

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 579 390

②1 N° d'enregistrement national :

85 04252

⑤1 Int Cl⁴ : H 03 M 1/86; H 04 N 7/08.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 22 mars 1985.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 39 du 26 septembre 1986.

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

⑦1 Demandeur(s) : Société anonyme dite : ENERTEC. —
FR.

⑦2 Inventeur(s) : Ferial Benkara.

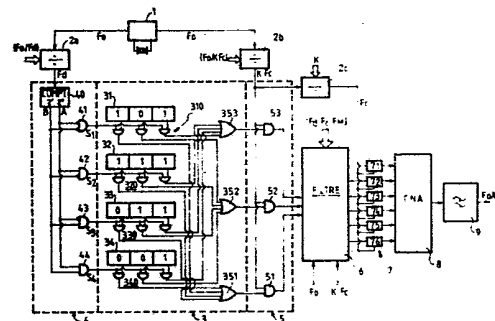
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Jean-Paul Bentz, Giers-Schlumberger.

⑤4 Générateur numérique de forme d'onde et procédé associé.

⑤7 Procédé et dispositif de synthèse d'une forme d'onde
analogique à partir de valeurs numériques initiales.

Le dispositif, permettant de produire la forme d'onde analogique dans une bande de fréquence déterminée, et de manière que son amplitude au cours du temps corresponde au mieux aux valeurs numériques défilant à une fréquence F_d programmable, comprend : une mémoire 3 de valeurs numériques; un compteur d'adresse 4; un circuit de suréchantillonnage 5; un filtre numérique programmable de limitation de bande 6; un circuit de sous-échantillonnage 7; un convertisseur numérique-analogique 8; et un filtre de lissage 9.



FR 2 579 390 - A1

D

GENERATEUR NUMERIQUE DE FORME
D'ONDE ET PROCEDE ASSOCIE

5 La présente invention concerne un procédé et un dispositif
pour produire, à partir d'une série de N valeurs numériques
représentant des paliers successifs d'une forme d'onde
numérique virtuelle, et dans une bande de fréquence limitée
par une fréquence maximale F_M , une forme d'onde
10 analogique réelle dont l'amplitude au cours du temps
corresponde au moins approximativement à celle qu'aurait la
forme d'onde virtuelle défilant à une fréquence de
défilement F_d donnée.

15 Des dispositifs de ce type sont connus dans le domaine de
la télédiffusion, et utilisés notamment pour l'émission de
signaux auxiliaires, tels que des signaux de diffusion de
données.

20 On sait en effet que la télévision est, dans de nombreux
pays, utilisée non seulement pour transmettre des
informations audio-visuelles correspondant à sa fonction
première, mais également des informations numériques
d'intérêt collectif; en France par exemple, le procédé
25 connu sous le nom "ANTIOPE" permet la diffusion de données
numériques, telles que les cours de la Bourse, accessibles
à tout terminal informatique approprié branché sur un
récepteur de télévision.

30 Dans le cas de ces signaux de diffusion de données, les
signaux physiquement transmis sont des formes d'ondes
analogiques destinées à représenter des valeurs successives
numériques binaires, c'est-à-dire constituées chacune d'un
bit 0 ou d'un bit 1.

35 On peut ainsi, de façon un peu arbitraire mais commode,
considérer que le message à émettre, formé de N valeurs

numériques binaires, constitue une forme d'onde numérique virtuelle qui est, à la transmission, concrétisée en une forme d'onde analogique réelle.

5 Alors que la première n'est définie que par des valeurs numériques ordonnées, la seconde est définie par un ensemble de paramètres physiques.

10 En particulier, dans le cas de la génération de tels signaux de diffusion de données pour la télévision, l'émetteur est conditionné par deux paramètres qui sont d'une part la fréquence de défilement F_d de la forme d'onde numérique virtuelle à laquelle le signal physiquement émis (c'est-à-dire la forme d'onde analogique)
15 doit correspondre, et d'autre part la fréquence maximale F_M présente dans le signal émis, c'est-à-dire la plus haute fréquence d'amplitude significative du spectre de la forme d'onde analogique.

20 Traditionnellement, les générateurs de signaux de diffusion de données comprennent des moyens pour relire, à une fréquence de défilement (qu'on pourrait appeler une fréquence-bit) déterminée par un oscillateur, et sous forme de signaux électriques à haut niveau (pour les bits 1) ou à
25 bas niveau (pour les bits 0), les valeurs numériques binaires de diffusion de données, et un filtre passe-bas analogique recevant ces signaux et produisant une forme d'onde analogique dont la fréquence maximale est limitée à une valeur F_M déterminée par la fréquence de coupure du
30 filtre.

