



(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
24.09.1997 Bulletin 1997/39

(51) Int Cl. 6: H04H 1/00

(21) Numéro de dépôt: 97400598.5

(22) Date de dépôt: 18.03.1997

(84) Etats contractants désignés:
DE GB

• Behiche, Samir, Thomson-CSF SCPI
94117 Arcueil Cedex (FR)

(30) Priorité: 22.03.1996 FR 9603601

(74) Mandataire: Courtellemont, Alain et al
THOMSON-CSF-S.C.P.I.,
13, Avenue du Président
Salvador Allende
94117 Arcueil Cédex (FR)

(71) Demandeur: THOMSON-CSF
75008 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• Martineau, Didier, Thomson-CSF SCPI
94117 Arcueil Cedex (FR)

(54) Emetteur de signaux de radiophonie digitale

(57) Un émetteur de signaux de radiophonie digitale plus couramment appelés signaux DAB, dans lequel, pour ne pas dégrader le signal DAB dont le facteur de crête est de 11 dB, les amplificateurs devaient être utilisés pour fournir une puissance moyenne de sortie au moins à 11 dB au-dessous de la puissance maximum qu'ils peuvent fournir en régime linéaire. En effectuant un écrêtage (T) suivi d'un filtrage passe-bas (Fb1, Fb2),

il est possible, tout en conservant un taux d'erreur bit acceptable, selon les normes actuellement en vigueur, de réduire le facteur de crête à 7 dB. Ce gain de $11-7=4$ dB sur le facteur de crête permet, pour obtenir une puissance de sortie donnée, d'employer 2,5 fois moins d'amplificateurs ($4 \text{ dB} \approx 20 \log 2,5$).

Application à l'amplification de puissance des signaux DAB.

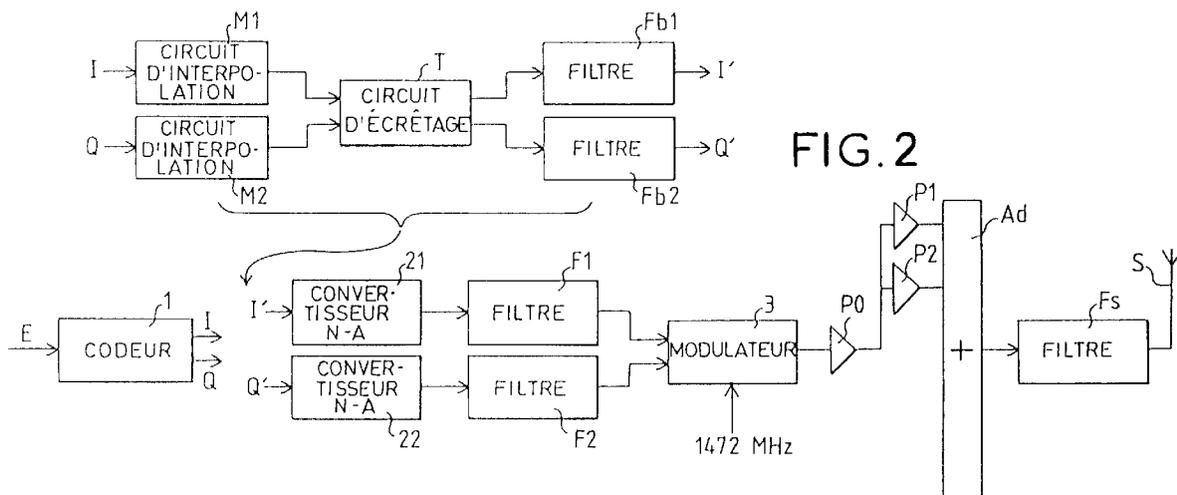


FIG. 2

Description

La présente invention se rapporte à l'émission de signaux de radiophonie digitale plus couramment appelés signaux DAB selon le sigle de leur appellation anglo-saxonne : Digital Audio Broadcast; elle se rapporte plus particulièrement à l'amplification de puissance de tels signaux dans les étages de sortie des émetteurs.

