



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 32 645 A1** 2004.02.05

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 32 645.2**
 (22) Anmeldetag: **18.07.2002**
 (43) Offenlegungstag: **05.02.2004**

(51) Int Cl.7: **H03G 7/06**
H03G 7/00, H03G 11/00, H03G 3/20,
H04R 5/04

(71) Anmelder:
Harman/Becker Automotive Systems GmbH
(Straubing Division), 94315 Straubing, DE

(72) Erfinder:
Spielbauer, Georg, 94377 Steinach, DE; Christoph,
Markus, 94315 Straubing, DE

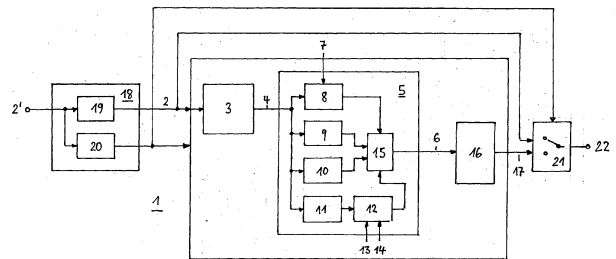
(74) Vertreter:
Westphal, Mussnug & Partner, 80336 München

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Schaltungsanordnung zur Verringerung des Dynamikbereichs von Audiosignalen**

(57) Zusammenfassung: Schaltungsanordnung mit einer ersten Transformationseinrichtung (3), der ein eingehendes Audiosignal (2) zugeführt wird und die dieses vom Zeitbereich in den Frequenzbereich, ein Eingangsspektrum (4) ergebend, transformiert, einer der ersten Transformationseinrichtung (3) nachfolgenden spektralen Bearbeitungseinrichtung (5), die das Eingangsspektrum (4) erhält und daraus ein Ausgangsspektrum (6) erzeugt, derart, dass das Ausgangsspektrum (6) einen geringeren Dynamikbereich hat als das Eingangsspektrum (4), und einer der spektralen Bearbeitungseinrichtung (5) nachfolgenden zweiten Transformationseinrichtung (16), der das Ausgangsspektrum (6) zugeführt wird und die dieses vom Frequenzbereich in den Zeitbereich, ein ausgehendes Audiosignal (17) ergebend, transformiert.



Beschreibung**Aufgabenstellung**

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Verringerung des Dynamikbereichs von Audiosignalen.

Stand der Technik

[0002] Ein häufig auftretendes Problem bei Audioanlagen ist es, dass die Anlagen zu stark ausgesteuert werden, was zu unerwünschten Verzerrungen und unter Umständen sogar zu Beschädigungen der Anlage führen kann. Darüber hinaus kann es auch erwünscht sein, den Pegel von Übertragungsanlagen zu begrenzen, um beispielsweise eine Beeinträchtigung des Gehörs von Zuhörern zu vermeiden. Andererseits kann es in einer geräuscherfüllten Umgebung wünschenswert sein, leisere Passagen so weit über das Grundgeräusch anzuheben, dass sie vom Zuhörer wahrgenommen werden können.

[0003] Egal, ob eine Anhebung niedriger Pegel (beispielsweise mittels sogenannter Kompander) oder eine Begrenzung hoher Pegel (beispielsweise mittels sogenannter Limiter) gewünscht wird, ist das Ergebnis in beiden Fällen die Verringerung des Dynamikbereichs des Audiosignals, d. h. eine Verringerung des Unterschiedes zwischen den minimalen und den maximalen Pegeln. Eine sogenannte Dynamikkompression ist insbesondere in Kraftfahrzeugen vorteilhaft, da dort zum einen der Grundgeräuschpegel sehr hoch ist, was durch eine Anhebung der niedrigen Pegel verbessert werden kann, und zum anderen die Leistung des Audiosystems aufgrund der niedrigen Versorgungsspannung im Kraftfahrzeug in der Leistung begrenzt ist, was leicht zu Verzerrungen bei hohen Pegeln führt, denen mit einer Begrenzung der Pegel entgegengewirkt werden kann.

