(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 628 504 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
22.02.2006 Patentblatt 2006/08

(51) Int Cl.:
H04R 25/00 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **05106949.0**

(22) Anmeldetag: **28.07.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **30.07.2004 DE 102004037071**

(71) Anmelder: **Siemens Audiologische Technik GmbH**
91058 Erlangen (DE)

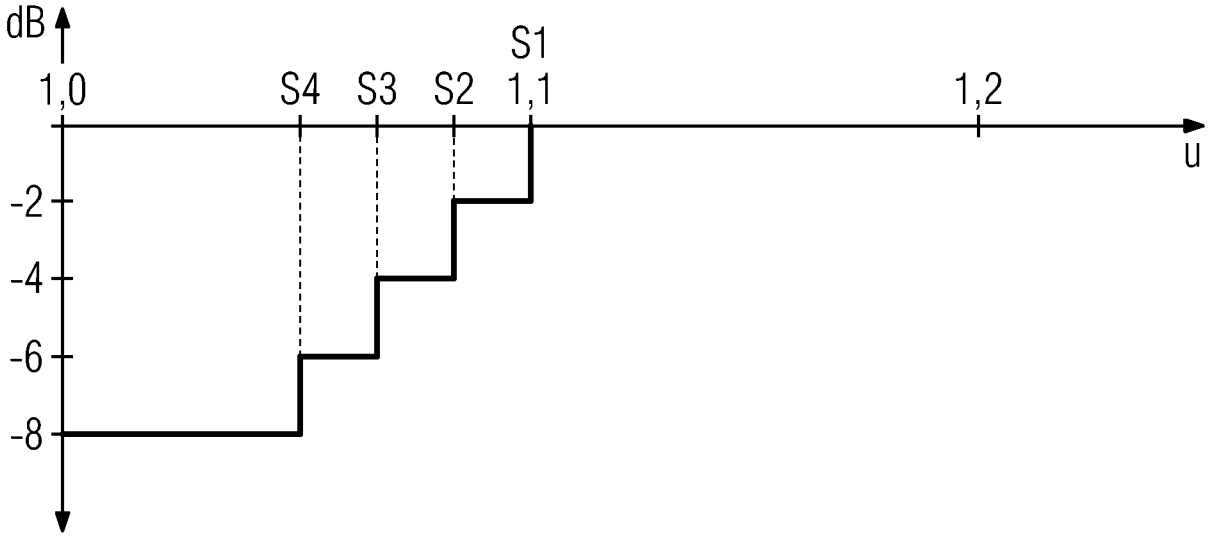
(72) Erfinder: **Kasztelan, Thomas**
597594 Singapore (SG)

(74) Vertreter: **Berg, Peter et al**
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) Stromsparbetrieb bei Hörhilfegeräten

(57) Hörhilfegeräteträger können in Situationen geraten, in denen ein notwendiger Austausch bzw. ein notwendiges Nachladen einer entladenen Spannungsquelle (4, 15) nicht sofort möglich ist. Durch das Absenken tieffrequenter Signalanteile in dem akustischen Ausgangssignal kann in einer derartigen Situation für eine gewisse Zeit eine Art Notbetrieb aufrechterhalten werden. Der überwiegende Teil wichtiger akustischer Informationen bleiben dadurch für den Hörgeräteträger weiterhin verständlich.

FIG 2



EP 1 628 504 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Hörhilfegerätes sowie ein Hörhilfegerät mit einem Eingangswandler, einer Signalverarbeitungseinheit, einem Ausgangswandler, einer Spannungsquelle sowie mit Mitteln zur Überprüfung des Ladezustandes der Spannungsquelle.

[0002] Hörhilfegeräte werden in der Regel mit einer Spannungsquelle in Form einer Batterie oder eines Akkus betrieben. Diese sind zumeist schon nach wenigen Betriebstagen entleert und müssen ausgetauscht oder nachgeladen werden. Für den Hörgeräteträger ist es daher wünschenswert, dass er rechtzeitig über eine zur Neige gehende Spannungsquelle informiert wird. So ist z.B. aus der US 6,320,969 ein Hörgerät bekannt, welches den Ladezustand der Spannungsquelle überwacht und den Benutzer durch Abgabe eines akustischen Signals vor einer zur Neige gehenden Spannungsquelle warnt.

[0003] Trotz der Vorwarnung geraten Hörgeräteträger immer wieder in Situationen, in denen - trotz Vorwarnung - ein Austausch einer leeren Batterie bzw. das Nachladen eines Akkumulators nicht mehr rechtzeitig möglich ist. Es ist daher wünschenswert, bei einer zur Neige gehenden Spannungsquelle eine Art "Notbetrieb" mit eingeschränkter Funktionalität des Hörhilfegerätes über einen längeren Zeitraum zu ermöglichen.

