



(11) **EP 1 428 411 B2**

(12) **NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
30.11.2011 Patentblatt 2011/48

(51) Int Cl.:
H04R 3/04 (2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
20.06.2007 Patentblatt 2007/25

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2001/003653

(21) Anmeldenummer: **01980187.7**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/028405 (03.04.2003 Gazette 2003/14)

(22) Anmeldetag: **21.09.2001**

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR STEUERUNG DER BASSWIEDERGABE VON
AUDIOSIGNALEN IN ELEKTROAKUSTISCHEN WANDLERN**

METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING THE BASS REPRODUCTION OF AUDIO SIGNALS
IN ELECTROACOUSTIC TRANSDUCERS

PROCEDE ET DISPOSITIF DE COMMANDE DE LA RESTITUTION DES BASSES DE SIGNAUX
AUDIO DANS DES TRANSDUCTEURS ELECTROACOUSTIQUES

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT NL

• **KLINKE, Stefano, Ambrosius**
50169 Kerpen (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.06.2004 Patentblatt 2004/25

(74) Vertreter: **Michalski Hüttermann & Partner**
Patentanwälte
Neuer Zollhof 2
40221 Düsseldorf (DE)

(73) Patentinhaber: **Gigaset Communications GmbH**
81379 München (DE)

(72) Erfinder:
• **AUBAUER, Roland**
81699 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 546 619 EP-A- 1 089 507
WO-A-01/56157 WO-A1-00/14998
DE-A1- 19 928 420 FR-A- 2 403 684
US-A- 4 182 930

EP 1 428 411 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung der Basswiedergabe von Audiosignalen in elektroakustischen Wandlern gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 und ein elektroakustisches System gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 8.

[0002] Die Basswiedergabe von Audiosignalen in einem elektroakustischen Wandler, insbesondere einem Lautsprecher oder einer Hörkapsel, ist durch die Größe des elektroakustischen Wandlers, des Lautsprechers bzw. der Hörkapsel bedingt. Je kleiner die Lautsprecher-Membrane und deren maximale Auslenkung sind, desto höher ist die untere Resonanzfrequenz.

[0003] In FIGUR 1 ist ein typischer Frequenzgang eines kleinen Lautsprechers dargestellt. Elektronische Audiogeräte, in denen solche kleinen elektroakustischen Wandler zum Einsatz kommen und in denen folglich die Basswiedergabe unbefriedigend ist, sind in erster Linie Audiogeräte (Geräte zur Aus- und/oder Wiedergabe von Audiosignalen) der Kommunikations- und Informationstechnik sowie der Unterhaltungs- und Konsumgüterelektronik, wie z.B. Mobilfunk- und Schnurlostelefon-Handapparate, Notebooks, Personal Digital Assistants, Mini-Radios, Radiowecker, tragbare Musikabspielgeräte etc.

[0004] Um die Basswiedergabe mit einem kleinen Lautsprecher zu verbessern, kann ein bekannter psychoakustisches Prinzip benutzt werden. Dieses Prinzip wird als "Residual Hearing (Hearing of Missing Fundamentals)" oder als "Virtual Pitch" bezeichnet.

[0005] Nach diesem Prinzip kann die Wahrnehmung einer Grundfrequenz durch eine Kombination von Oberwellen simuliert werden. Daher kann auch die Wahrnehmung einer tiefen Frequenz mit der entsprechenden Kombination ihrer Oberwellen simuliert werden.

[0006] Eine detaillierte Beschreibung des Virtual Pitch"-Prinzips ist in der Publikation "Psychoakustik" von E. Zwicker; H. Fastl; Springer Verlag, 2nd. Edition, 1999 zu finden.

[0007] Aus der US 6,111,960 und der US 5,930,373 sind auf dem psychoakustischen Prinzip beruhende Verfahren bekannt, die anhand des Audiosignals eine entsprechende Reihe von Oberwellen erzeugen, um die Frequenzen unterhalb der Grenzfrequenz zu simulieren.

[0008] Aus der WO 00/15003 ist ein auf dem psychoakustischen Prinzip beruhendes Verfahren bekannt, bei dem die in dem Audiosignal vorhandenen Oberwellen verstärkt werden. Dabei werden zur Verbesserung der Basswiedergabe der Audiosignale in elektroakustischen Wandlern tiefe Frequenzkomponenten des Audiosignals zu einem tieffrequenten Audiosignal isoliert, die isolierten tiefen Frequenzkomponenten mit einer Vielzahl von Bandpassfiltern gefiltert, die bandpassgefilterten Frequenzkomponenten in einem bezüglich des Verstärkungsfaktors steuerbaren Verstärker verstärkt, wobei der Verstärkungsfaktor aus der Einhüllenden der bandpassgefilterten Frequenzkomponenten gewonnen wird, und ein simuliertes tieffrequentes Audiosignal durch

Kombinieren des ursprünglichen Audiosignals mit den verstärkten Frequenzkomponenten erzeugt.

[0009] In der WO 00/14998 A1 ist beschrieben, die Wahrnehmung niedriger Frequenzen eines Audiosignals zu verbessern. Dazu sollen die niedrigen Bassfrequenzen, z.B. im Bereich von 20 bis 70 Hz, in einem sogenannten Ultrabass-Verfahren verarbeitet werden, während die höheren Bassfrequenzen, z.B. in einem Bereich von 70 bis 100 Hz, einem Verstärkungsverfahren unterworfen werden.

[0010] Weiterhin ist in der DE 199 28 420 A1 beschrieben, ein Audiosignal in einen ersten Pfad und einen zweiten Pfad aufzuteilen, um den Frequenzgang von Lautsprechern zu kompensieren und um den Zuhörern die Illusion von klangvollen Bässen zu vermitteln. Dabei werden im zweiten Pfad Oberwellen der Signalanteile tiefer Frequenzen erzeugt und mit dem Signal des ersten Pfades gemischt. Um die Wiedergabe Bässen zu verbessern, wird das Audiosignal im zweiten Pfad bandpassgefiltert, mit einem Korrekturfaktor verstärkt, anschließend auf einen Höchstwert begrenzt und schließlich nochmals bandpassgefiltert, ehe es zum ursprünglichen Audiosignal im ersten Pfad addiert wird. Der Korrekturfaktor wird dabei bei Überschreiten des Höchstwertes verkleinert, während er ansonsten erhöht wird.

[0011] Schließlich ist in der US 4,182,930 beschrieben, ein verbessertes Audiosignal dadurch zu erzielen, dass die Signalintensität des Audiosignals innerhalb eines vorbestimmten Frequenzbereichs erfasst wird, die erfasste Signalintensität in eine Mehrzahl diskreter Sequenzbänder aufgeteilt wird und in jedem dieser Frequenzbänder jeweils zweite Signale erzeugt werden, die Subharmonische dieser Frequenzen der entsprechenden Frequenzbänder sind. Dann wird das ursprüngliche Signal mit den derart erzeugten Signalen kombiniert, um ein verbessertes Audiosignal zu generieren.

[0012] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe besteht darin, die Basswiedergabe von Audiosignalen in elektroakustischen Wandlern basierend auf dem als "virtual pitch" oder als "residual hearing (hearing of missing fundamental)" bezeichneten psychoakustischen Prinzip so zu steuern, dass die Wahrnehmung der virtuellen Basswiedergabe der Audiosignale gegenüber dem Stand der Technik verbessert ist.

[0013] Diese Aufgabe wird sowohl ausgehend von dem im Oberbegriff des Patentanspruches 1 definierten Verfahren durch die im Kennzeichen des Patentanspruches 1 angegebenen Merkmale als auch ausgehend von der im Oberbegriff des Patentanspruches 8 definierten Vorrichtung durch die im Kennzeichen des Patentanspruches 8 angegebenen Merkmale gelöst.

[0014] Die die Erfindung ausmachende Idee besteht darin, die Wiedergabe der in dem elektroakustischen Wandler abgegebenen tiefen Frequenzen bzw. Bässe durch das Verstärken der schon im Audiosignal enthaltenen harmonischen Oberwellen so im Sinne einer Simulation zu steuern, dass der Hörer eine verbesserte

Basswiedergabe empfindet bzw. wahrnimmt. Die Steuerung bzw. Simulation kann dabei sowohl digital (Anspruch 1), durch ein Programmmodul im Digitalen Signal-Prozessor DSP des elektronischen Gerätes zur Aus- und/oder Wiedergabe von Audiosignalen mit dem elektroakustischen Wandler, als auch analog (Anspruch 9), durch eine Hardware-Schaltung zwischen dem Digital-/Analog-Wandler und dem Endverstärker des elektronischen Gerätes zur Aus- und/oder Wiedergabe von Audiosignalen mit dem elektroakustischen Wandler, erfolgen.