[0004] Bei üblichen Limitern oder Kompandern tritt dabei das Problem auf, dass diese zwangsweise immer auf die energiereichste Komponente innerhalb des Audiosignals adaptieren, wie beispielsweise Bass-Trommeln oder Snare-Trommeln, und dabei das hinlänglich bekannte "Lautstärkepumpen" verursachen.

[0005] Um dem entgegen zu wirken, wird beispielsweise in der US 5,255,324 vorgeschlagen, sowohl eine schmalbandige als auch eine breitbandige Auswertung des Audiosignals vorzunehmen, wobei zunächst von dem schmalbandigen Audiosignal ausgegangen wird und falls dieses keine zufriedenstellende Verbesserung bringt, eine breitbandige Auswertung vorgenommen wird. In der US 6,005,953 wird angeregt, mehrere Frequenzbänder vorzusehen, die einzeln ausgewertet werden, und danach die Verstärkung des gesamten Audiosignals anzuheben oder abzusenken. Obwohl diese Maßnahmen bereits eine Verbesserung bringen, ist diese jedoch in vielen Fällen nicht ausreichend.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Schaltungsanordnung zur Verringerung des Dynamikbereichs von Audiosignalen anzugeben, die diesbezüglich weiter verbessert ist.

[0007] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Schaltungsanordnung gemäß Patentanspruch 1. Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Erfindungsgegenstands sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0008] Im Einzelnen wird die Aufgabe gelöst durch eine Schaltungsanordnung mit einer ersten Transformationseinrichtung, der ein eingehendes Audiosignal zugeführt wird und die diese vom Zeitbereich in den Frequenzbereich ein Eingangsspektrum ergebend transformiert, mit einer der ersten Transformationseinrichtung nachfolgenden Spektralbearbeitungseinrichtung, die das Eingangsspektrum erhält und daraus ein Ausgangsspektrum erzeugt derart, dass das Ausgangsspektrum einen geringeren Dynamikbereich hat als das Eingangsspektrum, und mit einer der spektralen Bearbeitungseinrichtung nachfolgenden zweiten Transformationseinrichtung, der das Ausgangsspektrum zugeführt wird und die dieses vom Frequenzbereich in den Zeitbereich ein ausgehendes Audiosignal ergebend transformiert.

[0009] Bevorzugt arbeitet dabei die Transformationseinrichtung nach der Methode der schnellen Fourier-Transformation (FFT = Fast Fourier Transformation) und die zweite Transformationseinrichtung nach der Methode der inversen schnellen Fourier-Transformation (IFFT). Die schnelle Fourier-Transformation zeichnet sich durch ein gutes Verhältnis von Aufwand zu Nutzen aus. Bei bestimmten Anwendungsfällen kann an Stelle der schnellen Fourier-Transformation beispielsweise auch eine Fourier-Zeit-Transformation (FTT = Fourier Time Transformation) und deren inverse Funktion angewendet werden.

[0010] Um eine Limiter-Funktion zu realisieren, kann die spektrale Bearbeitungseinrichtung die Amplitude in den Bereichen des Spektrums dämpfen, in denen die Amplitude und/oder der spektrale Bereich eine oder mehrere Bedingungen erfüllen.

[0011] Eine derartige Bedingung kann beispielsweise darin bestehen, dass die Amplitude in diesem spektralen Bereich einen ersten Grenzwert übersteigt. Auf diese Weise werden absolute Spitzen, d. h. Spektrallinien von bestimmter Amplitude werden gedämpft beispielsweise derart, dass die betreffende Spektrallinie unter einer bestimmten Amplitude bleibt (Dämpfung absoluter Spitzen).

