



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 09 161 T2** 2006.10.05

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 251 715 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 09 161.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 008 747.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **18.04.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **23.10.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **15.02.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **05.10.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H04R 25/00** (2006.01)
H03G 3/20 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
284459 P **18.04.2001** **US**

(73) Patentinhaber:
Gennum Corp., Burlington, Ontario, CA

(74) Vertreter:
Jones, Day und Kollegen, 80538 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(72) Erfinder:
**Armstrong, Wade, Stephen, Burlington, Ontario
L7P 3M7, CA**

(54) Bezeichnung: **Mehrkanal Hörgerät mit Übertragungsmöglichkeiten zwischen den Kanälen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNG

[0001] Die vorliegende Anmeldung beansprucht Priorität aus der folgenden früheren Anmeldung und ist mit dieser verwandt: "Inter-Channel Communication In a Multi-Channel Digital Hearing Instrument", provisorische US-Anmeldung Nr. 60/284,459, registriert am 18.4.2001 (veröffentlicht als US 2003/0012392 A1). Die vorliegende Anmeldung ist außerdem mit den folgenden eigenen gleichzeitig anhängigen Anmeldungen verwandt: "Digital Hearing Aid System", US-Patentanmeldung Nr. [Anmeldungsnummer noch nicht verfügbar], registriert am 12.4.2002 (siehe EP 1251714 A2); und "Digital Quasi-RMS Detector", US-Patentanmeldung Nr. [Anmeldungsnummer noch nicht verfügbar], registriert am 18.4.2002 (siehe EP 1251355 A2).

HINTERGRUND

1. Technisches Gebiet

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein digitale Hörinstrumente und insbesondere stellt die Erfindung ein erweitertes System und Verfahren zur Kommunikation zwischen Kanälen für mehrkanalige digitale Hörinstrumente bereit.

2. Allgemeiner Stand der Technik

[0003] Digitale Hörinstrumente sind in der vorliegenden Technik bekannt. Mehrkanalige digitale Hörinstrumente teilen das breitbandige Audioeingangssignal in mehrere schmalbandige Subbänder auf, die dann durch einen digitalen Onboard-Prozessor in dem Instrument digital verarbeitet werden. Bei mehrkanaligen Hörinstrumenten der ersten Generation wurde jeder Subbandkanal unabhängig von den anderen Kanälen verarbeitet. Bestimmte mehrkanalige Instrumente ermöglichten später eine Kopplung zwischen den Subbandprozessoren, um die mehrkanalige Verarbeitung zu verfeinern, um eine Maskierung von den höherfrequenten Kanälen in Richtung der niederfrequenten Kanäle zu berücksichtigen.

[0004] Ein niederfrequenter Ton kann manchmal die Fähigkeit des Benutzers, einen höherfrequenten Ton zu hören maskieren, und zwar insbesondere bei Personen mit Hörschwächen. Durch Kopplung von Informationen aus den höherfrequenten Kanälen in Richtung der niederfrequenten Kanäle können die niederfrequenten Kanäle effektiv bei Anwesenheit einer hochfrequenten Komponente in dem Signal leiser geschaltet werden und der hochfrequente Ton wird somit entmaskiert. Die Kopplung zwischen den Subbändern in diesen Instrumenten war jedoch von Subband zu Subband gleichförmig und ermöglichte keine angepaßte Kopplung zwischen zwei beliebigen der

mehreren Subbänder. Zusätzlich berücksichtigte die Kopplung in diesen mehrkanaligen Instrumenten nicht den Gesamthalt des Eingangssignals.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0005] **Fig. 1** ist ein Blockschaltbild eines beispielhaften digitalen Hörsystems gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0006] **Fig. 2** ist ein erweitertes Blockschaltbild der in **Fig. 1** gezeigten Kanalverarbeitungs-/Doppeldektorschaltkreise.

[0007] **Fig. 3** ist ein erweitertes Blockschaltbild einer der in **Fig. 2** gezeigten Mischer.

KURZE DARSTELLUNG

[0008] Die Erfindung wird durch die unabhängigen Ansprüche definiert. Die abhängigen Ansprüche betreffen bevorzugte Ausführungsbeispiele.

[0009] Ein mehrkanaliges digitales Hörinstrument umfaßt ein Mikrofon, einen Analog/Digital-(A/D-)Umsetzer, einen Klangprozessor, einen Digital/Analog-(D/A-)Umsetzer und einen Lautsprecher. Das Mikrofon empfängt ein akustisches Signal und erzeugt ein analoges Audiosignal. Der A/D-Umsetzer wandelt das analoge Audiosignal in ein digitales Audiosignal um. Der Klangprozessor enthält Kanalverarbeitungsschaltkreise, die das digitale Audiosignal zu einer Vielzahl frequenzbandbegrenzter Audiosignale filtern und die eine automatische Verstärkungsregelungsfunktion bereitstellen, durch die leisere Geräusche mit höherer Verstärkung als lautere Geräusche verstärkt werden können und die für den dynamischen Hörbereich eines bestimmten Benutzers des Hörinstruments konfiguriert werden können. Der D/A-Umsetzer wandelt das Ausgangssignal des Klangprozessors in ein analoges Audioausgangssignal um. Der Lautsprecher wandelt das analoge Audioausgangssignal in ein akustisches Ausgangssignal um, das in den Gehörgang des Benutzers des Hörinstruments gerichtet wird.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0010] Nunmehr mit Bezug auf die Zeichnungsfiguren ist **Fig. 1** ein Blockschaltbild eines beispielhaften digitalen Hörsystems **12**. Das digitale Hörsystem **12** enthält mehrere externe Komponenten **14**, **16**, **18**, **20**, **22**, **24**, **26**, **28** und vorzugsweise eine einzige integrierte Schaltung (IC) **12A**. Zu den externen Komponenten gehören zwei Mikrofone **24**, **26**, eine Teile-Spule **28**, ein Lautstärkeregelungs-Potentiometer **24**, ein Speicherauswahl-Umschalter **16**, Batterieschlüsse **18**, **22** und ein Lautsprecher **20**.

[0011] Schall wird von den beiden Mikrofonen **24**,

26 empfangen und in elektrische Signale umgewandelt, die an die Eingänge FMIC **12C** und RMIC **12D** des IC **12A** angekoppelt werden. FMIC bedeutet "vorderes Mikrofon" und RMIC bedeutet "hinteres Mikrofon". Die Mikrofone **24**, **26** werden zwischen einer von den Anschlüssen RREG und FREG **12B** ausgegebenen geregelten Spannung und den Masseknoten FGND **12F** und RGND **12G** vorgespannt. Das geregelte Spannungsausgangssignal auf FREG und RREG wird intern durch einen Regler **30** in dem IC **12A** erzeugt.

[0012] Die Tele-Spule **28** ist eine in einem Hörgerät verwendete Einrichtung, die magnetisch an einen Telefonhörer angekoppelt wird und einen zu dem Telefonsignal proportionalen Eingangsstrom erzeugt. Dieser Eingangsstrom aus der Tele-Spule **28** wird in den A/D-Umsetzer **32B** des hinteren Mikrofons auf dem IC **12A** eingekoppelt, wenn der Schalter **76** auf den Eingangsanschluß "T" **12E** geschaltet wird, wodurch angezeigt wird, daß der Benutzer des Hörgeräts auf einem Telefon spricht. Mit der Tele-Spule **28** wird eine akustische Rückkopplung in das System beim Sprechen am Telefon verhindert.

