



PATENTSCHRIFT

(12)

(21) Anmeldenummer: 1035/90

(51) Int.Cl.⁵ : **H03G 5/14**
H04H 7/00

(22) Anmeldetag: 8. 5.1990

(42) Beginn der Patentdauer: 15.11.1993

(45) Ausgabetag: 25. 7.1994

(56) Entgegenhaltungen:

US-PS4432097 US-PS4661982 US-PS4845758

(73) Patentinhaber:

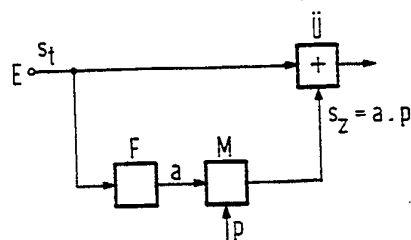
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT ÖSTERREICH
A-1210 WIEN (AT).

(72) Erfinder:

KRAKER ALFRED ING.
WIEN (AT).

(54) SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR ENTZERRUNG VON DIGITALEN TONSIGNALEN

(57) Schaltungsanordnung zur Entzerrung von digitalen Tonsignalen gemäß vorgegebenen Standard-Frequenzgängen, insbesondere für Tonstudioanlagen, mit einer Mischschaltung, durch welche dem jeweiligen Tonsignal ein aus diesem durch Filterung und nachfolgender Verstärkung gewonnenes Zusatzsignal überlagert wird, wobei an den Eingang der Entzerrerschaltung pro Standard-Frequenzgang ein Digitalfilter (F) angeschlossen ist. Dabei ist dem Digitalfilter (F) eine auf digitaler Basis arbeitende Multiplizierschaltung (M) zur Bildung des als Zusatzsignal (s_z) dienenden Produktes des Ausgangssignales (a) des Digitalfilters (F) und eines im Fall der Anhebung auf positive Werte bzw. im Fall der Absenkung auf negative Werte einstellbaren Parameters (p) mit dem Absolutbetrag zwischen Null und Eins nachgeschaltet, deren Ausgang an eine Überlagerungsschaltung (Ü), an die das Tonsignal (s_t) abgegeben wird, gelegt ist.



Die gegenständliche Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Entzerrung von digitalen Tonsignalen gemäß vorgegebenen Standard-Frequenzgängen, insbesondere für Tonstudioanlagen, mit einer Mischschaltung, durch welche dem jeweiligen Tonsignal ein aus diesem durch Filterung und nachfolgender Verstärkung gewonnenes Zusatzsignal überlagert wird, wobei an den Eingang der Entzerrerschaltung pro
 5 Standard-Frequenzgang ein Digitalfilter angeschlossen ist.

Eine derartige Schaltungsanordnung dient zur Erzielung der angestrebten Frequenzabhängigkeit von Übertragungstechnisch wichtigen Größen. Im Bereich der Ton-Studioteknik sind Entzerrerschaltungen ebenso wirksame wie gebräuchliche Instrumente für die technische und für die künstlerische Gestaltung von Programmen. Stellbare Schaltungsanordnungen zum Entzerren weisen meist eine Position des Stellor-
 10 ganes auf, die eine völlig lineare Signalübertragung, also ohne jegliche Frequenzabhängigkeit, ermöglicht. Ausgehend von dieser Linearstellung können unterschiedliche, vom linearen Verlauf abweichende Frequenzgänge eingestellt werden.

Die Charakteristiken der Frequenzabhängigkeit können beliebige Verläufe aufweisen. In der Praxis haben sich sechs Standard-Frequenzgänge ausgebildet, nämlich je eine Anhebung der Höhen oder der
 15 Tiefen oder eine Absenkung der Höhen und der Tiefen bei normalem Frequenzgang in mittleren Frequenzen von ca. 1000 Hz. Neben diesen vier genannten Frequenzbeeinflussungen sind auch noch in gegebenen Frequenzbereichen resonanzartige Anhebungen (sog. Präsenz) oder Absenkungen (sog. Absenz) vom Linearfall vorgesehen. Ein Regietisch, mit welchem alle diese Möglichkeiten der Frequenzbeeinflussung ausgeschöpft werden sollen, bedarf daher einer Stelleinrichtung mit mindestens sechs voneinander unab-
 20 hängigen extern bedienbaren Stellparametern.

