

(19)



(11)

EP 2 145 504 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
07.05.2014 Bulletin 2014/19

(51) Int Cl.:
H04R 1/24 (2006.01) H04R 7/04 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **08787891.4**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2008/000452

(22) Date de dépôt: **02.04.2008**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2008/139047 (20.11.2008 Gazette 2008/47)

(54) **ENCEINTE ACOUSTIQUE ACTIVE AVEC HAUT-PARLEUR A MODE DISTRIBUE MULTI-
TRANSDUCTEUR**

LAUTSPRECHERGEHÄUSE MIT AKTIVEM BIEGEWELLENWANDLER

LOUDSPEAKER HOUSING WITH ACTIVE DISTRIBUTED MODE LOUDSPEAKER

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

- **ETCHEPARRE, Jean**
Singapour 298067 (SG)
- **CHANAL, Frédéric**
F-75015 Paris (FR)

(30) Priorité: **12.04.2007 FR 0702660**

(74) Mandataire: **Dupuis-Latour, Dominique et al**
Bardehle Pagenberg
10, boulevard Haussmann
75009 Paris (FR)

(43) Date de publication de la demande:
20.01.2010 Bulletin 2010/03

(73) Titulaire: **Parrot**
75010 Paris (FR)

(56) Documents cités:
WO-A-03/041448 US-A1- 2006 023 898

(72) Inventeurs:
• **BARBÉ, Christophe**
F-92160 Antony (FR)

EP 2 145 504 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention concerne une enceinte acoustique utilisant un haut-parleur de type "à mode distribué".

[0002] Dans un haut-parleur conventionnel, un diaphragme, généralement de forme conique, est entraîné en un mouvement pistonique cohérent, c'est-à-dire un mouvement dont, idéalement, l'amplitude et la phase du déplacement sont constants sur toute l'étendue du diaphragme.

[0003] À l'opposé, dans un haut-parleur du type à mode distribué ou DML (*Distributed Mode Loudspeaker*), le diaphragme, qui est généralement plat, est mis en vibration selon un diagramme complexe où l'amplitude et la phase des différents points du diaphragme sont, idéalement, distribués de façon entièrement décorrélée, c'est-à-dire que le diaphragme semble être mis en vibration de façon aléatoire sur l'étendue de sa surface, contrairement à la vibration cohérente de la membrane dans un haut-parleur conventionnel.

[0004] Pour obtenir la mise en vibration aléatoire du panneau plat, on utilise (au moins) un transducteur placé en un endroit précis du panneau radiant, déterminé en fonction des caractéristiques mécaniques du panneau (sa masse, son coefficient d'amortissement acoustique, sa rigidité structurelle) ainsi que de sa géométrie, afin de distribuer le mode de vibration sur toute la surface de ce dernier d'une manière tellement complexe qu'elle peut être considérée comme aléatoire.

[0005] Pour obtenir une meilleure réponse d'ensemble du haut-parleur, il est par ailleurs souvent nécessaire d'utiliser plusieurs transducteurs, placés d'une manière très précise sur la surface du panneau radiant. Dans la plupart des cas, il s'agit de deux transducteurs identiques, mais il serait également possible, notamment pour des panneaux de plus grandes dimensions, de prévoir un nombre de transducteurs supérieur à deux. L'utilisation de plusieurs transducteurs apporte une énergie complémentaire, mais complique la distribution de la vibration du panneau.

[0006] Pour obtenir une bonne distribution des modes de mise en vibration, un étage de filtrage est nécessaire, de manière à adapter la puissance délivrée globalement par les transducteurs en fonction de la fréquence du signal à reproduire : typiquement, dans le bas du spectre, les deux transducteurs pourront être excités simultanément à pleine puissance, tandis que dans le haut du spectre il sera souhaitable de limiter l'excitation à l'un d'entre eux pour éviter l'apparition de vibrations ou parasites indésirables. Cette adaptation est obtenue par un filtre passif de type RC série venant court-circuiter l'un des transducteurs aux fréquences les plus élevées. Cette technique de filtrage est simple à mettre en oeuvre, mais elle n'est pas dénuée d'inconvénients.