Lors de l'amplification d'un signal DAB par un module dont la caractéristique de transfert doit être utilisée dans sa partie linéaire il faut veiller à ce que les tensions crêtes du signal DAB appliqué à ce module soient traitées dans la partie linéaire de la caractéristique de transfert. Avec un amplificateur de puissance, du fait que le signal DAB qui lui est appliqué présente généralement un écart de 11 dB entre ses puissances moyenne et de crête, cela entraîne que, pour amplifier les crêtes les plus grandes dans la partie linéaire de la caractéristique de l'amplificateur, il ne faut pas que la puissance moyenne de sortie dépasse la puissance maximale de l'amplificateur moins 11 dB ; à titre d'exemple un amplificateur de 100 W délivrera un signal DAB amplifié dont la puissance moyenne ne devra pas dépasser 100 W - 11 dB c'est-à-dire environ 8 W et cela afin de pouvoir amplifier linéairement des crêtes de puissance à 100 W.

Sachant que les amplificateurs de puissance sont coûteux et représentent souvent plus de la moitié du prix d'un émetteur de puissance DAB, il apparaît que l'utilisation d'un amplificateur pour en obtenir une puissance moyenne au plus égale à 8% de ses possibilités, constitue un lourd handicap sur le plan financier.

Le but de la présente invention est de réduire cet inconvénient.

Ceci est obtenu par un traitement du signal DAB, avant amplification de puissance, destiné à diminuer l'écart entre sa puissance crête et sa puissance moyenne.

Selon l'invention il est proposé un émetteur de signaux de radiophonie digitale, comportant, couplés en un montage série, des moyens de codage pour recevoir un signal à émettre et fournir en échange une paire de signaux en quadrature représentant, en coordonnées cartésiennes, un nombre complexe d'entrée, un modulateur à quatre états de phase, des moyens d'amplification, caractérisé en ce qu'il comporte, insérés en série entre les moyens de codage et les moyens d'amplification, des moyens d'écrêtage suivis de moyens de filtrage passe-bas, les moyens d'écrêtage réalisant un écrêtage à une valeur prédéterminée du module du nombre complexe d'entrée.

La présente invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques apparaîtront à l'aide de la description ci-après et des figures s'y rapportant qui représentent

la figure 1, un émetteur selon l'art connu,
la figure 2, un émetteur selon l'invention
les figures 3 à 5, des oscillogrammes de signaux

rencontrés lors de l'étude qui a conduit à passer de l'émetteur selon la figure 1 à l'émetteur selon la figure 2.

5 Sur les figures 1 et 2 les éléments correspondants sont désignés par les mêmes repères.

La figure 1 représente un émetteur de signaux DAB selon l'art connu dans le cas d'une réalisation sans passage par une fréquence intermédiaire, le signal en bande de base modulant directement la fréquence d'émission.

L'émetteur selon la figure 1 reçoit un signal utile audio sur une entrée E d'un codeur DAB, 1 ; le codeur 1 délivre, sur deux sorties, respectivement deux signaux numériques en bande de base, en quadrature, I et Q, échantillonnés à 2,048 MHz dans l'exemple décrit. Ces deux signaux numériques sont convertis en analogique, respectivement dans deux convertisseurs 21, 22, puis filtrés en $\frac{x}{\sin x}$, respectivement dans deux filtres F1, F2. Les deux signaux en quadrature issus des filtres F1, F2 sont appliqués sur un modulateur à quatre états de phase, 3, dit modulateur QPSK dans ce qui suit, d'après le sigle des mots anglo-saxons Quadrature Phase Shift Keying qui signifient modulation à quatre états de phase. Dans le modulateur 3 les signaux en quadrature modulent un signal porteur fourni par un oscillateur non représenté ; la fréquence de ce signal porteur est de 1472 MHz dans l'exemple décrit.

Le signal de sortie du modulateur 3 est amplifié dans un préamplificateur PO suivi de cinq amplificateurs P1 à P5 montés en parallèle. Un circuit additionneur, Ad, fait la somme des signaux de sortie des amplificateurs P1 à P5 ; sa sortie est couplée à travers un filtre passe-bande Fs à une antenne d'émission, S.

35 Dans ce qui suit il est question de taux d'erreur bit et de facteur de crête ; la signification de ces termes est rappelée ci-après.

Le taux d'erreur bit ou TEB d'un signal transmis est le rapport du nombre de bits faux du signal sur le nombre total de bits du signal.

Le facteur de crête d'un signal est égal au rapport de sa puissance crête à sa puissance moyenne; il est exprimé généralement en décibels.

