

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 19 octobre 1982.

30 Priorité

43 Date de la mise à disposition du public de la
 demande : BOPI « Brevets » n° 16 du 20 avril 1984.

60 Références à d'autres documents nationaux appa-
 rentés :

71 Demandeur(s) : SOCIETE POUR L'ETUDE ET LA FABRI-
 CATION DES CIRCUITS INTEGRES SPECIAUX - EFCIS,
 société anonyme. — FR.

72 Inventeur(s) : Christian Caillon et Mohamed Tawfik.

73 Titulaire(s) :

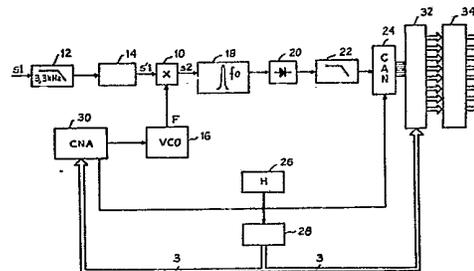
74 Mandataire(s) : Guilguet.

54 Analyseur spectral, notamment pour la reconnaissance de parole.

57 L'invention concerne un analyseur de spectre de signaux
 électriques.

Pour réduire le nombre de filtres et la consommation d'éner-
 gie, on prévoit un analyseur spectral dans lequel un banc de
 filtres en parallèle est remplacé par un filtre passe-bande
 unique 18 dont la fréquence centrale f_0 est en dehors du
 spectre du signal à analyser. Ce spectre est décalé le long de
 l'axe des fréquences de manière à défiler devant la fréquence
 f_0 , grâce à une multiplication entre le signal à analyser s et un
 signal sinusoïdal à fréquence F variable. Cette fréquence F
 subit un cycle de variation périodique grâce auquel le spectre
 du signal peut être analysé par le filtre 18.

On peut effectuer ainsi notamment une reconnaissance de
 parole en temps réel.



FR 2 534 718 - A1

ANALYSEUR SPECTRAL NOTAMMENT POUR LA RECONNAISSANCE DE PAROLE

La présente invention concerne l'analyse du spectre de fréquences de signaux électriques et elle vise à réaliser plus précisément un analyseur spectral qui soit capable d'analyser en temps réel les variations du spectre de fréquences d'un signal électrique appliqué à son entrée.

Une application spécialement importante d'un tel analyseur spectral est la reconnaissance vocale.

Il est établi en effet que certains sons de la voix humaine, notamment les voyelles et les consonnes sonores, sont bien caractérisés par leur spectre de fréquences, et l'analyse de ce spectre permet donc leur reconnaissance.

On a remarqué aussi que le rythme de la parole est tel que le spectre correspondant à un phonème donné reste stable pendant une durée qui est de l'ordre de 15 millisecondes, après quoi ce spectre se modifie du fait de l'émission d'un autre phonème. Il en résulte qu'on peut faire un échantillonnage de la parole toutes les 15 millisecondes, analyser le spectre de fréquences relativement constant de l'échantillon pendant cette durée, et utiliser le résultat de cette analyse pour reconnaître le phonème prononcé.

Or cette durée s'avère être extrêmement brève pour faire une telle analyse, sachant que le spectre de fréquences à analyser s'étend entre 100 hertz et 3000 hertz environ et qu'il est souhaitable, pour obtenir une bonne représentation de ce spectre, de mesurer l'énergie dans environ une vingtaine de bandes étroites de fréquences réparties entre ces limites de fréquence.

Il en résulte que pratiquement la seule méthode proposée jusqu'à maintenant pour faire cette analyse en temps réel, c'est à dire au fur et à mesure du débit de parole prononcée, consistait à faire passer le signal sonore à analyser dans un banc de n filtres ($n = 8$ ou 16 ou 32 par exemple) ayant des bandes passantes étroites successives sensiblement adjacentes, couvrant la gamme de fréquences possible du spectre à analyser. Les filtres reçoivent

tous en parallèle le signal à analyser et fournissent, après redressement et filtrage passe-bas, une indication de l'énergie moyenne, dans leur bande passante respective, de chaque échantillon successif de 15 millisecondes qui leur est appliqué.