[0004] Aus der DE 199 41 859 C2 ist ein Hörhilfegerät bekannt, das Mittel zur Überprüfung des Zustands der Spannungsquelle umfasst. Nähert sich die darin gespeicherte Energie ihrem Ende, so wird durch diese Mittel die Taktfrequenz reduziert und die Signalverarbeitung in einen eingeschränkten Betriebsmodus überführt. Damit ist für begrenzte Zeit noch ein eingeschränkter Betrieb des Hörhilfegerätes mit der eingesetzten Spannungsquelle möglich.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine in einfacher Weise durchführbare, alternative Lösung für das genannte Problem zu schaffen.

[0006] Die Aufgabe wird bei einem Hörhilfegerät mit einem Eingangswandler, einer Signalverarbeitungseinheit, einem Ausgangswandler, einer Spannungsquelle sowie mit Mitteln zur Überprüfung des Ladezustandes der Spannungsquelle dadurch gelöst, dass das Hörhilfegerät Mittel zum Absenken der tieffrequenten Signalanteile in dem akustischen Ausgangssignal in Abhängigkeit der Restladung der Spannungsquelle umfasst.

[0007] Ferner wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Betrieb eines Hörhilfegerätes mit einem Eingangswandler, einer Signalverarbeitungseinheit, einem Ausgangswandler, einer Spannungsquelle sowie mit Mitteln zur Überprüfung des Ladezustandes der Spannungsquelle mit folgenden Schritten:

- Detektieren des Ladezustandes der Spannungsquelle,
- Absenken der tieffrequenten Signalanteile in dem akustischen Ausgangssignal in Abhängigkeit des Ladezustandes.

[0008] Bei einem Hörhilfegerät wird mittels eines Eingangswandlers ein Eingangssignal aufgenommen und in ein elektrisches Eingangssignal überführt. Üblicherweise dient als Eingangswandler wenigstens ein Mikrofon, welches ein akustisches Eingangssignal aufnimmt. Moderne Hörhilfegeräte umfassen häufig ein Mikrofonsystem mit mehreren Mikrofonen, um einen von der Einfallsrichtung akustischer Signale abhängigen Empfang, eine Richtcharakteristik, zu erreichen. Die Eingangswandler können jedoch auch eine Telefonspule oder eine Antenne umfassen zur Aufnahme elektromagnetischer Eingangssignale. Beispielsweise kann ein Hörhilfegerät mit einem so genannten "MLX-Modul" in Form eines Audio-Schuhs verbunden sein zum drahtlosen Empfang eines von einem externen Gerät gesendeten Signals. Die durch den Eingangswandler in elektrische Eingangssignale gewandelten Eingangssignale werden zur Weiterverarbeitung und Verstärkung einer Signalverarbeitungseinheit zugeführt. Die Weiterverarbeitung und Verstärkung erfolgt zum Ausgleich des individuellen Hörverlustes eines Hörhilfegeräteträgers in der Regel in Abhängigkeit der Signalfrequenz. Die Signalverarbeitungseinheit gibt ein elektrisches Ausgangssignal ab, welches über einen Ausgangswandler dem Gehör des Hörhilfegeräteträgers zugeführt wird, so dass dieser das Ausgangssignal als akustisches Signal wahrnimmt. Als Ausgangswandler werden üblicherweise Hörer verwendet, die ein akustisches Ausgangssignal erzeugen. Es sind jedoch auch Ausgangswandler zur Erzeugung mechanischer Schwingungen bekannt, die direkt bestimmte Teile des Gehörs, wie beispielsweise die Gehörknöchelchen zu Schwingungen anregen. Weiterhin sind Ausgangswandler bekannt, die direkt Nervenzellen des Gehörs stimulieren.

[0009] Die Erfindung bietet den Vorteil, dass das Absenken der tieffrequenten Signalanteile gegenüber den höherfrequenten Signalanteilen in dem akustischen Ausgangsignal eine technisch einfach zu realisierende Vorgehensweise ist. Im Unterschied zu einer Veränderung der Taktfrequenz eines digitalen Hörgerätes, das eine Reihe weiterer Maßnahmen nach sich zieht (Anpassung der Übertragungsfunktion, Anpassung von Filterparametern usw.) sind beim Absenken der tiefen Frequenzen keine weiteren Anpassungen der Signalverarbeitung erforderlich. Dennoch bleibt der überwiegende Teil der Eingangssignale verständlich. Letzteres ist insbesondere bei einer breitbandigen Verstärkungsabsenkung häufig nicht mehr der Fall. Weiterhin führt die Tiefton-Absenkung nicht zu einer Verschlechterung des Klirrfaktors. Der Hörgeräteträger hört den überwiegenden Teil akustischer Eingangssignale mit der für ihn benötigten Verstärkung.

