz et une transmission sans atténuation au-dessous de 500 Hz, l'analyseur spectral comprend essentiellement une série de voies de filtrage en parallèle V1 à Vn, un système de multiplexage 18 et un convertisseur analogique/numérique 20. Un circuit logique de commande 22 contrôle le fonctionnement des filtres des voies V1 à Vn, du système de multiplexage, et du convertisseur.

Chaque voie de filtrage Vi comporte un filtre passe-bande FBI à bande étroite présentant par exemple deux fréquences de coupure, ces filtres présentant une forte réjection en dehors de l'intervalle de leurs fréquences de coupure (par exemple — 40 dB/décade). Il peut s'agir par exemple de filtres du quatrième ordre.

Pour décomposer le spectre de fréquences analysé, on peut prévoir que les voies de filtrage possèdent des bandes passantes étroites sensiblement adjacentes, c'est-à-dire que la fréquence de coupure supérieure d'un filtre est la même que la fréquence de coupure inférieure du filtre suivant.

On peut appeler f_{i-1} et f_i les fréquences de coupure inférieure et supérieure du filtre FBI de la voie Vi. Les voies de filtrage peuvent être en nombre variable, par exemple 16 ou 32 avec une répartition logarithmique des bandes passantes de chaque filtre entre 100 Hz et 5 000 Hz (la fréquence de coupure inférieure f_0 du premier filtre FB1 étant environ 100 Hz et la fréquence de coupure supérieure du dernier filtre FBn étant environ 5 000 Hz).

Chaque filtre est suivi d'un redresseur sans seuil (R1 à Rn) lui-même suivi d'un intégrateur de moyennage (I1 à In) qui peut être un filtre passe-bas du deuxième ordre ayant une fréquence de coupure d'environ 25 hertz pour les voies de plus basse fréquence, cette fréquence pouvant être plus élevée pour les voies de fréquence plus élevée.

Le système de multiplexage reçoit les signaux issus de chaque voie, c'est-à-dire qu'il reçoit des signaux qui représentent chacun l'énergie de signal contenue dans une bande étroite respective de fréquences. Commandé par la logique de commande 22, ce système de multiplexage prélève cycliquement (avec une période d'environ 20 millisecondes car c'est à une période de cet ordre que l'on estime que les phonèmes se renouvellent dans une émission de parole normale) une valeur de signal à la sortie de chaque voie et la transmet au convertisseur analogique-numérique 20. Ce dernier reçoit donc, au cours de chaque période de 20 millisecondes, une succession de n échantillons de signaux correspondant chacun à la sortie d'une voie de filtrage. Ces échantillons sont convertis en signaux numériques et la sortie de l'analyseur spectral émet donc des successions de valeurs numériques qui sont des coefficients représentant l'énergie du signal dans chaque bande étroite du spectre.

L'une des difficultés de la réalisation sous forme de circuit intégré d'un tel analyseur est l'importance de la surface de silicium nécessaire pour loger tous les éléments de circuit. En particulier, les n filtres à bande passante étroite occupent, quelle que soit la manière de les réaliser, une place d'autant plus importante que l'ordre des filtres est plus élevé donc que le pouvoir de filtrage est plus fort.

La présente invention propose une structure d'analyseur spectral qui diffère légèrement de la structure de la figure 1 en ce qui concerne la disposition des voies de filtrage et qui permet de remplacer n filtres d'ordre relativement élevé (par exemple d'ordre 4) par n + 1 filtres d'ordre moins élevé (par exemple 2), sans perdre sur la qualité du filtrage dans chaque bande.

Pour atteindre ce but, on propose d'abord de décomposer chaque filtre passe-bande à deux fréquences de coupure principales en deux filtres plus simples, ayant chacun une fréquence de coupure principale et ayant deux sorties différentes qui sont respectivement une sortie passe-bas présentant cette fréquence de coupure et une sortie passe-haut ayant la même fréquence de coupure. Ensuite, en prenant l'un de ces filtres plus simples, on l'utilise dans un premier temps comme filtre passe-bas en cascade avec un autre filtre simple passe-haut à fréquence de coupure plus basse, puis dans un second temps comme filtre passe-haut en cascade avec un filtre simple passe-bas à fréquence de coupure plus haute. Dans le premier temps c'est l'une des sorties du filtre qui est utilisée et dans le deuxième temps c'est l'autre. Ainsi, dans les deux temps, on reconstitue deux filtres complexes de bandes passantes différentes. Le résultat est qu'avec cette commutation de filtres on réalise deux filtres complexes avec trois filtres plus simples, et, plus généralement, si on le fait pour toutes les voies de filtrage, n filtres complexes avec n + 1 filtres plus simples. L'encombrement du circuit est ainsi diminué de manière notable.

Pour exprimer l'invention dans une forme générale, on propose donc une nouvelle structure d'analyseur spectral qui comprend plusieurs filtres élémentaires comportant chacun une sortie passe-bas et une sortie passe-haut présentant toutes deux une même fréquence de coupure pour un même filtre et différent pour des filtres différents, et des moyens de commutation pour relier périodiquement pendant un premier intervalle de temps les filtres élémentaires par groupes de deux en cascade entre une entrée de signal à analyser et une voie de transmission propre à chaque groupe, l'un des filtres élémentaires ayant sa sortie passe-haut (ou respectivement passe-bas) reliée à l'entrée du second filtre élémentaire dont la sortie utilisée est la sortie passe-bas (ou respectivement passe-haut), et pour relier périodiquement pendant un deuxième intervalle de temps les filtres élémentaires en cascade par groupes de deux différents des premiers groupes, la sortie utilisée pour un filtre élémentaire pendant le deuxième intervalle de temps étant différente de la sortie utilisée pendant le premier intervalle de temps.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit et qui est faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 déjà décrite représente un schéma synoptique d'un analyseur spectral de structure classique ;

la figure 2 montre un exemple de schéma de principe d'un filtre du second ordre établi par la méthode des variables d'état ;

les figures 3a et 3b montrent les courbes de réponses en fréquence d'un filtre passe-bas et d'un filtre passe-haut ayant des fréquences de coupure différentes ;

la figure 4 montre la courbe de réponse en fréquence de deux filtres du second ordre en cascade ;

la figure 5 montre un schéma de principe de l'agencement des voies de filtrage d'un analyseur spectral selon l'invention ;

la figure 6 montre une variante d'agencement selon l'invention ;

la figure 7 montre à titre d'exemple comment on peut réaliser les intégrateurs des filtres au moyen d'un amplificateur opérationnel et de capacités commutées.