5 Ces indications peuvent être converties en signaux numériques, et l'analyseur spectral fournit alors en parallèle n valeurs numériques qui sont des coefficients représentant l'énergie du signal dans chaque bande étroite du spectre. L'ensemble de ces coefficients est une représentation du spectre
10 de l'échantillon de parole en cours d'analyse et c'est cet ensemble de coefficients qui peut être comparé à des valeurs ou gammes de valeurs prédéterminées pour effectuer une reconnaissance du phonème prononcé.

L'analyse de la parole en temps réel est possible, mais
15 l'une des difficultés de réalisation d'un analyseur spectral sous forme de circuit intégré vient de l'importance de la surface de semiconducteur nécessaire pour loger tous les éléments de circuit. En particulier, les n filtres occupent, quelle que soit la manière de les réaliser, une place d'autant plus importante que l'ordre
20 des filtres est plus élevé, donc que le pouvoir de filtrage est plus fort. De plus, la consommation d'énergie de tous ces filtres est très importante.

La présente invention propose, pour diminuer le nombre de filtres nécessaires et du même coup l'énergie consommée, de
25 réaliser un analyseur spectral qui comporte, à la place de plusieurs filtres à bande étroite dont les fréquences centrales sont réparties entre deux fréquences f_1 et f_2 du spectre utile du signal à analyser, un seul filtre à bande étroite dont la bande passante est sensiblement de même largeur que celle des filtres
30 qu'il remplace, et dont la fréquence centrale f_0 est en dehors du spectre utile du signal à analyser, l'analyseur comportant encore, en amont de ce filtre, un multiplieur recevant d'une part le signal à analyser et d'autre part un signal essentiellement sinusoïdal à fréquence F variable issu d'un générateur à fréquence
35 commandée, un moyen de commande étant prévu pour commander le générateur de manière qu'il établisse périodiquement, avec une

période de quelques millisecondes à quelques dizaines de millisecondes, une succession de fréquences s'échelonnant entre une fréquence F_2 et une fréquence F'_2 séparées de la fréquence centrale f_0 du filtre par des intervalles sensiblement égaux aux 5 valeurs de fréquence f_1 et f'_1 entre lesquelles le spectre est analysé par le filtre.

La sortie du filtre à bande étroite est reliée à un redresseur suivi d'un filtre passe-bas ; celui-ci est en principe relié à un convertisseur analogique-numérique dont la sortie peut 10 être appliquée à un démultiplexeur pour fournir périodiquement, avec une période correspondant à celle du moyen de commande du générateur, une série de valeurs numériques représentant le spectre ou une partie du spectre à analyser.

Cette structure d'analyseur permet, par une transposition 15 autour d'une fréquence plus élevée, variable, du spectre du signal à analyser, de faire défiler ce spectre devant le filtre unique à bande étroite qui peut ainsi remplacer plusieurs filtres en parallèle.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention 20 apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit et qui est faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente symboliquement un multiplieur recevant le signal de parole à analyser ;
- les figures 2 et 3 représentent un spectre de signal à 25 analyser et le spectre du signal après passage dans le multiplieur ;
- la figure 4 représente un schéma synoptique de l'analyseur spectral selon l'invention.

Si un signal à analyser, s_1 , par exemple un signal de 30 parole, est multiplié, dans un multiplieur 10, par un signal sinusoïdal de modulation à fréquence F , on peut montrer que le signal résultant s_2 à la sortie du multiplieur aura un spectre S_2 qui se déduit du spectre S_1 du signal s_1 par une translation d'une distance F sur l'axe des fréquences, à quoi il faut rajouter une 35 symétrie par rapport à la droite d'abscisse F sur l'axe des fréquences.

C'est ce que représente la figure 2 sur laquelle un exemple de spectre du signal s_1 est représenté sous forme d'une courbe S_1 exprimant l'énergie (E) du signal en fonction de la fréquence (f). Le spectre S_2 du signal s_2 a la même forme que la courbe S_1 mais est dédoublé par symétrie (partie en pointillé), et est de plus centré autour de la fréquence F du signal introduit dans le multiplieur.

Si le spectre utile du signal s_1 à analyser s'étend entre la fréquence 0 et une fréquence f_{max} , le spectre du signal S_2 s'étendra entre les fréquences F et $F + f_{max}$ d'une part (pour la partie principale du spectre) et $F - f_{max}$ et F d'autre part (pour la partie symétrique).

