



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer :

**0 031 019
B1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift :
21.03.84

(51) Int. Cl.³ : **G 10 H 1/10**

(21) Anmeldenummer : **80106892.5**

(22) Anmeldetag : **08.11.80**

(54) **String-Chorus-Schaltung.**

(30) Priorität : **22.12.79 DE 2952113**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :
01.07.81 Patentblatt 81/26

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenter-
teilung : **21.03.84 Patentblatt 84/12**

(84) Benannte Vertragsstaaten :
FR GB IT NL

(56) Entgegenhaltungen :
DE-A- 2 309 321
DE-A- 2 337 041
DE-A- 2 607 136
DE-A- 2 814 402
US-A- 3 995 235
US-A- 4 080 861

(73) Patentinhaber : **Matth. Hohner AG**
Hohnerstrasse 8
D-7218 Trossingen (DE)

(72) Erfinder : **Sonnabend, Werner**
Käppelesäcker 2
D-7218 Trossingen 1 (DE)

(74) Vertreter : **Dipl.-Ing. H. Marsch Dipl.-Ing. K. Sparing**
Dipl.-Phys.Dr. W.H. Röhl Patentanwälte
Rethelstrasse 123
D-4000 Düsseldorf (DE)

EP 0 031 019 B1

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt 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).

String-Chorus-Schaltung

Die Erfindung betrifft eine sogenannte « String-Chorus-Schaltung » für ein elektronisches Musikinstrument.

Phasenmodulations-Einrichtungen nach dem Prinzip der modulierten Laufzeit-Verzögerung mittels einer größeren Zahl von Reaktanz-Gliedern mit steuerbaren Verstärkerstufen oder Phasenverschiebungen, die in den einzelnen Gliedern tieffrequent verändert werden, sind seit langem bekannt; vgl. z. B. DE-AS 19 25 946, wobei die dort verwirklichte Art von Vibrato-Effekt auch schon im mehreren Kanälen in verschiedener Weise angewandt beschrieben ist. In der Veröffentlichung « Die MOS-Verzögerungsleitung... », ihre Wirkungsweise und ihre Anwendung zur Erzeugung von Spezialeffekten in elektronischen Orgeln », Firmendruckschrift « Information 023 » der Firma ITT Freiburg, und in dem Aufsatz « Verzögerung von NF-Signalen mit MOS-Eimerketten » von J. Hollmann und R.-D. Burth in der Zeitschrift « Funkschau », 1973, Seiten 967-970 und 1009-1010, ist beschrieben, daß anstelle der Reaktanzketten vorteilhaft die sogenannten « Eimerketten » verwendet werden können, bei denen die Verzögerung durch Änderung der Taktfrequenz verändert werden kann. Diese Eimerketten sind bekanntlich Schieberegister für analoge Signale mit paarweise kettenförmig abwechselnd angeordneten und durch einen Taktschwinger umladbaren Ladungstransferelementen, wobei die Frequenz der Taktschwinger mehr oder weniger periodisch durch tieffrequente Signale moduliert wird, was bereits an sich aus der Fernsehtechnik schon seit langem bekannt ist und dort für die Zeilenverzerrung des Bildes verwendet worden ist.

Durch die DE-B-23 09 321 ist eine Phasenmodulations-Einrichtung bekannt, bei der die Taktfrequenz der MOS-Eimerketten in drei parallelen Kanälen durch tieffrequente Signale moduliert wird, die je Kanal je eine tiefere und eine höhere Komponente — aber beide im Subaudiofrequenzbereich — enthalten, zwischen denen jeweils je Paar gleiche Phasenbeziehungen bestehen, also die Phasenwinkel sowohl für die tiefere als auch für die höhere $n \times 120^\circ$ betragen, wobei $n = 0,1$ oder 2 ist.