[0010] Die Maßnahme gemäß der Erfindung führt nur zu einer Klangverschiebung. Insbesondere ergeben sich durch die Erfindung kaum Auswirkungen auf die Übertragung akustischer Signale, die für den Hörgeräteträger

von Bedeutung sind. Es sind dies beispielsweise hörgeräteintern oder extern erzeugte Warnsignale.

[0011] Insbesondere kann der Hörgeräteträger somit das intern erzeugte Warnsignal zur Warnung vor einer zur Neige gehenden Spannungsquelle weiterhin in der für ihn benötigten Verstärkung hören. Vorzugsweise erfolgen dabei die Warnhinweise in periodischen Abständen mittels Sprachausgabe und umfassen eine Zeitabschätzung bzgl. der Dauer, für die der eingeschränkte Betrieb gemäß der Erfindung noch aufrechterhalten werden kann.

[0012] Eine Absenkung tieffrequenter Signalanteile in dem akustischen Ausgangssignal reduziert den Stromverbrauch des Hörhilfegerätes um bis zu 80%. Ab dem Zeitpunkt, von dem an die erfindungsgemäße Maßnahme greift, ist damit eine bis zu fünfmal längere Restlaufzeit möglich als dies ohne Stromsparmaßnahmen der Fall wäre.

[0013] Bei der Erfindung können mechanische Mittel zum Absenken der tieffrequenten Signalanteile in dem akustischen Ausgangssignal vorgesehen sein. So kann zum Beispiel zum Absenken der Tiefen mittels eines kleinen Antriebs automatisch ein Schallkanal verkürzt oder verengt werden. Vorzugsweise werden bei einem Hörhilfegerät gemäß der Erfindung jedoch elektronische Mittel zum Absenken tieffrequenter Signalanteile in dem akustischen Ausgangssignal verwendet. Sind dies insbesondere Filtermittel, die vorzugsweise durch entsprechende Filterparameter auch an unterschiedliche Randbedingungen angepasst werden können.

[0014] Die erfindungsgemäßen Maßnahmen werden vorteilhaft immer dann ergriffen, wenn die Restladung der verwendeten Spannungsquelle unter einen bestimmten Schwellenwert fällt. Dieser Schwellenwert ist vorzugsweise, z.B. während der Programmierung des Hörhilfegerätes, einstellbar.

[0015] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht mehrere unterschiedliche Schwellenwerte bzgl. der Restladung der verwendeten Spannungsquelle und ein Absenken der tieffrequenten Signalanteile in mehreren Stufen vor. So führt beispielsweise ein Absinken der Ausgangsspannung der Spannungsquelle unterhalb eines bestimmten Schwellenwertes um jeweils 20 mV zu einer Absenkung der tieffrequenten Signalanteile von jeweils 2 dB.

[0016] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung sieht mit weiter abnehmender Ausgangsspannung der Spannungsquelle eine Verschiebung der Grenzfrequenz vor, unterhalb derer eine Signalabsenkung erfolgt. Z.B. werden dann, wenn die Ausgangsspannung der Spannungsquelle einen ersten Schwellenwert unterschreitet, Signalanteile unterhalb der Grenzfrequenz von 400 Hz abgesenkt. Unterschreitet die Ausgangsspannung einen zweiten Schwellenwert, so verschiebt sich die Grenzfrequenz, unterhalb derer eine Absenkung erfolgt, hin zu höheren Frequenzen, z.B. 600 Hz. Selbstverständlich können auch mehr als zwei Schwellenwerte bzw. Grenzfrequenzen festgelegt werden.

[0017] Bei einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung erfolgt die Absenkung der niederfrequenten Signalanteile bzw. die Verschiebung der Grenzfrequenz, unterhalb derer eine Absenkung erfolgt, nicht in Stufen, sondern kontinuierlich mit abnehmender Ausgangsspannung der Spannungsquelle. Das damit verbundene, allmähliche Absenken der tieffrequenten Signalanteile wird dadurch von dem Benutzer zunächst kaum wahrgenommen.

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Hörhilfegerät gemäß der Erfindung mit einem Ausgangsfilter mit einstellbarer Grenzfrequenz zum Absenken tieffrequenter Signalanteile,

Fig. 2 ein Diagramm zur Veranschaulichung der Absenkung in mehreren Schritten,

Fig. 3 ein Diagramm zur Veranschaulichung der Anhebung der Grenzfrequenz in mehreren Schritten.