Cependant, bien que limitée à une bande de fréquence déterminée, la forme d'onde analogique émise doit être reconnue, au récepteur, comme porteuse de l'information

numérique constituée par les valeurs binaires qui ont servi à la constituer.

5 Pour cela il est nécessaire, d'après le théorème de Shannon, que la fréquence maximale F_M de la forme d'onde analogique soit au moins égale au double de la fréquence de défilement F_d des valeurs numériques binaires (fréquence-bit).

10 Il en résulte que, dans les générateurs connus de signaux de diffusion de données, dans lesquels la fréquence maximale est déterminée une fois pour toutes par les caractéristiques physiques du filtre analogique de sortie, la fréquence de défilement ne peut pas être modifiée à
15 souhait, non seulement parce qu'elle est elle-même physiquement déterminée par un oscillateur, mais aussi parce que la fréquence maximale à laquelle elle est liée ne peut être changée sans modification physique du filtre analogique de sortie.

20 Ces limitations constituent un obstacle à la nécessité de pouvoir s'adapter aux normes et besoins nouveaux et de transmettre des signaux de diffusion de données à des fréquences de défilement réglables.

25 On sait d'autre part que la télédiffusion utilise comme signaux auxiliaires, en plus des signaux numériques de diffusion de données, des signaux de test (ou "lignes de test") destinés à mesurer la qualité de la transmission,
30 télévisée.

En effet, en raison de la dimension mondiale qu'ont prise à l'heure actuelle les émissions télévisées, des normes internationales ont été établies pour le contrôle de la
35 qualité des transmissions.

Ce contrôle est réalisé en émettant, en plus des informations audio-visuelles destinées au public, des signaux de test prédéterminés, définis par des normes et émis dans une bande de fréquence déterminée.

5

L'observation, effectuée au niveau des récepteurs centralisés de télévision, des déformations subies par les signaux de test reçus, permet d'apprécier la qualité de la transmission.

10

A l'heure actuelle, ces signaux de test, de nature analogique, sont produits par des générateurs spécifiques, différents des générateurs de signaux de diffusion de données, ce qui conduit à la nécessité d'utiliser un matériel considérable pour la génération des signaux auxiliaires de télévision.

15

Dans ce contexte, l'invention a pour but de proposer, pour des applications d'ailleurs non limitées à l'émission de signaux de test de télévision, des moyens permettant de synthétiser, à partir des valeurs numériques d'une forme d'onde virtuelle, utilisées à une fréquence de défilement F_d , une forme d'onde analogique présentant une fréquence maximale F_M , tout en choisissant la fréquence de défilement et la fréquence maximale de cette onde analogique.

20

25

A cette fin le procédé de l'invention qui, appliqué à la télévision permet aussi bien la synthèse des signaux de diffusion de données que des signaux de test, est caractérisé en ce qu'il comprend :

30

- une opération préliminaire d'échantillonnage consistant à produire des échantillons numériques d'entrée, représentatifs de l'amplitude de la forme d'onde

35

numérique, en nombre au minimum égal au produit M du nombre N de valeurs numériques par le quotient d'une fréquence de conversion déterminée F_c par ladite fréquence de défilement F_d , ce quotient étant supérieur à 1,

- 5
- 10 - une opération de filtrage numérique pratiquée sur ces échantillons en fonction dudit choix de fréquences et conduisant au moins à la production de mots numériques filtrés en nombre égal audit nombre minimum M , représentant au moins approximativement, sur au moins deux bits chacun, l'amplitude en fonction du temps de la forme d'onde analogique, et
- 15 - une opération de conversion dans laquelle ces mots numériques sont, à ladite fréquence de conversion F_c , convertis en un signal analogique constituant au moins approximativement ladite forme d'onde analogique, cette fréquence de conversion F_c étant suffisamment élevée
- 20 pour être toujours au moins égale au double de ladite fréquence maximale F_M choisie.

De préférence, les mots numériques filtrés contiennent un nombre de bits supérieur au nombre de bits des valeurs numériques initiales.

Dans le cas où lesdites valeurs numériques sont des valeurs binaires, la fréquence de conversion F_c est suffisamment élevée pour être toujours au moins égale au quadruple de la fréquence de défilement F_d choisie.

L'opération de filtrage comprend généralement un filtrage passe-bas, mais peut aussi comprendre l'application, sur les échantillons numériques, d'une distorsion propre à compenser au moins partiellement les déformations

introduites dans le traitement des mots numériques par l'opération de conversion.

5 Avantageusement, le nombre des échantillons numériques produits avant le filtrage est supérieur au nombre de mots numériques convertis au cours de l'opération de conversion. Plus particulièrement, on pourra prévoir que le nombre des échantillons numériques soit un multiple relativement élevé du nombre de mots numériques, par exemple égal à 8 fois le
10 nombre de mots numériques.