Ziel der letztgenannten Einrichtung ist es, den sogenannten « chorischen Effekt », wie er insbesondere bei herkömmlichen Streicherklängen vorkommt, auch bei elektronisch erzeugten Musikklingen möglichst nahekommend nachzubilden. Das Ergebnis der Einrichtung gemäß der DE-AS 23 09 321 ist noch nicht ganz befriedigend, weil die dort vorliegende starre Phasenbeziehung zwischen den einzelnen Komponenten des tieffrequenten Modulationssignals einen mehr oder weniger starren Modulationseffekt, statt des mehr aleatorischen bei den herkömmlichen Streicherklängen, verursacht. Um weitere Abweichungen dieser starren Modulationsformen in Richtung solcher unregelmäßiger Art zu erzie-

len, ist schon vorgeschlagen worden, die Laufzeiten der einzelnen Kanäle selbst durch unterschiedliche Taktfrequenzen unterschiedlich zu wählen, weil dann dabei auch unterschiedliche Modulationseffekte zustande kommen.

Eine Schaltung, die die im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmale aufweist, ist aus der DE-A-2 337 041 bekannt. Bei der bekannten Schaltung sind für jeden Subaudiogenerator eigene Phasenschieber vorgesehen, womit sich einerseits der Aufwand erhöht, andererseits immer noch eine gewisse Regelmäßigkeit der Modulation und damit ein etwas starres Klangbild ergeben, insbesondere auch deshalb, weil dort die beiden Subaudiofrequenzen zueinander in harmonischem Verhältnis stehen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit Hilfe einer Schaltungsanordnung gemäß dem Oberbegriff des 1. Anspruchs den « String-Chorus »-Effekt noch weiterzubilden bzw. noch mehr an das herkömmliche Ideal anzunähern, d. h. dahingehend zu verbessern, daß die periodischen Anteile noch mehr zurückgedrängt und durch eine Häufung von unregelmäßigen Kombinationen von Modulationseffekten — naturgemäß und verständlicherweise ohne bzw. mindestens ohne wesentlichen zusätzlichen technischen Aufwand — ersetzt ist.

Diese Aufgabe wird bei der Schaltung gemäß dem Oberbegriff des 1. Anspruchs erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil des 1. Anspruchs genannten Merkmale gelöst.

Das nicht-sinusförmige Gesamt-Subaudiosignal wird mittels des Umsetzers mit unterschiedlichen Phasenlagen den Modulationseingängen der Taktschwinger zugeführt, wobei die Phasendrehung durch frequenzselektive Netzwerke erfolgt und somit selbst frequenzabhängig ist, so daß die einzelnen Komponenten des Subaudiosignals in unterschiedlicher und zeitlich variabler Phasenlage die Taktschwinger modulieren.

Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß, wenn mit der so ausgebildeten Schaltung die tiefsten Komponenten jeweils pro Stufe um je ca. 120° phasenverschoben werden, dies für jede höhere Komponente des Subaudiosignals nicht mehr zutreffen kann; die Modulation mit diesen höherfrequenten Komponenten erfolgt also nicht mit gleichmäßigem Phasenumlauf der Summe, sondern es erfolgen in unregelmäßiger Weise gebildete Abläufe von Kombinationen, also es wechseln schnellere mit langsameren Abschnitten der Umläufe ab, wobei auch dieser Wechsel bei nicht harmonischen Beziehungen keine erkennbare Periodizität aufweist. In musikalischem Sinne heißt dies, daß der bisherige — gelegentlich oder häufig — langweilige Eindruck der Phasenmodulation nun durch einen lebhafteren, charakteristisch musikalischen Effekt ohne strengere Regelmäßigkeit abgelöst ist.

Es kann aus Kosten- oder Fertigungsgründen zweckmäßig sein, die Aufspaltung des Subaudio-

Modulationssignals für die Schieberegister-Verzögerungsleitungen von vornherein aus einem komplexen Signal abzuleiten, was durch Digital-Tonsynthese ohne weiteres ermöglicht wird. Diese Lösung der oben beschriebenen Aufgabe weicht dann von der nachstehend ausführlicher abgehandelten dadurch ab, daß das nichtsinusförmige Subaudio-Signal als Summe von mindestens zwei verschieden-frequenten Komponenten in Digital-Tonsynthese-Technologie in einem Wellenformspeicher mit tieffrequenter Zähleradressierung der Speicherstellen mit Amplitudenwerten gespeichert ist, dessen Leseeingänge mit phasenverschobenen und/oder frequenzverschiedenen Signalspannungen von Subaudiofrequenz beaufschlagt werden.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Im folgenden ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung erläutert; es stellen dar:

Figur 1 Ein Schaltbild des in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung verwendeten Umsetzers, und

Figur 2 Ein Gesamt-Blockschaltbild für die Verwendung der Schaltungsanordnung in einem elektronischen Musikinstrument.