Dans le cas de la figure 1 un signal DAB présentant, par exemple, un facteur de crête de 11 dB nécessite un recul de puissance, back off dans la littérature anglo-saxonne, de 11 dB lors de l'amplification afin de limiter les distorsions non linéaires et de conserver la nature du signal DAB. Cela signifie qu'en utilisant, par exemple, un amplificateur d'une puissance de 100 W définie à 1 dB de compression, la puissance moyenne à la sortie ne peut dépasser 100 W - 11 dB soit environ 8 W ; le recul de puissance est de 92 W.

En écrêtant le signal DAB à 6 dB par rapport à une puissance crête considérée à 11 dB au-dessus de la puissance moyenne, il a été constaté, dans l'exemple qui sera décrit plus loin, que le facteur de crête du signal considéré passe de 11 dB à 7 dB ; avec un tel écrêtage

le taux d'erreur bit ou TEB subit une légère dégradation mais, malgré cette dégradation, sa valeur reste dans les normes.

Ce signal DAB échantillonné nécessite un recul de puissance de 7 dB lors de l'amplification afin de limiter les distorsions non linéaires et de conserver la nature du signal DAB. Cela signifie qu'en utilisant, par exemple, un amplificateur d'une puissance de 100 W définie à 1 dB de compression, la puissance moyenne à la sortie peut atteindre jusqu'à 100 W - 7 dB, soit environ 20 W.

Le gain de 11-7=4 dB sur le recul de puissance permet, par rapport au cas précédent, d'utiliser 2,5 fois moins d'amplificateurs ($4 \text{ dB} = 10 \log 2,5$) pour obtenir un signal amplifié de même puissance et comportant des produits d'intermodulation hors bandes, intermodulation products ou shoulders dans la littérature anglo-saxonne, équivalents ; ceci est vrai sous réserve, pour ne pas avoir des produits d'intermodulation plus importants, de prendre certaines précautions spécifiques en amont des amplificateurs ; ces précautions seront indiquées plus loin.

L'échantillonnage dont il a été question ci-avant, pour le signal DAB, peut être effectué à tout endroit, entre le codeur et les amplificateurs de sortie, dans l'émetteur de signaux DAB : juste en sortie du codeur 1 ou en sortie des convertisseurs numériques-analogiques 21, 22 ou en sortie du modulateur 3 ou même en sortie de mélangeur dans le cas où le signal à émettre est modulé en fréquence intermédiaire avant d'être transposé, par mélange, en fréquence d'émission ; selon que cet échantillonnage se fera en amont ou en aval du modulateur, il portera donc sur un signal DAB fait de deux signaux en quadrature ou d'un seul signal. C'est l'échantillonnage en sortie du codeur 1 qui a été choisi dans la réalisation selon la figure 2 pour sa relative facilité de mise en oeuvre et les résultats qu'il donne.

Il s'agit d'effectuer un échantillonnage sur le signal DAB fait d'une paire de signaux en quadrature, I et Q, représentant les coordonnées cartésiennes d'un nombre complexe (I, Q). Pour cela un circuit d'échantillonnage qui est, en fait, constitué de moyens de calcul effectués les opérations suivantes

- calcul du module :

$$\rho = \sqrt{I^2 + Q^2}$$

- calcul du module, ρ' , après échantillonnage à une valeur d'échantillonnage ρ_e :

$$\rho' = \rho_e \quad \text{si } \rho \geq \rho_e$$

$$\rho' = \rho \quad \text{si } \rho < \rho_e$$

il est à noter que cet échantillonnage à la valeur ρ_e repré-

senté en décibels par $20 \log (\rho_m / \rho_e)$, où ρ_m est la valeur maximum prise par le module de (I, Q)

- calcul du signal complexe échantillonné (I', Q'), en coordonnées cartésiennes, en lui conservant l'argument du signal complexe d'origine (I, Q) :

$$I' = \rho' \cdot \sin[\text{Arc tg}(I / Q)]$$

$$Q' = \rho' \cdot \cos[\text{Arc tg}(I / Q)]$$

La figure 2 est un schéma d'un émetteur selon l'invention qui ne se distingue de l'émetteur selon la figure 1 que par l'introduction, entre le codeur 1 et les convertisseurs numériques-analogiques 21, 22, de circuits additionnels, et par l'absence des amplificateurs P3 à P5, c'est-à-dire de trois sur cinq des amplificateurs.