[0012] Als Alternative oder zusätzliche Bedingung kann vorgesehen werden, dass ein Signal mit einer bestimmten Amplitude in einem bestimmten spektralen Bereich nicht hörbar ist. Vorteilhafterweise kann dann eine Reduktion der Amplitude des Gesamtsignals erzielt werden, indem ohnehin nicht hörbare Spektralanteile aus dem Gesamtsignal entfernt werden. Als derartige psychoakustische Effekte kommen beispielsweise zeitliche und/oder spektrale Verde-

ckung in bestimmten Spektralbereichen in Frage. Günstig ist hierbei auch eine Aufteilung des Spektrums entsprechend den Frequenzgruppen des menschlichen Gehörs.

[0013] Alternativ oder zusätzlich kann weiterhin eine Bedingung darin bestehen, dass die jeweilige Amplitude ein Maximum oder eines der Maxima ist. Auf diese Weise werden die größten Amplituden bevorzugt gedämpft (Dämpfung relativer Spitzen).

[0014] Weiterhin kann zusätzlich oder alternativ eine Bedingung durch die Lage des jeweiligen spektralen Bereichs im Gesamtspektrum gegeben sein. Dies gilt insbesondere für sehr tiefe oder sehr hohe Töne, da diese entweder nur sehr schwer vom Zuhörer wahrgenommen oder durch die akustische Anlage nicht (vollständig) übertragen oder durch den Abhörraum verfälscht werden können.

[0015] Zur Dynamikkompression insbesondere bei geringen Pegeln kann vorgesehen werden, dass kleinere Amplituden, die einen einem bestimmten Grundgeräuschpegel entsprechenden zweiten Grenzwert überschreiten und einen gegenüber dem zweiten Grenzwert höheren dritten Grenzwert unterschreiten, angehoben werden.

[0016] Vorzugsweise ist das Eingangsspektrum und gegebenenfalls auch das Ausgangsspektrum komplex, so dass auch die Phasen bei der Auswertung berücksichtigt werden.

[0017] Schließlich kann bei einer Weiterbildung der Erfindung der ersten Transformationseinrichtung eine Vorausslöseeinrichtung vorgeschaltet werden, die das eingehende Audiosignal verzögert der ersten Transformationseinrichtung hinzuführt, wobei ab einer bestimmten Amplitude des unverzögerten eingehenden Audiosignals die beiden Transformationseinrichtungen sowie die Bearbeitungseinrichtung aktiviert werden und unterhalb der bestimmten Amplitude das Audiosignal unverändert weitergeleitet wird. Auf diese Weise kann Rechenaufwand eingespart werden, da vorzeitig eine Übersteuerung (bzw. Untersteuerung) erkannt wird, so dass dann die Dynamikkompression nur im Bedarfsfalle aktiviert zu werden braucht.

Ausführungsbeispiel

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigt:

[0019] **Fig. 1** ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung und

[0020] **Fig. 2** ein Zeigerdiagramm in der Spektralebene vor und nach einer Limitierung mit einer Schaltungsanordnung gemäß **Fig. 1**.

[0021] Bei dem in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung **1** zur Verringerung des Dynamikbereichs eines eingehenden Audiosignals **2** ist eine Transformationseinrichtung **3** vorgesehen, die das eingehende Audiosignal **2** mittels schneller Fourier-Transformation (FFT) in ein kom-

plexes Eingangsspektrum **4** umwandelt.

[0022] Das komplexe Eingangsspektrum **4** wird dann einer der Transformationseinrichtung nachfolgenden spektralen Bearbeitungseinrichtung **5** zugeführt, die das komplexe Eingangsspektrum **4** derart verändert, dass ein komplexes Ausgangsspektrum **6** erzeugt wird, dass in seinem resultierenden Dynamikbereich gegenüber dem Eingangsspektrum **4** eingeschränkt ist. Die Signalbearbeitung in der spektralen Bearbeitungseinrichtung **5** sieht dabei vor, dass die einzelnen Spektrallinien ausgewertet werden und mit einem Grenzwert **7** verglichen werden. Dazu ist eine Bearbeitungseinheit **8** vorgesehen, welche Spektrallinien mit einer den Grenzwert **7** überschreitenden Amplitude detektiert und diese so weit dämpft, dass sie unterhalb des Grenzwertes **7** liegen.