[0015] Mit dem Programmmodul und der Hardware-Schaltung werden nur die harmonischen Oberwellen verstärkt, die sich oberhalb der Resonanzfrequenz des elektroakustischen Wandlers, insbesondere des Lautsprechers, befinden, um die Wahrnehmung der Grundfrequenz zu simulieren. Die Extraktion bzw. Isolierung der harmonischen Oberwellen wird beim Programmmodul durch Bandpassfilterung und bei der Hardware-Schaltung mittels eines Bandpassfilters erreicht, während die Verstärkung der Oberwellen gesteuert durch einen Verstärkungsfaktor in dem Programmmodul softwaregestützt und in der Hardware-Schaltung in einem dafür entsprechend ausgebildeten verstärkungsfaktorgesteuerten Verstärker (engl.: Gain Controlled Amplifier) abläuft. Der Verstärkungsfaktor wird vorzugsweise von Frequenzkomponenten des Audiosignals unterhalb der Resonanzfrequenz bzw. Grenzfrequenz des elektroakustischen Wandlers gesteuert.

[0016] Der Vorteil des Verfahrens gemäß Anspruch 1 liegt darin, dass die Verstärkung der im Audiosignal vorhandenen harmonischen Original-Oberwellen eine deutliche bessere Qualität des im Digitalen Signal-Prozessor erzeugten modifizierten Audiosignals gewährleistet. Dadurch werden insbesondere Verzerrungen des Audiosignals vermieden. Außerdem stellt das erfindungsgemäße Verfahren geringere Anforderungen hinsichtlich der Rechnerleistung und des Speicherbedarfs im Digitalen Signal-Prozessor.

[0017] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0018] So ist es nach Anspruch 2 iVm Anspruch 4 von Vorteil, wenn bei der Verwendung eines "Finite Impulse Response"-Filters - im Unterschied zu der Verwendung eines "Infinite Impulse Response"-Filter gemäß Anspruch 3 - das mit den verstärkten Frequenzkomponenten zu kombinierende Audiosignal gepuffert wird, um für die Kombination aufgrund der Verwendung des FIR-Filters vorhandene Phasenverschiebungen zwischen der verstärkten Frequenzkomponenten und dem Audiosignal zu kompensieren.

[0019] Nach den Ansprüchen 7 und 10 ist es vorteilhaft, wenn zur Verbesserung der Qualität des vom elektroakustischen Wandler abgegebenen modifizierten Audiosignals das modifizierte Audiosignal zur Verstärkung von ausgewählten Frequenzen gefiltert wird.

[0020] Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der FIGUREN 2 bis 7 erläutert. Es zeigen:

FIGUR 2 die digitale Implementierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in Form eines Programmmoduls in einem Digitalen Signal-Prozessor eines elektronischen Funkgerätes zur Aus- und/oder Wiedergabe von Audiosignalen,

FIGUR 3 die analoge Implementierung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in das Hardware-Konzept eines elektronischen Funkgerätes zur Aus- und/oder Wiedergabe von Audiosignalen,

FIGUR 4 eine erste Realisierungsform des Programmmoduls nach FIGUR 2,

FIGUR 5 eine zweite Realisierungsform des Programmmoduls nach FIGUR 2,

FIGUR 6 eine dritte Realisierungsform des Programmmoduls nach FIGUR 2,

FIGUR 7 eine Realisierungsform der Steuerungsvorrichtung nach FIGUR 3.

[0021] FIGUR 2 zeigt als zweites Ausführungsbeispiel in Form eines Funktions- oder Blockschaltbildes die Sprachverarbeitungsstrecke in einem Funkgerät FG zur Aus- und/oder Wiedergabe von Audiosignalen, insbesondere Sprachsignalen, bei dem die Erfindung in einem Programmmodul PGM eines Digitalen Signal-Prozessors DSP implementiert ist (digitale Implementierung). Das Funkgerät FG empfängt über eine Antenne ANT ein analoges Funksignal FS, auf dem eine kodierte Sprachinformation aufmoduliert ist. In einem Empfänger EMP unterstützt von einem Mikroprozessor MP und einem Analog-Digital-Wandler ADW wird aus dem modulierten codierten analogen Funksignal FS ein digitales demoduliertes Signal DDS erzeugt. Dieses digitale demodulierte Signal DDS wird danach einem Sprachdekodierer SDK des Digitalen Signal-Prozessors DSP zugeführt. In dem Sprachdekodierer SDK wird aus dem digitalen demodulierten Signal DDS ein Sprachsignal oder - ganz allgemein formuliert - ein Audiosignal AS erzeugt. Dieses Audiosignal AS wird anschließend dem Programmmodul zur Steuerung der Basswiedergabe von Audiosignalen in elektroakustischen Wandlern PGM des Digitalen Signal-Prozessors DSP zugeführt. In dem Programmmodul PGM des digitalen Signal-Prozessors DSP wird aus dem Audiosignal AS ein modifiziertes Audiosignal MAS generiert, das dann im weiteren von einem Filter FIL des Digitalen Signal-Prozessors DSP gefiltert wird. Das gefilterte modifizierte Audiosignal MAS wird schließlich auf einen Digital-Analog-Wandler DAW gegeben und danach in einem Endverstärker EVS verstärkt, bevor die in dem modifizierten Audiosignal MAS enthaltene Sprachinformation von einem elektroakustischen Wandler EAS, der vorzugsweise als Lautsprecher ausgebildet ist, ausgegeben wird.

[0022] FIGUR 3 zeigt als zweites Ausführungsbeispiel

in Form eines Funktions- oder Blockschaltbildes die Sprachverarbeitungsstrecke in dem Funkgerät FG, bei dem die Erfindung im Unterschied zu FIGUR 2 außerhalb des Digitalen Signal-Prozessors DSP im Analogteil des Funkgerätes FG in einer Vorrichtung zur Steuerung des Basswiedergabe von Audiosignalen in elektroakustischen Wandlern STV implementiert ist (analoge Implementierung). Die Sprachsignalverarbeitung in dem Funkgerät FG beginnt wiederum damit, dass das analoge Funksignal FS, auf dem eine kodierte Sprachinformation aufmoduliert ist, über die Antenne ANT dem Empfänger EMP zugeführt wird. In dem Empfänger EMP wird wiederum unterstützt durch den Mikroprozessor MP und den Analog-Digital-Wandler ADW aus dem analogen Funksignal FS wiederum das digitale demodulierte Signal DDS erzeugt. Dieses digitale demodulierte Signal DDS wird anschließend wieder dem Sprachdekodierer SDK in dem Digitalen Signal-Prozessor DSP zugeführt. In dem Sprachdekodierer SDK wird aus dem digitalen demodulierten Signal DDS wieder das dekodierte Sprachsignal oder ganz allgemein das dekodierte Audiosignal AS gewonnen. Dieses Audiosignal AS wird anschließend in dem Filter FIL des Digitalen Signal-Prozessors DSP gefiltert, bevor das gefilterte Audiosignal in dem Digital-Analog-Wandler DAW entsprechend gewandelt wird. Das gewandelte Audiosignal AS wird anschließend der Vorrichtung zur Steuerung der Basswiedergabe von Audiosignalen in elektroakustischen Wandlern STV zugeführt, wo aus dem Audiosignal AS ein modifiziertes Audiosignal MAS generiert wird. Das modifizierte Audiosignal MAS wird im Anschluss daran in dem Endverstärker EVS verstärkt, bevor die in dem modifizierten Audiosignal MAS enthaltene Sprachinformation über den elektroakustischen Wandler EAW, der wieder vorzugsweise als Lautsprecher ausgebildet ist, ausgegeben wird.

[0023] FIGUR 4 zeigt eine erste Realisierungsform des Programmmoduls PGM gemäß der FIGUR 2. Das Audiosignal AS wird zur Isolation einer ersten Frequenzkomponente FK mit einem mittels Software realisierten Bandpassfilter BPF bandpassgefiltert und zur Isolation einer zweiten Frequenzkomponente FK' mit einem mittels Software realisierten Tiefpassfilter TPF tiefpassgefiltert. Während die erste Frequenzkomponente FK verstärkt wird, wird mit der zweiten Frequenzkomponente FK' ein die Verstärkung der ersten Frequenzkomponente FK bestimmender Verstärkungsfaktor VF erzeugt.

[0024] Anstelle des Tiefpassfilters TPF kann alternativ auch ein weiteres mittels Software realisiertes Bandpassfilter oder sogar das die erste Frequenzkomponente FK erzeugende Bandpassfilter BPF verwendet werden. Im letztgenannten Fall wären die beiden Frequenzkomponenten FK, FK' gleich ($FK=FK'$). Diese Vorgebensweise ist jedoch nicht zur Erfindung gehörig.