[0007] Ainsi, l'utilisation d'un condensateur de forte capacité, électrolytique, est susceptible d'introduire des non-linéarités dans la réponse du filtre. Par ailleurs, la résistance doit être dimensionnée de façon suffisante

pour dissiper l'énergie traversant la branche RC au lieu de traverser le transducteur associé, avec de plus une perte inutile d'énergie, qui se répercute sur le dimensionnement de l'étage amplificateur excitant les transducteurs. Enfin, un filtre passif RC ne permet pas une adaptation fine de la réponse, de sorte que l'efficacité du haut-parleur, et la linéarité de sa réponse, seront toujours essentiellement conditionnées par la géométrie du panneau et le choix de l'emplacement des transducteurs sur celui-ci.

[0008] Une enceinte acoustique utilisant un haut-parleur à mode distribué est par exemple décrite dans les WO 97/09840 A ou US 2006/023898 A1. Mais dans ces documents le panneau radiant est excité par un seul transducteur, de sorte que le problème de la répartition de puissance entre deux transducteurs ne s'y pose pas. Ces documents montrent certes des configurations à deux transducteurs, mais ces derniers excitent des panneaux radiants distincts, par exemple pour les voies droite et gauche. De plus, la distribution de puissance par les amplificateurs et les filtres associés s'y fait entre HP pistonique et HP à mode distribué et non, comme dans la situation envisagée par la présente invention, entre les deux transducteurs d'un même HP à mode distribué.

[0009] L'un des buts de l'invention est de proposer une nouvelle configuration d'enceinte acoustique permettant de remédier aux divers inconvénients exposés plus haut, avec les avantages suivants :

- suppression du filtre passif, d'où élimination des non-linéarités et des dissipations d'énergie correspondantes ;
- maîtrise fine du filtrage, permettant d'améliorer les performances du haut-parleur à mode distribué par un paramétrage électronique approprié ;
- adaptation de la courbe de réponse du filtre de manière adaptée au transducteur particulier utilisé ;
- optimisation du rendement énergétique des étages amplificateurs ;
- possibilité de réaliser des enceintes actives extrêmement compactes, intégrant l'ensemble des organes acoustiques et électroniques sous un volume réduit.

[0010] Essentiellement, l'invention repose sur l'idée de découpler électriquement les transducteurs, et de commander indépendamment chacun d'entre eux par des voies séparées d'un ou plusieurs amplificateurs audio numériques. Le filtrage numérique opéré en amont, c'est-à-dire avant amplification de puissance, permettra une meilleure répartition des modes de vibration sur l'ensemble du spectre sonore, et évitera les pertes dans les résistances et les non-linéarités inévitables avec la technique antérieure, où les transducteurs étaient couplés entre eux par un étage de filtrage passif.

[0011] L'enceinte acoustique active de l'invention est du type comprenant un haut-parleur à mode distribué, avec un panneau radiant non-pistonique excité avec dis-

tribution aléatoire de l'amplitude et de la phase par au moins deux transducteurs électro-acoustiques placés de manière prédéterminée non-symétrique sur le panneau radiant. Des moyens amplificateurs reçoivent un signal d'entrée à reproduire et sont couplés en sortie auxdits transducteurs, et des moyens de filtrage distribuent entre les au moins deux transducteurs, selon une caractéristique fréquentielle respective prédéterminée, le signal à reproduire délivré par les moyens amplificateurs.

[0012] Selon l'invention, les moyens amplificateurs comportent une pluralité d'étages de puissance distincts dont chacun est directement relié en sortie à un transducteur respectif, et les moyens de filtrage sont des moyens de filtrage numérique disposés en amont des étages de puissance, pour appliquer ladite caractéristique fréquentielle respective prédéterminée au signal à reproduire avant transmission de ce dernier à chacun des étages de puissance respectifs.

[0013] Selon diverses caractéristiques subsidiaires avantageuses :

- les étages de puissance sont des étages à commutation de classe D, comprenant notamment des étages demi-pont à configuration paramétrable ;
- l'enceinte comprend également une voie de basses, avec un étage amplificateur propre et un haut-parleur propre, et un étage séparateur de voies pour distribuer, notamment via un bus commun de type I²S, des fractions respectives du spectre du signal à reproduire entre, d'une part, les moyens de filtrage numérique et, d'autre part, l'étage amplificateur propre de la voie de basses.

[0014] On va maintenant décrire un exemple de mise en oeuvre du dispositif de l'invention, en référence aux dessins annexés où les mêmes références numériques désignent d'une figure à l'autre des éléments identiques ou fonctionnellement semblables.