Les signaux I et Q délivrés par le codeur 1 ne sont pas, en réalité, directement échantillonnés mais sont respectivement appliqués aux entrées de deux circuits d'interpolation M1, M2. Un circuit d'échantillonnage, T, a deux entrées respectivement reliées aux sorties des deux circuits d'interpolation et deux sorties respectivement couplées aux entrées des convertisseurs 21, 22 à travers des filtres passe-bas Fb1, Fb2 ; ainsi les convertisseurs 21, 22 reçoivent respectivement des signaux I' et Q' qui ne lui viennent du circuit d'échantillonnage qu'après avoir été filtrés.

Le rôle des circuits d'interpolation M1, M2 est d'augmenter la bande passante utile du signal par rapport au signal venant du codeur afin de corriger le phénomène de repliement de spectre, aliasing dans la littérature anglo-saxonne, occasionné par le circuit d'échantillonnage.

Le rôle du circuit d'échantillonnage T est d'effectuer les trois opérations dont il a été question plus avant pour réduire à une valeur prédéterminée, ρ_e , les modules de ceux des signaux complexes DAB qui ont une valeur supérieure à ρ_e , mais sans modifier l'argument de ces signaux.

Les filtres passe-bas F1 et F2 sont, dans l'exemple décrit, des filtres à 64 coefficients codés sur 12 bits. Leur rôle est d'éliminer les produits d'intermodulation occasionnés par le circuit d'échantillonnage.

Les figures 3, 4 et 5 sont des oscillogrammes obtenus à la sortie du modulateur 3, c'est-à-dire après modulation du signal porteur à 1472 MHz ; l'échelle de ces oscillogrammes est de 300 kHz par carreau en horizontal et de 10 dB par carreau en vertical ; la fréquence de 1 472 MHz a été placée au milieu de l'oscillogramme.

L'oscillogramme de la figure 3 montre le spectre du signal à la sortie du modulateur 3 dans une configuration de circuits selon la figure 1 c'est-à-dire sans échantillonnage ; comme il apparaît sur la figure 3 les produits d'intermodulation sont à -56dB. Par ailleurs la mesure du facteur de crête de ce signal de sortie du modulateur donne une valeur de 11dB. Quant aux mesures effectuées en plaçant un récepteur en série avec l'émetteur, elles mon-

trent qu'un taux d'erreur bit de 10^{-4} entraîne une augmentation du rapport porteuse sur bruit, C/N, de 0,1 dB par rapport au rapport C/N que l'on obtiendrait avec un émetteur et un récepteur parfaits.

Il faut noter que cette façon de présenter le rapport C/N en fonction du taux d'erreur bit, et non le contraire qui paraîtrait plus logique, est due au fait que c'est une valeur de taux d'erreur bit qui est recherchée.

L'oscillogramme de la figure 4 montre le spectre du signal à la sortie du modulateur 3 dans une configuration de circuits qui ne se distingue de celle de la figure 2 que par l'absence des filtres passe-bas Fb1, Fb2, remplacés par des courts-circuits ; dans cette configuration et pour un écrêtage à 6 dB de la valeur crête, les produits d'intermodulation sont à -26 dB.

Le filtrage passe-bas effectué avec les filtres Fb1, Fb2 selon la figure 2 permet d'abaisser ces produits d'intermodulation à -55 dB, comme il apparaît sur la figure 5. La mesure du facteur de crête de ce signal du modulateur 3, dans la configuration selon la figure 2, donne une valeur de 7 dB ; et le taux d'erreur bit, toujours de 10^{-4} , est obtenu avec un rapport C/N qui passe à 0,4 dB soit une dégradation de 0,3 dB par rapport à l'émetteur selon la figure 1.

Cette valeur de 0,4 dB est la valeur maximum autorisée actuellement, d'après les normes ; elle permet de passer d'un facteur de crête de 11 dB à un facteur de crête de 7 dB et ainsi, comme cela a été expliqué plus avant, permet de réduire le nombre d'amplificateurs de sortie de cinq à deux pour une puissance moyenne de sortie d'émetteur inchangée. La norme qui fixe à 0,4 dB la dégradation, maximum du rapport porteuse sur bruit, C/N, n'est pas définitive et la valeur de dégradation maximum sera vraisemblablement portée à 0,8 dB dans l'avenir, un écrêtage plus sévère sera alors possible ce qui conduira à une diminution du facteur de crête supérieure à celle de l'exemple décrit à l'aide des figures 2 et 5.