Im allgemeinen Fall bestimmen bei jeder einzelnen der vorgenannten Frequenzgangbeeinflussungen, beispielsweise bei der Anhebung der Höhen, mindestens fünf, bei den resonanzartigen Frequenzgängen sogar sieben Filterparameter den Verlauf. In der Praxis ist eine kontinuierliche Einstellbarkeit der Frequenz-
 25 gänge erforderlich, was durch Veränderung von fünf bzw. sieben Parameter pro Standardfrequenzgang bewirkt werden kann. Sofern somit alle genannten sechs Standardfrequenzgänge gleichzeitig einstellbar sein sollen, dann bedarf es der ständigen Überwachung und Nachstellung von 34 Parametern, was einerseits arbeitsaufwendig ist und andererseits mit der Gefahr verbunden ist, daß Fehleinstellungen auftreten.

Aus der US-PS 4 661 982 ist eine Schaltungsanordnung bekannt, bei welcher das Erfordernis besteht, 30 Standard-Frequenzgänge zu benutzen. Dabei erfordert jedoch die mit dieser Schaltung bewirkte Frequenzgangsvariation die Variation aller Koeffizienten und nicht nur eines einzigen Parameters.

Die US-PS 4 845 758 offenbart Bandfilter, wobei zur Variation der Frequenzgänge alle Koeffizienten verändert werden.

Der gegenständlichen Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, eine Entzerrerschaltung zu
 35 schaffen, welche pro Standard-Frequenzgang nur die Veränderung eines einzigen Stellparameters erfordert. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erzielt, daß dem Digitalfilter eine auf digitaler Basis arbeitende Multiplizierschaltung zur Bildung des als Zusatzsignal dienenden Produktes des Ausgangssignales des Digitalfilters und eines im Fall der Anhebung auf positive Werte bzw. im Fall der Absenkung auf negative Werte einstellbaren Parameters mit dem Absolutbetrag zwischen Null und Eins nachgeschaltet ist, deren
 40 Ausgang an eine Überlagerungsschaltung, an die das Tonsignal abgegeben wird, gelegt ist.

Die universelle Verwendbarkeit einer derartigen Entzerrerschaltung beruht darauf, daß je nach Vorzeichen des zur Überlagerung des Ausgangssignales des Digitalfilters mit dem zu entzerrenden Signal dienenden Parameters sowohl im oberen als auch im unteren Frequenzbereich entweder eine Frequenzab-
 45 senkung oder Frequenzanhebung erzielbar ist. Da der Stellparameter nicht nur dem Vorzeichen nach, sondern auch der Größe nach einstellbar ist, lassen sich durch den speziellen Verlauf der Standard-Frequenzgänge solche unveränderliche Dimensionierungen des Digitalfilters angeben, daß zumindest annähert jene Gesamtbeeinflussungen erzielbar sind, für welche im theoretisch denkbaren allgemeinen Fall mindestens die genannten fünf bis sieben Parameter erforderlich wären.

Dieser Umstand ermöglicht auch eine wesentliche Vereinfachung des Aufbaus des in der erfindungsgemäßen Entzerrerschaltung verwendeten Digitalfilters. Das Digitalfilter muß als Rechner für jeden Frequenz-
 50 bereich eine Lösung je einer Differenzgleichung liefern, wobei die Differenzgleichungen für die verschiedenen Frequenzbereiche unterschiedliche Konstanten aufweisen. Zuzufolge der vereinfachten Ausgestaltung der Filterfunktionen kann auch mit vereinfachten Rechnern das Auslangen gefunden werden. Allerdings ist der rechnerische Aufwand für die verschiedenen Filterfunktionen unterschiedlich. Solche
 55 Funktionen, welche nur eine Anhebung der Höhen oder eine Absenkung der Höhen bewirken, sind entsprechend ihrem Charakter durch Differenzgleichungen erster Ordnung darstellbar. Filterfunktionen mit komplizierterer Gestaltung, wie etwa ein glockenkurvenartiger Präsenz-Frequenzgang, benötigen hingegen zu ihrer rechnerischen Darstellung Differenzgleichungen zweiter Ordnung.