La figure 1 est un schéma général par blocs d'un haut-parleur à mode distribué à deux transducteurs, avec ses circuits associés d'amplification et de filtrage, selon la technique antérieure.

La figure 2 illustre de façon schématique les différents organes d'une enceinte acoustique active selon l'invention.

[0015] Sur la figure 1, on a représenté de façon schématique un haut-parleur à mode distribué et ses circuits associés, selon une configuration de la technique antérieure.

[0016] Le haut-parleur à mode distribué 10 comprend un panneau radiant 12, typiquement un panneau plat rectangulaire, excité par deux transducteurs identiques 14, 16 placés de manière précise sur le panneau, selon une configuration non symétrique : le premier transducteur 14 est placé plus proche du centre du panneau, tandis que le second transducteur 16 est disposé dans une ré-

gion périphérique du panneau, plus éloignée du centre.

[0017] Les transducteurs sont alimentés par un amplificateur 18 recevant en entrée un signal audio 20, de préférence un signal audio numérique (signal PCM). L'amplificateur 18 comprend un premier étage de filtrage 22 assurant une égalisation du signal en fonction de la courbe de réponse globale du haut-parleur 10. Le signal est ensuite appliqué à un étage d'amplification de puissance 24, par exemple un étage d'amplification numérique 24 de classe D, c'est-à-dire un étage fonctionnant essentiellement en commutation, sur le principe de la modulation de largeur d'impulsion (PWM). L'étage 24 comprend typiquement un pont de commutateurs MOS piloté par un étage 26 de conversion PCM → PWM.

[0018] Le signal recueilli en sortie du pont est appliqué à un filtre passe-bas 28 pour l'élimination des fréquences non désirées, notamment la fréquence de découpage de l'étage amplificateur numérique 24, ainsi que ses harmoniques.

[0019] Le signal en sortie de l'amplificateur 18 est appliqué aux transducteurs 14 et 16 par l'intermédiaire d'un étage passif 30 de couplage mutuel des transducteurs et de filtrage.

[0020] Plus précisément, les deux transducteurs 14, 16 sont montés en série, avec un filtre passif 32 en parallèle sur le transducteur 16 le plus éloigné du centre du panneau. Le filtre 32 est un filtre RC série, avec un condensateur électrolytique 34 et une résistance calibrée 36, de manière à pouvoir dissiper une partie de l'énergie produite dans le haut du spectre au lieu de l'appliquer au transducteur 16.

[0021] Le filtrage ainsi introduit procure une meilleure distribution des modes de vibration du panneau sur toute l'étendue du spectre : pour les fréquences les plus basses, les deux transducteurs sont excités concurremment à pleine puissance, tandis que pour les fréquences les plus élevées c'est le transducteur 14, le plus près du centre, qui délivre au panneau l'essentiel de l'énergie mécanique.

[0022] En revanche, le filtrage introduit des non-linéarités, notamment du fait de l'emploi d'un condensateur électrolytique 34, ainsi qu'une perte d'énergie, la résistance 36 devant dissiper l'énergie qui, dans le haut du spectre, n'est pas transmise au transducteur 16.

[0023] La figure 2 illustre de façon schématique une enceinte avec un haut-parleur à mode distribué et ses circuits associés, selon une configuration conforme aux enseignements de l'invention.

[0024] Cette enceinte 40 comprend un haut-parleur à mode distribué 10 du même type que celui de la figure 1, c'est-à-dire avec un panneau radiant 12 excité par deux (ou plus) transducteurs 14 et 16 placés d'une manière très précise, et non symétrique, sur ce panneau. L'enceinte 40 comporte également un haut-parleur de graves 42, qui peut être d'un type pistonique classique, pour la reproduction des fréquences les plus graves (*sub-woofer*).

[0025] La séparation des voies vers les deux haut-

parleurs 10 et 42 est opérée par un circuit numérique 44 recevant le signal d'entrée à reproduire 20 (signal numérique PCM), après égalisation d'ensemble, en 22. La séparation se fait typiquement à une fréquence de croisement ou *crossover* de 200 Hz. Les sorties du circuit 44 sont appliquées respectivement à un amplificateur 48 destiné à alimenter le haut-parleur à mode distribué 10 (fréquences supérieures à 200 Hz) et à un amplificateur 50 destiné à alimenter le haut-parleur de basses 42 (fréquences inférieures à 200 Hz). Les étages 22 et 44 sont avantageusement mis en oeuvre au sein d'un même circuit numérique 46, par exemple un composant de type P5 ou P5+ conçu et commercialisé par Parrot SA. Ces composants incorporent un processeur numérique de signaux permettant d'effectuer un traitement acoustique complet, et disposent de toutes les interfaces analogiques et numériques de communication usuelles.