Fig. 4 ein Diagramm zur Veranschaulichung einer kontinuierlichen Absenkung,

Fig. 5 ein Diagramm zur Veranschaulichung einer kontinuierlichen Anhebung der Grenzfrequenz,

Fig. 6 ein Hörhilfegerät gemäß der Erfindung mit einer parallelen Signalverarbeitung in mehreren Frequenzbändern.

[0019] Fig. 1 zeigt im Blockschaltbild ein Hörhilfegerät mit einem Mikrofon 1 zur Aufnahme eines akustischen Eingangssignals und Abgabe eines elektrischen Signals. Zur Weiterverarbeitung und frequenzabhängigen Verstärkung ist das elektrische Signal einer Signalverarbeitungseinheit 2 zugeführt. Während des normalen Betriebes des Hörhilfegerätes wird das verarbeitete und verstärkte Ausgangssignal der Signalverarbeitungseinheit 2 mittels eines Hörers 3 in ein akustisches Signal zurückgewandelt und dem Gehör eines Hörgeräteträgers zugeführt.

[0020] Die Spannungsversorgung der genannten Komponenten des Hörhilfegerätes erfolgt über eine Spannungsquelle 4, die in der Regel als Batterie oder Akkumulator ausgeführt ist. Um den Benutzer frühzeitig vor einer entleerten Batterie bzw. einem entleerten Akkumulator zu warnen, umfasst das Hörhilfegerät ferner einen Spannungswächter 5. Unterschreitet die Ausgangsspannung der Spannungsquelle 4 einen bestimmten Schwellenwert, so wird durch den Spannungswächter 5 ein Warnsignal in die Signalverarbeitungseinheit 2 eingespeist und gemäß den individuellen Anforderungen des jeweiligen Benutzers verstärkt und über den Hörer 3 ausgegeben.

[0021] Das Hörhilfegerät gemäß dem Ausführungs-

beispiel umfasst als Besonderheit Filtermittel 6 zum Absenken tieffrequenter Signalanteile in dem Ausgangssignal. Dabei müssen die Filtermittel 6 nicht notwendigerweise zwischen der Signalverarbeitungseinheit 2 und dem Hörer 3 in dem Signalpfad des Hörhilfegerätes von dem Mikrofon 1 zu dem Hörer 3 angeordnet sein. Vielmehr führen entsprechend ausgeführte Filtermittel in beliebiger Anordnung in dem Signalpfad zu einem Absenken der tieffrequenten Signalanteile des akustischen Ausgangssignals. Die Filtermittel 6 könnten somit z.B. auch direkt im Anschluss an das Mikrofon 1 in den Signalpfad eingefügt sein. Die Filtermittel 6 sind als Hochpass ausgeführt, so dass höherfrequente Signalanteile ungehindert passieren können und tieffrequente Signalanteile unterdrückt werden. Die Filtermittel 6 beeinflussen das Übertragungsverhalten des Hörhilfegerätes jedoch nicht permanent, sonder lediglich dann, wenn die Ausgangsspannung der Spannungsquelle 4 einen bestimmten, vorzugsweise einstellbaren Schwellenwert unterschreitet. Vorzugsweise stimmt dieser Schwellenwert mit dem o.g. Schwellenwert überein, bei dem das akustische Warnsignal für den Benutzer generiert wird.

[0022] Bei einer Ausführungsform der Erfindung sind bei dem Spannungswächter 5 mehrere Schwellenwerte einstellbar und die Absenkung tieffrequenter Signalanteile in dem Ausgangssignal erfolgt in mehreren Stufen. Ein diesbezügliches Ausführungsbeispiel ist in Fig. 2 veranschaulicht. Aus dem Diagramm wird ersichtlich, dass eine Absenkung der tieffrequenten Signalanteile um 2 dB erfolgt, sobald die Ausgangsspannung der Spannungsquelle den ersten Schwellenwert S1 von 1,1 V unterschreitet. Beim Unterschreiten der weiteren Schwellenwerte S2, S3 und S4 werden die tieffrequenten Signalanteile in dem Ausgangssignal jeweils um weitere 2 dB abgesenkt. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 erfolgt die Signalabsenkung durch eine entsprechende Steuerung der Filtermittel 6 durch den Spannungswächter 5.

[0023] Bei einer alternativen Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Absenkung tieffrequenter Signalanteile des Ausgangssignals beim Unterschreiten der Ausgangsspannung von einem ersten Schwellenwert S1 um einen konstanten Betrag, z.B. -6 dB.