Si on modifie F , le spectre du signal s_2 subit donc une translation latérale.

Selon l'invention, on effectue rapidement, en quelques millisecondes ou au plus quelques dizaines de millisecondes, un balayage de la fréquence F sur une étendue de fréquence correspondant à une portion ou la totalité de l'étendue du spectre du signal à analyser.

Ce balayage de la fréquence de modulation F a pour effet de déplacer le spectre S_2 par translation sur une distance correspondant à cette étendue.

En faisant passer le signal s_2 dans un filtre passe-bande à bande étroite et à fréquence centrale fixe f_0 et en choisissant convenablement la gamme de valeurs de la fréquence F , on peut alors faire en sorte que le spectre S_2 défile, au cours du balayage, devant la fréquence centrale fixe f_0 , et plus précisément, qu'une portion du spectre S_2 , correspondant à une portion choisie du spectre S_1 à analyser, défile devant la fréquence fixe f_0 .

La sortie du filtre à bande étroite, dont la courbe de réponse est désignée par la référence R_f sur la figure 2, fournit donc, au fur et à mesure du balayage de la fréquence F , un signal dont l'énergie varie selon la forme de la portion intéressante du spectre S_1 .

La figure 3 représente le spectre S_1 du signal à ana-

lyser, avec une portion choisie délimitée par des fréquences f_1 et f'_1 , ainsi que deux représentations S_2 et S'_2 du spectre du signal s_2 , respectivement en trait plein pour une fréquence de modulation F_2 et en traits pointillés pour une fréquence de modulation F'_2 .

5 Les fréquences F_2 et F'_2 sont choisies en fonction de la fréquence centrale fixe f_0 du filtre à bande passante étroite, de telle sorte que lors du balayage de la fréquence de modulation entre les valeurs F_2 et F'_2 , ce soit la zone de spectre S_2 comprise entre $F_2 + f_1$ et $F'_2 + f'_1$ qui défile devant la fréquence
10 centrale f_0 du filtre à bande étroite. Cette zone est sensiblement la reproduction de la zone correspondante entre f_1 et f'_1 du spectre S_1 .

Ceci implique que $F_2 = f_0 - f'_1$ et $F'_2 = f_0 - f_1$. Toutefois, on pourrait aussi prévoir que c'est la partie symétrique du
15 spectre S_2 qui défile devant la fréquence fixe f_0 , auquel cas on aurait $F_2 = f_0 + f'_1$ et $F'_2 = f_0 + f_1$.

La mise en oeuvre de l'invention est réalisée à partir d'un circuit dont un exemple schématique est représenté à la figure 4.

20 Le signal de parole à analyser, s_1 , subit de préférence initialement un premier filtrage passe-bas destiné à limiter son spectre, ceci à cause du fait que le circuit d'analyse comporte au moins un filtre échantillonné introduisant des phénomènes de repliement de spectre très gênants si le spectre de départ n'est
25 pas limité.

Ce filtre antirepliement est un filtre non échantillonné, désigné par la référence 12.

Il est suivi éventuellement d'un filtre de préaccentuation 14 destiné à modifier le spectre avant traitement
30 selon une courbe normalisée rehaussant les fréquences les plus élevées.

Le signal de sortie s'_1 de ce deuxième filtre 14, signal qu'on considère comme celui dont le spectre est effectivement à analyser, est appliqué à une première entrée d'un multiplieur 10
35 recevant sur une autre entrée un signal sensiblement sinusoïdal de fréquence F issu d'un oscillateur 16 à fréquence contrôlée par une

tension (VCO).

Le signal s_2 résultant de cette multiplication est appliqué à un filtre passe-bande 18 de fréquence centrale fixe f_0 qui peut être d'environ 6 kilohertz, avec une bande passante 5 étroite correspondant à la résolution de fréquence désirée pour l'analyse spectrale. Par exemple, la bande passante peut être de 300 hertz et le filtre peut être un filtre de BESSEL du 4ème ordre, échantillonné à une fréquence de quelques dizaines de kilohertz.

10 Le signal de sortie du filtre 18, qui est un signal à bande passante étroite, est appliqué à un redresseur double alternance 20 et à un filtre passe-bas 22 de fréquence de coupure suffisamment faible pour éliminer les fréquences dans la bande passante du filtre 18 et suffisamment élevée pour conserver les 15 variations de niveau de l'enveloppe de ces fréquences. Le filtre 22 a par exemple une fréquence de coupure de 3 kilohertz.