[0013] Das Lautstärkeregelungs-Potentiometer **14** ist an den Lautstärkesteuereingang **12N** des IC angekoppelt. Dieser variable Widerstand dient zum Einstellen der Lautstärkeempfindlichkeit des digitalen Hörgeräts.

[0014] Der Speicherauswahl-Umschalter **16** ist zwischen die positive Spannungsversorgung VB **18** und den Speicherauswahl-Eingangsanschluß **12L** geschaltet. Dieser Schalter **16** dient zum Umschalten des digitalen Hörsystems **12** zwischen einer Reihe von Einrichtkonfigurationen. Zum Beispiel kann die Einrichtung bereits im voraus für vielfältige Umgebungseinstellungen programmiert worden sein, wie zum Beispiel leises Zuhören, Anhören von Musik, eine Einstellung für starke Geräusche usw. Für jede dieser Einstellungen können die Systemparameter des IC **12A** optimal für den bestimmten Benutzer konfiguriert worden sein. Durch wiederholtes Drücken des Umschalters **16** kann der Benutzer zwischen den verschiedenen, in dem Nurlesespeicher **44** des IC **12A** gespeicherten Konfigurationen umschalten.

[0015] Die Batterieanschlüsse **12K**, **12H** des IC **12A** werden vorzugsweise an eine einzige 1,3-Volt-Zink-Luft-Batterie angekoppelt. Diese Batterie liefert die Hauptstromquelle für das digitale Hörsystem.

[0016] Die letzte externe Komponente ist der Lautsprecher **20**. Dieses Element ist an die Differenzgänge an den Anschlüssen **12J**, **12I** des IC **12A** angekoppelt und verwandelt die verarbeiteten digitalen Eingangssignale aus den beiden Mikrofonen **24**, **26**

in ein hörbares Signal für den Benutzer des digitalen Hörsystems **12**.

[0017] In dem IC **12A** befinden sich viele Schaltungsblöcke. Die primäre Klangverarbeitung in dem System wird durch einen Klangprozessor **38** und einen Richtungsprozessor und einen Headroom-Expandierer **50** ausgeführt. Zwei A/D-Umsetzer **32A**, **32B** sind zwischen das vordere und hintere Mikrofon **24**, **26** und den Richtungsprozessor und den Headroom-Expandierer **50** geschaltet und wandeln die analogen Eingangssignale zur digitalen Verarbeitung in die digitale Domäne um. Ein einziger D/A-Umsetzer **48** wandelt die verarbeiteten Digitalsignale zur Ausgabe durch den Lautsprecher **20** wieder in die analoge Domäne um. Zu anderen Systemelementen gehört ein Regler **30**, ein Lautstärkeregel-A/D **40**, eine Schnittstellen-/Systemsteuerung **42**, ein EEPROM-Speicher **44**, eine Einschalt-Rücksetzschaltung **46**, ein Oszillator/Systemtakt **36**, ein Summierer **71** und ein Interpolator und eine Spitzenbegrenzungsschaltung **70**.

[0018] Der Klangprozessor **38** enthält vorzugsweise ein Vorfilter **52**, einen breitbandigen Doppeldetektor **54**, ein Bandaufteilungsfilter **56**, mehrere schmalbandige Kanalverarbeitungs- und Doppeldetektoren **58A-58D**, einen Summierungsblock **60**, ein Nachfilter **62**, ein Kerbenfilter **64**, eine Lautstärkeregelungsschaltung **66**, eine Ausgangsschaltung **68** für automatische Verstärkungsregelung, eine Interpolator- und Spitzenbegrenzungsschaltung **70**, eine Squelch-Schaltung **72**, ein Summierungsblock **71** und ein Tongenerator **74**.

[0019] Wahlweise verarbeitet das digitale Hörsystem **12** digitale Klänge wie folgt. Durch das vordere und hintere Mikrofon **24**, **26** erfaßte analoge Audiosignale werden an den vorderen bzw. hinteren A/D-Umsetzer **32A**, **32B** angekoppelt, bei denen es sich vorzugsweise um Sigma-Delta-Modulatoren handelt, gefolgt durch Dezimierungsfilter, die die analogen Audioeingangssignale aus den beiden Mikrofonen in äquivalente digitale Audiosignale umwandeln. Man beachte, daß, wenn ein Benutzer des digitalen Hörsystems am Telefon spricht, der hintere A/D-Umsetzer **32B** über den Schalter **76** an den Tele-Spulen-eingang "T" **12E** angekoppelt wird. Sowohl der vordere als auch der hintere A/D-Umsetzer **32A**, **32B** werden mit dem Ausgangstaktsignal des Oszillators/Systemtakts **36** getaktet (der später ausführlicher besprochen wird). Dasselbe Ausgangstaktsignal wird außerdem an den Klangprozessor **38** und den D/A-Umsetzer **48** angekoppelt.

[0020] Das vordere und hintere digitale Klangsignal aus den beiden A/D-Umsetzern **32A**, **32B** wird an den Richtungsprozessor und Headroom-Expandierer **50** des Klangprozessors **38** angekoppelt. Der hintere A/D-Umsetzer **32B** wird durch den Schalter **75** an

den Prozessor **50** angekoppelt. In einer ersten Stellung koppelt der Schalter **75** die digitale Ausgabe des hinteren A/D-Umsetzers **32B** an den Prozessor **50** an, und in einer zweiten Stellung koppelt der Schalter **75** die digitale Ausgabe des hinteren A/D-Umsetzers **32B** zum Zwecke der Kompensation der Okklusion an den Summierungsblock **71** an.

[0021] Okklusion ist die Verstärkung der eigenen Stimme des Benutzers innerhalb des Gehörgangs. Das hintere Mikrofon kann in den Gehörgang geschoben werden, um dieses durch den Okklusionseffekt erzeugte unerwünschte Signal zu empfangen. Der Okklusionseffekt wird gewöhnlich vermindert, indem eine mechanische Luftöffnung in das Hörgerät eingesetzt wird. Diese Luftöffnung kann jedoch ein Oszillationsproblem verursachen, wenn das Lautsprecher-Signal durch die Luftöffnungsapertur zu dem Mikrofon bzw. den Mikrofonen zurückgekoppelt wird. Ein anderes Problem bei traditionellen Luftöffnungen ist ein verringerter Niederfrequenzgang (was zu verminderter Klangqualität führt). Eine weitere Begrenzung entsteht, wenn die direkte Kopplung von Umgebungsgeräuschen zu einer schlechten Richtungsleistungsfähigkeit führt, insbesondere in den niedrigen Frequenzen. Das in **Fig. 1** gezeigte System löst diese Probleme durch Aufheben des durch das hintere Mikrofon **26** empfangenen unerwünschten Signals durch Rückkoppeln des hinteren Signals aus dem A/D-Umsetzer **32B** in die Summierungs-schaltung **71**. Die Summierungs-schaltung **71** subtrahiert dann das unerwünschte Signal von dem verarbeiteten zusammengesetzten Signal, um dadurch den Okklusionseffekt zu kompensieren.