[0024] Zur Reduzierung des Stromverbrauchs bei weiter fortschreitendem Spannungsabfall wird bei diesem Ausführungsbeispiel jedoch die Grenzfrequenz f_g stufenweise angehoben, unterhalb derer eine Signalabsenkung erfolgt. Diese Vorgehensweise ist in dem Diagramm gemäß Fig. 3 veranschaulicht. Beim Unterschreiten des Schwellenwertes S1 werden zunächst lediglich Frequenzen unterhalb 200 Hz abgesenkt. Unterschreitet die Ausgangsspannung den Schwellenwert S2, so werden in dem Ausgangssignal Signalanteile unterhalb 400 Hz abgesenkt. Auch bei den Schwellenwerten S3 und S4 erfolgt jeweils eine Erhöhung der Grenzfrequenz f_g um 200 Hz.

[0025] Die beiden genannten Maßnahmen - stufenweise Absenkung bzw. stufenweise Erhöhung der Grenzfrequenz - können selbstverständlich auch kombiniert werden. Weiterhin kann die Absenkung bzw. die Verschiebung der Grenzfrequenz in Abhängigkeit der Ausgangsspannung der Spannungsquelle auch anhand einer stetigen Kennlinie erfolgen, wie dies in den Fig. 4 und 5 veranschaulicht ist. So erfolgt gemäß Fig. 4 beim Unterschreiten des Schwellenwertes S1 eine mit weiter abnehmender Ausgangsspannung linear zunehmende Dämpfung der tieffrequenten Signalanteile bis zum Erreichen eines Schwellenwertes S2, bei dem die maximale Dämpfung (im Ausführungsbeispiel -8 dB) eingestellt ist. Analog veranschaulicht Fig. 5 einen linearen Zusammenhang zwischen der Ausgangsspannung und der Grenzfrequenz, unterhalb derer eine Signalabsenkung erfolgt. Die maximale Grenzfrequenz liegt im Ausführungsbeispiel bei 1 kHz.

[0026] Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in Fig. 6 veranschaulicht. Anders als bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 ist hier das von dem Mikrofon 10 erzeugte elektrische Eingangssignal zunächst einer Filterbank 11 zugeführt. In dieser erfolgt eine Aufspaltung des elektrischen Eingangssignals in acht Frequenzbänder. Die weitere Signalverarbeitung im Hörhilfegerät erfolgt dann parallel in diesen acht Frequenzbändern. Hierzu umfasst das Hörhilfegerät die acht Signalverarbeitungseinheiten 12A bis 12H. Nach der Verarbeitung und frequenzabhängigen Verstärkung werden die Signale der einzelnen Kanäle in einem Summierer 13 zusammengeführt und schließlich über einen Hörer 14 in ein elektrisches Signal gewandelt und dem Trommelfell eines Benutzers zugeführt. Die Spannungsversorgung der genannten Komponenten des Hörhilfegerätes erfolgt mittels einer Spannungsquelle 15. Auch in diesem Ausführungsbeispiel wird die Ausgangsspannung der Spannungsquelle 15 von einem Spannungswächter 16 überwacht. Dieser liefert beim Unterschreiten eines Schwellenwertes direkt ein Ausgangssignal an den Hörer 14 zur Information eines Benutzers über einen bald notwendigen Austausch oder ein bald notwendiges Nachladen der Spannungsquelle.

[0027] Als Besonderheit weist das Hörhilfegerät gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 6 drei Schalter 17A, 17B und 17C auf, mittels derer die Spannungsversorgung der Signalverarbeitungseinheiten 12A, 12B und 12C unterbrochen werden kann. Durch eine Unterbrechung der Spannungsversorgung wird das davon betroffene Frequenzband unterdrückt. Z.B. ist der Signalverarbeitungseinheit 12A das Frequenzband 0 bis 200 Hz zugeordnet, deren Spannungsversorgung beim Unterschreiten der Ausgangsspannung der Spannungsquelle 15 eines ersten Schwellenwertes S1 durch Öffnen des Schalters 17A durch den Spannungswächter 16 unterbrochen wird. Sinkt die Ausgangsspannung unter einen Schwellenwert S2, so wird auch der zweite Schalter 17B geöffnet und dadurch auch das Frequenzband von 200 Hz bis 400 Hz unterdrückt. Ebenso verhält es sich mit dem dritten Frequenzband (400 Hz bis 800 Hz) beim Öffnen des dritten Schalters 17C nach dem Unterschreiten

eines dritten Schwellenwertes.