[0023] Eine weitere Bearbeitungseinheit **9** ermittelt Bereiche im Eingangsspektrum **4**, die im Hinblick auf Amplitude und/oder den jeweiligen spektralen Bereich psychoakustisch nicht hörbar sind. Dazu zählen beispielsweise die spektrale und zeitliche Verdeckung von Geräuschen. Spektrale Verdeckung bedeutet dabei, dass ein tieffrequenter Ton einen etwas höheren Ton mit geringerem Pegel vollständig verdecken kann, so dass der höhere Ton durch den Zuhörer nicht mehr wahrnehmbar ist. Ein derart nicht wahrnehmbarer Ton wird durch die Bearbeitungseinheit **9** erkannt und völlig aus dem Gesamtsignal genommen. Bei der zeitlichen Verdeckung folgt ein akustisches Signal geringen Pegels auf ein Signal mit hohem Pegel, wobei das zunächst auftretende Signal mit hohem Pegel für eine gewisse Zeit das nachfolgende Signale mit geringem Pegel unhörbar macht. Auch dieses Verhalten aufgeschlüsselt nach den jeweiligen Spektralbereich werden von der Bearbeitungseinheit **9** erkannt und eliminiert. Die Zusammenhänge der psychoakustischen Verdeckung sind beispielsweise bei B. Zwicker, "Psychoakustik", Springer-Verlag 1982, Seiten 35 bis 46 und 93 bis 101 beschrieben. Die Bearbeitungseinheit **9** bedient sich der darin genannten Zusammenhänge.

[0024] Eine weitere Bearbeitungseinheit **10** berücksichtigt die spektrale Lage der einzelnen Spektrallinien, wobei sehr hohe und sehr tiefe Töne stärker gedämpft werden als Töne im mittleren Bereich. Auf diese Weise wird eine Loudness-Funktion realisiert, so dass bei geringer Aussteuerung (entspricht niedrigen Pegeln) hohe und tiefe Frequenzen angehoben werden, was der Funktionsweise des menschlichen Gehörs entspricht, welches hohe und tiefe Töne bei hohen Pegeln besser wahrnimmt als bei niedrigen Pegeln.

[0025] Werden die Bearbeitungseinheiten **8** bis **10** zur Realisierung einer Limiter-Funktion eingesetzt, sind zwei weitere Bearbeitungseinheiten **11** und **12** vorgesehen, die auch allgemein zur Dynamikkompression verwendet werden können. Die Bearbeitungseinheit **11** detektiert dabei ein oder mehrere Maxima im Eingangsspektrum **4** und dämpft diese um ein bestimmtes Maß, wobei im vorliegenden Fall

gleichzeitig die Gesamtverstärkung, d.h. die Amplituden aller Signale angehoben werden. Damit werden die Amplitudenspitzen reduziert und gleichzeitig geringere Pegel entsprechend angehoben.

[0026] Die Bearbeitungseinheit **12** wertet hingegen kleinere Amplituden aus, die einen einem bestimmten maximalen Grundgeräuschpegel entsprechenden dritten Grenzwert **13** überschreiten, jedoch unterhalb eines gegenüber dem dritten Grenzwert **13** höheren vierten Grenzwert **14** liegen. Die beiden Bearbeitungseinheiten **11** und **12** folgen dabei aufeinander, so dass insgesamt eine Beschneidung des Dynamikbereichs "von oben und unten her" erfolgt und dann über den Grundgeräuschpegel hinaus weiter angehoben wird.