Comme le nombre de mots numériques est supérieur au nombre de valeurs numériques initiales, le nombre d'échantillons est lui-même très supérieur à ce nombre de valeurs.

15 Cette caractéristique est importante pour la raison suivante : la forme d'onde analogique produite doit non seulement présenter une fréquence maximale choisie, mais aussi représenter au mieux la forme d'onde numérique
20 virtuelle initiale. Au niveau du filtre numérique, le contour de la forme d'onde virtuelle n'est connu que par l'intermédiaire des échantillons qui sont fournis à ce filtre. Or on sait que le contour d'une forme d'onde échantillonnée est d'autant mieux connu que le nombre
25 d'échantillons est élevé. Ainsi, la forme d'onde dont le contour correspond aux mots numériques produits par le filtre pourra d'autant mieux rendre compte de la forme d'onde numérique virtuelle initiale que le nombre d'échantillons utilisés pour le filtrage sera élevé.

30 Le procédé de l'invention peut comporter une opération de mise en mémoire des valeurs numériques et/ou des échantillons, antérieure à l'opération de filtrage numérique et permettant de réaliser ce filtrage en temps
35 différé, l'opération de mise en mémoire des échantillons se

substituant alors à l'opération d'échantillonnage telle que décrite précédemment.

5 De même, le procédé de l'invention peut comporter une opération de mise en mémoire des mots numériques filtrés, postérieure à l'opération de filtrage numérique et permettant de produire plusieurs fois la forme d'onde analogique à partir de ces mots, en n'ayant procédé qu'une seule fois audit filtrage.

10

De préférence, le procédé de l'invention comporte aussi une opération de lissage du signal analogique résultant de la conversion, permettant d'obtenir, à partir dudit signal analogique, ladite forme d'onde analogique définitive.

15

Le dispositif de l'invention, destiné à produire, à partir d'une série de N valeurs numériques représentant des paliers successifs d'une forme d'onde numérique virtuelle, une forme d'onde analogique réelle dont l'amplitude au cours du temps corresponde au moins approximativement à celle qu'aurait la forme d'onde virtuelle défilant à une fréquence de défilement F_d donnée, est essentiellement caractérisé en ce qu'il comprend : des moyens d'échantillonnage pour produire, à une fréquence d'échantillonnage $K.F_c$ supérieure à ladite fréquence de défilement, des échantillons numériques représentant de façon surnuméraire lesdites valeurs numériques; un filtre numérique programmable propre à recevoir ces échantillons et à produire, à une fréquence au moins égale à une fréquence de conversion déterminée, des mots numériques à deux bits au moins, représentant l'amplitude au cours du temps de la forme d'onde analogique, rendue susceptible d'être synthétisée dans une bande de fréquence limitée par une fréquence maximale F_M au plus égale à la moitié de ladite fréquence de conversion; et un convertisseur

30

35

numérique-analogique propre à recevoir certains au moins
desdits mots numériques et à les convertir à ladite
fréquence de conversion déterminée en un signal analogique
constituant au moins approximativement ladite forme d'onde
5 analogique.

Lorsque les valeurs numériques à transmettre sont choisies
à l'avance, le dispositif comprend de préférence une
mémoire contenant ces valeurs et des moyens programmables
10 pour relire ces valeurs numériques à une valeur choisie de
la fréquence de défilement F_d .

Pour obtenir une restitution aussi fidèle que possible des
valeurs numériques, ce dispositif comporte de préférence
15 des moyens d'échantillonnage qui, pour les raisons exposées
ci-dessus, fonctionnent à une fréquence d'échantillonnage
 $K.F_c$ supérieure à la fréquence de conversion F_c .

Dans le cas où le filtre numérique produit à sa sortie
20 autant de mots qu'il reçoit d'échantillons d'entrée,
c'est-à-dire dans le cas où il produit des mots numériques
à la fréquence d'échantillonnage, le dispositif de
l'invention comporte avantageusement à la sortie du filtre
un circuit de blocage fournissant au convertisseur
25 numérique analogique, à la fréquence de conversion, des
mots numériques sélectionnés de façon régulière parmi les
mots produits par le filtre.

De préférence, le convertisseur numérique analogique a une
30 définition, exprimée en nombre de bits, supérieure au
nombre de bits desdites valeurs numériques.

En variante, le dispositif de l'invention peut comprendre
un ordinateur et un convertisseur numérique analogique de
35 sortie, éventuellement suivis par un filtre analogique de
lissage.