[0026] La sortie se fait avantageusement sur un bus universel de type I²S. Dans le cas d'une sortie I²S unique, il est possible de transmettre par exemple sur la voie "gauche" le signal grave destinée au haut-parleur de basses 42, et sur la voie "droite" le signal médium-aigu, destiné au haut-parleur à mode distribué 10 (étant bien entendu que le schéma de la figure 2 correspond à une configuration monophonique, et devra être dédoublé pour un système à deux enceintes).

[0027] L'amplificateur 48 comprend une pluralité d'étages de puissance classe D qui, dans l'exemple illustré, sont des étages demi-pont 52, 54 qu'il est possible de coupler en sortie deux par deux directement aux bornes du transducteur respectif 14 ou 16.

[0028] Par rapport à la configuration de l'art antérieur illustrée figure 1, ce couplage présente deux différences : d'une part les transducteurs 14, 16 ne sont pas couplés entre eux (alors qu'ils étaient montés en série dans le cas de la figure 1), et d'autre part le couplage est un couplage direct entre l'étage de sortie classe D et le transducteur, sans interposition de composant passif.

[0029] Les étages amplificateurs 52, 54 sont pilotés par des circuits de conversion PCM → PWM respectifs 56, eux-mêmes commandés par un étage 58 de "Channel Mapping" permettant d'associer les entrées I²S aux voies d'amplification respectives.

[0030] L'amplificateur de puissance 48 est avantageusement réalisé sous la forme d'un composant intégré unique, par exemple de type STA335BW commercialisé par STMicroelectronics, qui présente l'avantage de pouvoir être en effet utilisé selon plusieurs configurations différentes (deux voies stéréo identiques, trois voies de type 2.1, voie unique à puissance maximale, ...) par un simple paramétrage logique. Cette propriété est utilisée avantageusement en distribuant une entrée unique (le signal à reproduire par le haut-parleur 10) sur deux canaux parallèles CH1 et CH2 auxquels sont appliqués des filtrages distincts et des amplifications distinctes, pour exciter séparément chacun des deux transducteurs 14, 16. Le filtrage peut être réalisé notamment par des cellules de type "biquad" 60, 62, 64, 66. L'emploi de quatre filtres

d'égalisation sur chacune des voies CH1, CH2 permet un réglage très fin de la caractéristique de filtrage de chacune de ces voies.

[0031] En ce qui concerne l'amplificateur 50, celui-ci peut être également constitué à partir d'un composant de même nature que l'amplificateur 48, mais dans lequel les demi-ponts sont configurés entre eux en deux ponts montés en parallèle, délivrant la totalité de la puissance disponible sur une voie de sortie unique, à savoir le haut-parleur de basses 42.

Revendications

1. Une enceinte acoustique active, comprenant :

- un haut-parleur à mode distribué (10), avec un panneau radiant non-pistonique (12) excité avec distribution aléatoire de l'amplitude et de la phase, le panneau radiant (12) de ce haut-parleur (10) étant excité par au moins deux transducteurs (14, 16) placés de manière prédéterminée non-symétrique sur le panneau radiant,

- des moyens amplificateurs (48), recevant un signal d'entrée à reproduire et couplés en sortie auxdits transducteurs,

- des moyens de filtrage, pour distribuer entre les au moins deux transducteurs, selon une caractéristique fréquentielle respective prédéterminée, le signal à reproduire délivré par les moyens amplificateurs, enceinte **caractérisée en ce que :**

- les deux transducteurs (14, 16) du haut-parleur (10) sont électriquement découplés entre eux,
- les moyens amplificateurs (48) comportent une pluralité d'étages de puissance (52, 54, 56) distincts dont chacun est directement relié en sortie à un transducteur respectif, et

- les moyens de filtrage sont des moyens de filtrage numérique (60-66) disposés en amont des étages de puissance, pour appliquer ladite caractéristique fréquentielle respective prédéterminée au signal à reproduire avant transmission de ce dernier à chacun des étages de puissance respectifs.