[0027] Den Bearbeitungseinheiten **8**, **9**, **10** und **12** folgt eine Auswahleinrichtung **15**, die beispielsweise abhängig von Amplitudenverteilung und spektraler Zusammensetzung des Eingangsspektrums **4** bestimmt durch die jeweilige Bearbeitungseinheit **8** bis **12** vorgegebene Bearbeitungsform auswählt oder mehrere Bearbeitungsformen miteinander kombiniert. Die Auswahleinrichtung **15** erzeugt dann daraus das Ausgangsspektrum **6**, das im vorliegenden Fall ebenfalls komplex ist, das jedoch bei bestimmten Anwendungen auch rein reell sein kann.

[0028] Das Ausgangsspektrum **6** wird einer weiteren Transformationseinrichtung zugeführt, die mittels inverser schneller Fourier-Transformation (IFFT) wieder ein Zeitsignal erzeugt, nämlich ein ausgehendes Audiosignal **17**.

[0029] Der Transformationseinrichtung **3** ist beim vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Vorauslöseeinrichtung **18** vorgeschaltet, die das eingehende Audiosignal **2'** mittels einer Verzögerungseinrichtung **19** verzögert als eingehendes Audiosignal **2** der Transformationseinrichtung **3** zuführt. Innerhalb der Verzögerungszeit wird dabei durch eine Steuereinrichtung **20** die Schaltungsanordnung **1** aktiviert bzw. deaktiviert abhängig davon, ob das eingehende Audiosignal **2'** einen bestimmten Grenzwert überschreitet oder nicht. Wird der bestimmte Amplitudengrenzwert überschritten, dann wird in der Zeit in der das Signal die Verzögerungseinrichtung **19** durchläuft die Schaltungsanordnung **1** aktiviert, so dass beim Auftreten des erhöhten Amplitudenwertes am Ausgang der Verzögerungseinrichtung **19** die Schaltungsanordnung **1** betriebsbereit ist.

[0030] In diesem Falle wird das ausgehende Audiosignal **17** durch eine der Transformationseinrichtung **16** nachgeschaltete Schalteinrichtung **21** zum Ausgang **22** durchgeschaltet. Andernfalls wird das eingehende Audiosignal **2'** zum Ausgang **22** durchgeschaltet.

[0031] In **Fig. 2** ist in zwei Zeigerdiagrammen (**Fig. 2a**, **2b**) für vier Spektrallinien Z1 bis Z4 die Situation vor (**Fig. 2a**) und nach (**Fig. 2b**) einer Limitierung dargestellt, wobei hierbei insbesondere die Phasenlage berücksichtigt wird. Im Falle vor der Limitierung wird angenommen, dass alle vier Spektrallinien

die gleiche Amplitude haben, wobei die Spektrallinien Z1 und Z4 eine entgegengesetzte Phase aufweisen. Daraus ergibt sich ein Gesamtzeiger ZT, der einen maximal zulässigen Amplitudenwert TA überschreitet. Die Limitierung soll nun dabei so erfolgen, dass die Gesamtphase nicht verändert wird. Die Spektrallinien Z2 und Z4 werden dabei für eine Reduzierung nicht verwendet, da sie zum Gesamtzeiger nicht beitragen. Folglich werden die Zeiger für die Spektrallinien Z1 und Z3 im Betrag so weit verringert, dass der Gesamtzeiger ZT den Amplitudenschwellenwert AT nicht übersteigt.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Verringerung des Dynamikbereichs von Audiosignalen mit einer ersten Transformationseinrichtung (**3**), der ein eingehendes Audiosignal (**2**) zugeführt wird und die dieses vom Zeitbereich in den Frequenzbereich ein Eingangsspektrum (**4**) ergebend transformiert, einer der ersten Transformationseinrichtung (**3**) nachfolgenden spektralen Bearbeitungseinrichtung (**5**), die das Eingangsspektrum (**4**) erhält und daraus ein Ausgangsspektrum (**6**) erzeugt derart, dass das Ausgangsspektrum (**6**) einen geringeren Dynamikbereich hat als das Eingangsspektrum (**4**), und einer der spektralen Bearbeitungseinrichtung (**5**) nachfolgenden zweiten Transformationseinrichtung (**16**), der das Ausgangsspektrum (**6**) zugeführt wird und die dieses vom Frequenzbereich in den Zeitbereich ein ausgehendes Audiosignal (**17**) ergebend transformiert.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, bei der die erste Transformationseinrichtung (**3**) nach der Methode der schnellen Fourier-Transformation und die zweite Transformationseinrichtung (**16**) nach der Methode der inversen schnellen Fourier-Transformation arbeitet.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, bei der die spektrale Bearbeitungseinrichtung (**5**) die Amplitude in den Bereichen des Spektrums dämpft, in denen die Amplitude und/oder der spektrale Bereich eine oder mehrere Bedingungen erfüllen.