[0022] Der Richtungsprozessor und Headroom-Expandierer **50** enthält eine Kombination von Filterungs- und Verzögerungselementen, die, wenn sie auf die beiden digitalen Eingangssignale angewandt werden, ein einziges, richtungsabhängiges Ansprechverhalten bilden. Dieses richtungsabhängige Ansprechverhalten wird so erzeugt, daß die Verstärkung des Richtungsprozessors **50** für aus dem vorderen Mikrofon **24** kommende Klänge einen maximalen Wert und für aus dem hinteren Mikrofon **26** kommende Klänge einen minimalen Wert aufweist.

[0023] Der Headroom-Expandiererteil des Prozessors **50** erweitert den Dynamikumfang der A/D-Umsetzung signifikant, was für die Audiosignalverarbeitung mit hoher Wiedergabetreue sehr wichtig ist. Er erreicht dies durch dynamisches Einstellen der Arbeitspunkte der A/D-Umsetzer **32A/32B**. Der Headroom-Expandierer **50** stellt die Verstärkung vor und nach der A/D-Umsetzung so ein, daß die Gesamtverstärkung unverändert bleibt, aber der intrinsische Dynamikumfang des A/D-Umsetzerblocks **32A/32B** für den Pegel des verarbeiteten Signals optimiert wird.

[0024] Die Ausgabe des Richtungsprozessors und

Headroom-Expandierers **50** wird an das Vorfilter **52** in dem Klangprozessor angekoppelt, das ein Vielweckfilter zur Voraufbereitung des Klangsignals vor allen weiteren Signalverarbeitungsschritten ist. Diese "Voraufbereitung" kann viele Formen annehmen und mit einer entsprechenden Nachaufbereitung in dem Nachfilter **62** zur Erzeugung von Spezialeffekten verwendet werden, die nur für eine bestimmte Klasse von Benutzern geeignet sein können. Zum Beispiel könnte das Vorfilter **52** so konfiguriert werden, daß es die Übertragungsfunktion des Mittelohrs des Benutzers imitiert, wodurch das Klangsignal effektiv in die "Innenohrdomäne" verlegt wird. Der Klangprozessor **38** könnte Signalverarbeitungs-Algorithmen zum Korrigieren einer Hörschwäche zum Beispiel auf der Basis von Verlusten innerer Haarzellen und Verlusten äußerer Haarzellen anwenden. Danach könnte das Nachfilter **62** mit dem umgekehrten Frequenzgang des Vorfilters **52** konfiguriert werden, um das Klangsignal wieder aus der "Innenohrdomäne" in die "akustische Domäne" zu versetzen. Natürlich könnten auch andere Voraufbereitungs-/Nachaufbereitungskonfigurationen und entsprechende Signalverarbeitungs-Algorithmen verwendet werden.

[0025] Das voraufbereitete digitale Klangsignal wird dann an das Bandaufteilungsfilter **56** angekoppelt, das vorzugsweise eine Filterbank mit variablen Grenzfrequenzen und Durchlaßbandverstärkungen enthält. Diese Filter dienen zum Aufteilen des einzigen Eingangssignals in vier unterschiedliche Frequenzbänder. Die vier Ausgangssignale des Bandaufteilungsfilters **56** sind vorzugsweise gleichphasig, so daß, wenn sie in dem Summierungsblock **60** miteinander summiert werden, nach der Kanalverarbeitung Nullstellen oder Spitzen in dem zusammengesetzten Signal (aus dem Summierungsblock) minimiert werden.

[0026] Die Kanalverarbeitung der vier unterschiedlichen Frequenzbänder aus dem Bandaufteilungsfilter **56** wird durch mehrere Kanalverarbeitungs-/Doppeldetektorblöcke **58A–58D** erreicht. Obwohl in **Fig. 1** vier Blöcke gezeigt sind, sollte klar sein, daß mehr als vier (oder weniger als vier) Frequenzbänder in dem Bandaufteilungsfilter **56** erzeugt und somit mehr oder weniger als vier Kanalverarbeitungs-/Doppeldetektorblöcke **58** in dem System verwendet werden können.

[0027] Jeder der Kanalverarbeitungs-/Doppeldetektoren **58A–58D** stellt eine Funktion der automatischen Verstärkungsregelung ("AGC") bereit, die Komprimierung und Verstärkung auf dem verarbeiteten bestimmten Frequenzband (Kanal) ermöglicht. Die Komprimierung der Kanalsignale ermöglicht eine Verstärkung leiserer Klänge mit höherer Verstärkung als bei lauterer Klängen, für die die Verstärkung komprimiert wird. Auf diese Weise kann der Benutzer des Systems den vollen Umfang von Klängen hören, da

die Schaltungen **58A–58D** den vollen Umfang des normalen Hörens als Funktion des Gehörverlusts des individuellen Benutzers innerhalb des bestimmten Frequenzbands des Kanals in den verringerten Dynamikumfang des individuellen Benutzers komprimiert.

[0028] Die Kanalverarbeitungsblöcke **58A–58D** können so konfiguriert werden, daß sie während des Komprimierens der Eingangssignale ein Doppeldetektor-Mittelwertdetektionsverfahren verwenden. Dieses Doppeldetektorverfahren umfaßt Tracking-Module sowohl mit langsamem als auch schnellem Attack/Release, die ein schnelles Ansprechen auf Transienten (in dem schnellen Tracking-Modul) ermöglichen, während ein lästiges Pumpen des Eingangssignals (in dem langsamen Tracking-Modul), das nur eine schnelle Zeitkonstante produzieren würde, verhindert wird. Das Ausgangssignal des schnellen und des langsamen Tracking-Moduls wird verglichen und die Kompressionsparameter werden dann entsprechend eingestellt. Wenn zum Beispiel der Ausgangspegel des schnellen Tracking-Moduls den Ausgangspegel des langsamen Tracking-Moduls um einen bestimmten vorgewählten Pegel, wie zum Beispiel 6 dB, übersteigt, kann das Ausgangssignal des schnellen Tracking-Moduls vorübergehend als Eingangssignal für einen Verstärkungskalkulationsblock (siehe [Fig. 3](#)) gekoppelt werden. Das Kompressionsverhältnis, die Kanalverstärkung, die untere und obere Schwelle (Rückkehr zum Linearpunkt) und die schnelle und die langsame Zeitkonstante (des schnellen und des langsamen Tracking-Moduls) können für jeden der mehreren Kanalverarbeitungsblöcke **58A–58D** unabhängig programmiert und in dem Speicher **44** abgespeichert werden.