Pour faciliter la mise en oeuvre du procédé de l'invention, on peut en outre prévoir une mémoire susceptible de recevoir et stocker les mots numériques filtrés produits, par exemple en temps différé, par l'ordinateur et susceptible de les restituer, à la fréquence de conversion réelle précédemment mentionnée, pour commander le convertisseur numérique-analogique de sortie.

Dans ce cas, l'ordinateur peut, au lieu d'être utilisé en temps réel, être seulement utilisé pour simuler, sans contrainte de temps pour lui-même, le fonctionnement qu'aurait un dispositif, tel que décrit précédemment, opérant un échantillonnage à la fréquence réelle $K.F_c$ et un filtrage numérique en temps réel de la forme d'onde numérique initiale; dans ce dernier cas, les mots numériques peuvent être produits sans que la fréquence de l'horloge interne de l'ordinateur intervienne dans la mise en oeuvre du procédé de l'invention; en particulier, l'utilisation d'un ordinateur calculant les mots numériques de sortie en temps différé permet, avec un ordinateur de performance modérée, de calculer et stocker dans une mémoire des mots numériques représentant l'amplitude d'une forme d'onde destinée à être reproduite à une fréquence de conversion F_c très élevée, cette reproduction consistant essentiellement à fournir au convertisseur numérique-analogique de sortie les mots relus dans la mémoire à la fréquence de conversion F_c .

Un mode particulier de réalisation de l'invention sera décrit ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma d'un dispositif conforme à l'invention;

5 - les figures 2a à 2f sont des diagrammes représentant des formes d'onde ou signaux apparaissant en différents points du dispositif de la figure 1; sur ces diagrammes, l'abscisse représente la variable temps t , l'ordonnée VN représente une valeur numérique et l'ordonnée AA représente l'amplitude d'un signal analogique.

10 Le dispositif de l'invention, tel que représenté sur la figure 1, sera supposé fonctionner en temps réel. Ce dispositif comporte tout d'abord des circuits permettant de définir au moins une fréquence de défilement F_d , une fréquence d'échantillonnage $K.F_c$ et une fréquence de conversion F_c , le paramètre K représentant un facteur multiplicatif liant ces deux dernières fréquences.

15 A cette fin, le dispositif comprend par exemple un oscillateur à quartz 1 produisant un signal d'horloge principal, de fréquence F_o très élevée, et trois diviseurs de fréquence 2a, 2b, 2c recevant, directement ou non, le signal d'horloge F_o et produisant les signaux de fréquence F_d , $K.F_c$ et F_c . Parmi ces diviseurs de fréquence 2a à 2c, le premier au moins 2a, qui fournit le signal à la fréquence de défilement F_d , est un diviseur programmable, grâce auquel cette fréquence peut être
20
25 choisie.

30 Une mémoire 3, par exemple de type ROM, contient N valeurs numériques à partir desquelles la forme d'onde analogique doit être synthétisée. Par souci de simplification le dispositif de l'invention sera décrit avec un nombre relativement faible ($N=4$) de valeurs numériques, étant bien entendu que ce nombre peut être aussi grand que nécessaire.

35 Ces valeurs numériques peuvent a priori être binaires

(c'est-à-dire à 1 bit) ou à plusieurs bits. En l'occurrence sur le schéma de la figure 1, chacune des 4 valeurs a 3 bits et est contenue dans un registre correspondant 31 à 34.

- 5 Un compteur d'adresse 4 est prévu à l'entrée de la mémoire 3 pour accéder séquentiellement à chacune des 4 valeurs.

Ce compteur d'adresse 4 comprend par exemple un compteur 40
 10 présentant 2 sorties de signaux binaires A et B, et recevant le signal à la fréquence de défilement F_d . Ces sorties sont reliées à des portes logiques 41 à 44 produisant respectivement des signaux combinés $S_1 = \text{NON A ET NON B}$, $S_2 = \text{A ET NON B}$, $S_3 = \text{NON A ET B}$, $S_4 = \text{A ET B}$.

- 15 Les signaux S_1 à S_4 , qui, à tour de rôle, sont au niveau logique haut pendant un intervalle de temps $1/F_d$, sont appliqués à des entrées de portes ET disposées en rangées respectives 310, 320, 330, 340 et affectées aux registres respectifs 31 à 34. L'autre entrée de chacune de
 20 ces portes ET reçoit un bit correspondant de la valeur contenue dans le registre auquel cette porte est affectée. Enfin, les sorties des portes recevant le $n^{\text{ème}}$ bit de chaque valeur numérique ($n=1$ à 3 en l'occurrence) sont reliées à une $n^{\text{ème}}$ porte OU respective 351, 352, 353.