[0025] Das Bandpassfilter BPF ist vorzugsweise als Finite Impulse Response"-Filter (FIR-Filter) FIR-F oder alternativ als "Infinite Impulse Response"-Filter (IIR-Filter) IIR-F ausgebildet. Ist das Bandpassfilter BPF als Finite Impulse Response"-Filter FIR-F ausgebildet, enthält

das Programmmodul PGM zur Pufferung des Audiosignals AS einen Zwischenspeicher ZWS. Dieser Zwischenspeicher ZWS ist dann, wenn das Bandpassfilter BPF als Infinite Impulse Response"-Filter IIR-F ausgebildet ist, nicht erforderlich. Um dieses zu in der FIGUR 4 darzustellen, ist der Zwischenspeicher ZWS als gestrichelter Block dargestellt.

[0026] Das bandpassgefilterte Audiosignal FK bzw. die mit dem Bandpassfilter BPF isolierte Frequenzkomponente FK wird zur deren Verstärkung an den Eingang eines mit dem Verstärkungsfaktor VF steuerbaren mittels Software realisierten Verstärkers VS gelegt. Für die Ermittlung des Verstärkungsfaktor VF sind in dem Programmmodul PGM mittels Software realisierte Mittel zur Berechnung von Signaleinhüllende und/oder Signalenergie MBSE vorhanden, die aus dem tiefpassgefilterten Audiosignal FK' eine Eingangsgröße für ebenfalls mittels Software realisierte Mittel zur Berechnung des Verstärkungsfaktors MBVF des Programmmoduls PGM liefern. Die Berechnungsmittel MBVF liefern dann den Verstärkungsfaktor VF, mit dem der Verstärker VS steuerbar ist. Am Ausgang des Verstärkers VS liegt somit ein mit dem Verstärkungsfaktor VF verstärktes bandpassgefiltertes Audiosignal VSFK an. Dieses verstärkte bandpassgefilterte Audiosignal VSFK und das Audiosignal AS, das gegebenenfalls zwischengespeichert worden ist, werden im weiteren mit Hilfe von vorzugsweise als Additionsmittel ausgebildeten, mittels Software realisierten Kombinationsmittel KM des Programmmoduls PGM kombiniert bzw. addiert. Infolge dieser Operation entsteht das modifizierte Audiosignal MAS, das vorzugsweise zur Verbesserung der Signalqualität mit einem mittels Software realisierten Präsenzfilter PRF gefiltert wird. Es ist aber auch möglich, dass das modifizierte Audiosignal MAS, wie bei der Beschreibung der FIGUR 2 erläutert, ohne weitere Filterung durch das Präsenzfilter PRF dem Filter FIL zugeführt wird.

[0027] FIGUR 5 zeigt ausgehend von FIGUR 4 eine zweite Realisierungsform des Programmmoduls PGM gemäß der FIGUR 2. Das Audiosignal AS wird zur Isolation der ersten Frequenzkomponente FK wieder mit dem Bandpassfilter BPF bandpassgefiltert und zur Isolation der zweiten Frequenzkomponente FK' mit dem Tiefpassfilter TPF tiefpassgefiltert. Während die erste Frequenzkomponente FK wieder verstärkt wird, wird mit der zweiten Frequenzkomponente FK' wieder der die Verstärkung der ersten Frequenzkomponente FK bestimmende Verstärkungsfaktor VF erzeugt.

[0028] Anstelle des Tiefpassfilters TPF kann wiederum alternativ auch ein weiteres Bandpassfilter oder sogar das die erste Frequenzkomponente FK erzeugende Bandpassfilter BPF verwendet werden. Im letztgenannten Fall wären die beiden Frequenzkomponenten FK, FK' dann wieder gleich ($FK=FK'$). Diese Vorgebensweise ist jedoch nicht zur Erfindung gehörig.

[0029] Das Bandpassfilter BPF ist wieder vorzugsweise als Finite Impulse Response"-Filter (FIR-Filter) FIR-F oder alternativ als "Infinite Impulse Response"-Filter

(IIR-Filter) IIR-F ausgebildet. Ist das Bandpassfilter BPF als Finite Impulse Response "-Filter FIR-F ausgebildet, enthält das Programmmodul PGM wieder zur Pufferung des Audiosignals AS den Zwischenspeicher ZWS. Dieser Zwischenspeicher ZWS ist dann wieder, wenn das Bandpassfilter BPF als Infinite Impulse Response"-Filter IIR-F ausgebildet ist, nicht erforderlich. Um dieses zu in der FIGUR 5 darzustellen, ist der Zwischenspeicher ZWS als gestrichelter Block dargestellt.

[0030] Das bandpassgefilterte Audiosignal FK bzw. die mit dem Bandpassfilter BPF isolierte Frequenzkomponente FK wird wie in der FIGUR 4 zur deren Verstärkung an den Eingang eines mit dem Verstärkungsfaktor VF steuerbaren Verstärker VS gelegt. Für die Ermittlung des Verstärkungsfaktor VF sind in dem Programmmodul PGM wieder die Mittel zur Berechnung von Signaleinhüllende und/oder Signalenergie MBSE vorhanden, die aus dem tiefpassgefilterten Audiosignal FK' wieder eine Eingangsgröße für die Mittel zur Berechnung des Verstärkungsfaktors MBVF des Programmmoduls PGM liefern.

[0031] In der Realisierungsform des Programmmoduls PGM gemäß der FIGUR 5 wird im Unterschied zu der gemäß der FIGUR 4 den Berechnungsmitteln MBVF eine weitere Eingangsgröße zugeführt, die von weiteren Mitteln zur Berechnung von Signaleinhüllende und/oder Signalenergie MBSE stammt. Die weitere Eingangsgröße wird von den Berechnungsmitteln MBSE aus dem ungefilterten Audiosignal AS berechnet.

[0032] Die Berechnungsmittel MBVF liefern dann aus diesen beiden Eingangsgrößen den Verstärkungsfaktor VF, mit dem der Verstärker VS wieder steuerbar ist. Am Ausgang des Verstärkers VS liegt somit wieder das mit dem Verstärkungsfaktor VF verstärkte bandpassgefilterte Audiosignal VSFK an. Dieses verstärkte bandpassgefilterte Audiosignal VSFK und das Audiosignal AS, das gegebenenfalls zwischengespeichert worden ist, werden im weiteren wieder mit Hilfe der vorzugsweise wieder als Additionsmittel ausgebildeten Kombinationsmittel KM des Programmmoduls PGM kombiniert bzw. addiert. Infolge dieser Operation entsteht das modifizierte Audiosignal MAS, das vorzugsweise zur Verbesserung der Signalqualität wieder mit dem Präsenzfilter PRF gefiltert wird. Es ist aber auch wieder möglich, dass das modifizierte Audiosignal MAS, wie bei der Beschreibung der FIGUR 2 erläutert, ohne weitere Filterung durch das Präsenzfilter PRF dem Filter FIL zugeführt wird.

[0033] FIGUR 6 zeigt ausgehend von FIGUR 4 eine dritte Realisierungsform des Programmmoduls PGM gemäß der FIGUR 2. Das Audiosignal AS wird zur Isolation der ersten Frequenzkomponente FK erneut mit dem Bandpassfilter BPF bandpassgefiltert und zur Isolation der zweiten Frequenzkomponente FK' erneut mit dem Tiefpassfilter TPF tiefpassgefiltert. Während die erste Frequenzkomponente FK wieder verstärkt wird, wird mit der zweiten Frequenzkomponente FK' erneut der die Verstärkung der ersten Frequenzkomponente FK bestimmende Verstärkungsfaktor VF erzeugt.

[0034] Anstelle des Tiefpassfilters TPF kann erneut al-

ternativ auch ein weiteres Bandpassfilter oder sogar das die erste Frequenzkomponente FK erzeugende Bandpassfilter BPF verwendet werden. Im letztgenannten Fall wären die beiden Frequenzkomponenten FK, FK' gleich ($FK=FK'$). Diese Vorgebensweise ist jedoch nicht zur Erfindung gehörig.

[0035] Das Bandpassfilter BPF ist erneut vorzugsweise als Finite Impulse Response"-Filter (FIR-Filter) FIR-F oder alternativ als "Infinite Impulse Response"-Filter (IIR-Filter) IIR-F ausgebildet. Ist das Bandpassfilter BPF als Finite Impulse Response"-Filter FIR-F ausgebildet, enthält das Programmmodul PGM erneut zur Pufferung des Audiosignals AS den Zwischenspeicher ZWS. Dieser Zwischenspeicher ZWS ist dann erneut, wenn das Bandpassfilter BPF als Infinite Impulse Response"-Filter IIR-F ausgebildet ist, nicht erforderlich. Um dieses zu in der FIGUR 6 darzustellen, ist der Zwischenspeicher ZWS als gestrichelter Block dargestellt.