[0029] **Fig. 1** zeigt außerdem einen Kommunikationsbus **59**, der eine oder mehrere Verbindungen zur Kopplung der mehreren Kanalverarbeitungsblöcke **58A–58D** enthalten kann. Mit diesem Kommunikationsbus **59** zwischen Kanälen kann man Informationen zwischen den mehreren Kanalverarbeitungsblöcken **58A–58D** übermitteln, so daß jeder Kanal (jedes Frequenzband) den "Energie"-Pegel (oder ein bestimmtes anderes Maß) aus den anderen Kanalverarbeitungsblöcken berücksichtigen kann. Vorzugsweise würde jeder Kanalverarbeitungsblock **58A–58D** den "Energie"-Pegel aus den höherfrequenten Kanälen berücksichtigen. Zusätzlich kann jeder der relativ schmalbandigen Kanalverarbeitungsblöcke **58A–58D** bei der Verarbeitung seiner einzelnen Eingangssignale den "Energie"-Pegel aus dem Breitbanddetektor **54** verwenden.

[0030] Nachdem die Kanalverarbeitung abgeschlossen ist, werden die vier Kanalsignale durch den Summierungsblock **60** summiert, um ein zusammengesetztes Signal zu bilden. Dieses zusammengesetzte Signal wird dann an das Nachfilter **62** ange-

koppelt, das wie oben besprochen eine Nachverarbeitungsfilterfunktion anwenden kann. Nach der Nachverarbeitung wird das zusammengesetzte Signal dann an ein Kerbenfilter **64** angelegt, das ein schmales Frequenzband dämpft, das in dem Frequenzbereich einstellbar ist, in dem Hörgeräte zur Oszillation tendieren. Dieses Kerbenfilter **64** dient zum Verringern von Rückkopplungen und verhindert ein unerwünschtes "Pfeifen" des Geräts. Vorzugsweise kann das Kerbenfilter **64** eine dynamische Übertragungsfunktion enthalten, die auf der Basis des Betrags des Eingangssignals die Tiefe der Kerbe verändert.

[0031] Im Anschluß an das Kerbenfilter **64** wird das zusammengesetzte Signal an eine Lautstärkeregelung **66** angekoppelt. Die Lautstärkeregelung **66** empfängt einen digitalen Wert aus dem Lautstärkeregelungs-A/D **40**, der den über das Potentiometer **14** vom Benutzer eingestellten gewünschten Lautstärkepegel angibt, und stellt mit diesem gespeicherten digitalen Wert die Verstärkung einer vorgesehenen Verstärkerschaltung ein.

[0032] Aus der Lautstärkeregelung wird das zusammengesetzte Signal an den AGC-Ausgangsblock **68** angekoppelt. Die AGC-Ausgangsschaltung **68** ist ein Begrenzer mit hohem Kompressionsverhältnis und geringen Verzerrungen, mit dem verhindert wird, daß pathologische Signale große verzerrte Ausgangssignale aus dem Lautsprecher **20** verursachen, die für den Benutzer der Einrichtung schmerzhaft und lästig sein könnten. Das zusammengesetzte Signal wird aus der AGC-Ausgangsschaltung **68** an eine Squelch-Schaltung **72** angekoppelt, die an Signalen mit niedrigem Pegel unter einer einstellbaren Schwelle eine Expansion ausführt. Die Squelch-Schaltung **72** verwendet ein Ausgangssignal des Breitbanddetektors **54** für diesen Zweck. Die Expansion der Signale mit niedrigem Pegel dämpft Rauschen aus den Mikrofonen und anderen Schaltungen, wenn das Eingangs-S/N-Verhältnis klein ist, so daß in leiseren Situationen ein rauschärmeres Signal produziert wird. Außerdem ist ein an die Squelch-Schaltung **72** angekoppelter Tongeneratorblock **74** gezeigt, der zur Kalibration und Prüfung des Systems vorgesehen ist.

[0033] Das Ausgangssignal der Squelch-Schaltung **72** wird an einen Eingang des Summierungsblocks **71** angekoppelt. Das andere Eingangssignal des Summierungsblocks **71** kommt aus dem Ausgang des hinteren A/D-Umsetzers **32B**, wenn sich der Schalter **75** in der zweiten Stellung befindet. Diese beiden Signale werden in dem Summierungsblock **71** summiert und zu der Interpolator- und Spitzenbegrenzungsschaltung **70** weitergeleitet. Diese Schaltung **70** operiert auch an pathologischen Signalen, operiert aber fast augenblicklich für Signal mit großen Spitzen und ist stark störungsbegrenzend. Der Inter-

polator verschiebt das Signal frequenzmäßig aufwärts als Teil des D/A-Prozesses, und das Signal wird dann abgeschnitten, so daß die Verzerrungsprodukte nicht über den Alias-Effekt auf den Basisband-Frequenzbereich zurückwirken.

[0034] Das Ausgangssignal der Interpolator- und Spitzenbegrenzungsschaltung **70** wird aus dem Klangprozessor **38** an die D/A-H-Brücke **48** angekoppelt. Diese Schaltung **48** verwandelt die digitale Repräsentation der Eingangsklangsignale in eine impulsdichte modulierte Repräsentation mit komplementären Ausgangssignalen. Diese Ausgangssignale werden durch die Ausgänge **12J**, **12I** außerhalb des Chips an den Lautsprecher **20** angekoppelt, der die Ausgangssignale tiefpaßfiltert und ein akustisches Analogon der Ausgangssignale produziert. Die D/A-H-Brücke **48** enthält einen Interpolator, einen digitalen Delta-Sigma-Modulator und eine H-Brücken-Ausgangsstufe. Die D/A-H-Brücke **48** ist außerdem an das Taktsignal aus dem Oszillator/Systemtakt **36** (nachfolgend beschrieben) angekoppelt und empfängt diesen.

[0035] Die Schnittstellen-/Systemsteuerung **42** ist zwischen den seriellen Datenschnittstellenanschluß **12M** an den IC **12** und den Klangprozessor **38** geschaltet. Diese Schnittstelle dient zur Kommunikation mit einer externen Steuerung zum Zwecke des Einstellens der Parameter des Systems. Diese Parameter können auf dem Chip in dem EEPROM **44** gespeichert werden. Wenn es zu einem Zustand des "Black-Out" oder "Brown-Out" kommt, kann mit der Einschalt-Rücksetzschaltung **46** der Schnittstellen-Systemsteuerung **42** signalisiert werden, das System zu einem bekannten Zustand zu konfigurieren. Solche Bedingungen können zum Beispiel eintreten, wenn die Batterie ausfällt.

[0036] [Fig. 2](#) ist ein erweitertes Blockschaltbild der Kanalverarbeitungs-/Doppeldetektorschaltkreise **58A–58D** von [Fig. 1](#). Diese Figur zeigt außerdem den Breitband-Doppeldetektor **54**, das Bandaufteilungsfiler **56**, das bei dieser Ausführungsform so konfiguriert ist, daß es vier Kanäle mit schmaler Bandbreite (Kn. 1 bis Kn. 4) bereitstellt, und den Summierungsblock **60**. Bei dieser Figur wird angenommen, daß Kn. 1 der Kanal mit der niedrigsten Frequenz und Kn. 4 der Kanal mit der höchsten Frequenz ist. Bei dieser Schaltung werden wie später ausführlicher beschrieben werden wird Pegelinformationen aus den höherfrequenten Kanälen nach unten den niederfrequenten Kanälen zugeführt, um den Maskierungseffekt zu kompensieren.