25

Il résulte de cet agencement que les portes OU 351 à 353 délivrent en parallèle les 3 bits de l'une des valeurs numériques (101, 111, 011, 001) enregistrées dans la mémoire 3, et que ces valeurs "défilent" à la fréquence
 30 F_d choisie par réglage du diviseur 2a.

L'état des sorties des portes OU 351 à 353 au cours du temps définit idéalement, c'est-à-dire si l'on considère comme infiniment courts les temps de transition entre les
 35 différentes valeurs, la forme d'onde numérique virtuelle

FON représentée à la figure 2a et composée de valeurs codées sur 3 bits.

5 Si la forme d'onde numérique à reproduire était composée de valeurs binaires, et par exemple des bits de gauche des valeurs 101, 111, 011 et 001, les deux cellules de droite de chaque registre 31 à 34 et les portes OU 352 et 353 seraient supprimées.

10 Le dispositif comprend par ailleurs un circuit d'échantillonnage 5 représenté sous la forme d'un ensemble de 3 portes ET 51 à 53 recevant d'une part les signaux de sortie des portes OU 351 à 353 respectives et d'autre part le signal d'horloge à la fréquence d'échantillonnage $K.F_c$.

15 Ce circuit d'échantillonnage 5 produit à sa sortie, constituée par les sorties en parallèle des portes ET 51 à 53, des échantillons numériques d'entrée tels que représentés sur la figure 2b.

20 Ces échantillons, représentatifs de la forme d'onde numérique virtuelle FON, sont produits à la fréquence d'échantillonnage $K.F_c$ de sorte que leur nombre, pour N valeurs numériques (N=4 dans l'exemple choisi) est égal à
25 $N.K.F_c/F_d$.

Le facteur multiplicatif K est choisi au moins égal à 1, c'est-à-dire que le nombre minimum M d'échantillons est égal à $N.F_c/F_d$; par ailleurs le rapport F_c/F_d est
30 choisi supérieur à 1, de sorte que le nombre M d'échantillons est supérieur au nombre N de valeurs initiales.

En outre, il est avantageux de donner à K une valeur
35 entière sensiblement supérieure à 1, par exemple 8; la

fréquence d'échantillonnage est alors égale à 8 fois la
fréquence de conversion. En effet, on obtient ainsi, grâce
au fait que le filtre numérique connaît d'autant mieux la
forme d'onde virtuelle que la fréquence d'échantillonnage
5 est élevée, un meilleur rendu de la forme d'onde virtuelle
par la forme d'onde analogique.

Ces échantillons (figure 2b) sont, à la fréquence $K.F_c$,
admis à l'entrée d'un filtre numérique programmable 6.

10

Ce filtre, de type connu en soi, reçoit, en tant que
signaux d'horloge, les signaux de fréquence F_0 et $K.F_c$
et, en tant que données de programmation, des paramètres
représentatifs des fréquences de défilement F_d , de
15 conversion F_c , et maximale F_M .

Le signal d'horloge F_0 , de fréquence élevée par rapport à
la fréquence $K.F_c$, constitue le signal d'horloge
principal définissant, de façon connue en soi, les instants
20 auxquels les opérations élémentaires du filtre doivent être
effectuées, tandis que le signal à la fréquence $K.F_c$
définit pour le filtre, de façon également connue en soi,
les instants auxquels les échantillons sont disponibles à
l'entrée de ce filtre.

25

Si elle est fixée une fois pour toutes, comme ce sera
généralement le cas, la fréquence de conversion F_c pourra
être fournie au filtre sous la forme d'un paramètre
définitif (non réglable).

30

A partir de ces signaux et paramètres, le filtre 6 élabore,
de façon connue en soi, des mots numériques (figure 2c)
codés sur un nombre de bits supérieur au nombre de bits des
valeurs numériques initiales et représentant au moins
35 approximativement le contour de la forme d'onde analogique

filtrée dont le spectre de fréquence est limité par la fréquence maximum F_M .

5 Ce filtre numérique 6 réalise donc au moins un filtrage
passe-bas destiné à limiter la bande de fréquence de la
forme d'onde analogique; les mots numériques de sortie du
filtre, en nombre en principe égal au nombre d'échantillons
si le filtre 6 est d'un type classique, sont fournis à un
10 registre bloqueur 7 constitué par une pile de 6 registres à
décalage 71 à 76 recevant chacun un bit du mot de sortie du
filtre.

L'accès à ces registres (limités à un bit chacun par
exemple) est commandé par le signal de fréquence F_c , de
15 sorte que le registre bloqueur 7 délivre à sa sortie, à la
fréquence de conversion F_c (figure 2d), des mots
numériques filtrés dont le nombre M , pour N valeurs
numériques initiales, est égal à $N.F_c/F_d$.