[0036] Das bandpassgefilterte Audiosignal FK bzw. die mit dem Bandpassfilter BPF isolierte Frequenzkomponente FK wird wie in den FIGUREN 4 und 5 zur deren Verstärkung an den Eingang des mit dem Verstärkungsfaktor VF steuerbaren Verstärker VS gelegt. Für die Ermittlung des Verstärkungsfaktor VF sind in dem Programmmodul PGM erneut die Mittel zur Berechnung von Signaleinhüllende und/oder Signalenergie MBSE vorhanden, die aus dem tiefpassgefilterten Audiosignal FK' eine Eingangsgröße für Mittel zur Berechnung des Verstärkungsfaktors MBVF des Programmmoduls PGM liefern.

[0037] In der Realisierungsform des Programmmoduls PGM gemäß der FIGUR 6 wird im Unterschied zu der gemäß der FIGUR 4 den Berechnungsmitteln MBVF eine weitere Eingangsgröße zugeführt, die von weiteren Mitteln zur Berechnung von Signaleinhüllende und/oder Signalenergie MBSE stammt. Die weitere Eingangsgröße wird im Unterschied zu der gemäß der FIGUR 5 von den Berechnungsmitteln MBSE aus dem bandpassgefilterten Audiosignal FK berechnet.

[0038] Die Berechnungsmittel MBVF liefern dann aus diesen beiden Eingangsgrößen den Verstärkungsfaktor VF, mit dem der Verstärker VS steuerbar ist. Am Ausgang des Verstärkers VS liegt somit erneut das mit dem Verstärkungsfaktor VF verstärkte bandpassgefilterte Audiosignal VSFK an. Dieses verstärkte bandpassgefilterte Audiosignal VSFK und das Audiosignal AS, das gegebenenfalls zwischengespeichert worden ist, werden im weiteren erneut mit Hilfe der vorzugsweise als Additionsmittel ausgebildeten Kombinationsmittel KM des Programmmoduls PGM kombiniert bzw. addiert. Infolge dieser Operation entsteht erneut das modifizierte Audiosignal MAS, das vorzugsweise erneut zur Verbesserung der Signalqualität mit dem Präsenzfilter PRF gefiltert wird. Es ist aber auch erneut möglich, dass das modifizierte Audiosignal MAS, wie bei der Beschreibung der FIGUR 2 erläutert, ohne weitere Filterung durch das Präsenzfilter PRF dem Filter FIL zugeführt wird.

[0039] FIGUR 7 zeigt eine Realisierungsform des

Steuerungsvorrichtung STV gemäß der FIGUR 3. Das Audiosignal AS wird zur Isolation der ersten Frequenzkomponente FK mit einem als Hardware-Baustein ausgebildeten Bandpassfilter BPF1 bandpassgefiltert und zur Isolation der zweiten Frequenzkomponente FK' mit einem als Hardware-Baustein ausgebildeten Tiefpassfilter TPF1 tiefpassgefiltert. Während die erste Frequenzkomponente FK verstärkt wird, wird mit der zweiten Frequenzkomponente FK' der die Verstärkung der ersten Frequenzkomponente FK bestimmender Verstärkungsfaktor VF erzeugt.

[0040] Anstelle des Tiefpassfilters TPF1 kann alternativ auch ein weiteres als Hardware-Baustein ausgebildetes Bandpassfilter oder sogar das die erste Frequenzkomponente FK erzeugende Bandpassfilter BPF1 verwendet werden. Im letztgenannten Fall wären die beiden Frequenzkomponenten FK, FK' gleich ($FK=FK'$). Diese Vorgebensweise ist jedoch nicht zur Erfindung gehörig.

[0041] Das bandpassgefilterte Audiosignal FK bzw. die mit dem Bandpassfilter BPF1 isolierte Frequenzkomponente FK wird zur deren Verstärkung an den Eingang eines mit dem Verstärkungsfaktor VF steuerbaren als Hardware-Baustein ausgebildeten Verstärker VS1 gelegt. Für die Ermittlung des Verstärkungsfaktor VF sind in der Steuerungsvorrichtung STV als Hardware-Baustein ausgebildete Mittel zur Berechnung von Signaleinhüllende und/oder Signalenergie MBSE1 vorhanden, die vorzugsweise aus der Serienschaltung von einem Gleichrichter GLR und einem weiteren Tiefpassfilter TPF2 bestehen und die aus dem tiefpassgefilterten Audiosignal FK' eine Eingangsgröße für ebenfalls als Hardware-Baustein ausgebildete Mittel zur Berechnung des Verstärkungsfaktors MBVF1 der Steuerungsvorrichtung STV liefern. Die Berechnungsmittel MBVF1 liefern dann den Verstärkungsfaktor VF, mit dem der Verstärker VS1 steuerbar ist. Am Ausgang des Verstärkers VS1 liegt somit ein mit dem Verstärkungsfaktor VF verstärktes bandpassgefiltertes Audiosignal VSFK an. Dieses verstärkte bandpassgefilterte Audiosignal VSFK und das Audiosignal AS werden im weiteren mit Hilfe von vorzugsweise als Additionsmittel und als Hardware-Baustein ausgebildeten Kombinationsmittel KM1 der Steuerungsvorrichtung STV kombiniert bzw. addiert. Infolge dieser Operation entsteht das modifizierte Audiosignal MAS, das vorzugsweise zur Verbesserung der Signalqualität mit einem als Hardware-Baustein ausgebildeten Präsenzfilter PRF1 gefiltert wird. Es ist aber auch möglich, dass das modifizierte Audiosignal MAS, wie bei der Beschreibung der FIGUR 3 erläutert, ohne weitere Filterung durch das Präsenzfilter PRF dem Endverstärker EVS zugeführt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung der Basswiedergabe von Audiosignalen in elektroakustischen Wandlern, bei dem

- a) Frequenzkomponenten (FK, FK') des Audiosignals (AS) isoliert und mit einem auf der Basis des Audiosignales (AS) berechneten Verstärkungsfaktor (VF) verstärkt werden (VS, VS1),
- b) die verstärkten Frequenzkomponenten (VSFK) des Audiosignals (AS) und das Audiosignal (AS) derart kombiniert werden (KM, KM1), dass ein modifiziertes Audiosignal (MAS) entsteht,
- c) das modifizierte Audiosignal (MAS) dem elektroakustischen Wandler (EAW) zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- d) das Audiosignal (AS) zur Isolation und Verstärkung von ersten Frequenzkomponenten (FK) mit einem Bandpassfilter (BPF) (bandpassgefiltert wird um nur die harmonischen Oberwellen zu verstärken, die sich oberhalb der Resonanzfrequenz des elektroakustischen Wandlers (EAW) befinden,
- e) zur Berechnung (MBVF, MBVF1) des Verstärkungsfaktors (VF)

e1) das Audiosignal (AS) zur Isolation von zweiten Frequenzkomponenten (FK') mit einem anderen Tiefpass- und/oder Bandpassfilter (TPF, TPF1, BPF1) tiefpass- und/oder bandpassgefiltert wird,

e2) die Einhüllende und/oder die Energie des ungefilterten, tiefpassgefilterten und/oder bandpassgefilterten Audiosignals (AS, FK') berechnet wird (MBSE, MBSE1).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bandpassfilterung mit einem "Finite Impulse Response"-Filter (FIR-F) durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bandpassfilterung mit einem "Infinite Impulse Response"-Filter (IIR-F) durchgeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mit den verstärkten Frequenzkomponenten (VFK) zu kombinierende Audiosignal (AS) gepuffert wird (ZWS).
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bandpassfilterung für die Isolierung und Verstärkung der Frequenzkomponenten mit einem Bandpassfilter (BPF, BPF1) und die Bandpassfilterung für die Berechnung des Verstärkungsfaktors mit einem weiteren Bandpassfilter vorgenommen wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das modifizierte Audiosignal (MAS) zur Verstärkung von ausgewählten Frequenzen gefiltert wird (PRF, PRF1).

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren in einem elektronischen Gerät zur Aus- und/oder Wiedergabe von Audiosignalen abläuft.