L'oscillateur à fréquence contrôlée 16 fournit au multiplieur une fréquence F variable selon un cycle périodique dont la période correspond à la période d'analyse désirée pour le 20 spectre. Cette période peut être comprise entre 10 et 20 millisecondes, par exemple 12 ms.

Durant cette période, la fréquence F de l'oscillateur 16 balaie une gamme de fréquences comprise entre $f_0 - f'1$ et $f_0 + f'1$, 25 f_0 et $f'1$ étant les limites de la gamme de fréquences du spectre qu'on veut analyser au moyen du filtre 18.

Par exemple $f_0 = 300$ Hertz et $f'1 = 3300$ Hertz, ce qui constitue l'essentiel du spectre utile de la parole, mais on pourrait prévoir que la gamme f_0 , $f'1$ est une étendue notablement plus réduite à l'intérieur de ce spectre.

30 Dans l'exemple qui précède, avec $f_0 = 6$ kHz l'oscillateur 16 balayerait la gamme de fréquences de 2700 Hz à 5700 hertz en 12 millisecondes.

Le cycle périodique de variation de fréquence peut comprendre une variation linéaire continue ou de préférence une 35 succession de fréquences fixes séparées chacune d'au moins la valeur de la bande passante du filtre 18 (300 Hertz).

Par exemple, le cycle peut comprendre une succession discrète de huit fréquences établies successivement durant des intervalles de temps égaux, ou éventuellement des intervalles de temps inégaux, plus longs pour les plus basses fréquences.

5 Le cycle est établi, dans l'exemple représenté, à partir d'une horloge 26 suivie d'un compteur 28 à trois bits (huit fréquences à établir) dont les sorties sont appliquées à un convertisseur numérique-analogique 30, la sortie de celui-ci commandant l'oscillateur 16. Ainsi, au fur et à mesure du comptage, la
10 tension de sortie du convertisseur 30 change et la fréquence de l'oscillateur change également. La période de l'horloge est ici d'environ 1,5 milliseconde pour que la période du cycle de variation de fréquence de l'oscillateur soit de 12 millisecondes (avec huit valeurs de fréquences dans le cycle).

15 Le filtre passe-bande sera choisi de telle façon qu'il puisse s'établir avec le maximum de précision au bout de chacun des intervalles de temps élémentaires (sa réponse impulsionnelle doit être brève ; ce peut être par exemple un filtre de BESSEL passe-bande).

20 A mesure que la séquence se déroule au cours d'une période de 12 millisecondes, des parties différentes du spectre de la parole sont analysées et le convertisseur analogique-numérique 24 fournit une valeur numérique d'énergie pour chacune de ces parties. La conversion est effectuée à la fin de chaque intervalle
25 de temps où la fréquence reste constante.

Ces valeurs sont appliquées à un démultiplexeur 32 ou un dispositif d'adressage quelconque qui peut les diriger vers une mémoire tampon 34 de telle manière que la sortie de la mémoire fournisse périodiquement (période 12 millisecondes du cycle
30 d'analyse) autant de valeurs numériques en parallèle que de points d'analyse du spectre, c'est à dire autant que de fréquences différentes fournies par l'oscillateur ou plus généralement que de conversions effectuées par le convertisseur analogique-numérique 24.

35 Les deux convertisseurs 24 et 30 peuvent être commandés par l'horloge 26 tandis que le démultiplexeur 32 est commandé par

la sortie du compteur 28.

En ce qui concerne l'agencement général d'un analyseur de spectre de parole conforme à l'invention, on peut prévoir que le signal à analyser est appliqué simultanément à deux ou plusieurs ensembles tels que celui de la figure 4, commandés en synchronisme, avec un multiplexeur commun aux sorties des différents ensembles, les différents ensembles comportant des filtres passe-bande de fréquences centrales différentes pour analyser des plages de fréquences différentes. L'oscillateur 16 peut être commun à plusieurs ensembles.

On peut également prévoir d'associer un ou plusieurs ensembles tels que celui de la figure 4 à un ou plusieurs filtres passe-bande à bande étroite recevant directement le signal à analyser s'il : ces filtres peuvent correspondre à l'analyse des plus basses fréquences du spectre, par exemple entre 100 et 300 Hertz.