[0037] Jeder der Kanalverarbeitungs-/Doppeldetektorblöcke **58A–58D** enthält einen Kanalpegeldetektor **100**, der vorzugsweise wie zuvor beschrieben ein Doppeldetektor ist, eine Mischerschaltung **102**, die später ausführlicher mit Bezug auf [Fig. 3](#) beschrie-

ben werden wird, einen Verstärkungskalkulationsblock **104** und einen Multiplizierer **106**.

[0038] Jeder Kanal (Kn. 1–Kn. 4) wird durch einen Kanalprozessor/Doppeldetektor (**58A–58D**) verarbeitet, obwohl Informationen aus dem Breitbanddetektor **54** und abhängig von dem Kanal aus einem höherfrequenten Kanal zur Bestimmung der korrekten Verstärkungseinstellung für jeden Kanal verwendet werden. Der Kanal mit der höchsten Frequenz (Kn. 4) wird vorzugsweise ohne Informationen aus anderen schmalbandigen Kanälen verarbeitet, obwohl dies bei bestimmten Implementierungen der Fall sein könnte.

[0039] Man betrachte zum Beispiel den Kanal Kn. 1 mit der niedrigsten Frequenz. Das Ausgangssignal von Kn. 1 aus der Filterbank **56** wird an den Kanalpegeldetektor **100** und außerdem an den Multiplizierer **106** angekoppelt. Der Kanalpegeldetektor **100** gibt einen positiven Wert aus, der den RMS-Energiepegel des Audiosignals auf dem Kanal repräsentiert. Dieser RMS-Energiepegel wird an einen Eingang des Mischers **102** angekoppelt. Der Mischer **102** erhält außerdem RMS-Energiepegel Eingangssignale von einem höherfrequenten Kanal (in diesem Fall von Kn. 2) und von dem Breitbanddetektor **54**. Der Breitbanddetektor **54** liefert einen RMS-Energiepegel für das gesamte Audiosignal, im Gegensatz zu dem Pegel für Kn. 2, der den RMS-Energiepegel für die mit diesem Kanal assoziierte Subbandbreite repräsentiert.

[0040] Wie später ausführlicher mit Bezug auf [Fig. 3](#) beschrieben werden wird, multipliziert der Mischer **102** jedes dieser drei RMS-Energiepegel Eingangssignale mit einer programmierbaren Konstante und kombiniert diese multiplizierten Werte dann zu einem zusammengesetzten Pegelsignal, das Informationen aus den folgenden Quellen enthält: (1) dem verarbeiteten Kanal; (2) einem höherfrequenten Kanal; und (3) dem Breitband-Pegeldetektor. Obwohl [Fig. 2](#) jeden Mischer an einen höherfrequenten Kanal angekoppelt zeigt, ist es möglich, daß der Mischer an mehrere höherfrequente oder niederfrequenter Kanäle angekoppelt wird, um ein komplizierteres Antimaskierungsschema bereitzustellen.

[0041] Das zusammengesetzte Pegelsignal aus dem Mischer wird dem Verstärkungskalkulationsblock **104** zugeführt. Der Zweck des Verstärkungskalkulationsblocks **104** ist die Berechnung des Pegels einer Verstärkung (oder Lautstärke) für den verarbeiteten Kanal. Dieser Verstärkungspegel wird an den Multiplizierer **106** angekoppelt, der wie der Lautstärkeknopf an einer Stereoanlage arbeitet, um die Amplitude des aus der Filterbank **56** ausgegebenen Kanalsignals entweder herauf- und herabzusetzen. Die Ausgangssignale der vier Kanalmultiplizierer **106** werden dann durch den Summierungsblock **60** addiert, um ein zusammengesetztes Audioausgangs-

gnal zu bilden.

[0042] Vorzugsweise wendet der Verstärkungskalkulationsblock **104** auf das Ausgangssignal des Mischers **102** einen Algorithmus an, der das Mischerausgangssignal über einem bestimmten Schwellenpegel komprimiert. In dem Verstärkungskalkulationsblock **104** wird der Schwellenpegel von dem Mischerausgangssignal subtrahiert, um einen Rest zu bilden. Der Rest wird dann mit einer Log-/Anti-Log-Operation und einem Komprimierungsmultiplizierer komprimiert. Dieser komprimierte Rest wird dann wieder zu dem Schwellenpegel zurückaddiert, um die Ausgabe des Verstärkungsverarbeitungsblocks **104** zu bilden.

[0043] [Fig. 3](#) ist ein erweitertes Blockschaltbild eines der in [Fig. 2](#) gezeigten Mischer **102**. Der Mischer **102** enthält drei Multiplizierer **110**, **112**, **114** und einen Summierungsblock **116**. Der Mischer **102** empfängt drei Eingangssignal von dem Breitbanddetektor **54**, den Oberkanalpegel und den von dem bestimmten Mischer **102** verarbeiteten Kanal. Es werden drei unabhängig programmierbare Koeffizienten C1, C2 und C3 durch die drei Multiplizierer **110**, **112** und **114** auf die drei Eingangssignal angewandt. Die Ausgaben dieser Multiplizierer werden dann durch den Summierungsblock **116** addiert, um ein zusammengesetztes Ausgangssignalsignal zu bilden. Dieses zusammengesetzte Ausgangssignalsignal enthält Informationen aus dem verarbeiteten Kanal, dem Oberpegelkanal und aus dem Breitbanddetektor **54**. Somit wird das zusammengesetzte Ausgangssignal durch die folgende Gleichung gegeben: zusammengesetzter Pegel = (Breitbandpegel·C3 + oberer Pegel·C2 + Kanalpegel·C1).

[0044] Die hier beschriebene Technologie kann gegenüber bekannten mehrkanaligen digitalen Hörinstrumenten mehrere Vorteile liefern. Erstens berücksichtigt die Verarbeitung zwischen Kanälen Informationen aus einem Breitbanddetektor. Mit diesen Gesamt-Lautheitsinformationen kann man den Maskierungseffekt besser kompensieren. Zweitens enthält jeder der Kanalmischer unabhängig programmierbare Koeffizienten zur Anwendung auf die Kanalpegel. Dadurch erhält man größere Flexibilität bei der Anpassung des digitalen Hörinstruments an den bestimmten Benutzer und bei der Entwicklung einer angepassten Kanalkoppelstrategie. Zum Beispiel ermöglicht die Erfindung mit einer Vierkanaleinrichtung wie der in [Fig. 1](#) gezeigten 4.194.304 verschiedene Einstellungen unter Verwendung dreier programmierbarer Koeffizienten auf jedem der vier Kanäle.

[0045] Diese geschriebene Beschreibung verwendet Beispiele zur Offenlegung der Erfindung, einschließlich der besten Form, und auch um es Fachleuten zu ermöglichen, die Erfindung herzustellen und zu verwenden. Der patentierbare Schutzbereich der Erfindung wird durch die Ansprüche definiert und

kann weitere Beispiele umfassen, die Fachleuten einfallen können.