[0028] Die Erfindung bietet eine auf unterschiedliche Weise einfach realisierbare Maßnahme zur effektiven Reduzierung des Stromverbrauchs. Durch die Maßnahme wird zwar das Klangbild des betreffenden Hörhilfegerätes verändert, jedoch bleibt der überwiegende Teil akustischer Informationen für den betroffenen Hörgeräteträger weiterhin verständlich. Insbesondere werden Alarmsignale weiterhin mit der für den Hörgeräteträger notwendigen Verstärkung übertragen.

Patentansprüche

1. Hörhilfegerät mit einem Eingangswandler (1, 10), einer Signalverarbeitungseinheit (2, 12A bis 12H), einem Ausgangswandler (3, 14) einer Spannungsquelle (4, 15) sowie mit Mitteln (5, 16) zur Überprüfung des Ladezustandes der Spannungsquelle (4, 15), **gekennzeichnet durch** Mittel (5, 16) zum Absenken tieffrequenter Signalanteile des akustischen Ausgangssignals in Abhängigkeit der Restladung der Spannungsquelle (4, 15).

2. Hörhilfegerät nach Anspruch 1 mit elektronischen Mitteln zum Absenken der tieffrequenten Signalanteile.

3. Hörhilfegerät nach Anspruch 2 mit Filtermitteln zum Absenken der tieffrequenten Signalanteile.

4. Hörhilfegerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei ein Schwellenwert (S1) bzgl. der Ausgangsspannung der Spannungsquelle (4, 15) vorhanden ist und wobei die Absenkung bei einer Ausgangsspannung unterhalb des Schwellenwertes (S1) erfolgt.

5. Hörhilfegerät nach Anspruch 4, wobei der Schwellenwert (S1) einstellbar ist.

6. Hörhilfegerät nach Anspruch 4 oder 5, wobei mehrere Schwellenwerte (S1, S2, S3, S4) vorhanden sind und die Absenkung in Stufen erfolgt.

7. Hörhilfegerät nach Anspruch 4 oder 5, wobei mehrere Schwellenwerte (S1, S2, S3, S4) vorhanden sind und eine Grenzfrequenz der tieffrequenten Signalanteile zu höheren Frequenzen hin verschoben wird.

8. Hörhilfegerät nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei ein von einem Benutzer wahrnehmbares Warnsignal zur Warnung vor einer entladenen Spannungsquelle (4, 15) abgebbar ist.

9. Verfahren zum Betrieb eines Hörhilfegerätes mit einem Eingangswandler (1, 10), einer Signalverarbeitungseinheit (2, 12A bis 12H), einem Ausgangswandler (3, 14), einer Spannungsquelle (4, 15) sowie mit Mitteln (5, 16) zur Überprüfung des Ladezustandes der Spannungsquelle (4, 15) mit folgenden Schritten:

   - Detektieren des Ladezustandes der Spannungsquelle (4, 15),
   - Absenken tieffrequenter Signalanteile in dem akustischen Ausgangssignal in Abhängigkeit des Ladezustandes der Spannungsquelle (4, 15).