In Fig. 1 sind die beiden Tiefton-Oszillatoren 1, 2 erkennbar, von denen der eine auf die tiefere und der andere auf die höhere der beiden Subaudiofrequenzen der Komponenten des Subaudio-Signals abgestimmt ist. Der Oszillator 1 umfaßt einen handelsüblichen Schaltkreis « LM 566 » mit einer äußeren Beschaltung durch Festwiderstand 3 und Einstellwiderstand 4, Kondensator 5, positivem und negativen Pol 6 bzw. 7 der Stromquelle, sowie einen Spannungsteiler-Abgriff 8 davon. Für den anderen Tieftonoszillator 2 gilt dasselbe entsprechend, lediglich mit anderer Dimensionierung des Kondensators 9. Die Festkörperschaltkreise LM 566 sind an sich zum Aufbau von Oszillatoren bestimmt und geeignet, deren Frequenz durch Gleichspannungsänderungen beeinflusst bzw. geändert werden kann. Diese Funktion wird im vorliegenden Falle jedoch nicht ausgenutzt, sondern dient nur der Beschreibung des Oszillators 1, 2.

Die Ausgänge 10, 11 sind, über Entkopplungswiderstände 12, 13 mit einem gemeinsamen Belastungswiderstand 14 verbunden und der gemeinsame Spannungsknoten dient als Quelle für das komplexe, d. h. nicht-sinusförmige Subaudiofrequenz-Signal, das am Eingang der Umsetzerbaugruppe liegt, die drei Ausgangsklemmen 16, 17, 18 für verschiedene abgeleitete Teilsignale aufweist.

An die Eingangsklemme 19 ist zunächst über einen funktionstechnisch unwichtigen Blockkondensator 20 und einen Entkopplungswiderstand 21 der invertierende Eingang 22 des Operationsverstärkers 23 angeschlossen, der in an sich bekannter Weise für Verstärkungseinstellung durch einen ohm'schen Widerstand 24, sowie zur Stabilisierung gegen unerwünschte Selbsterregung durch den Kondensator 25 vom Ausgang

26 auf den invertierenden Eingang 22 rückgekoppelt ist. An den Ausgang 26 dieser Verstärkerstufe ist ein weiterer Operationsverstärker 27 in prinzipiell gleicher Beschaltung angeschlossen, lediglich mit dem Unterschied, daß das Signal am Ausgang 26 sowohl über den Entkopplungswiderstand 28 auf den invertierenden Eingang 29 als auch über ein RC-Hochpaß-Glied 29' mit einer Zeitkonstante etwa gleich dem Kehrwert der Frequenz der höherfrequenten der beiden Komponenten des Subaudiosignals auf den nichtinvertierenden Eingang gelegt ist; bezüglich des Gegenkopplungskreises 30 ist die Beschaltung des Operationsverstärkers 27 gleich ausgeführt wie bei dem Operationsverstärker 23. An den Ausgang 31 des Operationsverstärkers 27 sind die beiden Eingänge des Operationsverstärkers 32 mit dem Ausgang 33 in praktisch identischer Weise beschaltet wie ersterer angeschlossen. Gewisse Unterschiede sind bei der Dimensionierung der RC-Hochpaß-Glieder 29' und 34 (im Falle des Operationsverstärkers 32) durch Wahl der Widerstände R_x vorgesehen.

Die Signale auf den Ausgängen 26, 31 und 33 beaufschlagen die invertierenden Eingänge 35, 36 und 37 der Operationsverstärker 38, 39 und 40, deren Ausgänge die bereits erwähnten Ausgänge 16, 17 und 18 des Umsetzers 15 sind. Die Operationsverstärker 38, 39, 40 sind mit im wesentlichen gleichen Parallel-RC-Gliedern 41, 42, 43 von einer Zeitkonstante gegengekoppelt, die mindestens annähernd gleich dem Kehrwert der Frequenz der tieferfrequenten Komponente des Subaudiofrequenz-Signals an der Eingangsklemme 19 ist. Die nichtinvertierenden Eingänge, z. B. 44, 45 und die Fußpunkte der Widerstände der Hochpaß-RC-Glieder 29, 34 sind über die Leitung 46 mit einer Betriebsspannungs-Siebschaltung 47 verbunden und über diese mit Betriebs-Gleichspannung versorgt.