Une bonne méthode pour découper la bande de fréquences à analyser en plusieurs bandes étroites, à forte réjection en dehors de la bande utile, consiste par exemple à utiliser, pour réaliser chaque bande, un filtre passe-bande présentant deux fréquences de coupure avec une pente de +12 dB par octave en dessous de la fréquence de coupure la plus basse f_i et une pente de -12 dB par octave au-dessus de la fréquence de coupure la plus haute f_{i+1} , et avec une partie plane entre les deux (cette courbe de réponse a la forme illustrée à la figure 4).

On réalise un tel filtre passe-bande en établissant un circuit dont la fonction de transfert de la variable d'état de Laplace p est du quatrième ordre et peut s'écrire sous la forme

$$S(p)/E(p) = \frac{p^2}{(Ap^2 + Bp + C)(A'p^2 + B'p + C')} \quad (1)$$

où :

$S(p)$ est le signal de sortie du filtre sous forme d'une fonction de la variable de Laplace, $E(p)$ est la valeur du signal d'entrée,

A, B, C sont des coefficients qui déterminent d'une part la fréquence de coupure basse f_i , d'autre part un coefficient d'amortissement (ou de surtension) de la courbe de réponse au niveau de cette fréquence de coupure basse,

A', B', C' sont des coefficients qui déterminent d'une part la fréquence de coupure haute f_{i+1} et d'autre part un coefficient d'amortissement ou de surtension au niveau de cette fréquence de coupure haute.

Le filtre correspondant peut être établi par la méthode des variables d'état, consistant à partir du terme de plus haut degré $AA'p^4S(p)$, qui est une dérivée quatrième du signal de sortie, à l'intégrer quatre fois pour obtenir les dérivées troisième, seconde, première, et le signal de sortie lui-même, et à constituer à partir des sorties de chaque intégrateur et d'une entrée de signal $E(p)$, un circuit qui vérifie l'équation (1).

On préfère, selon l'invention, considérer la fonction de transfert de l'équation (1) comme le produit des fonctions de transfert de deux filtres du second ordre, respectivement un filtre passe-haut ayant une première fréquence de coupure f_i , et une pente de + 12 dB/octave au-dessous de cette fréquence (figure 3a), et un filtre passe-bas ayant une fréquence de coupure plus haute f_{i+1} et une pente de - 12 dB/octave au-dessus de cette fréquence (figure 3b).

La mise en cascade de ces deux filtres produit la courbe de réponse représentée à la figure 4, courbe qui correspond à la fonction de transfert produit des fonctions de transfert des deux filtres.

Le filtre passe-haut aura pour fonction de transfert :

$$F(p) = \frac{p^2}{Ap^2 + Bp + C} \quad (2)$$

Le filtre passe-bas aura pour fonction de transfert :

$$F'(p) = \frac{1}{A'p^2 + B'p + C'} \quad (3)$$

5

Ces deux filtres peuvent être réalisés par la méthode des variables d'état, et on va voir que l'on arrive à deux filtres de constitution similaire quoique de paramètres (fréquence de coupure notamment) différents.

Le deuxième filtre, de fonction de transfert $F'(p)$ est représenté à la figure 2. Si on développe l'équation (3) en remplaçant $F'(p)$ par le rapport entre un signal de sortie $S(p)$ du filtre et un signal d'entrée $E(p)$ appliqué au filtre, on obtient :

$$A'p^2 S(p) + B'p S(p) + C'S(p) = E(p)$$

15 ou encore :

$$A'p^2 S(p) = E(p) - (B'pS(p) + C'S(p)) \quad (4)$$

L'équation (4) se traduit immédiatement sous forme de circuit (figure 2) en remarquant qu'à partir d'un signal $A'p^2S(p)$ supposé exister, on peut diviser ce signal par A' (atténuateur 30), l'intégrer pour obtenir un signal $pS(p)$ (intégrateur 32), et l'intégrer encore pour obtenir un signal $S(p)$ (intégrateur 34) qui représentera la sortie du filtre ; de plus, on multiplie le signal $S(p)$ par un coefficient C' (amplificateur 36), on multiplie $pS(p)$ par un coefficient B' (amplificateur 38) et on obtient donc des signaux $C'S(p)$ et $B'pS(p)$; dans un sommateur arithmétique 40, on introduit un signal $E(p)$ qui sera le signal d'entrée du filtre, et on soustrait les signaux $B'pS(p)$ et $C'S(p)$. La sortie du sommateur fournit donc un signal $E(p) - B'pS(p) - C'S(p)$.

25

Il suffit de relier cette sortie du sommateur 40 à l'entrée de l'atténuateur 30 pour que l'équation (4) se trouve vérifiée. On a ainsi constitué un filtre passe-bas du second ordre, de fonction de transfert :

30

$$F'(p) = \frac{1}{A'p^2 + B'p + C'}$$

Mais on remarque que l'on peut utiliser comme sortie du filtre non pas la sortie du deuxième intégrateur 34 mais la sortie de l'atténuateur 30.

Or, cette sortie fournit un signal qui est $p^2S(p)$, et qui est donc :

35

$$\frac{p^2 E(p)}{A'p^2 + B'p + C'}$$

40 qui est justement une fonction de transfert d'un filtre passe-haut du second ordre.

On a donc constitué soit un filtre passe-bas, soit un filtre passe-haut du second ordre selon qu'on utilise la sortie passe-bas (sortie du deuxième intégrateur 34) ou la sortie passe-haut (après l'atténuateur 30). La fréquence de coupure est la même dans les deux cas, elle est définie par le polynôme $A'p^2 + B'p + C'$.

45

A partir de là, on propose selon l'invention d'utiliser un même filtre du second ordre d'abord comme filtre passe-bas associé en cascade à un filtre passe-haut de fréquence de coupure plus basse, puis comme filtre passe-haut associé en cascade à un filtre passe-bas de fréquence de coupure plus haute. Si la fréquence de coupure du filtre considéré est la même dans les deux cas, on aura réalisé successivement deux filtres passe-bande du quatrième ordre, présentant des bandes de fréquence adjacentes, avec seulement trois filtres du second ordre. De même, si on a toute une série de n filtres du quatrième ordre, ils peuvent être remplacés par $n + 1$ filtres du deuxième ordre.