2. L'enceinte acoustique active de la revendication 1, dans lequel les étages de puissance (52, 54, 56) sont des étages à commutation de classe D.

3. L'enceinte acoustique active de la revendication 2, dans lequel les étages de puissance comprennent des étages demi-pont (52, 54) à configuration paramétrable.

4. L'enceinte acoustique active de la revendication 1, comprenant également :

- une voie de basses, avec un étage amplificateur propre (50) et un haut-parleur propre (42), et
 - un étage séparateur de voies (44), pour distribuer des fractions respectives du spectre du signal à reproduire entre, d'une part, lesdits moyens de filtrage numérique (60-66) et, d'autre part, l'étage amplificateur propre (50) de ladite voie de basses.

5. L'enceinte acoustique active de la revendication 4, dans laquelle le couplage de l'étage séparateur de voies (44) auxdits moyens de filtrage numérique (60-66) et à l'étage amplificateur propre (50) de ladite voie de basses est un couplage par bus commun de type I²S.

Patentansprüche

1. Aktives Lautsprechergehäuse, umfassend:

- einen Lautsprecher mit verteiltem Modus (10) mit einer nicht pistonischen Strahlplatte (12), die mit zufälliger Verteilung der Amplitude und der Phase erregt wird, wobei die Strahlplatte (12) dieses Lautsprechers (10) durch mindestens zwei Wandler (14, 16) erregt wird, die auf vorbestimmte nicht symmetrische Weise auf der Strahlplatte angeordnet sind,
 - Verstärkermittel (48), die ein zu reproduzierendes Eingangssignal empfangen und am Ausgang mit den Wandlern gekoppelt sind,
 - Filtermittel, um zwischen den mindestens zwei Wandlern nach einem jeweiligen vorbestimmten Frequenzmerkmal das zu reproduzierende Signal, das von den Verstärkermitteln geliefert wird, zu verteilen,

wobei das Gehäuse **dadurch gekennzeichnet ist, dass:**

- die beiden Wandler (14, 16) des Lautsprechers (10) elektrisch voneinander entkoppelt sind,
 - die Verstärkermittel (48) eine Vielzahl von unterschiedlichen Leistungsstufen (52, 54, 56) umfassen, von denen jede direkt am Ausgang mit einem jeweiligen Wandler verbunden ist, und
 - die Filtermittel digitale Filtermittel (60-66) sind, die stromaufwärts zu den Leistungsstufen angeordnet sind, um das vorbestimmte jeweilige Frequenzmerkmal an das zu reproduzierende Signal vor Übertragung dieses Letztgenannten an jede der jeweiligen Leistungsstufen anzulegen.

2. Aktives Lautsprechergehäuse nach Anspruch 1, bei dem die Leistungsstufen (52, 54, 56) Umschaltstufen der Klasse D sind.

3. Aktives Lautsprechergehäuse nach Anspruch 2, bei dem die Leistungsstufen Halbbrückenstufen (52, 54) mit parametrierbarer Ausführung umfassen.

4. Aktives Lautsprechergehäuse nach Anspruch 1, ebenfalls umfassend:

- ein Spur für die Bässe mit einer eigenen Verstärkerstufe (50) und einem eigenen Lautsprecher (42), und
 - eine Spurtrennstufe (44), um jeweilige Fraktionen des Spektrums des zu reproduzierenden Signals zwischen einerseits den digitalen Filtermitteln (60-66) und andererseits der eigenen Verstärkerstufe (50) der Bässespur zu verteilen.

5. Aktives Lautsprechergehäuse nach Anspruch 4, bei dem die Kopplung zwischen der Spurtrennstufe (44) mit den digitalen Filtermitteln (60-66) und der eigenen Verstärkerstufe (50) der Bässespur eine Kopplung durch einen gemeinsamen Bus des Typs I²S ist.

Claims

1. An active loudspeaker enclosure, comprising:

- a distributed-mode loudspeaker (10), with a non-piston effect radiant panel (12) excited with a random distribution of the amplitude and the phase, the radiant panel (12) of this loudspeaker (10) being excited by at least two transducers (14, 16) placed in a predetermined non-symmetrical manner on the radiant panel,
 - amplifier means (48), receiving an input signal to be reproduced and coupled at their output to said transducers,
 - filtering means, for distributing between the at least two transducers, according to a predetermined respective frequency characteristic, the signal to be reproduced delivered by the amplifier means,

the enclosure being **characterized in that:**

- the two transducers (14, 16) of the loudspeaker (10) are electrically decoupled from each other,
 - the amplifier means (48) include a plurality of distinct power stages (52, 54, 56), each of which is directly linked at its output to a respective transducer, and
 - the filtering means are digital filtering means (60-66) arranged upstream from the power stages, for applying said predetermined respective frequency characteristic to the signal to be reproduced before transmission of the latter to each of the respective power stages.