Sowohl die Hochpaß-RC-Glieder 29, 34, als auch die Parallel-RC-Gegenkopplungsglieder 41, 42, 43 mit Tiefpaßwirkung führen den Effekt herbei, daß die tieferfrequente Komponente des Subaudiofrequenz-Signals am Eingang 19 an den Ausgangsklemmen 16, 17 und 18 um 0° , 120° bzw. 240° phasenverschoben erscheinen, während die Phasenwinkel der höherfrequenten Komponente bzw. Komponenten von 0° aus zwischen 90° und 120° , genauer um wenig mehr als 90° bzw. zwischen 180° und 240° (plus ein ganzzahliges Vielfaches von 90°) betragen. Diese paarweise je Kanal nicht gleichen Phasenverschiebungen der Komponenten in den Signalen an den Ausgängen 16, 17 und 18 bewirken, daß wesentlich kompliziertere Modulations-Überschneidungen zustande kommen, als bei einer Modulation mit zwei Komponenten, deren Phasenbeziehungen sich starr periodisch wiederholen.

In Fig. 2 liegen an einem Ausgang des Tonfrequenzgenerators 51 über die drei Leitungen 52, 53, 54 die Laufzeitverzögerungs-Einrichtungen 55, 56, 57 gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, deren Schieberegister durch die Taktsignale

der Taktschwinger 58, 59, 60 gemäß den Ausgangssignalen der spannungsabhängigen, d. h. durch eine Spannung frequenzmodulierbaren Subaudio-Oszillatoren 61, 62, 63 (z. B. 30 kHz, 55 kHz, 80 kHz) gesteuert werden. Die Ausgangssignale der Laufzeitverzögerung-Einrichtungen 55, 56, 57 sind über Mischer 64 mit Klangfärbungsmitteln, Pegeleinstellung usw. zusammen mit dem Ausgangssignal einer weiteren, über die direkte Leitung 65 an einen weiteren Ausgang 66 des Tonfrequenzgenerators 51 angeschlossenen ähnlichen Baueinheit 67 an die Eingänge 68, 69 einer weiteren Mischstufe 70 und von dieser auf den Eingang 71, eines Leistungsverstärkers 72 gekoppelt, dessen Ausgangssignal die Vorwiedergabe-Einrichtung 73 beaufschlagt. Die Subaudiofrequenz-Oszillatoren 61, 62, 63 werden frequenzmoduliert durch die auf den drei Ausgängen 16, 17, 18 auf tretenden Signale der erfindungsgemäß vorgesehenen String-Chorus-Schaltung mit dem Umsetzer 15, an dessen Eingang der Ausgang 19 des Generators 1 + 2 für ein nicht sinusförmiges Subaudio-Signal mit mindestens zwei sinusförmigen vorzugsweise nicht-harmonischen Komponenten angeschlossen ist.

Ansprüche

1. String-Chorus-Schaltung für ein elektronisches Musikinstrument, die zwischen Audio-Generator-Ausgänge des elektronischen Musikinstrumentes und den Wiedergabeteil des Instruments schaltbar ist und die folgenden Komponenten aufweist:

a) eine Laufzeit-Verzögerungs-Einrichtung mit mindestens zwei parallelen Übertragungskanälen, die Schieberegister für analoge Signale mit paarweise kettenförmig abwechselnd angeordneten und durch einen Taktschwinger umladbaren Ladungstransferelementen und ein nachgeschaltetes Tiefpaßfilter mit Durchlaßbereich für die Audiosignale umfaßt,