Il a été indiqué dans ce qui précède, que l'écrêtage pouvait être effectué n'importe où entre le codeur et les amplificateurs de sortie ; dans le cas où l'écrêtage est effectué sur le signal DAB alors qu'il est en analogique, les circuits d'interpolation n'ont plus de raison d'être ; de même si l'échantillonnage dans le codeur 1 est à une fréquence suffisante pour éviter que le repliement de spectre après écrêtage soit gênant, les circuits d'interpolation ne sont plus nécessaires.

Revendications

1. Emetteur de signaux de radiophonie digitale, comportant, couplés en un montage série, des moyens de codage (1) pour recevoir un signal à émettre et fournir une paire de signaux en quadrature, cette paire constituant les coordonnées cartésiennes d'un nombre complexe d'entrée représentatif du signal à émettre, un modulateur (3) à quatre états de

phase, des moyens d'amplification (P0-P5), caractérisé en ce qu'il comporte, insérés en série dans le montage, entre les moyens de codage (1) et les moyens d'amplification (P0-P5), des moyens d'écrêtage (T) suivis de moyens de filtrage passe-bas (Fb1, Fb2), les moyens d'écrêtage réalisant un écrêtage à une valeur prédéterminée du module du nombre complexe d'entrée.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2. Emetteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la paire de signaux en quadrature fournis par les moyens de codage (1) étant en valeur numérique, les moyens d'écrêtage (T) sont connectés aux moyens de codage pour recevoir cette paire, calculer le module et l'argument du nombre complexe d'entrée et délivrer une paire de signaux de sortie en quadrature constituant les coordonnées cartésiennes d'un nombre complexe de même argument que le nombre complexe d'entrée et de module égal à celui du nombre complexe d'entrée écrêté à une valeur prédéterminée.

3. Emetteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de codage (1) comportent, en sortie, des moyens d'interpolation (M1, M2).