FIG 1

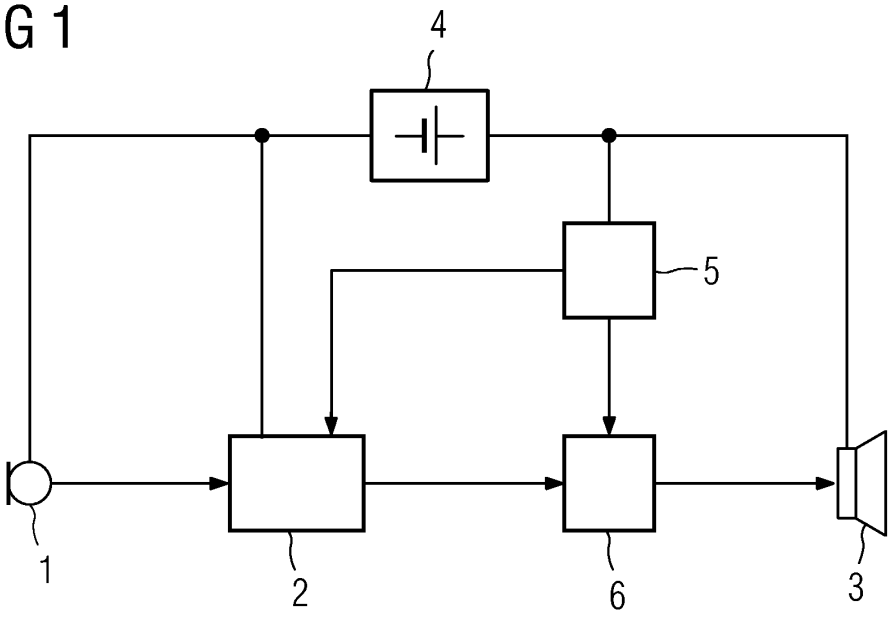

4
5
1
2
6
3

FIG 6

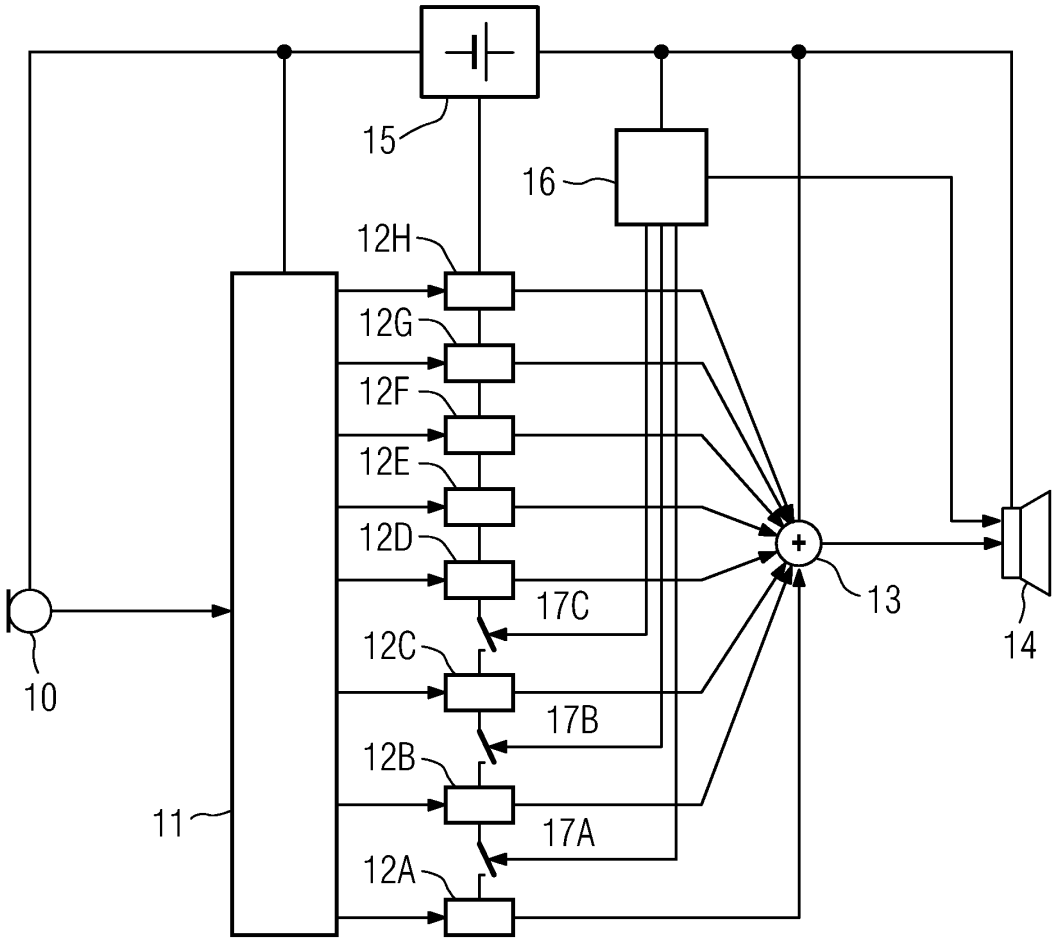

15
16
12H
12G
12F
12E
12D
17C
12C
17B
12B
17A
12A
11
10
13
14

FIG 2

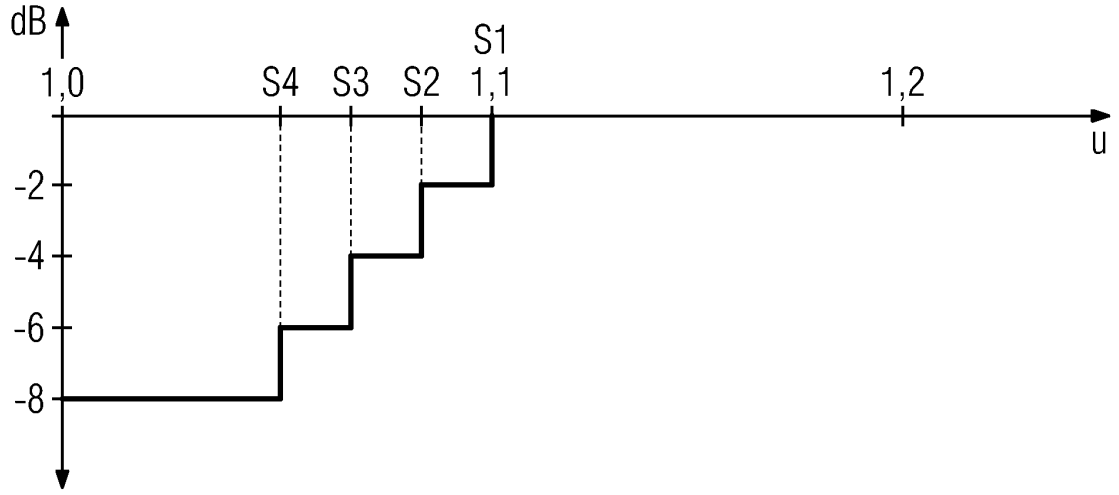