8. Elektroakustisches System, umfassend einen elektroakustischen Wandler und eine Vorrichtung zur Steuerung der Basswiedergabe in dem elektroakustischen Wandler, bei der

(a) Isoliermittel (BPF, BPF1, TPF, TPF1) vorhanden sind, bei denen am Eingang das Audiosignal (AS) anliegt und die Frequenzkomponenten (FK, FK') des Audiosignals (AS) isolieren, (b) Berechnungsmittel (MBVF, MBVF1) vorhanden sind, die auf der Basis des Audiosignals (AS) einen Verstärkungsfaktor (VF) berechnen, (c) ein Verstärker (VS, VS1) vorhanden ist, der mit den Isolier- und Berechnungsmitteln derart verbunden ist, dass die Frequenzkomponenten (FK, FK') des Audiosignals (AS) mit dem berechneten Verstärkungsfaktor (VF) verstärkt werden,

(d) Kombinationsmittel (KM, KM1) vorhanden sind, bei denen am Eingang das Audiosignal (AS) und die verstärkten Frequenzkomponenten (VSFK) des Audiosignals (AS) anliegen und die das Audiosignal (AS) und die verstärkten Frequenzkomponenten (VSFK) des Audiosignals (AS) derart kombinieren, dass am Ausgang der Kombinationsmittel (KM, KM1) ein für den elektroakustischen Wandler (EAW) bestimmtes modifiziertes Audiosignal (MAS) anliegt,

dadurch gekennzeichnet, dass

(e) zwei Bandpassfilter (BPF, BPF1) oder jeweils mindestens ein Bandpassfilter (BPF, BPF1) und Tiefpassfilter (TPF, TPF1) zur Isolation einer ersten Frequenzkomponenten (FK) und einer zweiten Frequenzkomponente (FK') des Audiosignals (AS) vorhanden sind,

(f) von den Bandpassfiltern (BPF, BPF1) ein Bandpassfilter zur Isolation der ersten Frequenzkomponente (FK) ausgangsseitig mit dem Verstärker (VS, VS1) verbunden und derart eingerichtet ist, dass nur die harmonischen Oberwellen verstärkbar sind, die sich oberhalb der Resonanzfrequenz des elektroakustischen Wandlers (EAW) befinden,

(g) Mittel zur Berechnung von Signaleinhüllende und/oder Signalenergie (MBSE, MBSE1) vorhanden sind, bei denen eingangsseitig das ungefilterte, tiefpassgefilterte und/oder bandpass-

gefilterte Audiosignal (AS, FK') anliegt, (h) die Berechnungsmittel (MBVF, MBVF1) zur Berechnung des Verstärkungsfaktors (VF) eingangsseitig mit den Mitteln zur Berechnung der Signaleinhüllende und/oder Signalenergie (MBSE, MBSE1) und ausgangsseitig zur Einstellung des Verstärkungsfaktors (VF) mit dem Verstärker (VS, VS1) verbunden sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Präsenzfilter (PRF, PRF1) zur Verstärkung von ausgewählten Frequenzen des modifizierten Audiosignals (MAS) vorhanden ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung in einem elektronischen Gerät zur Aus- und/oder Wiedergabe von Audiosignalen integriert oder enthalten ist.

Claims

1. Method for controlling the bass reproduction of audio signals in electroacoustic converters, in which

a) frequency components (FK, FK') of the audio signal (AS) are isolated and amplified (VS, VS1) with a gain factor (VF) calculated on the basis of the audio signal (AS),

b) the amplified frequency components (VSFK) of the audio signal (AS) and the audio signal (AS) are combined (KM, KM1) such as to produce a modified audio signal (MAS),

c) the modified audio signal (MAS) is fed to the electroacoustic converter (EAW), **characterised in that**

d) the audio signal (AS) is bandpass filtered with a bandpass filter (BPF) for isolation and amplification of first frequency components (FK) in order to amplify only the harmonic waves, which are above the resonance frequency of the electroacoustic converter (EAW),

e) for calculation (MBVF, MBVF1) of the gain factor (VF)

e1) the audio signal (AS) is lowpass and/or bandpass filtered (BPF, BPF1, TPF, TPF1) for isolation of second frequency components (FK') with an other lowpass and/or bandpass filtered (BPF, BPF1, TPF, TPF1), e2) the envelope and/or the energy of the unfiltered, lowpass filtered and/or bandpass filtered audio signal (AS, FK') is calculated (MBSE, MBSE1).

2. Method according to claim 1, **characterized in that**

the bandpass filtering is executed with a "Finite Impulse Response" filter (FIR-F).

3. Method according to claim 1, **characterized in that** the bandpass filtering is executed with an "Infinite Impulse Response" filter (IIR-F). 5
4. Method according to claim 2, **characterized in that** the audio signal (AS) to be combined with the amplified frequency components (VFK) is buffered (ZWS). 10
5. Method according to one of the claims 1 to 4, **characterized in that** the bandpass filtering for the isolation and amplification of the frequency components is undertaken with one bandpass filter (BPF, BPF1) and bandpass filtering for calculation of the gain factor is undertaken with a further bandpass filter. 15
6. Method according to one of the claims 1 to 5, **characterized in that** the modified audio signal (MAS) is filtered (PRF, PRF1) for amplification of selected frequencies. 20
7. Method according to one of the claims 1 to 6, **characterized in that** the method runs in an electronic device for output and/or reproduction of audio signals. 25
8. Electroacoustic system, comprising a electroacoustic converter and a device for controlling the bass reproduction in the electroacoustic converter, in which 30
 - (a) isolation means (BPF, BPF1, TPF, TPFL) at the input of which the audio signal (AS) is present isolate the frequency components (FK, FK') of the audio signal (AS), 35
 - (b) calculation means (MBVF, MBVF1) are present which calculate a gain factor (VF) based on the audio signal (AS), 40
 - (c) an amplifier (VS, VS1) is present which is connected to the isolation and calculation means in such a way that the frequency components (FK, FK') of the audio signal (AS) are amplified with the gain factor (VF) calculated, 45
 - (d) combination means (KM, KM1) are present, at the input of which the audio signal (AS) and the amplified frequency components (VSFK) of the audio signal (AS) are present and which combine the audio signal (AS) and the amplified frequency components (VSFK) of the audio signal (AS) in such a way that at the output of the combination means (KM, KM1) a modified audio 15 signal (MAS) intended for the electroacoustic converter (EAW) is present, **characterised in that** 50
 - (e) two bandpass filter (BPF, BPF1) or at least

one bandpass filter (BPF, BPF1) and lowpass filter (TPF, TPF1) in each case are present for isolation of a first frequency component (FK) and a second frequency component (FK') of the audio signal (AS),

(f) of the bandpass filters (BPF, BPF1) one bandpass filter is connected on its output side with the amplifiers (VS, VS1) for isolation of the first frequency component (FK) and is arranged in such a way that only the harmonic waves are amplifiable, which are above the resonance frequency of the electroacoustic converter (EAW) (g) means are present for calculating signal envelopes and/or signal energy (MBSE, MBSE1), at which on the input side the unfiltered, lowpass- filtered and/or bandpass-filtered audio signal (AS, FK') is present,

(h) the calculation means (MBVF, MBVF1) for calculating the gain factor (VF) is connected on its input side with the means for calculating the signal envelope and/or signal energy (MBSE, MBSE1) and on its output side with the amplifier (VS, VS1) for setting the gain factor (VF).

9. Device according to claim 8, **characterized in that** a presence filter (PRF, PRF1) is available for amplifying selected frequencies of the modified audio signal (MAS).
10. Device according to claim 8 or 9, **characterized in that** the device is integrated or contained in an electronic device for output and/or reproduction of audio signals.

Revendications

1. Procédé pour la commande de la restitution des basses de signaux audio dans des convertisseurs électroacoustiques, selon lequel

a) on isole des composantes de fréquence (FK, FK') du signal audio (AS) et on les amplifie (VS, VS1) avec un facteur d'amplification (VF) calculé sur la base du signal audio (AS),

b) on combine les composantes de fréquence amplifiées (VSFK) du signal audio (AS) et le signal audio (AS) de manière à former un signal audio modifié (MAS),

c) on envoie le signal audio modifié (MAS) au convertisseur électroacoustique (EAW),

caractérisé en ce que

d) avec un filtre passe-bande (BPF), on effectue un filtrage passe-bande du signal audio (AS) pour isoler et amplifier des premières composantes de fréquence (FK) afin de n'amplifier que les ondes harmoniques qui se trouvent au-dessus de la fréquence de résonance du convertis-

seur électroacoustique (EAW),
e) pour calculer (MBVF, MBVF1) le facteur d'amplification (VF),