Vorzugsweise wird bei einer Entzerrerschaltung mit Bildung einer Filterfunktion erster Ordnung (Anhebung oder Absenkung der Höhen oder Tiefen) die Ausgangsgröße des auf je einen vorgegebenen Standard-Frequenzgang unveränderbar abgestimmten Digitalfilters als eine Linearkombination der Eingangsgröße und eines internen Rechenparameters zum gegebenen Abtastzeitpunkt gewonnen und wird der Wert des internen Rechenparameters für den jeweils nachfolgenden Abtastzeitpunkt aus einer weiteren Linearkombination des internen Rechenparameters und der Eingangsgröße zum gegebenen Abtastzeitpunkt gewonnen. Weiters wird vorzugsweise bei einer Entzerrerschaltung mit Bildung einer Filterfunktion zweiter Ordnung die Ausgangsgröße des auf einen vorgegebenen Standard-Frequenzgang abgestimmten Digitalfilters als eine Linearkombination der Eingangsgröße und zweier interner Rechenparameter zum gegebenen Abtastzeitpunkt gewonnen und werden die Werte der internen Rechenparameter für den jeweils nachfolgenden Abtastzeitpunkt aus weiteren Linearkombinationen der internen Rechenparameter und der Eingangsgröße zum gegebenen Abtastzeitpunkt gewonnen.

Eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung und deren Funktion sind nachstehend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 den Aufbau einer erfindungsgemäßen Entzerrerschaltung,
- Fig. 2 Frequenzcharakteristiken dieser Entzerrerschaltung,
- Fig. 3 einen Rechner zur Gewinnung von Frequenzcharakteristiken erster Ordnung und
- Fig. 4 einen Rechner zur Ausführung von Differenzengleichungen zweiter Ordnung zur Gewinnung entsprechender Frequenzcharakteristiken.

Wie dies in Fig. 1 dargestellt ist, wird das durch die Entzerrerschaltung zu bearbeitende Tonsignal s_t über den Eingang E einerseits einer Überlagerungsschaltung \ddot{U} und andererseits einem Digitalfilter F zugeführt.

Die Frequenzcharakteristiken des Filters F, nämlich das Ausgangssignal a des Filters in Abhängigkeit von der in logarithmischem Maßstab eingetragenen Frequenz f, ist in Fig. 2 dargestellt. Die unterschiedlichen Charakteristiken sind mit den Parameterwerten -1, -0,5, +0,5 und +1 bezeichnet. Besonders die mit den Parameterwerten $p = +1$ und $p = -1$ bezeichneten Charakteristiken des Gesamt frequenzganges zwischen Entzerrer Ein- und Ausgang sind stark vom Ausgangssignal a abhängig. Dem Filter F ist eine Multiplizierschaltung M nachgeschaltet, die das Ausgangssignal a des Filters F mit einem wählbaren Parameter p, der zwischen den Werten -1 und +1 liegen kann, multipliziert. Die mit den Werten +0,5; -0,5 und -1 multiplizierten Werte des Ausgangssignales a, die das Ausgangssignal $s_z = a \cdot p$ der Multiplizierschaltung M darstellen, sind ebenfalls im Diagramm der Fig. 2 enthalten. Dieses Ausgangssignal s_z der Multiplizierschaltung M ist zugleich das Zusatzsignal, mit dem das originale Tonsignal s_t in der Überlagerungsschaltung \ddot{U} überlagert wird.

Fig. 3 zeigt den Aufbau des Digitalfilters F, das die in digitaler Form durch Abtastwerte repräsentierende Eingangsgröße s_t gemäß einer Filterfunktion erster Ordnung zum Ausgangssignal a umrechnet, das ebenfalls in digitaler Darstellung ausgegeben wird.

Die mathematische Umsetzung erfolgt, da die diversen Rechengrößen durch Binärzahlen repräsentiert sind, auf der Basis von binären Multiplikationen (Matrizenmultiplikationen) und Additionen und zwar mit Hilfe eines Rechner-internen Rechenparameters x. Die Umrechnungen werden im Takt der Abtastfrequenz der Eingangsgröße $s_t(k)$ vollzogen, wobei k die Numerierung der Abtasttakte bedeutet.

Die Ausgangsgröße $a(k)$ des Filters F wird hierbei als eine Linearkombination $a(k) = A \cdot x(k) + B \cdot s_t(k)$ der Eingangsgröße $s_t(k)$ und des internen Rechenparameters $x(k)$ gewonnen. Die Matrizenmultiplikationen erfolgen hierbei mit Hilfe der in Fig. 3 mit A und B bezeichneten Recheneinheiten. Weiters berechnet der Rechner des Filters F mittels einer weiteren Linearkombination $x(k+1) = C \cdot x(k) + D \cdot s_t(k)$ den dem nächsten Abtasttakt $k+1$ zugeordneten Rechenparameter $x(k+1)$. Auch hier sind die erforderlichen Recheneinheiten mit den die Faktoren C und D kennzeichnenden Bezeichnungen versehen. Die Summierglieder, die die beiden Linearkombinationen rechnerisch vollenden, sind mit S1 und S2 bezeichnet.