4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, bei der eine Bedingung darin besteht, dass die Amplitude in einem spektralen Bereich einen ersten Grenzwert (**7**) übersteigt.

5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3 oder 4, bei der eine Bedingung darin besteht, dass ein Signal mit der jeweiligen Amplitude und in dem jeweiligen spektralen Bereich psychoakustisch nicht hörbar ist.

6. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, bei der eine Bedingung darin besteht,

dass die jeweilige Amplitude ein Maximum oder eines der Maxima ist.

7. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, bei der eine Bedingung durch die Lage des jeweiligen spektralen Bereichs im Gesamtspektrum gegeben ist.

8. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der kleinere Amplituden, die einen einem bestimmten Grundgeräuschpegel entsprechenden zweiten Grenzwert **(13)** überschreiten und einen gegenüber dem zweiten Grenzwert **(13)** höheren dritten Grenzwertes **(14)** unterschreiten, angehoben werden.

9. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der das Eingangsspektrum komplex ist.

10. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei der der ersten Transformationseinrichtung **(3)** eine Vorauslöseeinrichtung **(18)** vorgeschaltet ist, die das eingehende Audiosignal **(2')** verzögert der ersten Transformationseinrichtung **(3)** zuführt, wobei ab einer bestimmten Amplitude des unverzögerten eingehenden Audiosignals **(2')** die beiden Transformationseinrichtungen **(3, 16)** sowie die Bearbeitungseinrichtung **(16)** aktiviert werden und unterhalb der bestimmten Amplitude das Audiosignal **(2)** unverändert weitergeleitet wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