50

La figure 5 montre l'agencement d'analyseur spectral qui permet de réaliser cette économie, mais on peut d'ores et déjà dire que l'exemple qui vient d'être donné d'un filtre du quatrième ordre décomposé en deux filtres du second ordre peut être généralisé, la méthode restant la même : un filtre du sixième ordre peut être décomposé en deux filtres du troisième ordre, et même un filtre du cinquième ordre peut être décomposé en un filtre du second ordre et un filtre du troisième ordre, avec toutefois dans ce dernier cas une modification en ce sens que deux filtres du cinquième ordre à bandes de fréquences adjacentes qui seront créés en utilisant un même filtre n'auront pas des formes de courbe de réponse identiques puisqu'on aura dans un cas une pente de 18 dB/octave en basse fréquence et 12 dB/octave en haute fréquence et dans l'autre cas l'inverse.

60

Sur la figure 5, on a représenté seulement la disposition des filtres dans des voies de filtrage $V1$ à Vn , étant entendu que chaque voie comprend, comme à la figure 1, un redresseur sans seuil et un intégrateur de moyennage non représentés, et qu'après les intégrateurs de moyennage les diverses voies sont connectées à un circuit de multiplexage commandé de manière à prélever cycliquement, avec une

65

Dans un premier temps de la période de 20 millisecondes, la moitié seulement des voies transmet un signal utile, par exemple les voies de numéros impairs, et le circuit de multiplexage est agencé pour ne prélever alors des échantillons que sur ces voies. Dans un deuxième temps, l'autre moitié (voies de numéros pairs) transmet des signaux utiles et le circuit de multiplexage prélève des échantillons sur ces autres voies.

Des moyens de commutation sont prévus dans chaque voie, avec des moyens de commande appropriés, pour que les divers filtres utilisés puissent servir alternativement dans une voie de numéro impair et dans une voie de numéro pair selon qu'on est dans le premier temps ou dans le deuxième temps du cycle de multiplexage.

Les filtres F_0 à F_n sont au nombre de $n + 1$ pour n voies et chaque filtre possède une fréquence de coupure principale, f_0 à f_n , avec un affaiblissement par exemple à 12 dB par octave (second ordre), et avec une sortie passe-bas (PB) et une sortie passe-haut (PH).

Le signal d'entrée à analyser est appliqué aux entrées des filtres à travers des interrupteurs K_0 à K_n (par exemple des transistors MOS) ; les interrupteurs de rang pair sont fermés pendant le premier temps du cycle de multiplexage et ouverts pendant le deuxième temps.

D'autres interrupteurs K'_1 à K'_n sont connectés en aval des sorties passe-bas des divers filtres (sauf le premier filtre) pour relier ces sorties aux autres éléments des voies V_1 à V_n . Les interrupteurs K'_1 à K'_n sont fermés et ouverts en opposition de phase avec les interrupteurs K_1 à K_n .

D'autres interrupteurs encore, K''_1 à K''_n sont connectés entre la sortie passe-haut d'un filtre (F_0 à F_{n-1}) et l'entrée du filtre suivant (F_1 à F_n). Ces interrupteurs sont fermés et ouverts en phase avec les interrupteurs K'_1 à K'_n .

Un circuit de commande de commutation agit sur les interrupteurs, en synchronisme avec la commande du circuit de multiplexage. Ce circuit de commande de commutation fait partie d'une logique de commande qui a de plus les fonctions mentionnées à propos de la figure 1, à savoir la commande du multiplexage, du convertisseur analogique-numérique que l'on peut mettre à la sortie du circuit de multiplexage, et de la commutation des capacités d'intégration si les filtres sont des filtres à capacités commutées.

Ainsi, dans le premier temps de chaque cycle de multiplexage, le filtre F_0 reçoit sur son entrée le signal à analyser, et a sa sortie passe-haut reliée à l'entrée du filtre F_1 dont la sortie passe-bas transmet sur la voie V_1 par l'interrupteur fermé K'_1 un signal filtré par les filtres F_0 et F_1 mis en cascade. Les fréquences dans la bande étroite f_0 , f_1 sont donc transmises sur la voie 1.

De même, tous les filtres de rang pair ont leur sortie passe-bas isolée de la voie de même rang, qui ne transmet donc aucun signal, mais reçoivent sur leur entrée le signal à analyser et ont leur sortie passe-haut reliée à l'entrée du filtre de rang impair immédiatement supérieur ; celui-ci est isolé du signal à analyser et est relié par sa sortie passe-bas à la voie de rang impair qui lui correspond.

Dans le second temps du cycle de multiplexage, c'est le contraire, tous les interrupteurs sont inversés et, si l'on reprend un filtre de rang pair, il devient isolé du signal à analyser mais relié en cascade à la sortie passe-haut du filtre de rang impair précédent qui, lui, reçoit le signal à analyser.

Dans le premier temps, les fréquences comprises dans les bandes f_0 , f_1/f_2 , $f_3/.../f_{n-1}$, f_n sont donc transmises, et dans le second temps, ce sont au contraire les fréquences des bandes adjacentes intercalaires f_1 , f_2/f_3 , $f_4/.../f_{n-2}$, f_{n-1} .

Il est avantageux que, dans chaque temps du cycle, le circuit de multiplexage prélève d'abord des échantillons sur les voies de plus hautes fréquences puis sur celles des voies de plus basses fréquences pour que les sorties des filtres et des intégrateurs qui les suivent dans chaque voie aient mieux le temps de s'établir à leur nouvelle valeur (les plus basses fréquences s'établissant plus lentement).

Dans l'exemple donné, on a relié les filtres en série dans l'ordre suivant : sortie passe-haut d'un filtre reliée à l'entrée d'un filtre de fréquence de coupure supérieure. On pourrait tout aussi bien prévoir que la sortie passe-bas d'un filtre est reliée à l'entrée d'un filtre de fréquence de coupure inférieure.