Patentansprüche

1. Mehrkanaliges digitales Hörinstrument, umfassend:
 ein Mikrofon (**24**), das ein akustisches Signal empfängt und ein analoges Audiosignal erzeugt;
 einen an das Mikrofon (**24**) angekoppelten Analog/Digital-(A/D-)Umsetzer (**32A**), der das analoge Audiosignal in ein digitales Audiosignal umsetzt;
 einen an den A/D-Umsetzer (**32A**) angekoppelten Breitband-Pegeldetektor (**54**), der den Energiepegel des digitalen Audiosignals bestimmt und ein Breitband-Energiepegelausgangssignal erzeugt;
 ein an den A/D-Umsetzer (**32A**) angekoppeltes Bandaufteilungsfilter (**56**), das das digitale Audiosignal zu einer Vielzahl frequenzbandbegrenzter Audiosignale filtert;
 eine an das Bandaufteilungsfilter (**56**) angekoppelte Vielzahl von Kanalpegeldetektoren (**100**), wobei jeder Kanalpegeldetektor (**100**) den Energiepegel eines der frequenzbandbegrenzten Audiosignale bestimmt und ein Kanalenergiepegelausgangssignal erzeugt;
 eine Vielzahl von Mischern (**102**), wobei jeder Mischer (**102**) an mindestens ein Kanalenergiepegelausgangssignal und an das Breitband-Energiepegelausgangssignal angekoppelt ist, wobei jeder Mischer (**102**) das Kanalenergiepegelausgangssignal und das Breitband-Energiepegelausgangssignal mit vorgewählten Koeffizienten multipliziert, um multiplizierte Signale zu erzeugen, und die multiplizierten Signale summiert, um ein zusammengesetztes Ausgangssignalsignal zu erzeugen, wobei die vorgewählten Koeffizienten so gewählt werden, dass der Hörverlust eines bestimmten Benutzers eines digitalen Hörgeräts kompensiert wird;
 eine Vielzahl von Verstärkungsberechnungsschaltungen (**104**), wobei jede Verstärkungsberechnungsschaltung (**104**) an einen der Mischer (**102**) angekoppelt ist, wobei jede Verstärkungsberechnungsschaltung (**104**) das zusammengesetzte Ausgangssignalsignal über einer vorgewählten Schwelle komprimiert, um ein komprimiertes zusammengesetztes Signal zu erzeugen;
 eine an die Vielzahl von Verstärkungsberechnungsschaltungen (**104**) angekoppelte Summierschaltung (**60**), die die komprimierten zusammengesetzten Signale summiert, um ein digitales Audioausgangssignal zu erzeugen;
 einen an die Summierschaltung (**60**) angekoppelten Digital/Analog-(D/A-)Umsetzer (**48**), der das digitale Audioausgangssignal in ein analoges Audioausgangssignal umsetzt; und
 einen an den D/A-Umsetzer (**48**) angekoppelten Lautsprecher (**20**), der das analoge Audioausgangssignal in ein akustisches Ausgangssignal umsetzt.

2. Mehrkanaliges digitales Hörinstrument nach Anspruch 1, ferner umfassend:

ein hinteres Mikrofon (26), das ein zweites akustisches Signal empfängt und ein zweites analoges Audiosignal erzeugt;
einen an das hintere Mikrofon (26) angekoppelten zweiten Analog/Digital-(A/D-)Umsetzer (32B), der das zweite analoge Audiosignal in ein zweites digitales Audiosignal umsetzt; und
einen Richtungsprozessor (50), der das digitale Audiosignal und das zweite digitale Audiosignal verarbeitet, um ein richtungsempfindliches Audiosignal zu erzeugen.

3. Hörinstrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend:
ein Vorfilter (52), das so betreibbar ist, dass es eine Übertragungsfunktion auf das digitale Audiosignal anwendet, um das digitale Audiosignal aus der akustischen Domäne in die Innenohrdomäne umzusetzen.

4. Hörinstrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend:
ein Nachfilter (62), das so betreibbar ist, dass es eine Übertragungsfunktion auf das digitale Audiosignal anwendet, um das digitale Audiosignal aus der Innenohrdomäne in die akustische Domäne umzusetzen.

5. Hörinstrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend:
ein Sperrfilter (64), das betreibbar ist, um ein schmales Frequenzband in dem digitalen Audioausgangssignal zu dämpfen.

6. Hörinstrument nach Anspruch 5, wobei das schmale Frequenzband einstellbar ist.

7. Hörinstrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend:
eine Lautstärkeregeleinheit (66), die betreibbar ist, um einen digitalen Wert von einem Lautstärkeregel-A/D zu empfangen, der einen vom Benutzer eingestellten Lautstärkepegel angibt;
wobei die Lautstärkeregeleinheit (66) betreibbar ist, um diesen gespeicherten digitalen Wert zum Einstellen der Verstärkung einer enthaltenen Verstärkerschaltung zu benutzen.

8. Hörinstrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend:
eine Ausgangsschaltung (68) mit automatischer Verstärkungsregelung (AGC), die betreibbar ist, um durch Herausfiltern pathologischer Signale aus dem digitalen Audioausgangssignal Verzerrungen zu verringern.

9. Hörinstrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend:

eine Squelch-Schaltung (72), die betreibbar ist, um an Signalen mit niedrigem Pegel unter einer einstellbaren Schwelle eine Expandierung durchzuführen.

10. Hörinstrument nach Anspruch 9, wobei die Squelch-Schaltung (72) betreibbar ist, ein Ausgangssignal des Breitbanddetektors zu benutzen.

11. Verfahren zum Verarbeiten eines akustischen Signals in einem mehrbandigen digitalen Hörinstrument, mit den folgenden Schritten:

Empfangen eines akustischen Signals von einem Mikrofon (24) und Erzeugen eines analogen Audiosignals;

Umsetzen des analogen Audiosignals in ein digitales Audiosignal durch einen an das Mikrofon (24) angekoppelten Analog/Digital-(A/D-)Umsetzer (32A);

Bestimmen des Energiepegels des digitalen Audiosignals und Erzeugen eines Breitband-Energiepegel-
ausgangssignals durch einen an den A/D-Umsetzer (32A) angekoppelten Breitband-Pegeldetektor (54);

Filtern des digitalen Audiosignals zu einer Vielzahl frequenzbandbegrenzter Audiosignale durch ein an den A/D-Umsetzer (32A) angekoppeltes Bandaufteilungsfilter (56);

Bestimmen des Energiepegels eines der frequenzbandbegrenzten Audiosignale und Erzeugen eines Kanalenergiepegel-
ausgangssignals für jedes der frequenzbandbegrenzten Audiosignale durch eine an das Bandaufteilungsfilter (56) angekoppelte Vielzahl von Kanalpegeldetektoren (100);

Multiplizieren des Kanalenergiepegel-
ausgangssignals und des Breitband-Energiepegel-
ausgangssignals mit vorgewählten Koeffizienten, um multiplizierte Signale zu erzeugen, und Summieren der multiplizierten Signale, um ein zusammengesetztes Ausgangspegelsignal zu erzeugen, durch eine Vielzahl von Mischern (102), wobei jeder Mischer (102) an mindestens ein Kanalenergiepegel-
ausgangssignal und an das Breitband-Energiepegel-
ausgangssignal angekoppelt ist, wobei die vorgewählten Koeffizienten so gewählt werden, dass der Hörverlust eines bestimmten Benutzers eines digitalen Hörgeräts kompensiert wird;