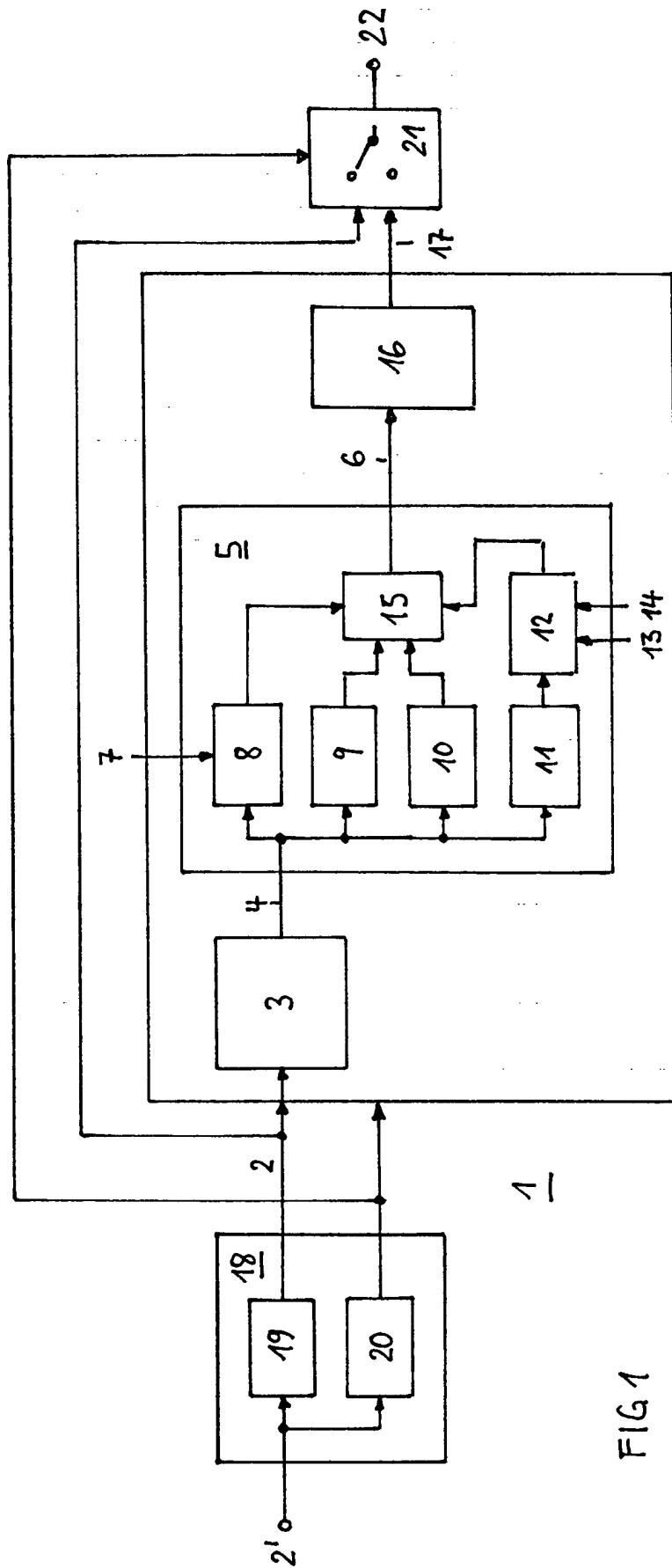


FIG 1

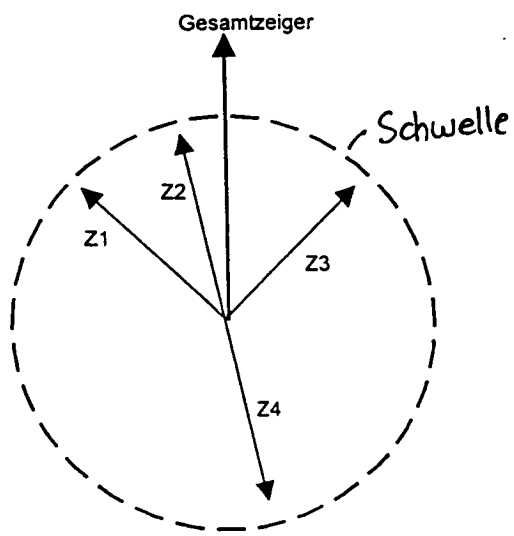


FIG 2a

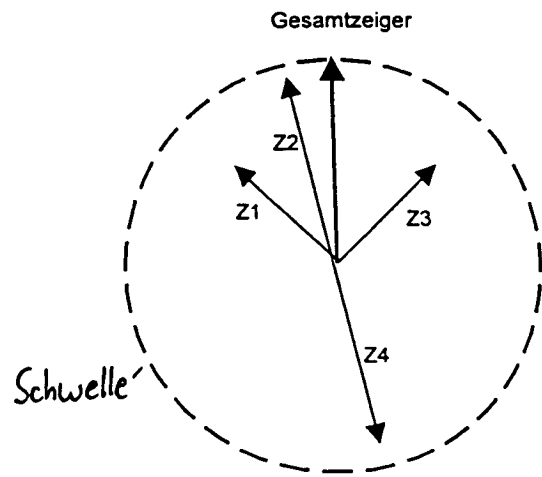


FIG 2b