Dans une variante de réalisation, on peut aussi prévoir une combinaison de ces deux solutions comme cela est représenté à la figure 6. Dans cette variante, un filtre sur deux (F_i) a son entrée reliée en permanence à l'entrée de signal à analyser avec sa sortie passe-bas reliée par un interrupteur K''_i ($i = 1$ à n) à l'entrée du filtre (F_{i-1}) de fréquence de coupure plus basse précédant le filtre considéré, et sa sortie passe-haut reliée, par l'intermédiaire d'un autre interrupteur K''_{i+1} travaillant en opposition de phase avec le premier interrupteur, à l'entrée du filtre suivant (F_{i+1}). Les sorties passe-bas et passe-haut du filtre F_{i-1} précédant le filtre considéré sont reliées respectivement à deux voies de transmission différentes V_{i-1} et V_i comportant chacune un redresseur sans seuil et un intégrateur non représentés, comme dans le cas de la figure 5 ou de la figure 1. Les sorties passe-bas et passe-haut du filtre (F_{i+1}) suivant le filtre considéré sont reliées, respectivement aux deux voies suivantes V_{i+1} et V_{i+2} . Des interrupteurs K'_i fonctionnant en opposition de phase peuvent être prévus entre les sorties d'un filtre et les voies correspondantes.

L'interrupteur K'_i sera fermé lorsque l'interrupteur K''_i est fermé.

Sur la figure 6, ce sont les filtres de rang pair qui ont leur entrée reliée en permanence à l'entrée du signal à analyser, et les filtres de rang impair qui ont leurs sorties passe-bas et passe-haut reliées par des interrupteurs K'_i et K'_{i+1} aux voies respectives V_i et V_{i+1} .

Cette disposition présente l'avantage de supprimer les interrupteurs qui étaient nécessaires à la figure 5 entre l'entrée de signal à analyser et les entrées de filtres.

On peut envisager, à la figure 5 comme à la figure 6, de supprimer une voie de transmission sur deux, en profitant de ce que les interrupteurs de sortie, en amont des voies de transmission, travaillent en opposition de phase, et de ce que de toutes façons les redresseurs et intégrateurs des voies de transmission ne travaillent utilement que pendant un temps sur deux de chaque cycle de multiplexage. Une voie de transmission unique V_i peut donc être reliée aux sorties de deux interrupteurs K_i' et K_{i+1}' , ce qui économise une place importante de circuit; la voie de transmission V_i transmet alors alternativement, pendant les deux temps du cycle de multiplexage, un signal filtré dans la bande de fréquences f_{i-1} , f_i et un signal filtré dans la bande f_i , f_{i+1} .

Le multiplexage est donc fait par prélèvement sur chaque voie de deux échantillons différents, respectivement l'un pendant le premier temps du cycle et un autre pendant le second temps.

Les filtres sont de préférence réalisés sous forme de filtres à capacités commutées, c'est-à-dire de filtres dans lesquels chaque intégrateur est constitué par un amplificateur opérationnel A bouclé par une capacité C_s de contre réaction, mais qui, au lieu de posséder une résistance d'entrée R_e en série (qui définirait avec la capacité C_s une constante de temps d'intégration $R_e C_s$), possède comme circuit d'entrée une capacité d'entrée en parallèle C_e qui peut être isolée soit de l'entrée de signal de l'intégrateur, soit de l'entrée de l'amplificateur A par deux interrupteurs, de préférence deux transistors MOS, T1 et T2, travaillant sous la commande de signaux complémentaires Q et Q*, ou tout au moins de signaux tels que les interrupteurs ne soient jamais fermés tous les deux à la fois. On montre qu'un tel montage, représenté à la figure 7, est équivalent à un intégrateur possédant une résistance d'entrée égale à $1/C_e f_c$ si f_c est la fréquence de commutation de la capacité C_e , c'est-à-dire la fréquence des signaux Q et Q* qui assurent le transfert de charges de l'entrée de signal vers la capacité C_e puis de la capacité C_e vers la capacité C_s .

Deux points sont à noter plus particulièrement :

Tout d'abord, les amplificateurs opérationnels ne servent réellement que pendant le temps très court nécessaire au transfert des charges de la capacité C_e vers la capacité C_s . On peut donc prévoir que plusieurs intégrateurs d'un filtre ou de plusieurs filtres ne comportent qu'un seul amplificateur opérationnel qui, par multiplexage, est connecté dans plusieurs couples différents de capacités C_e , C_s .

D'autre part, on remarque que la constante de temps d'intégration est inversement proportionnelle à la fréquence de commutation f_c . Les fréquences de coupure des filtres de l'analyseur spectral peuvent donc être modifiées par action sur la fréquence f_c ; par exemple, on peut désirer que le spectre de fréquences analysées soit découpé en bandes étroites pas tout à fait adjacentes, c'est-à-dire que deux filtres passe-bande correspondant à des bandes successives n'ont pas une fréquence de coupure commune qui est la fréquence de coupure haute de l'un et la fréquence de coupure basse de l'autre; dans ce cas, l'invention restera tout de même applicable si on modifie les fréquences de coupure, par action sur la fréquence de commutation des capacités C_e , entre le premier temps et le second temps du cycle de multiplexage : une fréquence de coupure qui est f_i dans un premier temps deviendrait f'_i , dans un second temps et, au lieu de découper un spectre en bandes étroites de fréquences de coupure rigoureusement adjacentes f_{i-1} , f_i et f_i , f_{i+1} on le découperait en deux bandes étroites f_{i-1} , f_i et f'_i , f'_{i+1} . On peut noter que l'on parvient au même résultat si on modifie la valeur d'une capacité C_e ou C_s entre les deux temps du cycle de multiplexage (par exemple par commutation de capacités en parallèle), puisque les constantes de temps d'intégration sont de la forme $C_s/C_e f_c$.

45

Revendications

1. Analyseur spectral, caractérisé par le fait qu'il comprend plusieurs filtres élémentaires (F_i) comportant chacun une sortie passe-bas (PB) et une sortie passe-haut (PH) présentant toutes deux une même fréquence de coupure (f_i) pour un même filtre et différente pour des filtres différents, et des moyens de commutation (K_i , K'_i , K''_i) pour relier périodiquement pendant un premier intervalle de temps les filtres élémentaires par groupes de deux en cascade entre une entrée de signal à analyser et une voie de transmission (V_i) propre à chaque groupe, l'un des filtres élémentaires ayant sa sortie passe-haut (ou respectivement passe-bas) reliée à l'entrée du second filtre élémentaire dont la sortie utilisée est la sortie passe-bas (ou respectivement passe-haut), et pour relier périodiquement pendant un deuxième intervalle de temps les filtres élémentaires en cascade par groupes de deux différents des premiers groupes, la sortie utilisée pour un filtre élémentaire pendant le deuxième intervalle de temps étant différente de la sortie utilisée pendant le premier intervalle de temps.

