

(19)



(11)

EP 1 874 082 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

02.01.2008 Patentblatt 2008/01

(51) Int Cl.:

H04R 3/02 (2006.01)(21) Anmeldenummer: **07110325.3**(22) Anmeldetag: **15.06.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

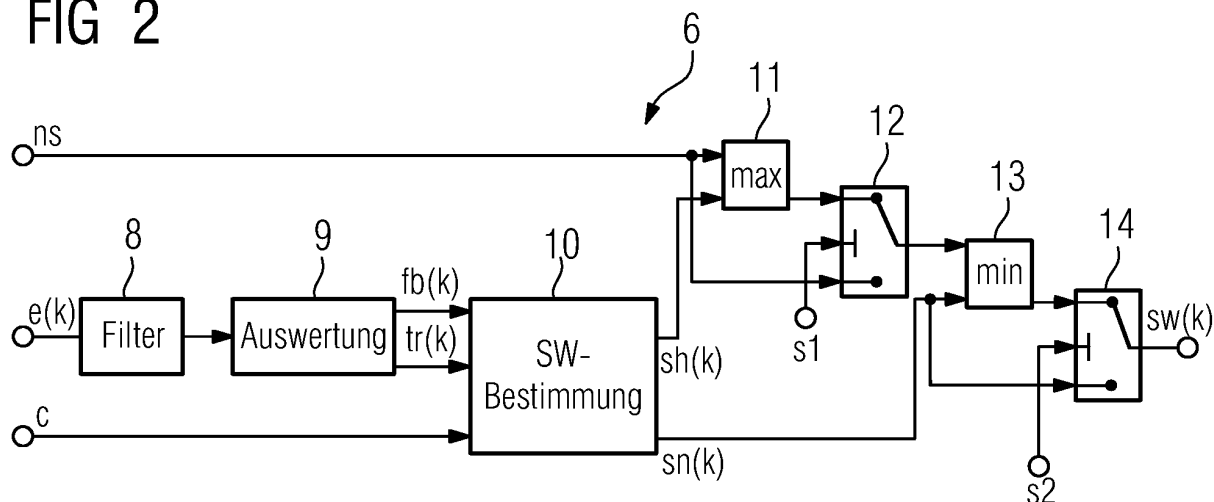
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR MK YU(30) Priorität: **26.06.2006 DE 102006029194**(71) Anmelder: **Siemens Audiologische Technik GmbH****91058 Erlangen (DE)**(72) Erfinder: **Puder, Henning, Dr.****91052 Erlangen (DE)**(74) Vertreter: **Berg, Peter****Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)****(54) Vorrichtung und Verfahren zur Schrittweitensteuerung eines adaptiven Filters**

(57) Das Bestimmen einer geeigneten Schrittweite zur Steuerung der Adaption eines Filters eines akustischen Rückkopplungskompensators speziell für Hörgeräte soll verbessert werden. Daher wird eine Schrittweitensteuerung vorgesehen, bei der ein Eingangssignal in mindestens zwei Frequenzbändern analysiert (9) wird.

Dabei werden gegebenenfalls in den einzelnen Frequenzbändern steile Signalfanken detektiert. Ein adaptives Filter wird dann in Abhängigkeit von der Anzahl an Frequenzbändern, in denen steile Signalfanken detektiert werden, in der Adaptionsschrittweite gesteuert (10), wobei zusätzlich die Höhe der Signalfanken mit in die Entscheidung einbezogen werden kann.

FIG 2**EP 1 874 082 A2**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Schrittweitensteuerung für ein adaptives Filter zur akustischen Rückkopplungsunterdrückung. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein entsprechendes Verfahren zur Schrittweitensteuerung. Insbesondere bezieht sich die Schrittweitensteuerung auf adaptive Filter von Hörvorrichtungen, wie etwa Hörgeräten.

[0002] Die Kompensation von Rückkopplungen bei Hörgeräten erfolgt vielfach durch adaptive Filter. Dabei wird das Filter entsprechend der Rückkopplungssituation angepasst. Die Anpassung erfolgt schrittweise. Das Problem dabei ist, dass in manchen Situationen eine rasche Anpassung des Filters und in anderen Situationen eine eher langsame Anpassung des Filters gewünscht ist. Dementsprechend ist eine geeignete Schrittweite für die Adaption zu finden.