RÉVENDICATIONS

1. Analyseur spectral, notamment pour l'analyse de la parole, caractérisé par le fait qu'il comprend au moins un ensemble comportant :

- un générateur (16) à fréquence commandée établissant
5 un signal essentiellement sinusoïdal à fréquence variable F ;
- un moyen de commande (26, 28, 30) du générateur pour établir périodiquement, avec une période de quelques millisecondes à quelques dizaines de millisecondes, une succession de fréquences F s'échelonnant entre une fréquence F_2 et une fréquence F'_2 ;
- 10 - un multiplieur (10) recevant d'une part le signal à analyser ($s'1$) et d'autre part le signal issu du générateur ;
- un filtre passe-bande (18) à bande passante étroite par rapport à l'intervalle entre deux fréquences f_1 , f'_1 constituant les limites de la partie du spectre à analyser au moyen de
15 ce filtre, ce filtre ayant une fréquence centrale f_0 en dehors du spectre utile du signal à analyser et telle que f_0 soit séparé de F_2 et F'_2 sensiblement par les valeurs de fréquences limites f_1 et f'_1 ;
- un redresseur (20) et un filtre passe-bas (22) en aval
20 du filtre à bande étroite, le filtre passe-bas ayant une fréquence de coupure notablement inférieure à la fréquence centrale du filtre à bande étroite.

2. Analyseur selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la sortie du filtre passe-bas (22) est reliée à un
25 convertisseur analogique-numérique, lui même relié à un démultiplieur (32) établissant un cycle de démultipliage de même période que le moyen de commande du générateur.

3. Analyseur selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que le moyen de commande est agencé pour
30 établir une succession discrète de fréquences pendant des intervalles de temps égaux.