2. Analyseur spectral selon la revendication 1, caractérisé par le fait que pendant le deuxième intervalle de temps, la sortie passe-haut (ou respectivement passe-bas) du premier filtre mentionné est isolée de l'entrée du second filtre mentionné, que l'entrée de ce dernier est connectée à l'entrée de signal à analyser, que sa sortie utilisée est la sortie passe-haut (ou respectivement passe-bas) et que cette sortie est connectée à l'entrée d'un autre filtre de fréquence de coupure plus haute (ou respectivement plus basse) que celle du second filtre.

3. Analyseur spectral selon la revendication 2, caractérisé par le fait que des interrupteurs (K_i ,

$K'i + 1$) des moyens de commutation fonctionnant en opposition de phase durant les premier et second intervalles de temps sont reliés d'une part aux sorties passe-bas (ou respectivement passe-haut) de deux filtres voisins ($F_i, F_i + 1$) et d'autre part aux voies de transmission correspondantes ($V_i, V_i + 1$).

4. Analyseur spectral selon la revendication 3, caractérisé par le fait que des interrupteurs ($K'i, K'i + 1$) des moyens de commutation reliés aux sorties passe-bas (ou respectivement passe-haut) de deux filtres voisins, sont reliés à une même voie de transmission (V_i) pour connecter à cette voie alternativement l'un ou l'autre des filtres voisins pendant les premier et respectivement second intervalles de temps.

5. Analyseur spectral selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'un filtre sur deux (F_i) a son entrée reliée à l'entrée de signal à analyser, sa sortie passe-haut reliée pendant le premier intervalle de temps à un autre filtre ($F_i + 1$) de fréquence de coupure supérieure et sa sortie passe-bas reliée pendant le second intervalle de temps à un autre filtre ($F_i + 1$) de fréquence de coupure inférieure, et que les sorties passe-bas et passe-haut de ces deux autres filtres sont reliées à des voies de transmission de signal filtré.

6. Analyseur spectral selon la revendication 5, caractérisé par le fait que des interrupteurs des moyens de commutation, reliés aux deux sorties d'un filtre non relié à l'entrée de signal, sont reliés à une même voie de transmission pour connecter à ces voies, alternativement pendant les premier et respectivement second intervalles de temps, l'une ou l'autre des sorties de ce filtre.

7. Analyseur spectral selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait que les filtres sont des filtres à capacités commutées dont les fréquences de coupure peuvent être modifiées soit par variation de la fréquence d'échantillonnage soit de la valeur des capacités entre les premier et respectivement second intervalles de temps.

Claims

25

1. A spectrum analyser, characterized in that it includes several elementary filters (F_i), each comprising a low pass output (PB) and a high pass output (PH), both having the same cut-off frequency (f_i) in any considered filter, this frequency being different for different filters, and comprising switch means (K_i, K_i', K_i'') for connecting periodically during a first time interval the elementary filters, arranged in groups of two, in cascade, between an input for the signal to be analyzed and a transmission channel (V_i) individual of each group, the high pass output (or the low pass output respectively) of one of the elementary filters being connected to the input of the second elementary filter, the used output of which is the low pass output (or high pass output respectively), and for connecting periodically during a second time interval the elementary filters arranged in other groups of two than the first groups, the output used for a given elementary filter during the second time interval being different from the output used during the first time interval.

2. A spectrum analyser according to claim 1, characterized in that during the second time interval, the high pass output (or low pass output respectively) of the first mentioned filter is insulated from the input of the second mentioned filter, that the input of the latter is connected to the input for the signal to be analyzed, that the used output is the high pass output (or the low pass output respectively) and that this output is connected to the input of another filter, the cut-off frequency of which is higher (or lower respectively) than that of the second filter.

3. A spectrum analyser according to claim 2, characterized in that interruptors ($K_i, K_i + 1$) of the switch means which operate in a phase opposition mode during the first and the second time interval are connected on the one hand to the low pass output (or high pass output respectively) of two neighbouring filters ($F_i, F_i + 1$) and on the other hand to the corresponding transmission channels ($V_i, V_i + 1$).

4. A spectrum analyser according to claim 3, characterized in that interruptors ($K'i, K'i + 1$) of the switch means connected to the low pass output (or high pass output respectively) of two neighbouring filters are connected to a common transmission channel (V_i) for connecting one or the other of these neighbouring filters alternately to this channel during the first and the second time intervals respectively.

5. A spectrum analyser according to claim 1, characterized in that the input of one out of every two filters (F_i) is connected to the input of the signal to be analyzed, its high pass output is connected during the first time interval to another filter ($F_i + 1$) having a higher cut-off frequency, and its low pass output is connected during the second time interval to another filter ($F_i + 1$) having a lower cut-off frequency, and that the low pass and high pass outputs of the two other filters are connected to transmission channels of the filtered signal.

6. A spectrum analyser according to claim 5, characterized in that interruptors of the switch means connected to the two outputs of a filter which is not connected to the signal input are connected to a common transmission channel in order to connect to this channel alternately during the first and the second time intervals respectively one or the other output of this filter.

7. A spectrum analyser according to one of the claims 1 to 6, characterized in that the filters are of the type having switched capacitors, in which the cut-off frequencies can be modified either by variation of the sampling frequency or by variation of the capacitances between the first and the second time intervals respectively.