[0003] Bislang wurde dieses Problem beispielsweise durch Schattenfilter-Verfahren, Verfahren zur Amplituden- bzw. Phasenmodulation des Ausgangssignals und so weiter gelöst. Die meisten dieser Ansätze weisen jedoch erhebliche Schwächen auf, insbesondere, wenn es darum geht, stark korrelierte Anregungssignale, wie z. B. Musik, Glas- oder Geschirrklimpern, von Rückkopplung(en) bzw. Rückkopplungssignal(en) zu unterscheiden. Bei stark korrelierten Anregungssignalen sollte nämlich die Schrittweite abgesenkt werden, um eine Fehladaptation des Filters und damit Signalverzerrungen durch entstehendes Feedback bzw. Rückkopplung zu verhindern. Bei weniger korrelierten Signalen, z. B. bei weißem Rauschen, sollte die Schrittweite schnell angehoben werden, um möglichst schnell die Rückkopplung, die durch eine geänderte akustische Umgebung, z. B. Hand in der Nähe des Hörgeräts, entstanden ist, zu beenden.

[0004] Aus der Patentschrift EP 0 824 845 B1 ist ein Verfahren zur Steuerung eines Hörgeräts für in-situ-Anpassungseinstellung bekannt. Falls beim Betrieb des Hörgeräts eine merkliche Rückkopplung festgestellt wird, wird die maximale Verstärkung für mindestens eines von mehreren Frequenzbändern verringert. Die Verstärkung in allen anderen Frequenzbändern bleibt unverändert, so dass die Übertragungsfunktion für das mindestens eine Frequenzband anzupassen ist.

[0005] Weiterhin ist in der Patentschrift DE 10 2004 050 304 B3 ein Verfahren zur Reduktion von Rückkopplungen bei einem Akustiksystem beschrieben. Dabei wird ein Ausgangssignal und somit auch ein Rückkopplungssignal moduliert, so dass das Rückkopplungssignal detektiert werden kann. Die Information über das Vorliegen von Rückkopplungen kann zur Schrittweitensteuerung eines adaptiven Kompensationsfilters verwendet werden. Ein derartiges Filter kann für Teilbänder oder aber auch für das gesamte Band eingesetzt werden.

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die Kompensation von Rückkopplungen besser an die aktuellen akustischen Situationen anzupassen.

sen.

[0007] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Vorrichtung zur Schrittweitensteuerung für ein adaptives Filter zur akustischen Rückkopplungsunterdrückung mit einer Analyseeinrichtung zur Analyse eines Eingangssignals in mindestens zwei Frequenzbändern, wobei die Analyseeinrichtung eine Flankendetektionseinrichtung aufweist, mit der in den einzelnen Frequenzbändern steile Signalfanken detektierbar sind, deren Anstieg ein vorgegebenes Maß besitzt oder überschreitet, und wobei an die Analyseeinrichtung eine Steuereinrichtung angeschlossen ist, mit der das adaptive Filter in Abhängigkeit von der Anzahl an Frequenzbändern, in denen steile Signalfanken von der Analyseeinrichtung detektiert werden, in der Adaptionsschrittweite steuerbar ist. Dabei kann auch die Höhe der Signalfanken mit berücksichtigt werden.

[0008] Darüber hinaus ist erfindungsgemäß vorgesehen ein Verfahren zur Schrittweitensteuerung für ein adaptives Filter zur akustischen Rückkopplungsunterdrückung durch Analysieren eines Eingangssignals in mindestens zwei Frequenzbändern, wobei in den einzelnen Frequenzbändern steile Signalfanken detektiert werden, deren Anstieg ein vorgegebenes Maß besitzt oder überschreitet, und das adaptive Filter in Abhängigkeit von der Anzahl an Frequenzbändern, in denen steile Signalfanken detektiert werden, in der Adaptionsschrittweite gesteuert wird.

[0009] Dabei kann auch die Höhe der Signalfanken mit berücksichtigt werden.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, dass Rückkopplungssignale, sobald die Rückkopplungsbedingung erfüllt ist, sehr schnell auftreten und äußerst schmalbandig sind. Im Gegensatz dazu sind natürliche Signale nur sehr selten monofrequent. So weisen die Töne von Musikinstrumenten beispielsweise viele Oberwellen auf, womit das oben beschriebene Kriterium der Schmalbandigkeit nicht erfüllt ist. In vorteilhafter Weise wird nun dieser Signalunterschied ausgenutzt, um die Schrittweite eines adaptiven Filters für die Rückkopplungskompensation zu steuern.