Mit V ist ein vom internen Takt des Rechners gesteuertes Verzögerungsglied bezeichnet, das die jeweils zum Abtastzeitpunkt k errechnete interne Rechengröße $x(k)$ ausgibt, bis vom Summierglied die jeweils nachfolgende Rechengröße $x(k+1)$ vorliegt. Mit dem nächsten Takt ersetzt dann die Größe $x(k+1)$ die bisher geltende Größe $x(k)$ und wird anstelle dieser den Eingängen der Recheneinheiten A und C zugeführt.

Fig. 4 zeigt den Aufbau eines Digitalfilters, das das Ausgangssignal a aus dem Eingangssignal s_t auf der Basis einer Filterfunktion zweiter Ordnung errechnet. Hierbei wird das Eingangssignal s_t mittels zweier Recheneinheiten D1 und D2 zu Teilgrößen zweier interner Rechenparameter x_1, x_2 umgerechnet.

Diese Teilgrößen $D_1 s_t$ und $D_2 s_t$ werden zwei Summiergliedern S1 bzw. S2 als Summanden zugeführt. Das Ausgangssignal $a(k)$ steht mit dem Eingangssignal $s_t(k)$ einerseits und mit den beiden internen Rechenparametern $x_1(k)$ und $x_2(k)$ in folgender Beziehung: $a(k) = A_1 x_1(k) + A_2 x_2(k) + B s_t(k)$,

wobei die mit den Faktoren A_1 , A_2 und B erfolgenden Multiplikationen durch gleich bezeichnete Recheneinheiten der Schaltung der Fig. 4 durchgeführt werden und die Summierung im Summierglied so erfolgt.

Die beiden internen Rechenparameter $x_1(k+1)$ und $x_2(k+1)$ des jeweils jüngsten Abtastaktes ($k+1$) stehen einerseits miteinander über ihre entsprechenden Werte $x_1(k)$ und $x_2(k)$ zum jeweils vorangegangenen Abtastzeitpunkt (k) in den folgenden Beziehungen:

$$\begin{aligned}x_1(k+1) &= a_{11}x_1(k) + a_{12}x_2(k) + D_1s_t(k), \\x_2(k+1) &= a_{21}x_1(k) + a_{22}x_2(k) + D_2s_t(k).\end{aligned}$$

Hierbei werden die Multiplikationen mit den Faktoren $a_{11}...a_{22}$ mit Hilfe von Recheneinheiten durchgeführt, die die gleichen Bezeichnungen tragen wie diese Faktoren. Zwei Verzögerungsglieder V_1 und V_2 speichern die jeweiligen Werte der internen Rechenparameter $x_1(k)$ bzw. $x_2(k)$ während der Dauer einer Abtastperiode (k) und bekommen danach die für die nächste Abtastperiode ($k+1$) errechneten Werte $x_1(k+1)$ bzw. $x_2(k+1)$ eingespeist.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Entzerrung von digitalen Tonsignalen gemäß vorgegebenen Standard-Frequenzgängen, insbesondere für Tonstudioanlagen, mit einer Mischschaltung, durch welche dem jeweiligen Tonsignal ein aus diesem durch Filterung und nachfolgender Verstärkung gewonnenes Zusatzsignal überlagert wird, wobei an den Eingang der Entzerrerschaltung pro Standard-Frequenzgang ein Digitalfilter angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Digitalfilter (F) eine auf digitaler Basis arbeitende Multiplizierschaltung (M) zur Bildung des als Zusatzsignal (s_2) dienenden Produktes des Ausgangssignales (a) des Digitalfilters (F) und eines im Fall der Anhebung auf positive Werte bzw. im Fall der Absenkung auf negative Werte einstellbaren Parameters (p) mit dem Absolutbetrag zwischen Null und Eins nachgeschaltet ist, deren Ausgang an eine Überlagerungsschaltung (Ü), an die das Tonsignal (s_1) abgegeben wird, gelegt ist.