1/2

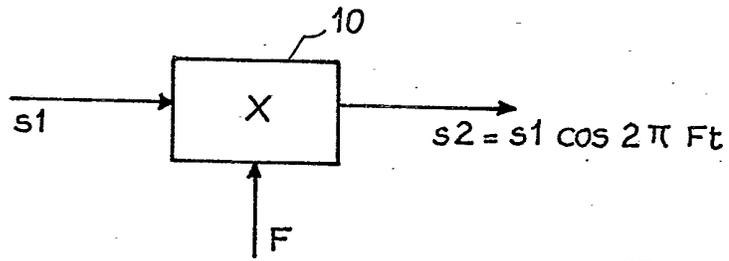


Fig. 1

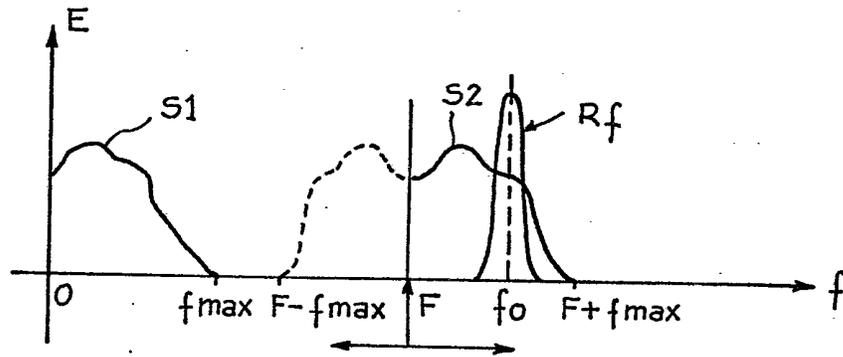


Fig. 2

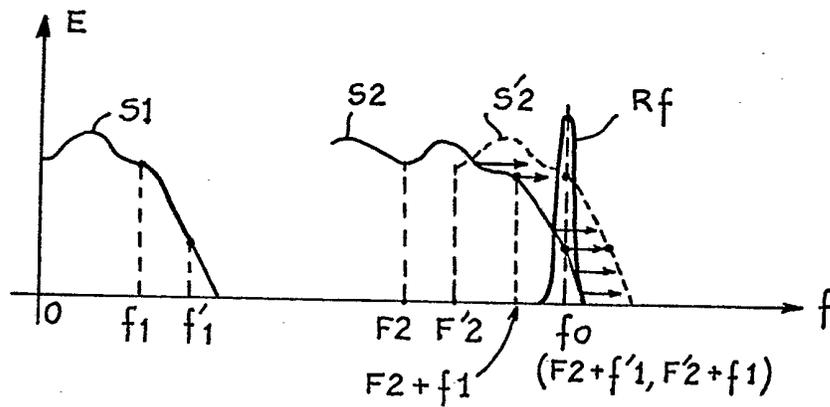


Fig. 3

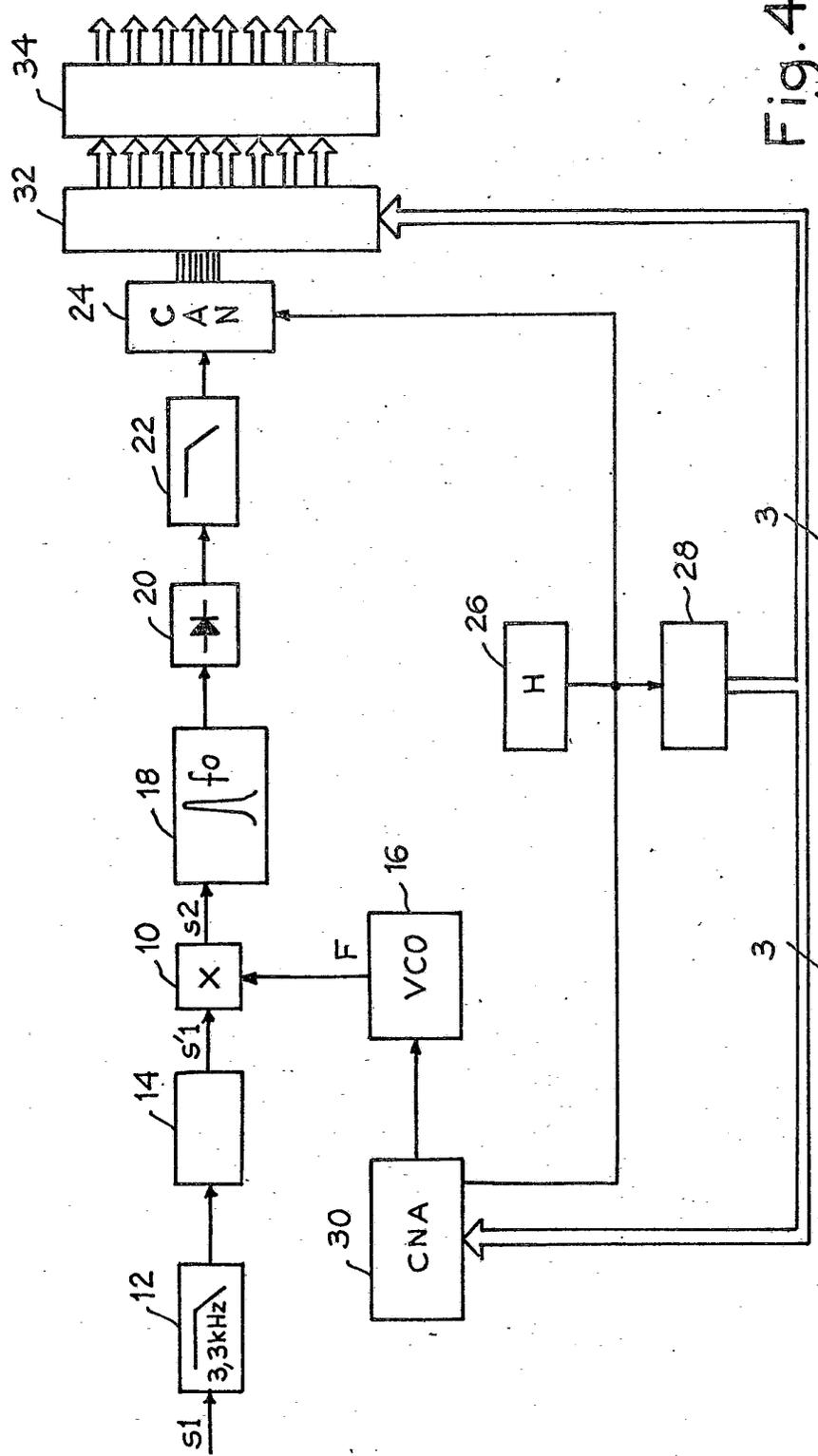


Fig. 4