[0011] Vorzugsweise wird von der Steuereinrichtung, die an die Analyseeinrichtung der erfindungsgemäßen Schrittweitensteuerungsvorrichtung angeschlossen ist, eine Erhöhung der Schrittweite nur dann durchgeführt, wenn in maximal zwei Frequenzbändern steile Signalfanken detektiert werden. Liegt nämlich das Rückkopplungssignal genau bei der Trennfrequenz der Bandpassfilter zur Bestimmung der Signale in Frequenzbändern, können im Fall von Feedback bzw. Rückkopplung diese beiden Bänder betroffen sein. Daher erfolgt die Steuerung in Abhängigkeit einer Detektion in maximal zwei Bändern.

[0012] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung hebt die Schrittweitensteuerung die Schrittweite im Vergleich zu dem anschließenden Absenken sehr schnell an und senkt sie innerhalb von 0,5 bis 1 Sekunde wieder ab. Dadurch treten Rückkopplungssignale nur sehr kurzfri-

stig auf.

[0013] Das Absenken der Schrittweite kann auf einen vorgegebenen mittleren Wert, beispielsweise einer mittleren Normschrittweite, erfolgen. Dadurch wird nach der Detektion der steilen Signalfanken automatisch wieder in einen mittleren Anpassmodus zurückgekehrt.

[0014] Im Fall der Detektion von steilen Signalfanken in mehr als zwei Frequenzbändern ist es vorteilhaft, von der Steuereinrichtung die Schrittweite für die Adaption des Filters absenken zu lassen. Erfahrungsgemäß liegt nämlich bei steilen Signalfanken in mehreren Frequenzbändern keine Rückkopplung vor bzw. ist nicht die Ursache für die steilen Signalfanken, so dass eine langsamere Anpassung erfolgen kann. Auch hier ist es vorteilhaft, dass die Steuereinrichtung die Schrittweite im Vergleich zu dem anschließenden Anheben sehr schnell absenkt und innerhalb von 0,5 bis 1 Sekunde wieder anhebt.

[0015] Entsprechend einer einfacheren Variante der erfindungsgemäßen Schrittweitensteuerungsvorrichtung wird das adaptive Filter nur mit zwei Schrittweiten adaptiert und die Steuereinrichtung erzeugt entsprechend binäre Steuersignale. Auf diese Weise lässt sich der erfindungsgemäße Gedanke kostengünstig realisieren.

[0016] Besonders vorteilhaft lässt sich die erfindungsgemäße Schrittweitensteuerungsvorrichtung in einer Hörvorrichtung und insbesondere in einem Hörgerät einsetzen. Die Erfindung lässt sich aber auch für andere Hörvorrichtungen, wie Headsets, Kopfhörer und dergleichen nutzen.

[0017] Die vorliegende Erfindung wird nun an Hand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

- FIG 1 ein Blockschaltbild eines Hörgeräts mit Rückkopplung;
- FIG 2 ein detailliertes Schaltbild einer Vorrichtung zur Schrittweitenberechnung,
- FIG 3 ein Zeitdiagramm für das Auftreten von Feedback;
- FIG 4 ein Zeitdiagramm für das Auftreten eines transienten Schalls und
- FIG 5 ein Zeitdiagramm der Schrittweite.

[0018] Das nachfolgend näher geschilderte Ausführungsbeispiel stellt eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0019] FIG 1 zeigt eine Hörgeräteschaltung mit einem Mikrofon 1, einer Signalverarbeitung 2 und einem Hörer 3. Das von der Signalverarbeitung 2 stammende Signal $x(k)$ wird von dem Hörer 3 als Signal $y(k)$ an das Mikrofon 1 rückgekoppelt, wobei k einen diskreten Zeitindex darstellt. Das Mikrofon 1 nimmt neben dem Rückkopplungs-

signal $y(k)$ auch ein Nutzsignal n auf und gibt ein Mikrofonsignal m aus. Ein Feedbackkompensator 4 nimmt das Ausgangssignal $x(k)$ der Hörgerätesignalverarbeitungseinheit 2 auf und generiert daraus ein Rückkopplungsschätzsignal $\hat{y}(k)$. Dieses geschätzte Rückkopplungssignal $\hat{y}(k)$ wird in einem Subtrahierer 5, der sich zwischen dem Mikrofon 1 und der Hörgerätesignalverarbeitungseinheit 2 befindet, von dem Nutzsignal subtrahiert, so dass sich ein resultierendes Signal $e(k)$ ergibt, das in die Hörgerätesignalverarbeitungseinheit 2 eingespeist wird.