Patentansprüche

1. Spektralanalysegerät, dadurch gekennzeichnet, daß es mehrere Elementarfilter (F_i) mit je einem Tiefpaßausgang (PB) und einem Hochpaßausgang (PH), wobei die Grenzfrequenz (f_i) beider Ausgänge
 5 dieselbe, aber von Filter zu Filter unterschiedlich ist, und Schaltmittel (K_i, K_i', K_i'') aufweist, um periodisch während eines ersten Zeitintervalls Elementarfilter in Zweiergruppen in Kaskade zwischen einen Eingang für das zu analysierende Signal und einen jeder Gruppe eigenen Übertragungskanal (V_i)
 einzufügen, wobei der Hochpaßausgang (bzw. Tiefpaßausgang) eines Elementarfilters an den Eingang
 10 des zweiten Elementarfilters angeschlossen ist, dessen verwendeter Ausgang der Tiefpaßausgang (bzw. Hochpaßausgang) ist, um periodisch während eines zweiten Zeitintervalls die Elementarfilter in Kaskade und in solchen Zweiergruppen zu verbinden, die sich von den ersten Zweiergruppen unterscheiden, wobei der während des zweiten Zeitintervalls für ein Elementarfilter verwendete Ausgang vom während
 des ersten Zeitintervalls verwendeten Ausgang unterschiedlich ist.
2. Spektralanalysegerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß während des zweiten
 15 Zeitintervalls der Hochpaßausgang (bzw. Tiefpaßausgang) des ersterwähnten Filters vom Eingang des zweiterwähnten Filters isoliert ist, daß der Eingang dieses letzteren an den Eingang für das zu analysierende Signal angeschlossen ist, daß sein benutzter Ausgang der Hochpaßausgang (bzw. Tiefpaßausgang) ist und daß dieser Ausgang an den Eingang eines anderen Filters angeschlossen ist, dessen Grenzfrequenz höher (bzw. niedriger) als die des zweiten Filters ist.
3. Spektralanalysegerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß Unterbrecherschalter ($K_i, K_i' + 1$) in den Schaltmitteln, die in Gegenphase während des ersten und zweiten Zeitintervalls betrieben
 20 werden, einerseits an die Tiefpaßausgänge (bzw. Hochpaßausgänge) zweier benachbarter Filter ($F_i, F_i + 1$) und andererseits an die entsprechenden Übertragungskanäle ($V_i, V_i + 1$) angeschlossen sind.
4. Spektralanalysegerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß Unterbrecherschalter ($K_i, K_i' + 1$) in den Schaltmitteln, die mit den Tiefpaßausgängen (bzw. Hochpaßausgängen) von zwei
 25 benachbarten Filtern verbunden sind, an einen gemeinsamen Übertragungskanal (V_i) angeschlossen sind, um diesen Kanal abwechselnd mit dem einen oder dem anderen der benachbarten Filter während des ersten bzw. zweiten Zeitintervalls zu verbinden.
5. Spektralanalysegerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Eingang jedes zweiten
 30 Filters (F_i) an den Eingang für das zu analysierende Signal angeschlossen ist und daß sein Hochpaßausgang während des ersten Zeitintervalls mit einem zweiten Filter ($F_i + 1$) einer höheren Grenzfrequenz verbunden ist, während sein Tiefpaßausgang während des zweiten Zeitintervalls mit einem anderen Filter ($F_i + 1$) einer niedrigeren Grenzfrequenz verbunden ist, und daß die Tiefpaß- und Hochpaßausgänge dieser beiden anderen Filter an Übertragungskanäle für das gefilterte Signal angeschlossen sind.
6. Spektralanalysegerät nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß Unterbrecherschalter in
 35 den Schaltmitteln, die an die beiden Ausgänge eines nicht mit dem Signaleingang verbundenen Filters angeschlossen sind, mit einem gemeinsamen Übertragungskanal verbunden sind, um abwechselnd während des ersten bzw. zweiten Zeitintervalls den einen oder anderen Ausgang dieses Filters mit diesem Kanal zu verbinden.
7. Spektralanalysegerät nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Filter
 40 geschaltete Kondensatoren besitzen, deren Grenzfrequenzen entweder durch Veränderung der Tastfrequenz oder durch Veränderung des Werts der Kondensatoren zwischen den ersten bzw. zweiten Zeitintervallen verändert werden können.