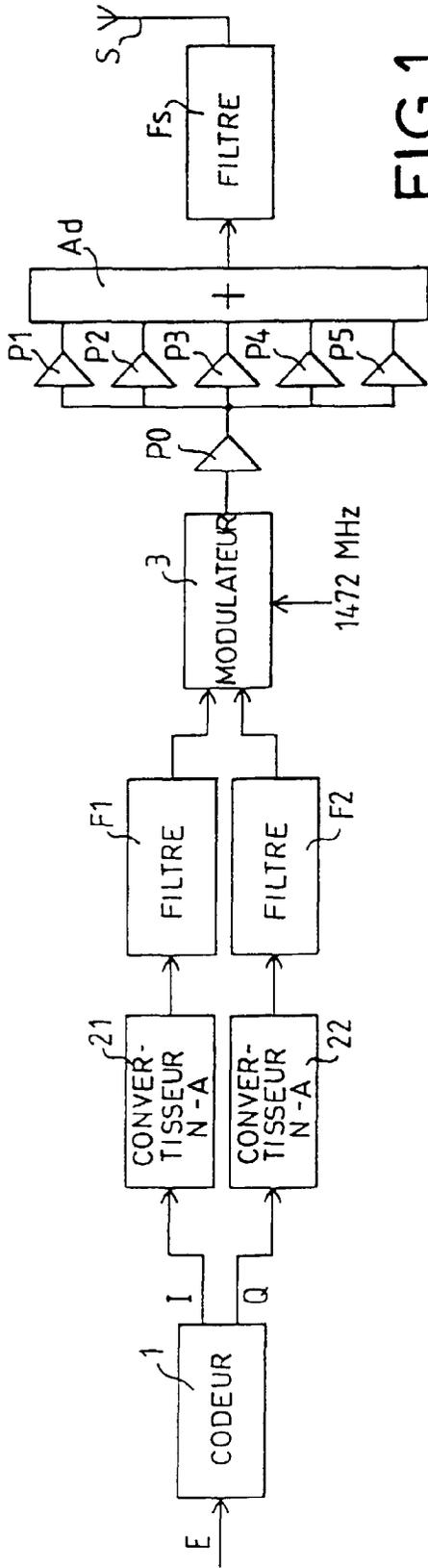


FIG. 1

ART CONNU

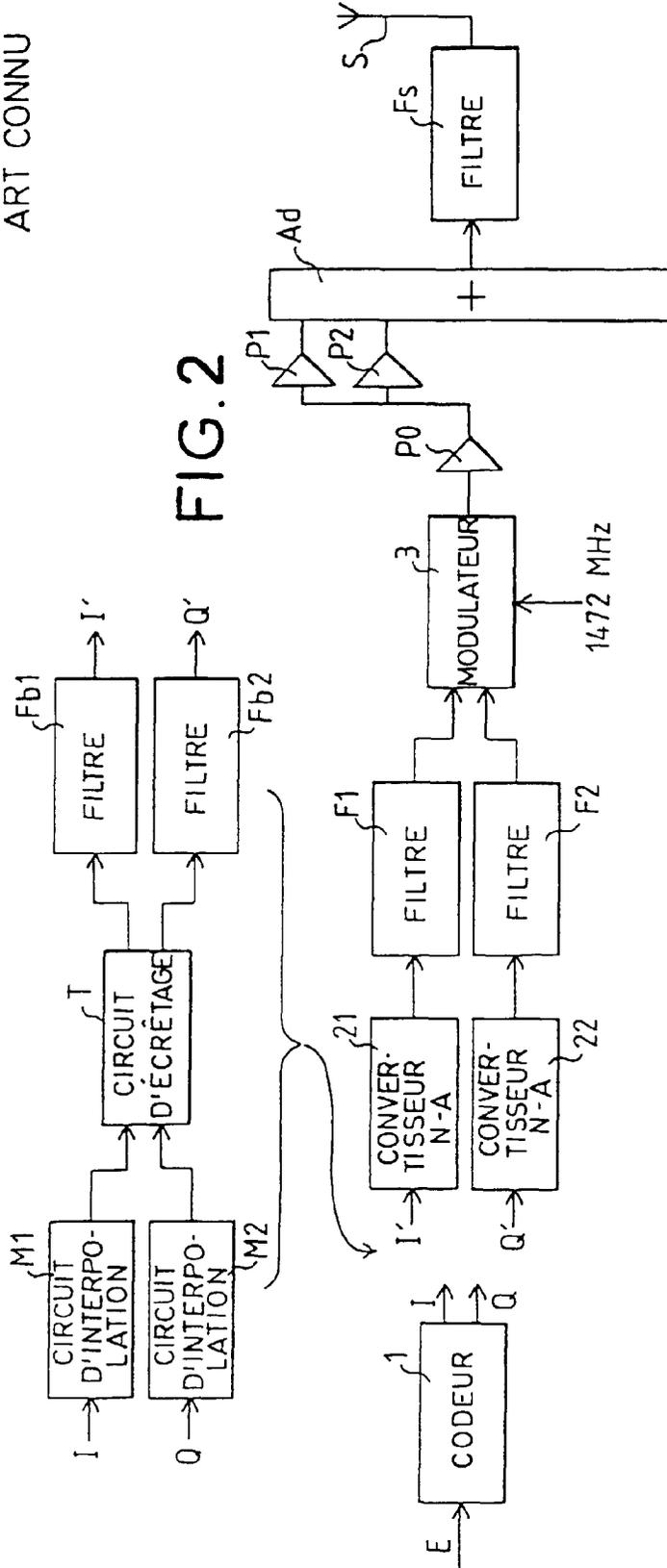


FIG. 2

FIG.3

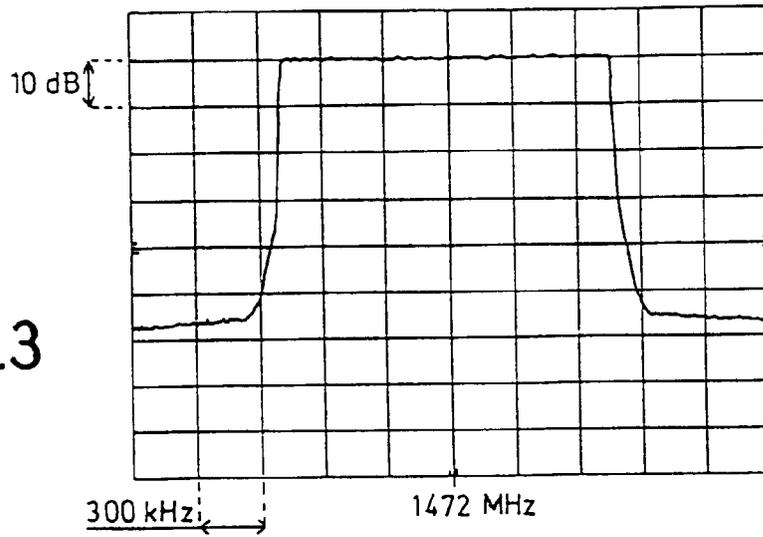


FIG.4

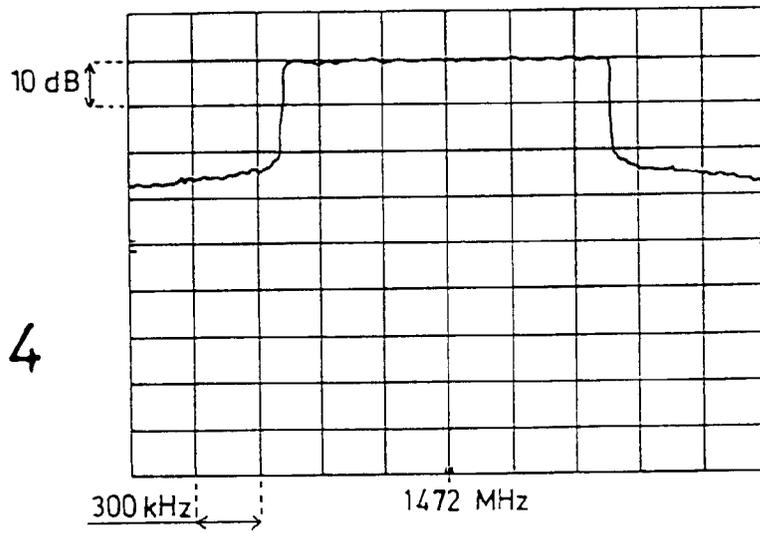
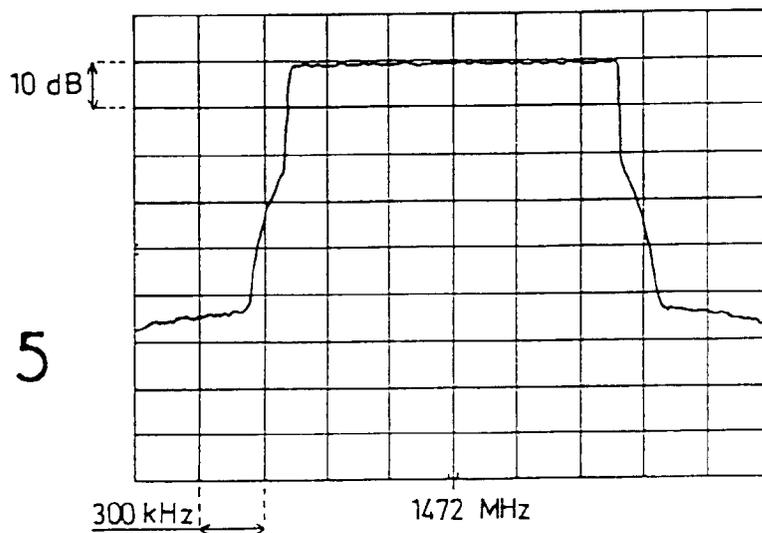


FIG.5





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 97 40 0598

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	EP 0 702 466 A (AT&T GLOBAL INFORMATION SOLUTIONS INTERNATIONAL INC.) * colonne 1, ligne 37 - colonne 2, ligne 42; revendications 1,3,6; figure 1 * ---	1	H04H1/00
A	EP 0 632 624 A (LABORATOIRES D'ELECTRONIQUE PHILIPS ; PHILIPS ELECTRONICS N.V.) * colonne 1, ligne 1 - colonne 3, ligne 21; revendications 1-5; figures 1,11,12 * ---	1	
A	EP 0 441 110 A (TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSON) * page 2, ligne 1 - ligne 46; revendication 1; figures 1,2,5,6 * ---	1	
A	EP 0 388 381 A (TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSON) * colonne 1, ligne 1 - colonne 3, ligne 36; revendication 1; figures 1,2,4 * -----	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			H04H
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
LA HAYE		25 Juillet 1997	De Haan, A.J.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)