2. Entzerrerschaltung nach Patentanspruch 1 mit Bildung einer Filterfunktion erster Ordnung (Anhebung oder Absenkung der Höhen oder Tiefen), **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ausgangsgröße (a) des auf je einen vorgegebenen Standard-Frequenzgang unveränderbar abgestimmten Digitalfilters (F) als eine Linearkombination $a(k) = A \cdot x(k) + B \cdot s_t(k)$ der Eingangsgröße $s_t(k)$ und eines internen Rechenparameters $x(k)$ zum gegebenen Abtastzeitpunkt (k) gewonnen und der Wert des internen Rechenparameters $x(k+1)$ für den jeweils nachfolgenden Abtastzeitpunkt ($k+1$) aus einer weiteren Linearkombination $x(k+1) = C \cdot x(k) + D \cdot s_t(k)$ des internen Rechenparameters $x(k)$ und der Eingangsgröße $s_t(k)$ zum gegebenen Abtastzeitpunkt (k) gewonnen wird.

3. Entzerrerschaltung nach Patentanspruch 1, mit Bildung einer Filterfunktion zweiter Ordnung, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ausgangsgröße (a) des auf einen vorgegebenen Standard-Frequenzgang abgestimmten Digitalfilters (F) als eine Linearkombination $a(k) = A_1x_1(k) + A_2x_2(k) + Bs_t(k)$ der Eingangsgröße $s_t(k)$ und zweier interner Rechenparameter $x_1(k)$ und $x_2(k)$ zum gegebenen Abtastzeitpunkt (k) gewonnen wird und daß die Werte der internen Rechenparameter $x_1(k+1)$, $x_2(k+1)$ für den jeweils nachfolgenden Abtastzeitpunkt ($k+1$) aus weiteren Linearkombinationen

$$\begin{aligned}x_1(k+1) &= a_{11}x_1(k) + a_{12}x_2(k) + D_1s_t(k), \\x_2(k+1) &= a_{21}x_1(k) + a_{22}x_2(k) + D_2s_t(k)\end{aligned}$$

der internen Rechenparameter $x_1(k)$, $x_2(k)$ und der Eingangsgröße $s_t(k)$ zum gegebenen Abtastzeitpunkt (k) gewonnen werden.

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

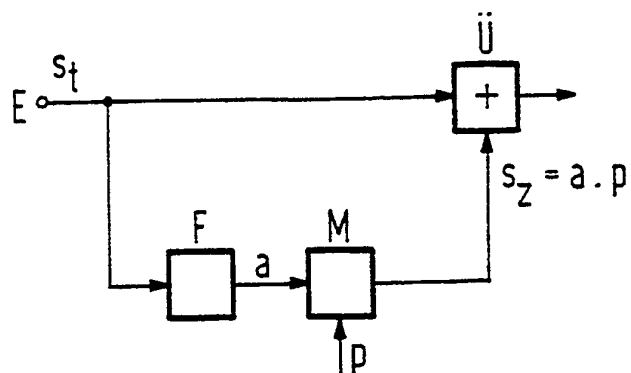


FIG. 1

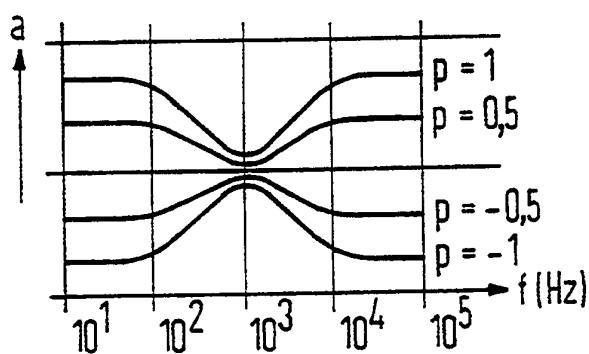


FIG. 2

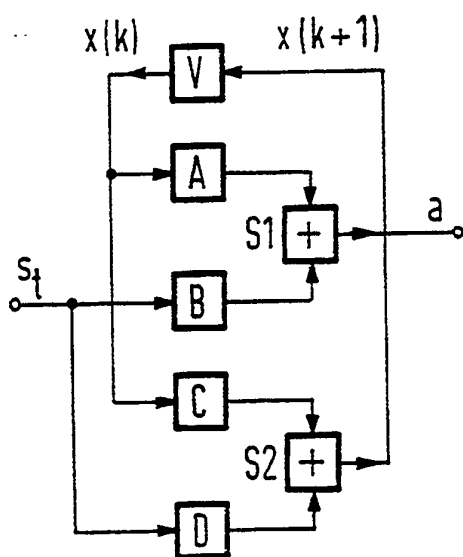


FIG. 3

FIG. 4