20 Ces mots sont transmis à un convertisseur
numérique-analogique 8 qui en produit un signal analogique
(figure 2e) proche de la forme d'onde analogique souhaitée
FOA.

25 Celle-ci peut en fait être obtenue (figure 2f), avec des
qualités spectrales meilleures que celles du signal
analogique de la figure 2e, au moyen d'un filtre analogique
de lissage 9 disposé à la sortie du convertisseur
numérique-analogique 8. Ce filtre de lissage 9 présente par
30 exemple une fréquence de coupure égale à la moitié de la
fréquence de conversion F_c .

Bien que le filtre de lissage 9 modifie le spectre de
fréquence du signal analogique SA, l'homme de l'art
35 comprendra que la fonction de ce filtre n'est pas

équivalente à celle du filtre analogique de limitation de bande utilisé dans l'art antérieur mentionné ci-dessus. En effet, le filtre de lissage 9 n'a pour fonction que d'éliminer la raie de fréquence F_c apparaissant dans le spectre du signal SA en raison de la définition "en marches d'escalier" de ce signal. Cependant, cette raie à la fréquence F_c ne présente qu'une amplitude relativement faible par rapport aux autres composantes du spectre du signal SA en raison du fait que les mots numériques sont codés sur plusieurs bits. Ainsi, d'une part la bande de fréquence de la forme d'onde analogique FAO est déterminée pratiquement exclusivement par l'action du filtre numérique programmable 6, et d'autre part le filtre de lissage 9 n'a besoin que d'être adapté à la fréquence de conversion F_c , qui dans la pratique est choisie une fois pour toutes, et non pas à la fréquence maximale F_M .

Le registre bloqueur 7, le convertisseur numérique-analogique 8 et le filtre de lissage 9 introduisent, sur les mots numériques en sortie du filtre 6, des déformations, qui peuvent être mesurées suivant des techniques connues et qui se traduisent concrètement par le fait que pour une même échelle, la forme d'onde de la figure 2f ne suit pas exactement le contour donné par l'ensemble de points de la figure 2d. En d'autres termes, les éléments 7, 8 et 9 ont ensemble une fonction de transfert H, que l'on peut mesurer, et qui est responsable de distorsions. Selon l'invention, ces distorsions peuvent être compensées en appliquant sur les échantillons, au niveau du filtre numérique 6, des distorsions correspondant à la fonction de transfert H^{-1} et qui compensent les distorsions introduites par les éléments 7, 8, et 9.

Il est également possible, selon l'invention, d'introduire de façon délibérée des distorsions déterminées dans la

forme d'onde analogique. Ce procédé permet par exemple, si la forme d'onde analogique est un signal de test, d'observer à la réception de quelle façon la distorsion quantifiée du signal de test émis a été transmise.

5

L'invention décrite permet, en ayant choisi initialement une fréquence de conversion F_c et une fréquence maximale F_M au plus égale à la moitié de la fréquence de conversion F_c , de choisir la fréquence de défilement F_d dans une certaine gamme, sans avoir à modifier physiquement le dispositif de la figure 1. On obtient ainsi la possibilité d'appliquer à la forme d'onde analogique FOA une anamorphose temporelle dont les caractéristiques sont programmées dans ce dispositif.

10

Lorsque la forme d'onde numérique FON est représentée par des valeurs binaires, la fréquence de défilement F_d peut au plus être égale à la moitié de la fréquence maximale F_M , donc au plus égale au quart de la fréquence de conversion F_c .

15

Les mots filtrés issus du registre bloqueur 7 peuvent être stockés dans une mémoire (non représentée) de manière à pouvoir être utilisés ultérieurement pour commander un convertisseur numérique-analogique 8 à la fréquence de conversion F_c , comme le fait directement le registre bloqueur 7 sur la figure 1, cette fréquence F_c pouvant alors être indépendante de la fréquence de sortie du filtre numérique 7.

20

D'autre part le dispositif de l'invention, à l'exception du convertisseur 8 et du filtre de lissage 9, peut être essentiellement constitué par un ordinateur. Cet ordinateur peut être utilisé pour mettre en oeuvre le procédé de l'invention soit en temps réel comme le fait le dispositif

25

30

35

de la figure 1, soit en temps différé. Dans ce dernier cas, comme cela apparaîtra clairement à l'homme de l'art, l'ordinateur est programmé pour simuler le fonctionnement du dispositif de la figure 1.