[0020] Erfindungsgemäß wird das Signal $e(k)$ in einer Schrittweiten-Berechnungseinheit 6 hinsichtlich steiler Flanken analysiert. Als weiteres Eingangssignal erhält die Schrittweiten-Berechnungseinheit 6 ein Klassifikatorsignal c eines Klassifikators 7, der seinerseits das Mikrofonsignal $m(k)$ des Mikrofons 1 als Eingangssignal erhält. Aus dem Klassifikatorsignal c und dem rückkopplungsbefreiten Signal $e(k)$ ermittelt die Schrittweiten-Berechnungseinheit 6 eine Schrittweite zur Anpassung eines adaptiven Filters in der Feedback-Kompensationseinheit 4. Daher wird ein entsprechendes Schrittweitesignal von der Schrittweiten-Berechnungseinheit 6 zu der Feedback-Kompensationseinheit 4 weitergeleitet.

[0021] In FIG 2 ist die Schrittweiten-Berechnungseinheit 6 im Detail dargestellt. Das rückkopplungsbefreite Signal $e(k)$, d. h. das Signal nach der Feedbacksubtraktion, wird einem Filter 8 zugeführt. Dort wird das Signal in entsprechende Frequenzbänder zerlegt. Der Einfachheit halber ist jedoch in FIG 2 nur ein Ausgangssignal zu der nächsten Auswerteeinheit 9 dargestellt. Dort wird das jeweilige Band nach steilen Signalfanken untersucht. Abhängig davon entscheidet die Auswerteeinheit 9, ob Feedback, d. h. ein Rückkopplungssignal, oder ein transienter Schall vorliegt. Dementsprechend wird ein binäres Feedbacksignal $fb(k)$ ausgegeben, das im Falle eines Feedbacks "1" ist und anderenfalls "0". Ebenfalls gibt die Auswerteeinheit 9 ein binäres Transientensignal tr aus, das im Falle des Vorliegens eines Transientensignals 1 und anderenfalls 0 ist. Diese beiden binären Signale $fb(k)$ und $tr(k)$ werden in eine Schrittweiten-Bestimmungseinheit 10 eingeleitet. Darüber hinaus wird in diese Einheit auch das Klassifikatorsignal c eingegeben.

[0022] Wird nun beispielsweise gemäß FIG 3 zum Zeitpunkt t_1 ein Feedbacksignal erkannt, so wird ein Signal $sh(k)$ ausgegeben, mit dem die Schrittweite erhöht werden soll. Hierzu wird das Signal $sh(k)$ in einem Komparator 11 mit einer Normschrittweite ns verglichen. Ein anschließender Schalter 12 erlaubt zu entscheiden, ob das maximale Signal von ns und $sh(k)$ oder das Signal ns direkt weitergeleitet wird. Hierzu wird der Schalter 12 von einem entsprechenden Schaltsignal s_1 angesteuert. Als Schrittweitemaximum $sw(k)$ ab dem Zeitpunkt t_1 ergibt sich dann der in FIG 5 dargestellte Verlauf. Zunächst wird die Schrittweite zum Zeitpunkt t_1 sprunghaft erhöht und anschließend wird sie allmählich wieder auf die Normschrittweite ns gesenkt.

[0023] Wird hingegen mit der Auswerteeinheit 9 transienter Schall festgestellt, so soll die Schrittweite ernied-

rigt werden, weshalb aus der Schrittweiten-Bestimmungseinheit 10 ein entsprechendes Signal s_n ausgegeben und einem zweiten Komparator 13 zugeführt wird. Dieser zweite Komparator erhält als Eingangssignal zusätzlich gegebenenfalls die Normschrittweite n_s und gibt das Minimum der beiden Werte aus. Eine anschließende Schalteinheit 14 ermöglicht das Weiterleiten des Ausgangssignals des zweiten Komparators 13 oder des Signals s_n der Schrittweiten-Bestimmungseinheit 10 als Schrittweitesignal $sw(k)$. Hierzu wird die Schalteinheit 14 mit einem Steuersignal s_2 angesteuert.