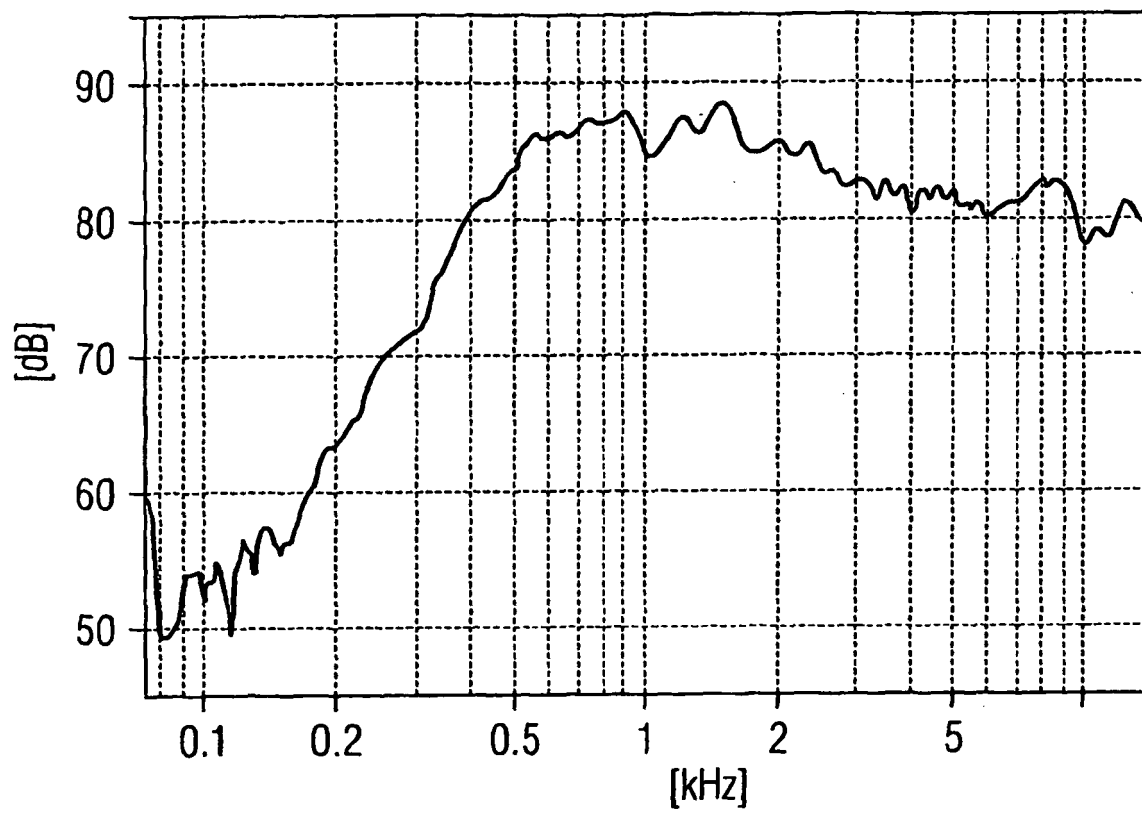
- e1) avec un autre filtre passe-bas et/ou passe-bande (TPF, TPF1, BPF1), on effectue un filtrage passe-bas et/ou passe-bande du signal audio (AS) pour isoler des deuxièmes composantes de fréquence (FK'),
e2) on calcule (MBSE, MBSE1) l'enveloppante et/ou l'énergie du signal audio non filtré, filtré par passe-bas et/ou filtré par passe-bande (AS, FK').
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on effectue le filtrage passe-bande avec un Filtre à Réponse Impulsionnelle Finie (FIR-F). 5
 3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on effectue le filtrage passe-bande avec un Filtre à Réponse Impulsionnelle Infinie (IIR-F). 10
 4. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'on met en mémoire tampon (ZWS) le signal audio (AS) à combiner avec les composantes de fréquence amplifiées (VFK). 15
 5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'on effectue le filtrage passe-bande pour isoler et amplifier les composantes de fréquence avec un filtre passe-bande (BPF, BPF1) et l'on effectue le filtrage passe-bande pour calculer le facteur d'amplification avec un autre filtre passe-bande. 20
 6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** l'on filtre (PRF, PRF1) le signal audio modifié (MAS) pour amplifier des fréquences sélectionnées. 25
 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le procédé se déroule dans un appareil électronique destiné à la sortie et/ou à la restitution de signaux audio. 30
 8. Système électroacoustique, comprenant un convertisseur électroacoustique et un dispositif pour la commande de la restitution des basses dans le convertisseur électroacoustique, dispositif dans lequel 35
- (a) il est prévu des moyens d'isolement (BPF, BPF1, TPF, TPF1) dans lesquels le signal audio (AS) se trouve à l'entrée et qui isolent les composantes de fréquence (FK, FK') du signal audio (AS), 40
- (b) il est prévu des moyens de calcul (MBVF, MBVF1) qui calculent un facteur d'amplification 45

(VF) sur la base du signal audio (AS),
(c) il est prévu un amplificateur (VS, VS1) qui est relié aux moyens d'isolement et de calcul de telle sorte les composantes de fréquence (FK, FK') du signal audio (AS) sont amplifiées avec le facteur d'amplification calculé (VF),
(d) il est prévu des moyens de combinaison (KM, KM1) à l'entrée desquels se trouvent le signal audio (AS) et les composantes de fréquence amplifiées (VSFK) du signal audio (AS) et qui combinent le signal audio (AS) et les composantes de fréquence amplifiées (VSFK) du signal audio (AS) de telle sorte qu'un signal audio modifié (MAS) destiné au convertisseur électroacoustique (EAW) se trouve à la sortie des moyens de combinaison (KM, KM1),
caractérisé en ce que
(e) il est prévu deux filtres passe-bande (BPF, BPF1) ou à chaque fois au moins un filtre passe-bande (BPF, BPF1) et un filtre passe-bas (TPF, TPF1) pour isoler une première composante de fréquence (FK) et une deuxième composante de fréquence (FK') du signal audio (AS),
(f) parmi les filtres passe-bande (BPF, BPF1), un filtre passe-bande destiné à isoler la première composante de fréquence (FK) est relié en sortie à l'amplificateur (VS, VS1) et est conçu de telle sorte que ne peuvent être amplifiées que les ondes harmoniques qui se trouvent au-dessus de la fréquence de résonance du convertisseur électroacoustique (EAW),
(g) il est prévu des moyens (MBSE, MBSE1) qui sont destinés à calculer l'enveloppante de signal et/ou l'énergie de signal et à l'entrée desquels se trouve le signal audio non filtré, filtré par passe-bas et/ou filtré par passe-bande (AS, FK'),
(h) les moyens de calcul (MBVF, MBVF1) destinés au calcul du facteur d'amplification (VF) sont reliés en entrée aux moyens (MBSE, MBSE1) destinés au calcul de l'enveloppante de signal et/ou de l'énergie de signal et en sortie à l'amplificateur (VS, VS1) afin de régler le facteur d'amplification (VF).

9. Dispositif selon la revendication 8, **caractérisé en ce qu'il** est prévu un filtre de présence (PRF, PRF1) pour amplifier des fréquences sélectionnées du signal audio modifié (MAS). 45
10. Dispositif selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** le dispositif est intégré ou contenu dans un appareil électronique destiné à la sortie et/ou à la restitution de signaux audio. 50

FIG 1

Sens.@1W, 1m



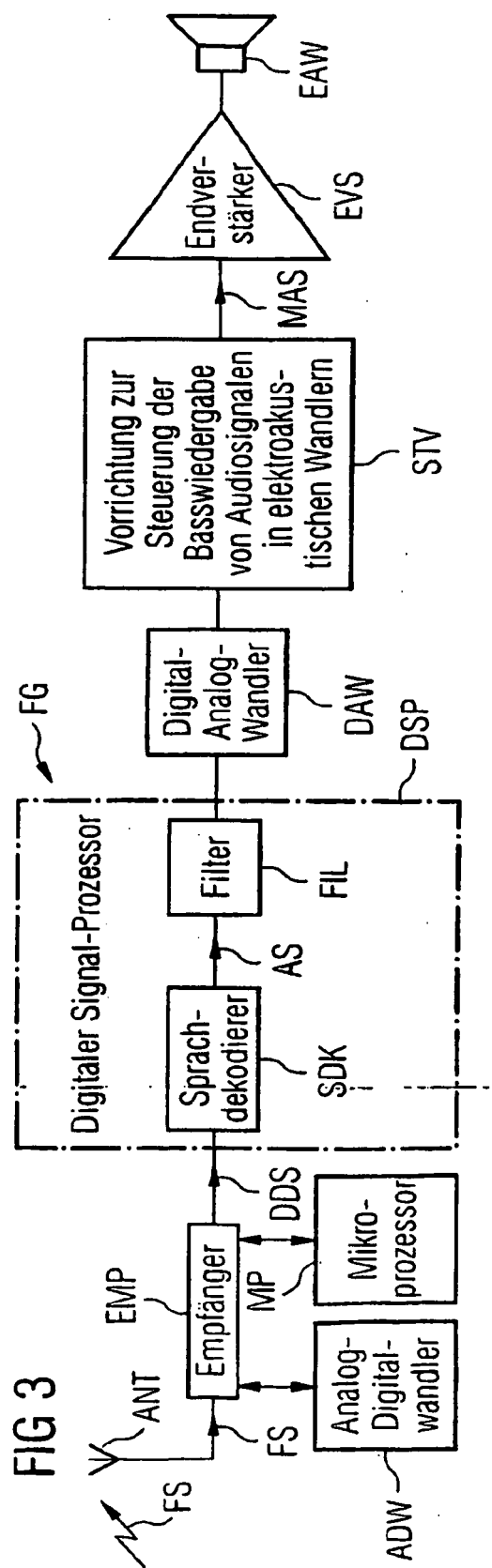
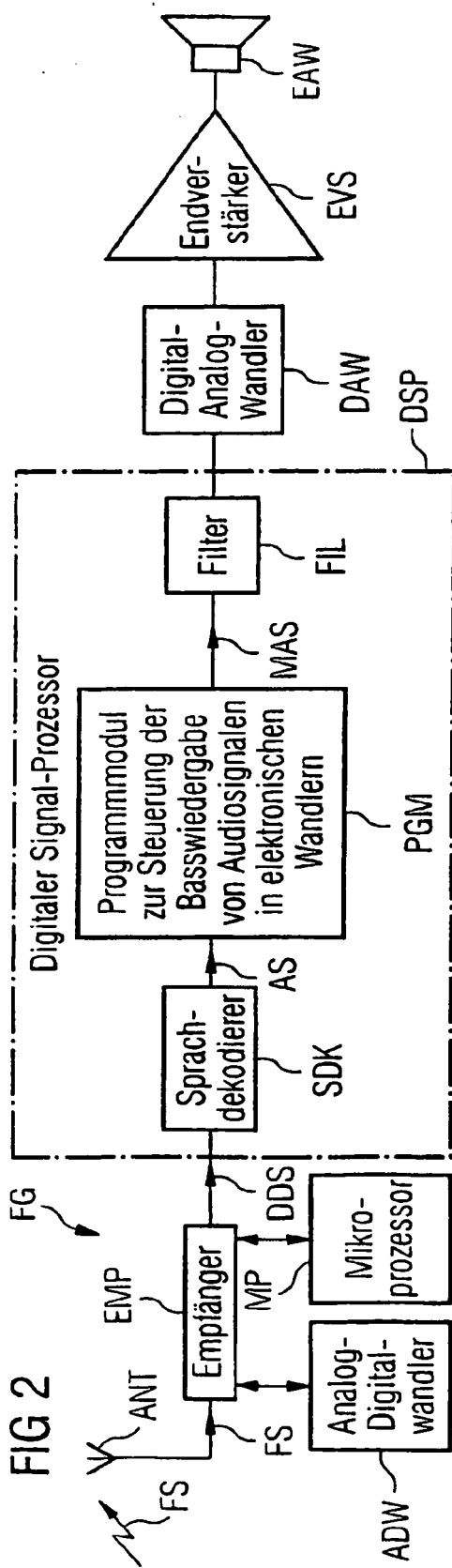