2. The active loudspeaker enclosure of claim 1, where-
in the power stages (52, 54, 56) are class-D switching
stages.
3. The active loudspeaker enclosure of claim 2, where- 5
in the power stages include half-bridge stages (52,
54) of parameterizable configuration.
4. The active loudspeaker enclosure of claim 2, also
comprising: 10
- a bass channel, with a proper amplifier stage
(50) and a proper loudspeaker (42), and
 - a channel-separator stage (44), for distributing
respective fractions of the spectrum of the signal 15
to be reproduced between, on the one hand,
said digital filtering means (60-66) and, on the
other hand, the proper amplifier stage (50) of
said bass channel.
- 20
5. The active loudspeaker enclosure of claim 4, where-
in the coupling of the channel-separator stage (44)
to said digital filtering means (60-66) and to the prop-
er amplifier stage (50) of said bass channel is a cou-
pling through a common bus of the I²S type. 25

30

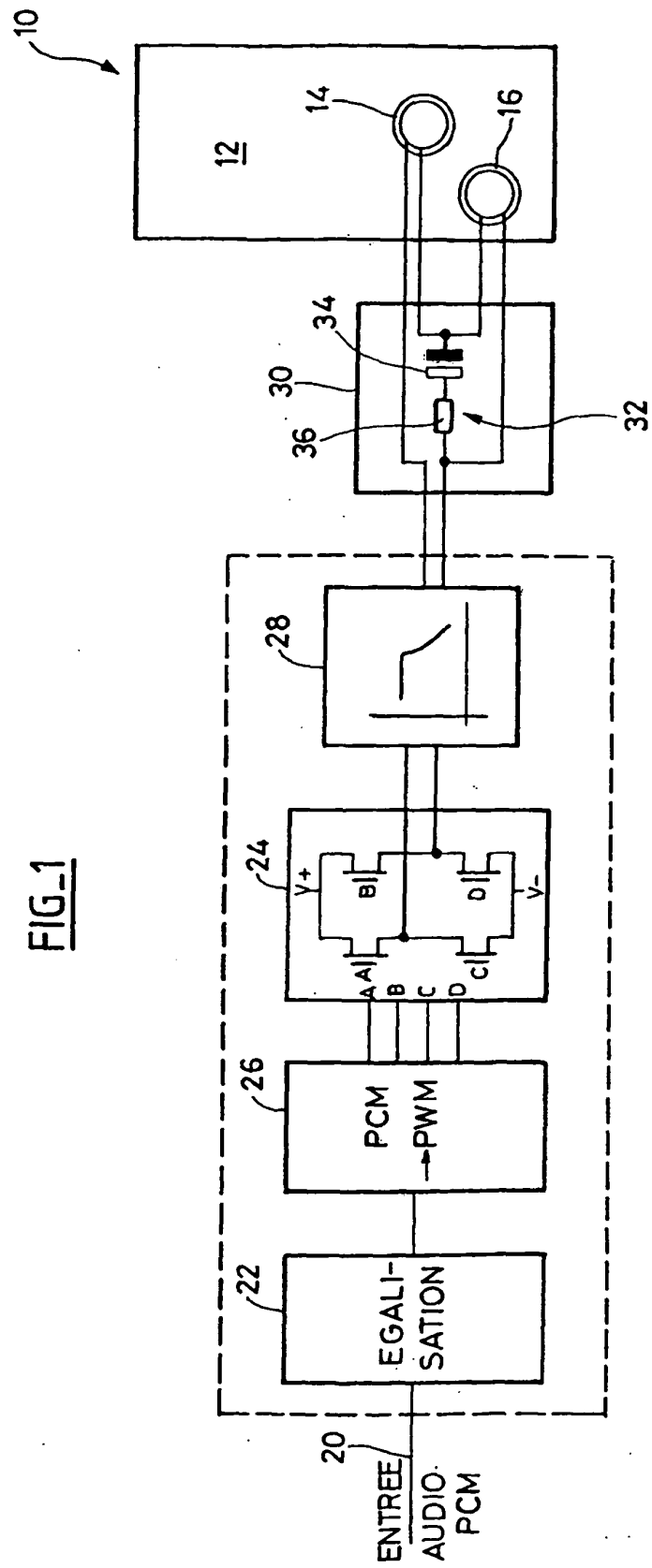
35

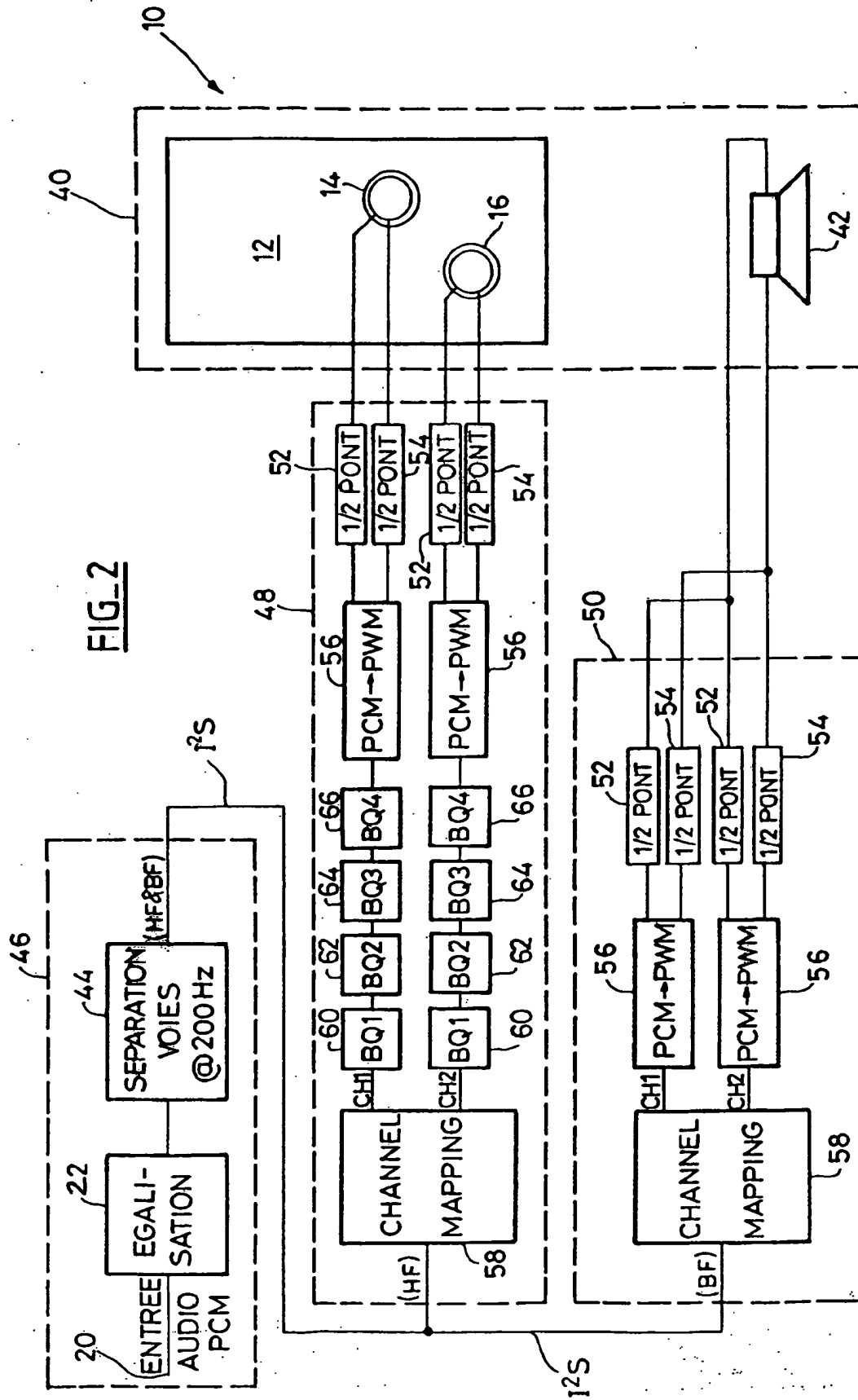
40

45

50

55





RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 9709840 A [0008]
- US 2006023898 A1 [0008]