[0024] Wird nun entsprechend FIG 4 zum Zeitpunkt t_2 ein transientes Schallereignis wahrgenommen, so wird die Schrittweite sprunghaft abgesenkt und anschließend wieder allmählich erhöht, wie dies in FIG 5 dargestellt ist. Das Absenken nach dem Zeitpunkt t_1 und das Anheben der Schrittweite nach dem Zeitpunkt t_2 erfolgt günstigerweise innerhalb von 0,5 bis 1 Sekunde.

[0025] Die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Schrittweitensteuerschaltung lässt sich wie folgt zusammenfassen:

a) In mehreren Frequenzbändern werden unabhängig voneinander schnell ansteigende Signale detektiert und

b) die Anzahl der Frequenzbänder wird ermittelt, in denen diese ansteigenden Signale detektiert wurden.

[0026] Wird eine stark ansteigende Signalfanke nur in einem oder höchstens zwei Frequenzbändern detektiert, wird auf eine akustische Rückkopplung bzw. Feedback geschlossen. Im anderen Fall, wenn stark ansteigende Signalfanken in mehr als zwei Frequenzbändern detektiert werden, wird für das Vorliegen eines transienten Signals (z. B. Glasklimpern) entschieden. Im Fall der Rückkopplung wird nachfolgend die Schrittweite kurzfristig angehoben und innerhalb von 0,5 bis 1 Sekunde wieder auf einen mittleren Wert n_s zurückgenommen. Im Fall des transienten Signals findet kurzfristig ein Absenken der Schrittweite statt, da es nach einiger Zeit wieder zurückgenommen wird.

[0027] Dadurch, dass neben der Anhebung der Schrittweite im Fall von Feedback auch ein Absenken der Schrittweite für transiente Signale vorgenommen wird, auf die die Adaption besonders empfindlich reagiert, ist es möglich, eine mittlere Normschrittweite zu wählen, bei der bei üblichen Signalen, wie Musik, keine Artefakte auftreten und trotzdem noch eine Adaption des Kompensators an langzeitige Änderungen des Feedbackpfades möglich ist. Die Steuerung kann auch mit einer häufig implementierten zweistufigen Wahl der Schrittweite kombiniert werden.

[0028] In vorteilhafter Weise werden durch die erfindungsgemäße Schrittweitensteuerung mehrere Eigenschaften von Rückkopplungssignalen und natürlich vorkommenden Signalen kombiniert für eine Steuerung ei-

nes adaptiven Filters ausgenutzt. Speziell wird ausgenutzt, dass Rückkopplungssignale meist sehr schnell auftreten und schmalbandig sind, während natürliche Signale äußerst selten monofrequent sind, da sie zumindest Oberwellen (Musik) aufweisen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (6) zur Schrittweitensteuerung für ein adaptives Filter zur akustischen Rückkopplungsunterdrückung,
gekennzeichnet durch
 - eine Analyseeinrichtung (9) zur Analyse eines Eingangssignals in mindestens zwei Frequenzbändern, wobei
 - die Analyseeinrichtung (9) eine Flankendetektionseinrichtung aufweist, mit der in den einzelnen Frequenzbändern steile Signalfanken detektierbar sind, deren Anstieg ein vorgegebenes Maß besitzt oder überschreitet, und wobei
 - an die Analyseeinrichtung (9) eine Steuereinrichtung (10) angeschlossen ist, mit der das adaptive Filter in Abhängigkeit von der Anzahl an Frequenzbändern, in denen steile Signalfanken von der Analyseeinrichtung detektiert werden, in der Adaptionsschrittweite steuerbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei von der Steuereinrichtung (10) eine Erhöhung der Schrittweite nur dann durchgeführt wird, wenn in maximal zwei Frequenzbändern steile Signalfanken detektiert werden.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Steuereinrichtung die Schrittweite im Vergleich zu dem anschließenden Absenken sehr schnell anhebt und innerhalb von 0,5 bis 1 Sekunde wieder absenkt.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei das Absenken der Schrittweite auf einen vorgegebenen mittleren Wert erfolgt.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei im Fall der Detektion von steilen Signalfanken in mehr als zwei Frequenzbändern die Steuereinrichtung (10) die Schrittweite absenkt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Steuereinrichtung (10) die Schrittweite im Vergleich zu dem anschließenden Anheben schnell absenkt und innerhalb von 0,5 bis 1 Sekunde wieder anhebt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 2, 3, 5 oder 6, wobei das adaptive Filter nur mit zwei Schrittweiten adaptiert wird und die Steuereinrichtung (10) entsprechend binäre Steuersignale erzeugt.