FIG 4

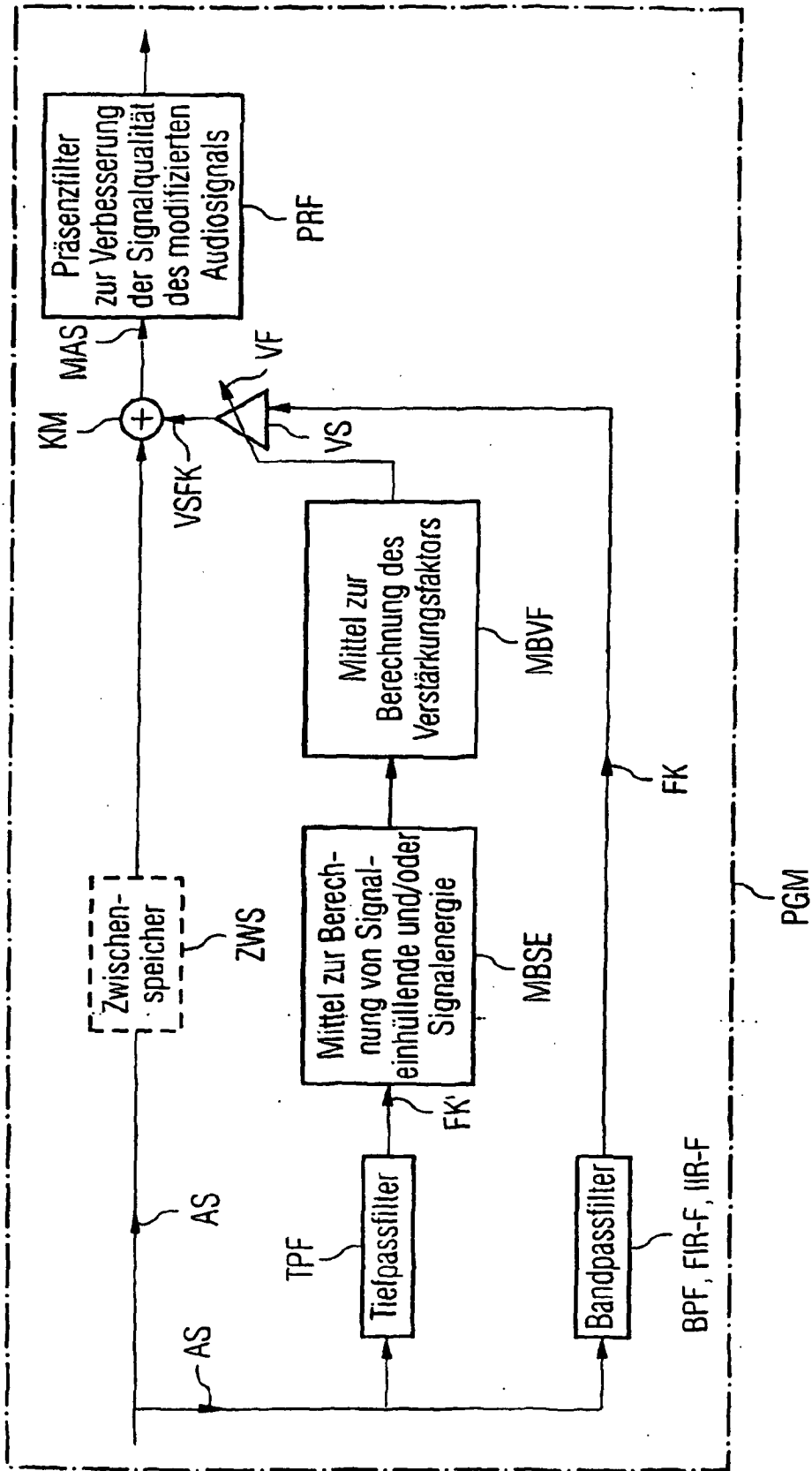


FIG 5

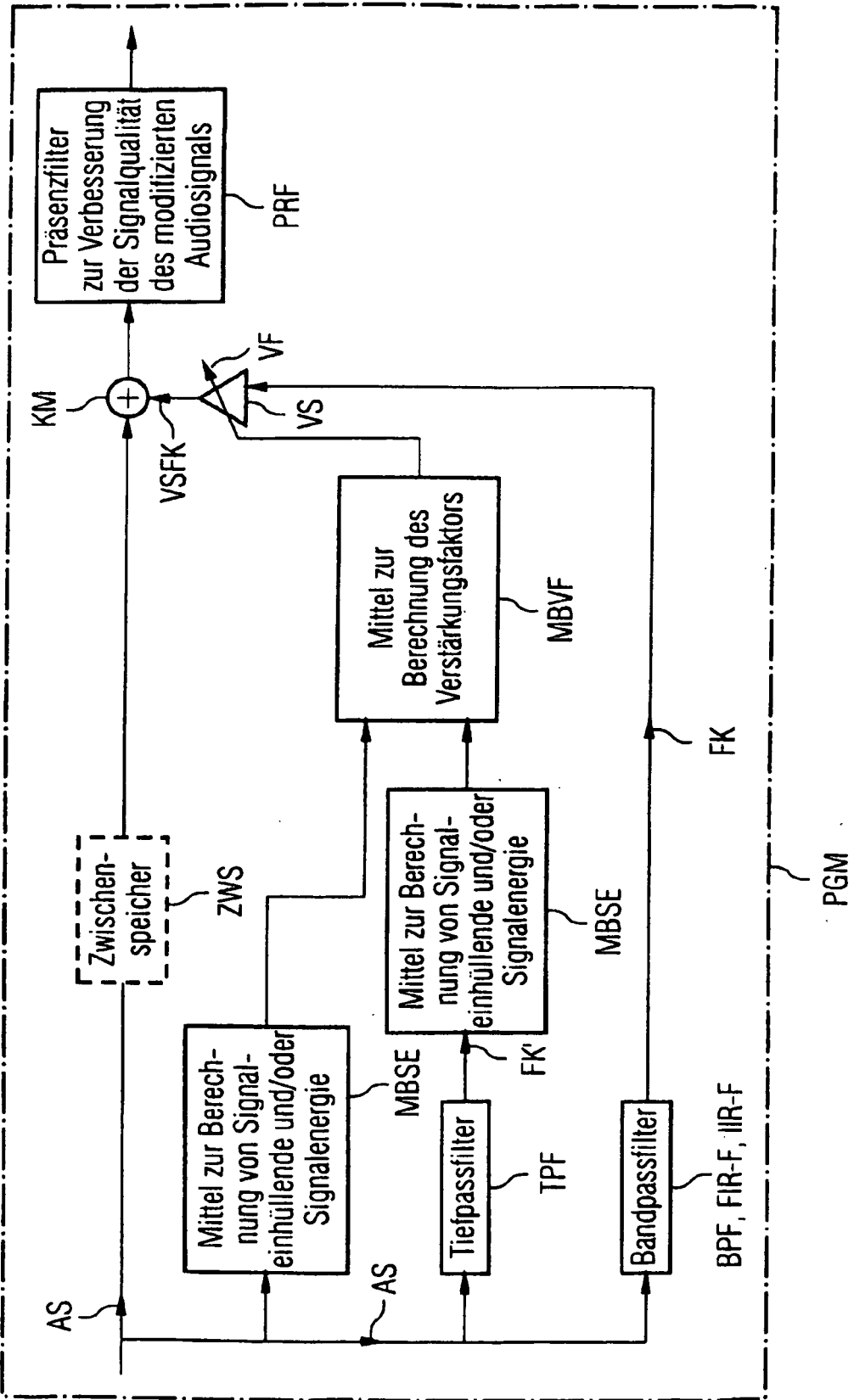


FIG 6

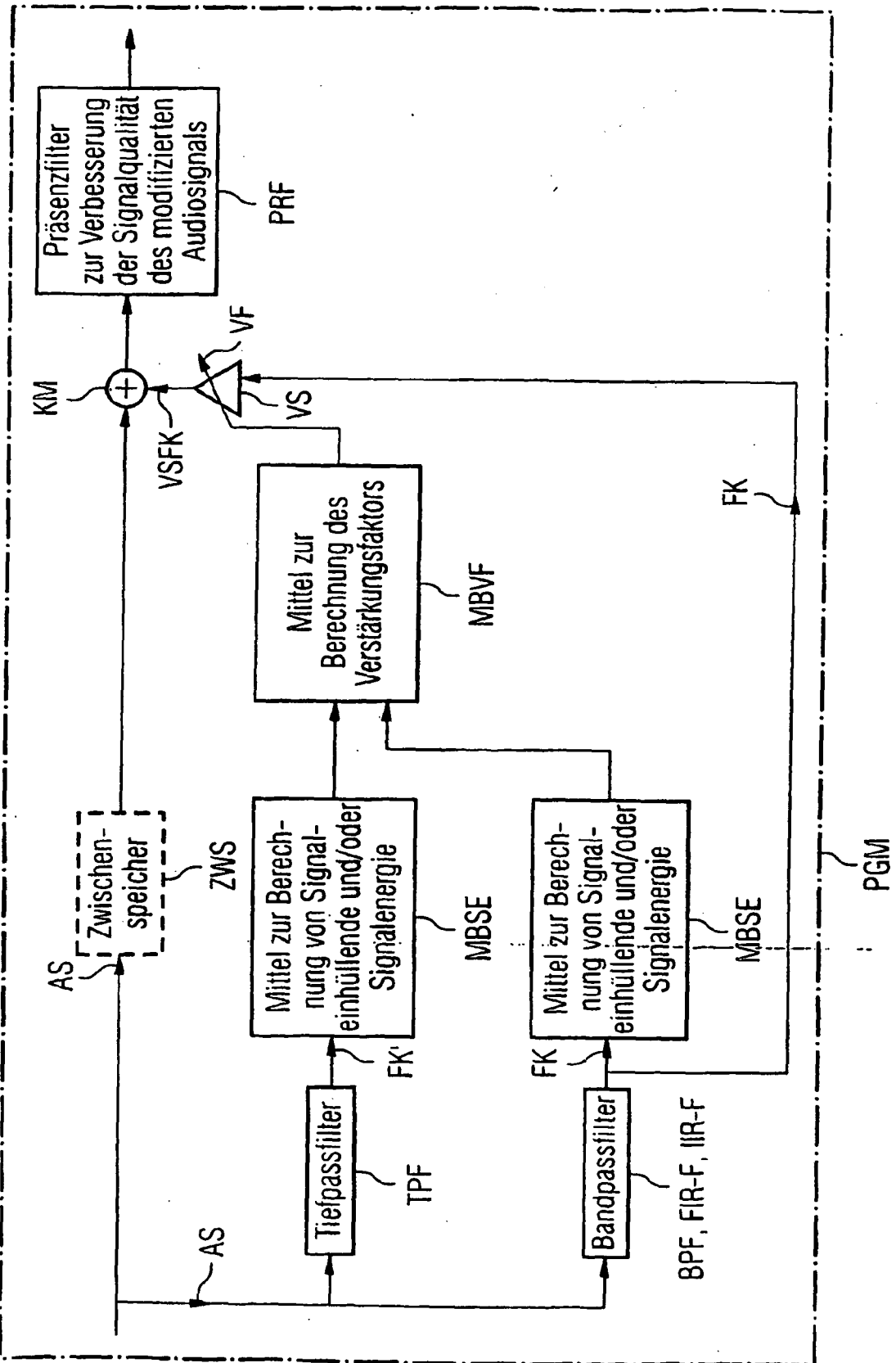
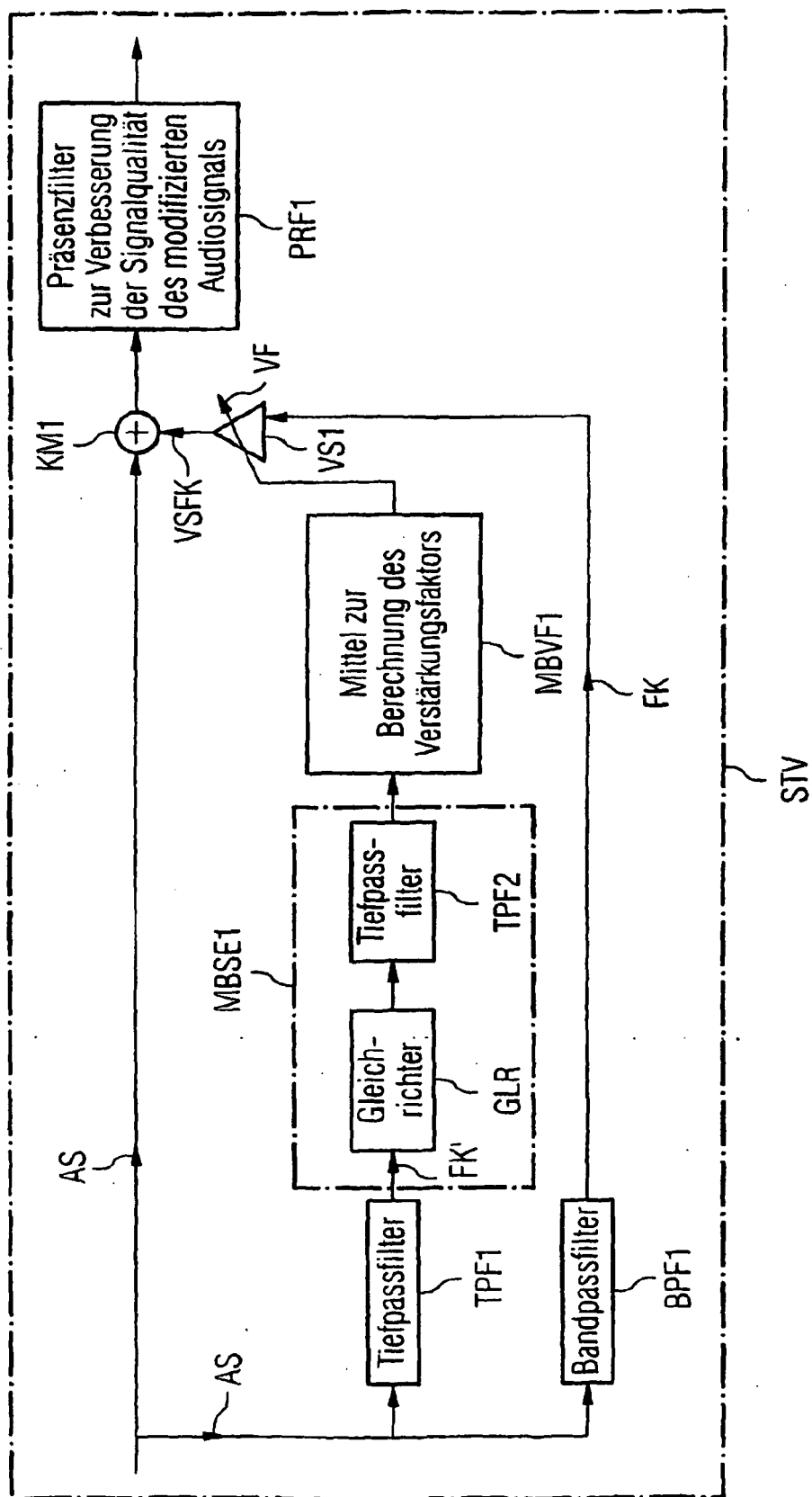


FIG 7



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 6111960 A [0007]
- US 5930373 A [0007]
- WO 0015003 A [0008]
- WO 0014998 A1 [0009]
- DE 19928420 A1 [0010]
- US 4182930 A [0011]