5

10

15

20

25

30

35

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour produire, à partir d'une série de N valeurs numériques représentant des paliers successifs d'une
5 forme d'onde numérique virtuelle (FON), et dans une bande de fréquence limitée par une fréquence maximale F_M , une forme d'onde analogique réelle (FOA) dont l'amplitude au cours du temps correspond au moins
10 approximativement à celle qu'aurait la forme d'onde virtuelle défilant à une fréquence de défilement F_d donnée, caractérisé en ce que, pour permettre un choix de la fréquence de défilement F_d et de la fréquence maximale F_M du spectre de fréquences de la forme d'onde analogique, ce procédé comprend :
- 15
- une opération préliminaire d'échantillonnage consistant à produire des échantillons numériques d'entrée, représentatifs de l'amplitude de la forme d'onde numérique, en nombre au minimum égal au produit
20 M du nombre N de valeurs numériques par le quotient d'une fréquence de conversion déterminée F_c par ladite fréquence de défilement F_d , ce quotient étant supérieur à 1,
 - 25 - une opération de filtrage numérique pratiquée sur ces échantillons en fonction dudit choix de fréquences et conduisant au moins à la production de mots numériques filtrés en nombre égal audit nombre minimum M, représentant au moins approximativement, sur au moins
30 deux bits chacun, l'amplitude en fonction du temps de la forme d'onde analogique, et
 - une opération de conversion dans laquelle ces mots numériques sont, à ladite fréquence de conversion
35 F_c , convertis en un signal analogique constituant au

moins approximativement ladite forme d'onde analogique, cette fréquence de conversion F_c étant suffisamment élevée pour être toujours au moins égale au double de ladite fréquence maximale F_M choisie.

5

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits mots numériques filtrés contiennent un nombre de bits supérieur au nombre de bits des valeurs numériques initiales.

10

3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que lesdites valeurs numériques sont des valeurs binaires et en ce que la fréquence de conversion F_c est suffisamment élevée pour être toujours au moins égale au quadruple de la fréquence de défilement F_d choisie.

15

4. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite opération de filtrage numérique comprend essentiellement un filtrage passe-bas.

20

5. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le nombre des échantillons numériques produits avant le filtrage est supérieur au nombre de mots numériques convertis au cours de l'opération de conversion.

25

6. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte une opération de mise en mémoire des valeurs numériques et/ou des échantillons, antérieure à l'opération de filtrage numérique et permettant de réaliser ce filtrage en temps différé, l'opération de mise en mémoire des échantillons se substituant à ladite opération d'échantillonnage.

30

35

7. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte une opération de mise en mémoire des mots numériques filtrés, postérieure à l'opération de filtrage numérique et permettant de produire plusieurs fois ladite forme d'onde analogique à partir de ces mots, en n'ayant procédé qu'une seule fois audit filtrage.
8. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'opération de filtrage comprend l'application, sur lesdits échantillons, d'une distorsion propre à compenser au moins partiellement les déformations introduites dans le traitement desdits mots numériques par l'opération de conversion.
9. Procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte une opération de lissage du signal analogique résultant de la conversion, permettant d'obtenir, à partir dudit signal analogique, ladite forme d'onde analogique.
10. Dispositif pour produire, à partir d'une série de N valeurs numériques représentant des paliers successifs d'une forme d'onde numérique virtuelle (FON), une forme d'onde analogique réelle (FOA) dont l'amplitude au cours du temps corresponde au moins approximativement à celle qu'aurait la forme d'onde virtuelle défilant à une fréquence de défilement F_d donnée, caractérisé en ce qu'il comprend : des moyens d'échantillonnage (5) pour produire, à une fréquence d'échantillonnage $K.F_c$ supérieure à ladite fréquence de défilement, des échantillons numériques représentant de façon surnuméraire lesdites valeurs numériques; un filtre numérique programmable (6) susceptible de recevoir ces

- échantillons et de produire, à une fréquence au moins égale à une fréquence de conversion F_c déterminée, des mots numériques à deux bits au moins, représentant au moins approximativement le contour de la forme d'onde analogique propre à être synthétisée dans une bande de fréquence limitée par une fréquence maximale F_M au plus égale à la moitié de ladite fréquence de conversion F_c ; et un convertisseur numérique-analogique (8) propre à recevoir certains au moins desdits mots numériques et à les convertir en un signal analogique (SA) constituant au moins approximativement ladite forme d'onde analogique.
- 5
- 10
11. Dispositif suivant la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comporte une mémoire (3) contenant les valeurs numériques et des moyens programmables (2a, 4) pour relire ces valeurs numériques à une valeur choisie de la fréquence de défilement F_d .
- 15
12. Dispositif suivant la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que les moyens d'échantillonnage (5) fonctionnent à une fréquence d'échantillonnage $K.F_c$ supérieure à la fréquence de conversion F_c .
- 20
13. Dispositif suivant la revendication 12, caractérisé en ce que le filtre numérique (6) produit à sa sortie des mots numériques à la fréquence d'échantillonnage et en ce que ce dispositif comporte à la sortie du filtre un circuit de blocage (7) fournissant au convertisseur numérique analogique, à la fréquence de conversion F_c , des mots numériques sélectionnés de façon régulière parmi les mots produits par le filtre.
- 25
- 30
14. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que le convertisseur
- 35

numérique analogique a une définition, exprimée en nombre de bits, supérieure au nombre de bits desdites valeurs numériques.