Komprimieren des zusammengesetzten Ausgangs-
pegelsignals über einer vorgewählten Schwelle, um ein komprimiertes zusammengesetztes Signal zu erzeugen, durch eine Vielzahl von Verstärkungs-
berechnungsschaltungen (104), wobei jede Verstärkungs-
berechnungsschaltung (104) an einen der Mischer (102) angekoppelt ist;

Summieren der komprimierten zusammengesetzten Signale, um ein digitales Audioausgangssignal zu erzeugen, durch eine an die Vielzahl von Verstärkungs-
berechnungsschaltungen (104) angekoppelte Summierschaltung (60);

Umsetzen des digitalen Audioausgangssignals in ein analoges Audioausgangssignal durch einen an die Summierschaltung (60) angekoppelten Digital/Analog-(D/A-)Umsetzer (48); und

Umsetzen des analogen Audioausgangssignals in ein akustisches Ausgangssignal durch einen an den D/A-Umsetzer **(48)** angekoppelten Lautsprecher **(20)**.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

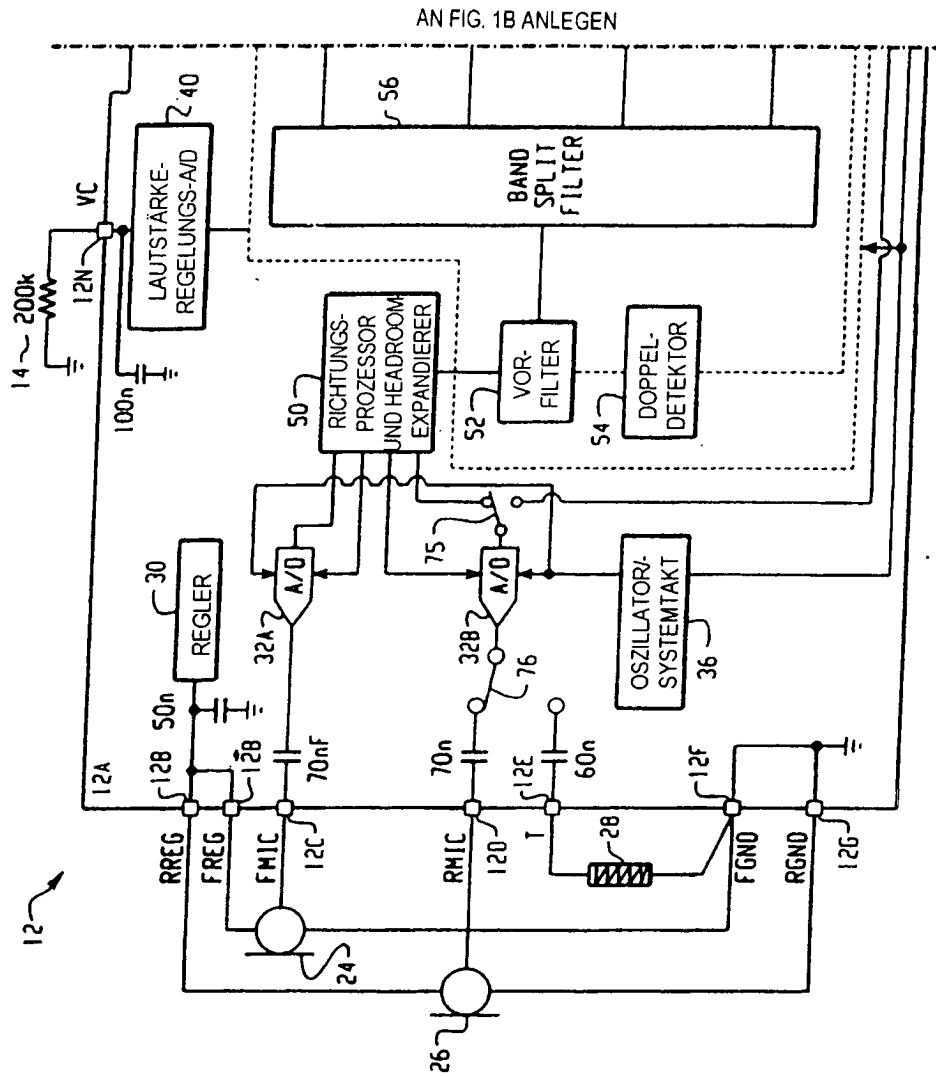


Fig. 1A

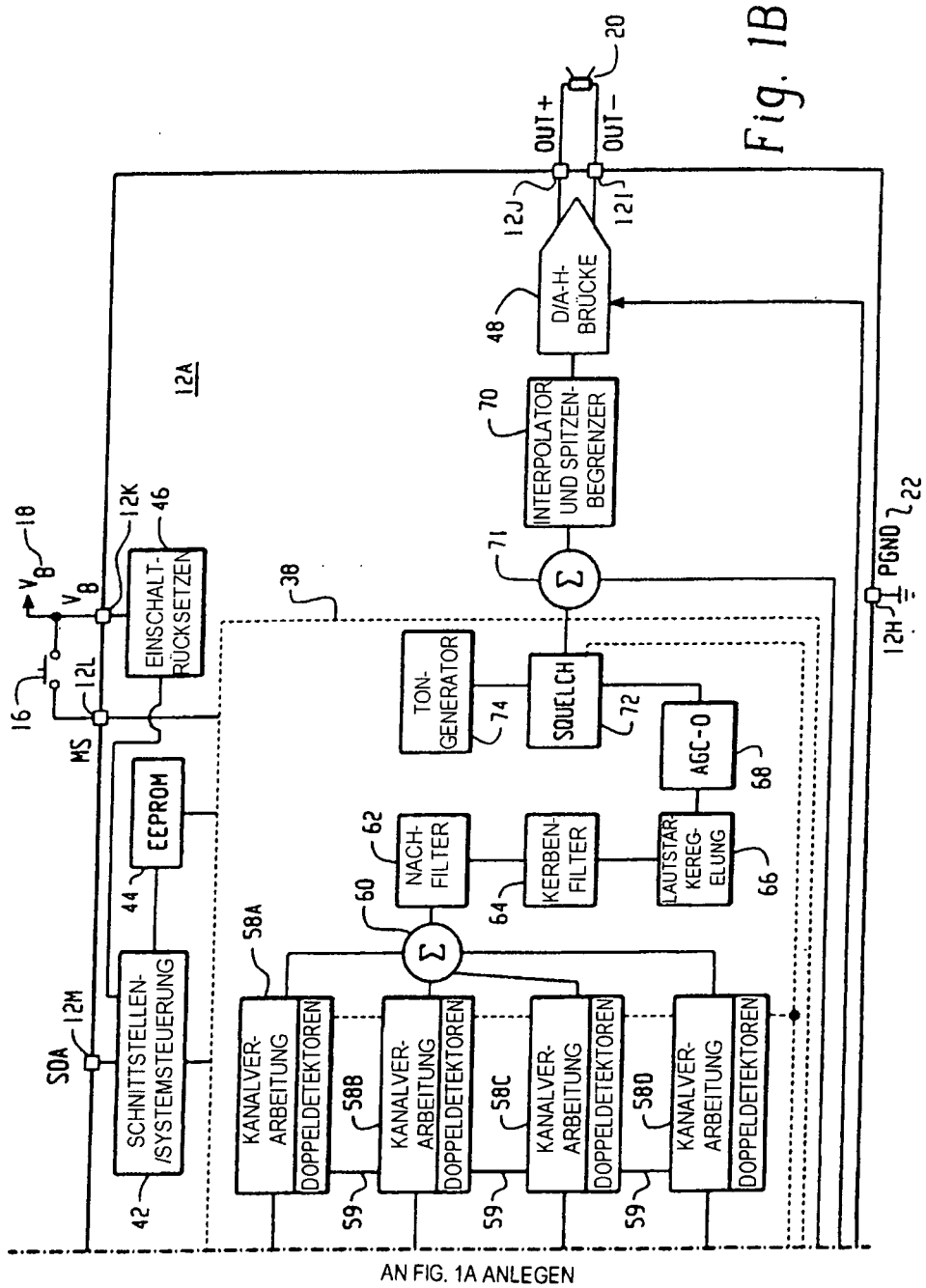


Fig. 1B

AN FIG. 1A ANLEGEN

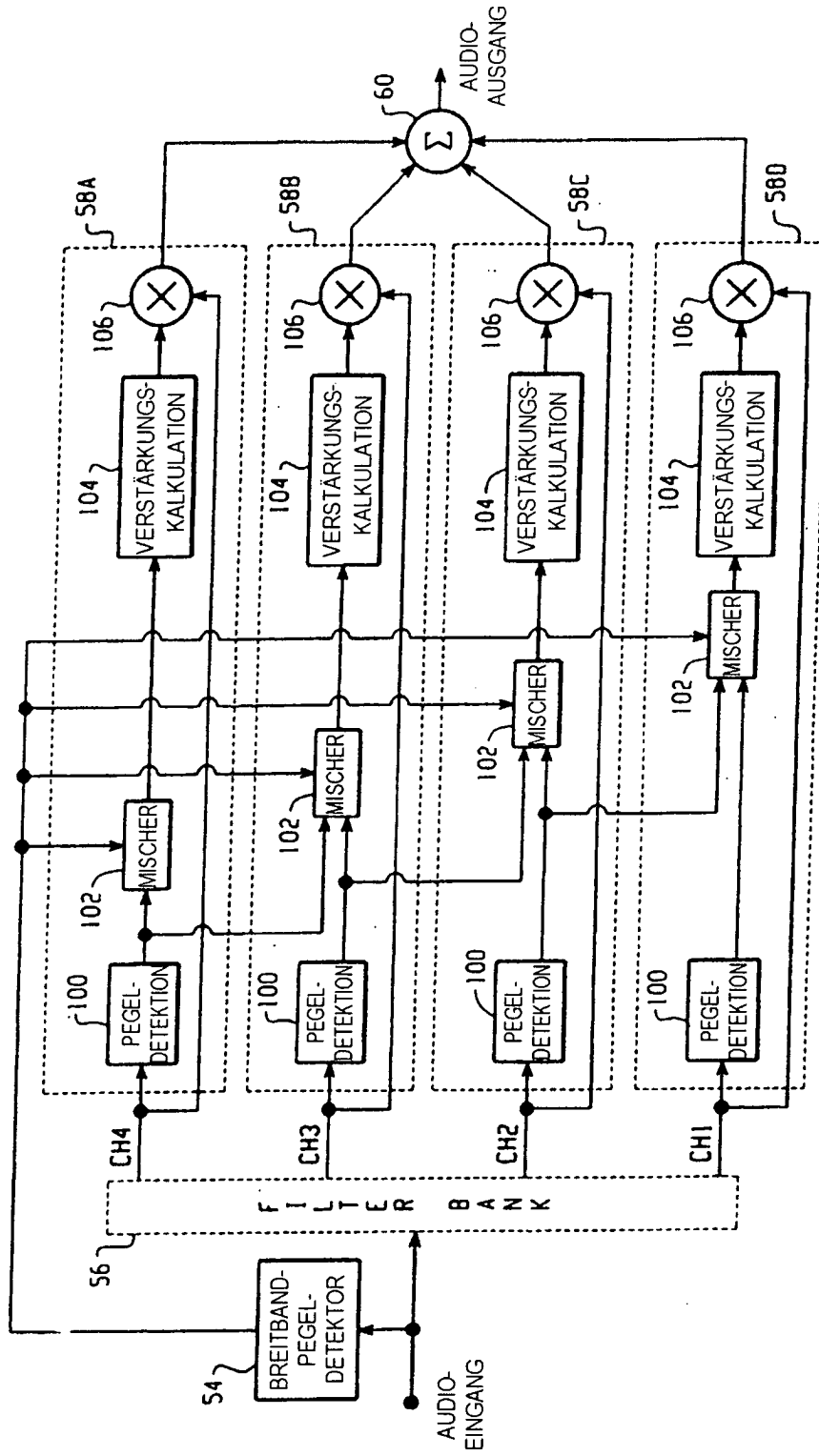


Fig. 2

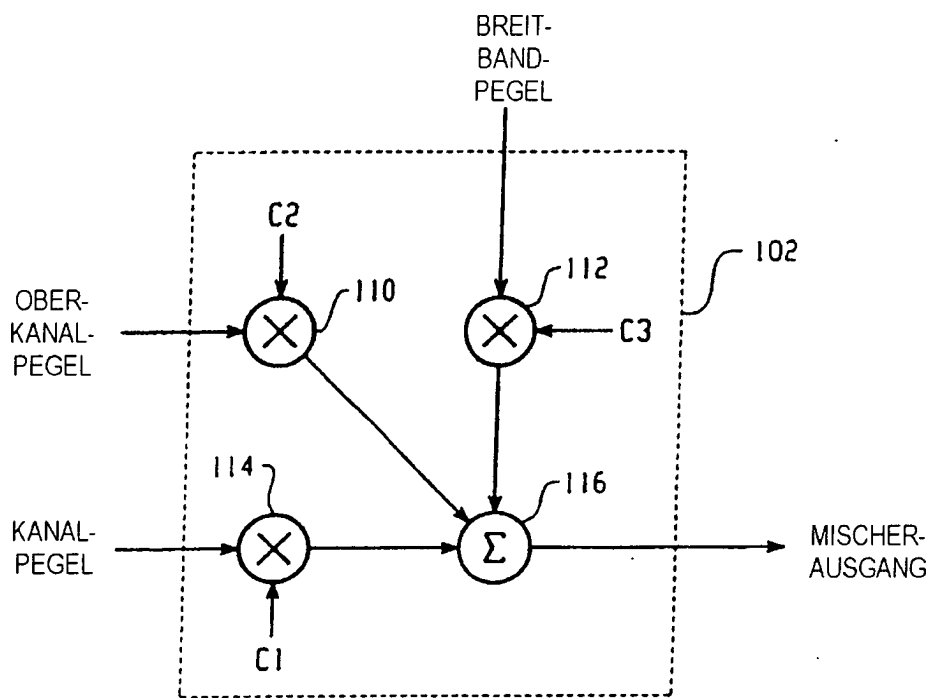


Fig. 3