8. Hörvorrichtung mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

9. Hörvorrichtung nach Anspruch 8, die als Hörgerät ausgebildet ist.

5

10. Verfahren zur Schrittweitensteuerung für ein adaptives Filter zur akustischen Rückkopplungsunterdrückung, **gekennzeichnet durch**

10

- Analysieren eines Eingangssignals in mindestens zwei Frequenzbändern, wobei
- in den einzelnen Frequenzbändern steile Signalflanken detektiert werden, deren Anstieg ein vorgegebenes Maß besitzt oder überschreitet, und wobei
- das adaptive Filter in Abhängigkeit von der Anzahl an Frequenzbändern, in denen steile Signalflanken detektiert werden, in der Adaptionsschrittweite gesteuert wird.

15

20

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Schrittweite nur dann angehoben wird, wenn in maximal zwei Frequenzbändern steile Signalflanken detektiert werden.

25

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei im Fall der Detektion von steilen Signalflanken in mehr als zwei Frequenzbändern die Schrittweite abgesenkt wird.

30

35

40

45

50

55

FIG 1

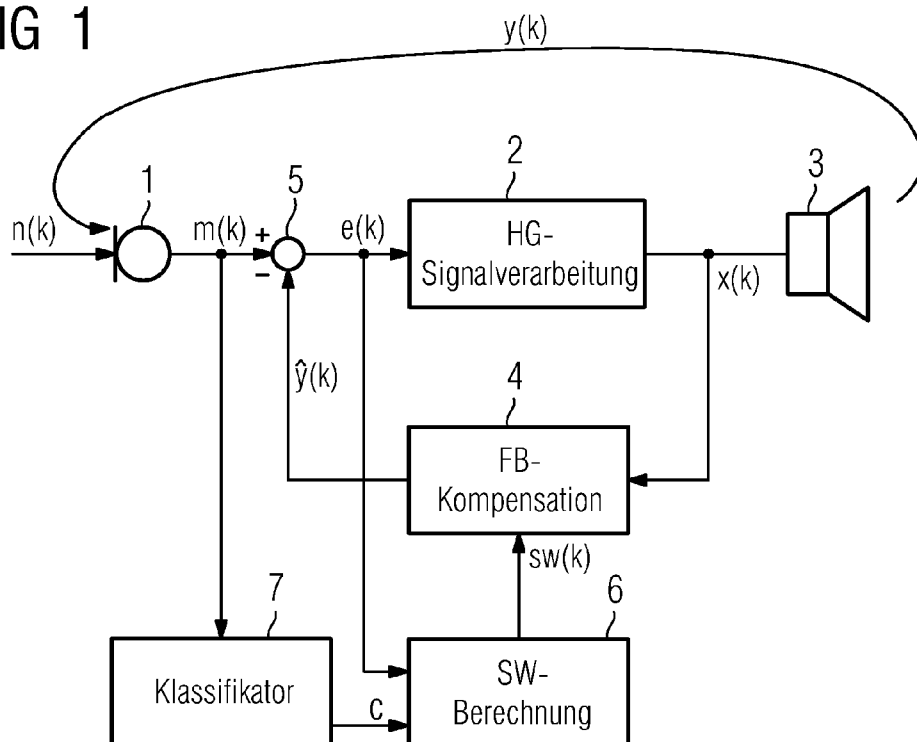


FIG 2

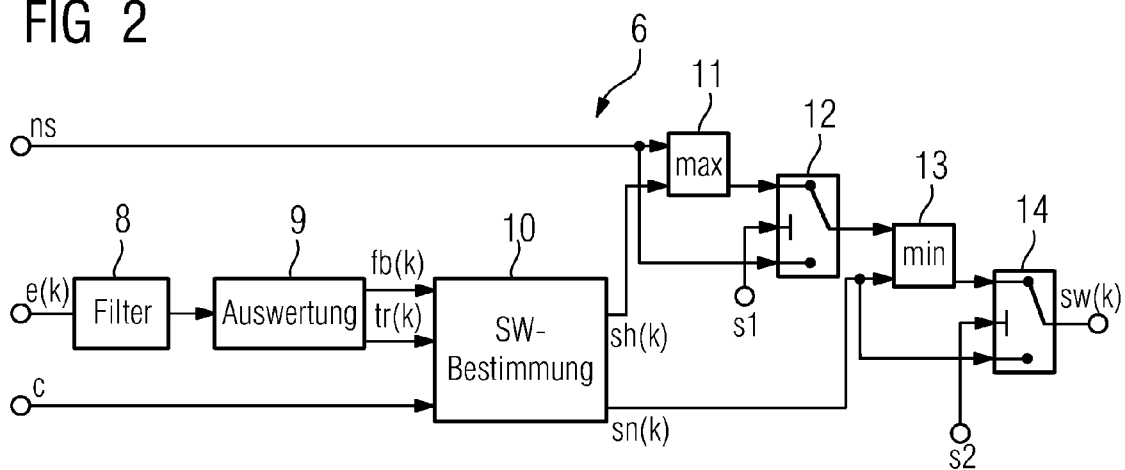


FIG 3



FIG 4

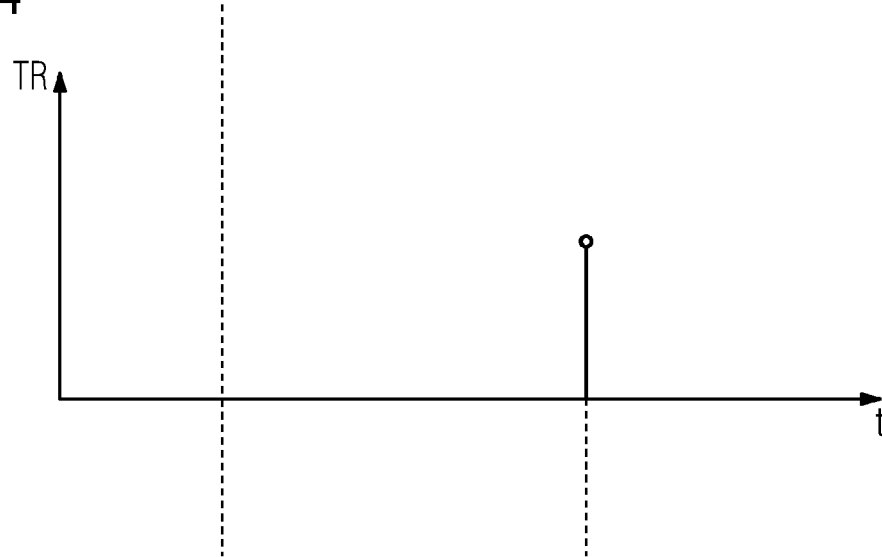
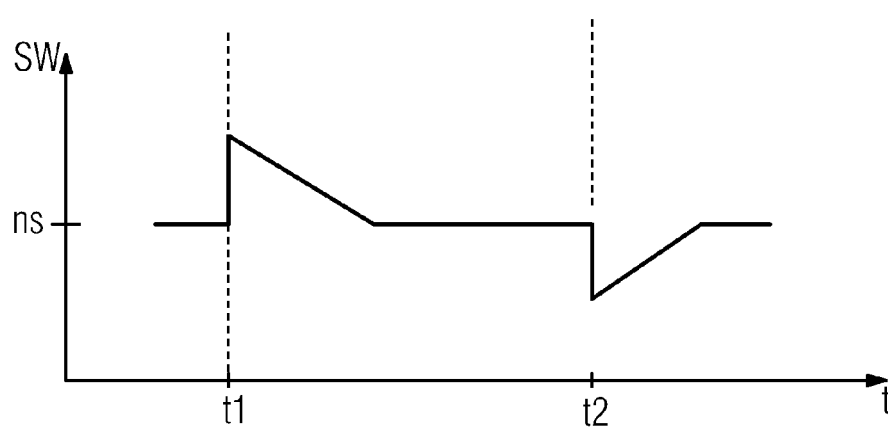


FIG 5



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

- EP 0824845 B1 [0004]
- DE 102004050304 B3 [0005]