- 5 15. Application d'un ordinateur à la mise en oeuvre du
procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à
9.

10

15

20

25

30

35

FIG. 1

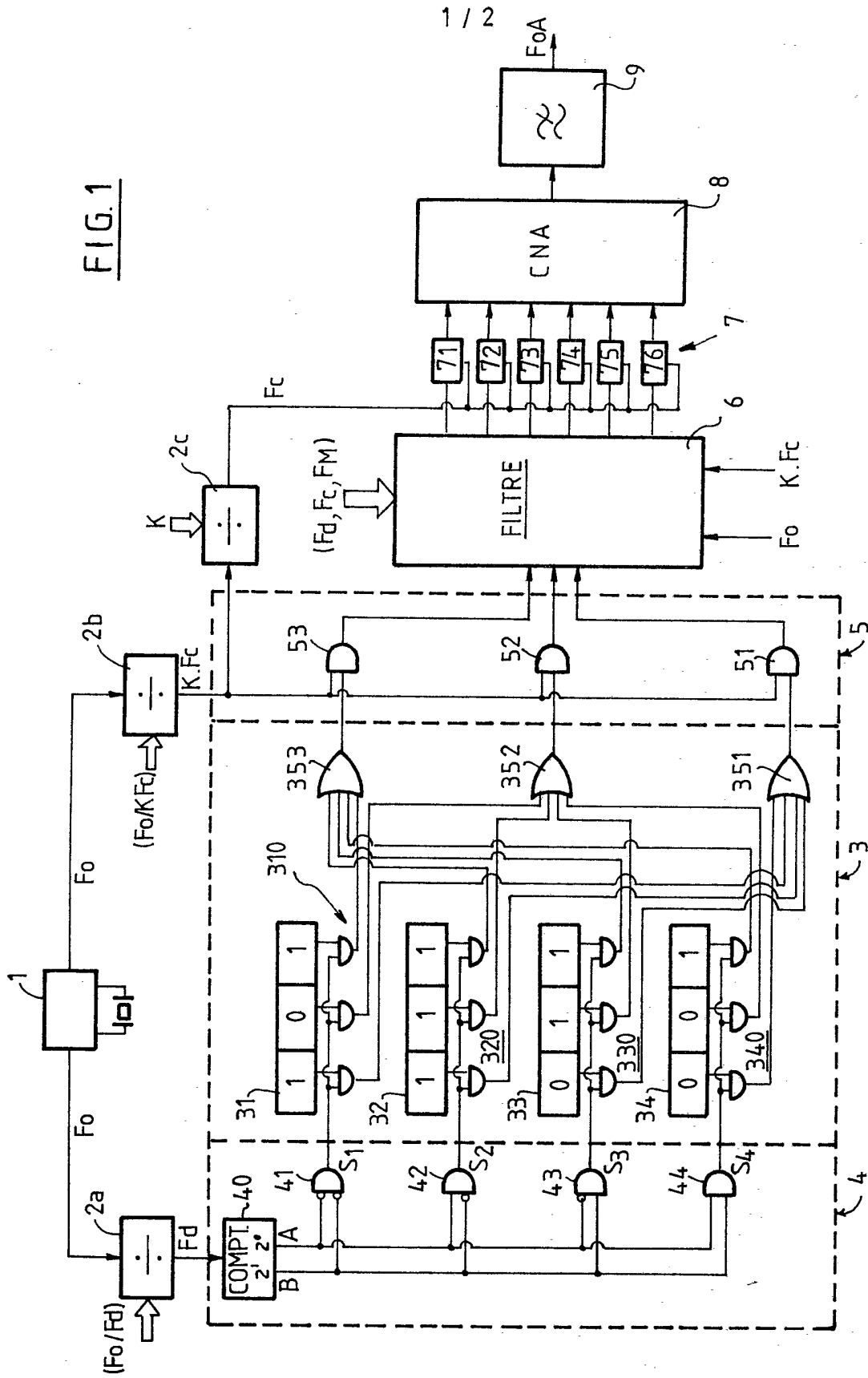


FIG. 2