45

50

55

60

65

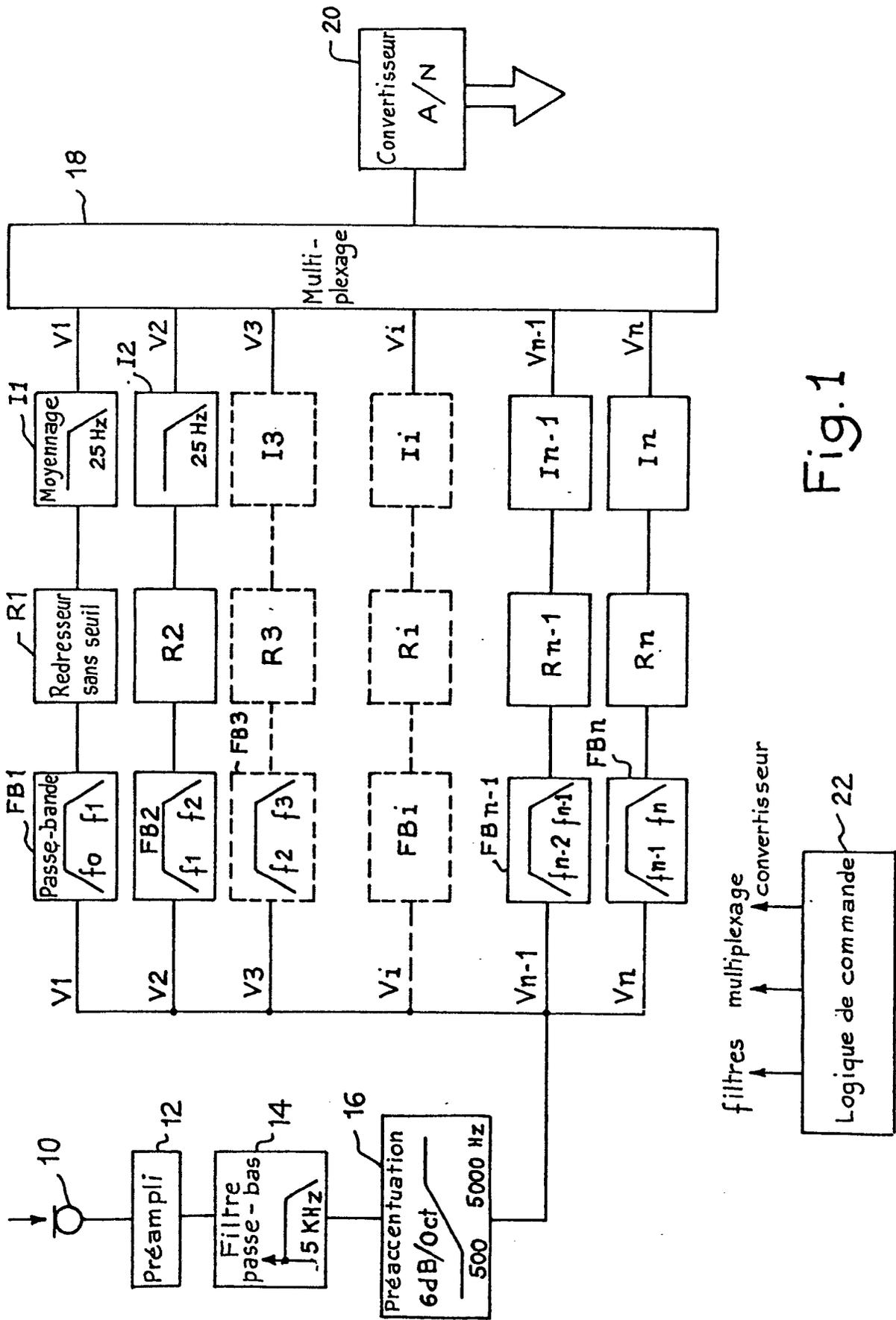
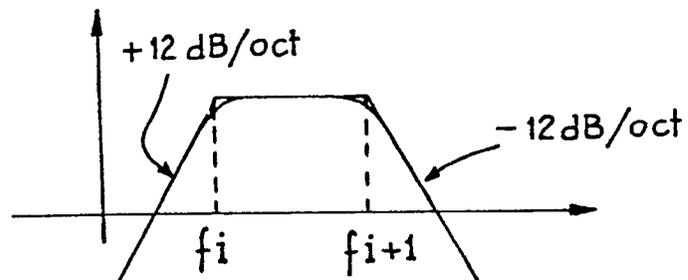
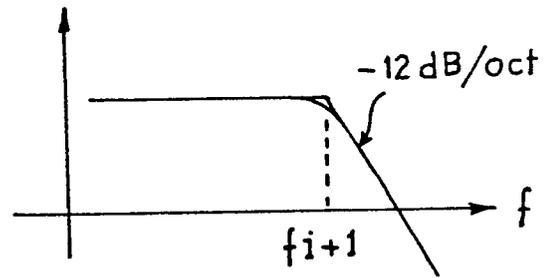
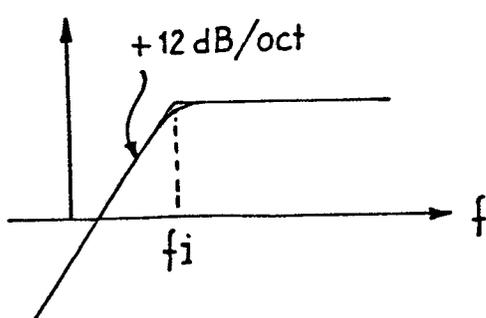
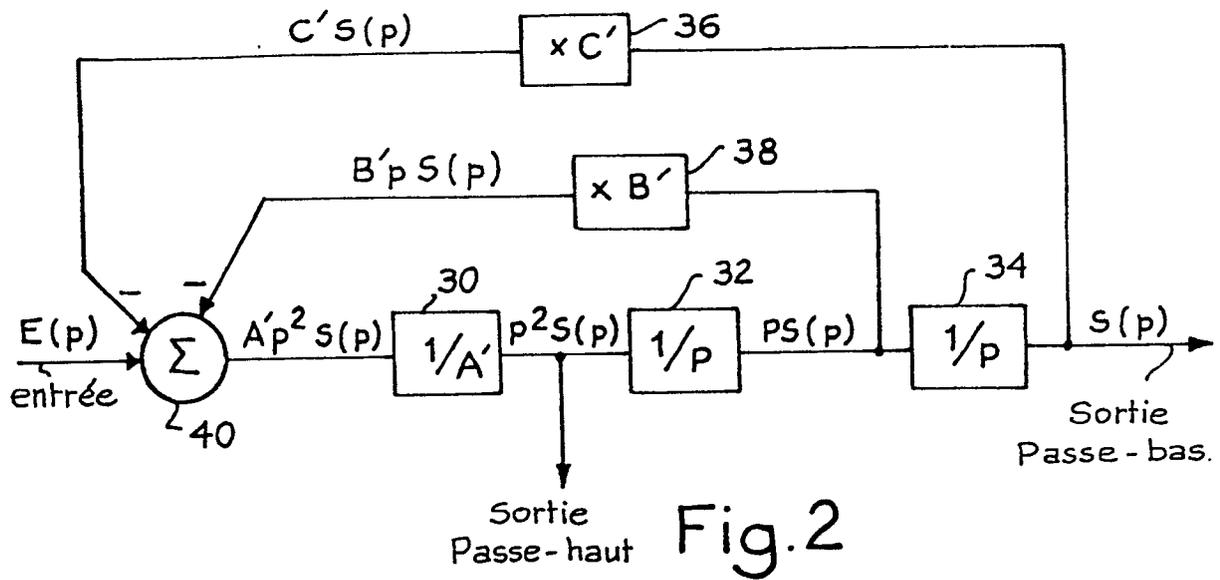