dB
1,0
S4
S3
S2
S1
1,1
1,2
u
-2
-4
-6
-8

FIG 3

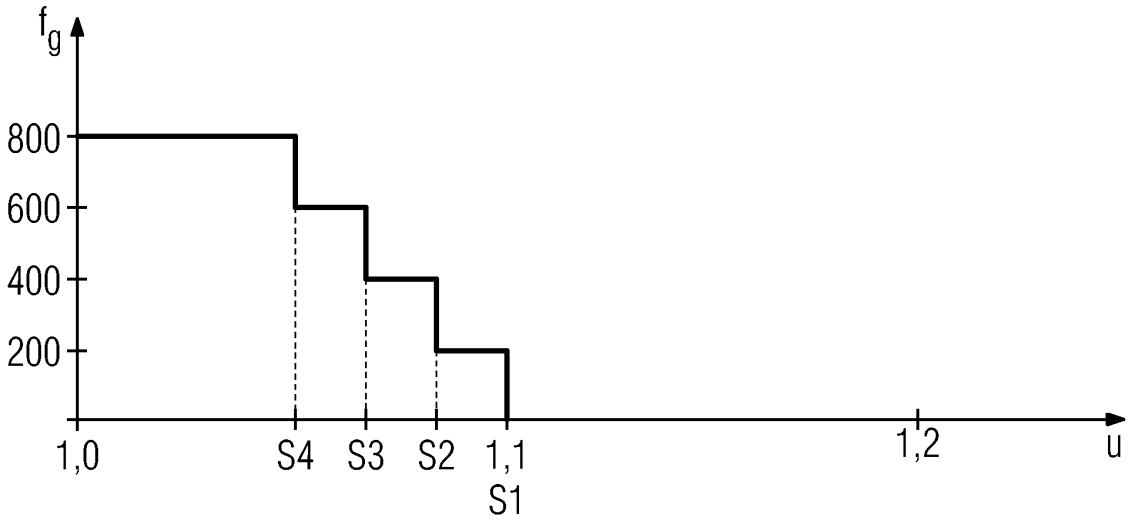

f_g
800
600
400
200
1,0
S4
S3
S2
1,1
S1
1,2
u

FIG 4

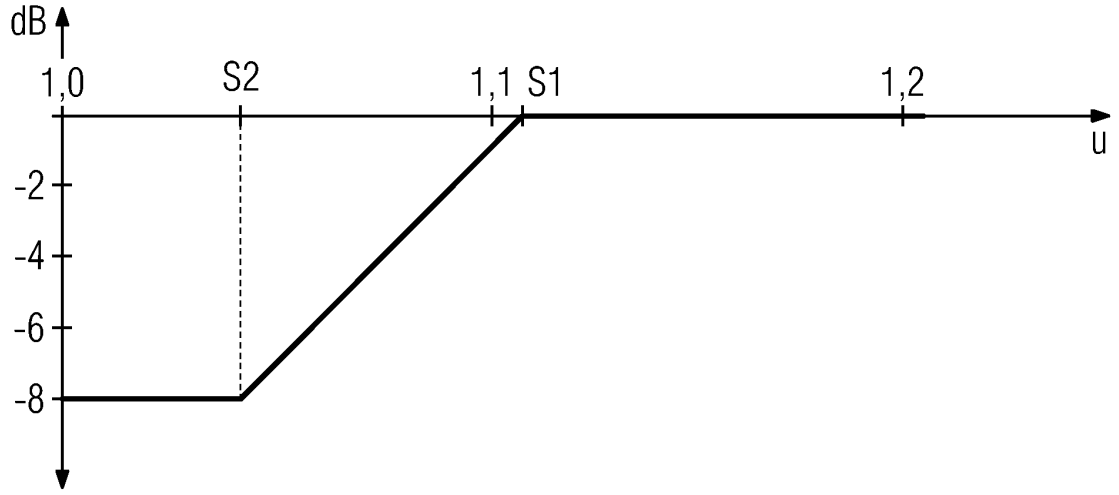


FIG 5