Fig. 1



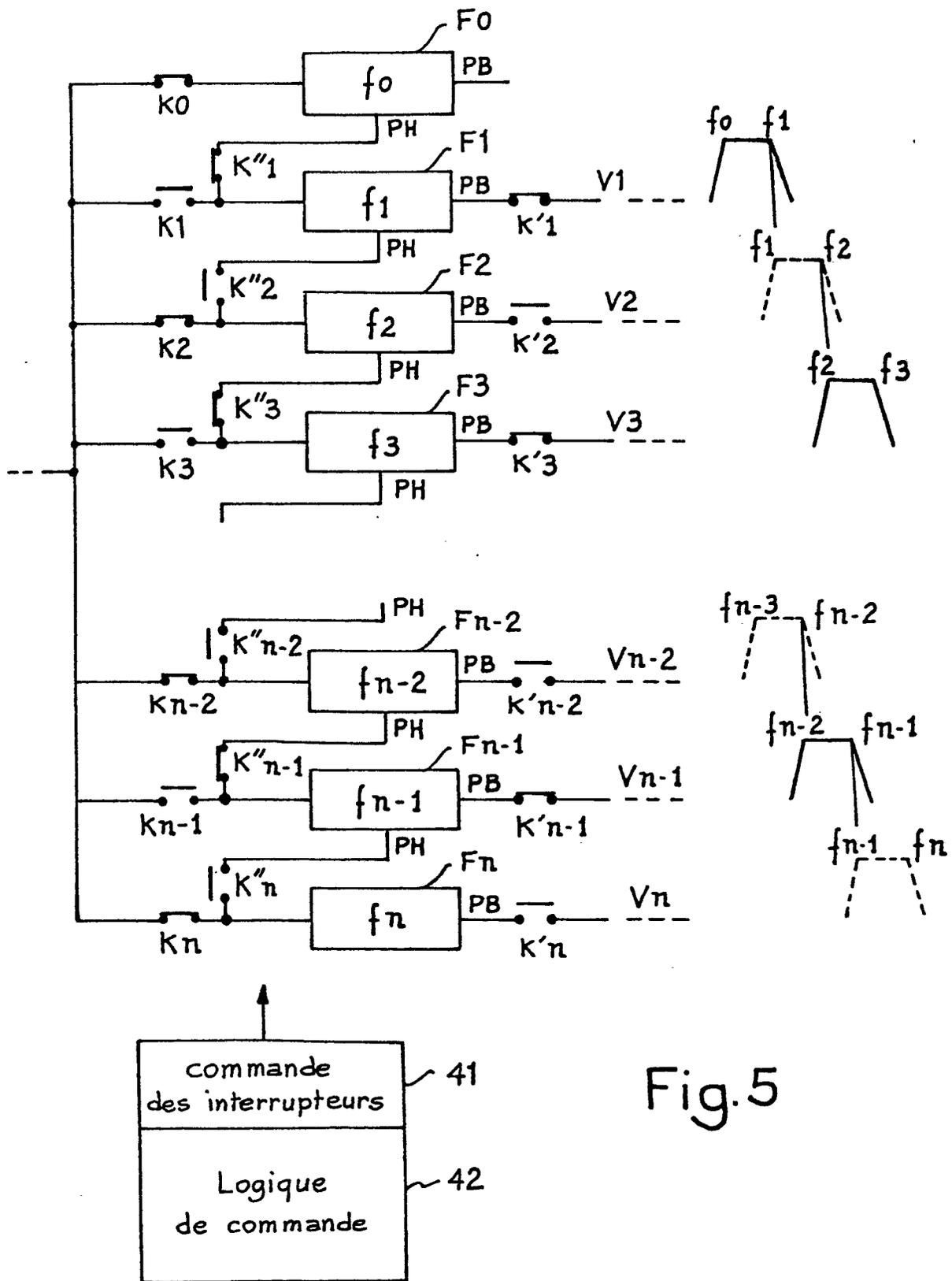


Fig.5

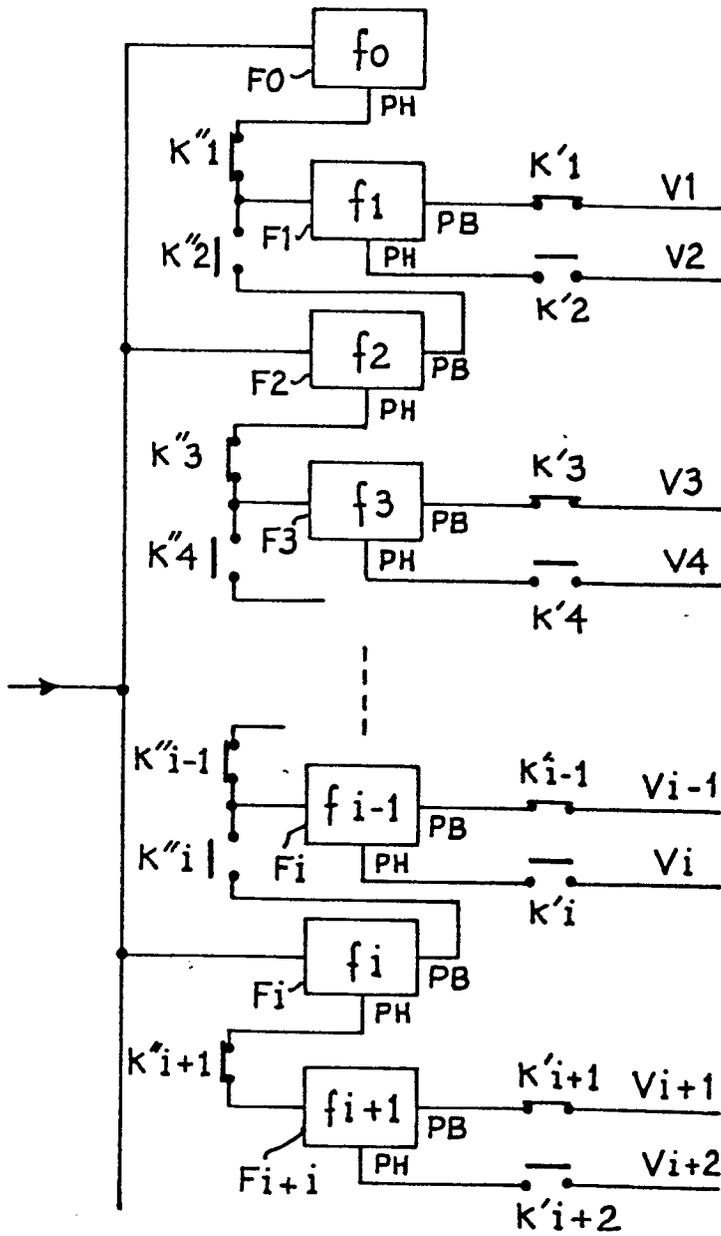


Fig.6

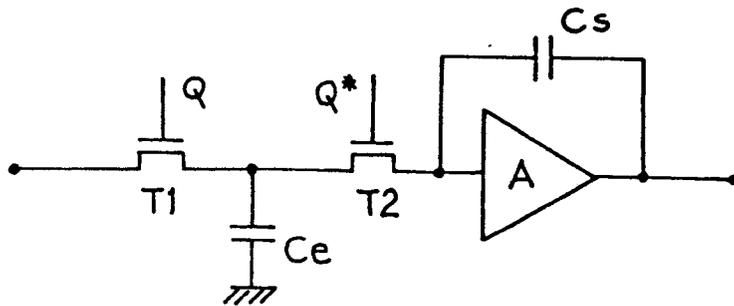


Fig.7