b) und eine Subaudiogenerator-Einrichtung, die Phasenschieber-Einrichtungen zwischen dem Ausgang einer ihr zugeordneten Subaudio-Wechselspannungsquelle und einem Eingang der Laufzeit-Verzögerungs-Einrichtung aufweist, wobei die Phasenverschiebungen der Subaudio-komponenten in den Ausgangssignalen der Laufzeit-Verzögerungs-Einrichtung von Ausgang zu Ausgang für die einzelnen Frequenzen unterschiedlich sind und die Subaudio-Wechselspannungsquelle für die Erzeugung von mindestens zwei sinusförmigen, in der Frequenz unterschiedlichen, vorzugsweise nichtharmonischen Subaudiokomponenten ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß als deren gemeinsame Phasenschiebereinrichtung ein Umsetzer (15) vorgesehen ist, der für jeden Taktschwinger (58, 59, 60) einen getrennten, zu einem Modulationseingang des Taktschwingers führenden Ausgang (16, 17, 18) aufweist und kaskadengeschaltete Verstärkerstufen (23, 27, 32) umfaßt, mittels denen frequenzabhängige Phasendrehungen ein-

geführt werden, und daß die Ausgänge (16, 17, 18) zu den Taktschwingern hinter einzelnen Stufen abgreifbar sind.

2. String-Chorus-Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den einzelnen Verstärkerstufen (23, 27, 32) und den zugeordneten Ausgängen (16, 17, 18) zu den Taktschwingern (58, 59, 60) je ein Inverter (38, 39, 40) vorgesehen ist.

3. String-Chorus-Schaltung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Verstärkerstufe (27, 32) in ihrem Eingang ein Hochpaßglied (29', 34) aufweist, dessen Grenzfrequenz etwa gleich der höchstfrequenten Komponente des Subaudioeingangssignals ist.

4. String-Chorus-Schaltung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Inverter (38, 39, 40) ein Gegenkopplungsnetzwerk (41, 42, 43) aufweist, das als Tiefpaß mit einer Grenzfrequenz etwa gleich der tiefstfrequenten Komponente des Subaudioeingangssignals ist.

5. String-Chorus-Schaltung nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärkerstufen (23, 27, 32) und die Inverter (38, 39, 40) je einen Operations-Verstärker umfassen und der Ausgang (26, 31, 33) der Verstärkerstufen an den invertierenden Eingang (35, 36, 37) der Inverterverstärker gekoppelt ist.

6. String-Chorus-Schaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Grenzfrequenz des Hochpaßgliedes veränderlich ist.

Claims

1. String chorus circuit for an electronic musical instrument which can be connected between audio generator outputs of the electronic musical instrument and the reproduction part of the instrument and has the following components:

a) a travel time delaying device with at least two parallel transmission channels which device comprises shift registers for analogue signals with charge transfer elements disposed pairwise alternately in the manner of a chain and dischargeable by means of a clock oscillator, and a subsequent low pass filter with pass band for the audio signals;

b) and a sub-audio generator device which has phase shift devices between the output of a sub-audio A. C. source assigned to it and an input of the travel time delaying device, the phase shifts of the sub-audio components in the output signals of the travel time delaying device being different for the individual frequencies, and the sub-audio A. C. source being constructed for the generation of at least two sinusoidal sub-audio components different in frequency, preferably non-harmonic, characterized in that for their common phase shift device provision is made for a transducer (15) which has for each clock oscillator (58, 59, 60) a separate output (16, 17, 18) leading to a modulation input of the clock oscillator and has cascade-connected amplifier stages (23, 27, 32) by means of which frequency-dependent phase

shifts are introduced, and in that the outputs (16, 17, 18) to the clock oscillators can be tapped behind individual stages.

2. String chorus circuit according to Claim 1, characterized in that an inverter (38, 39, 40) is in each case provided between the individual amplifier stages (23, 27, 32) and the associated outputs (16, 17, 18) to the clock oscillators (58, 59, 60).

3. String chorus circuit according to Claim 1 or 2, characterized in that at least one amplifier stage (27, 32) has a high pass element (29', 34) in its input, the cut-off frequency of said high pass element being substantially equal to the highest frequency component of the sub-audio input signal.

4. String chorus circuit according to Claim 2, characterized in that each inverter (38, 39, 40) has a negative feedback network (41, 42, 43) which is as a low pass with a cut-off frequency substantially equal to the lowest frequency component of the sub-audio input signal.

5. String chorus circuit according to one of Claims 1 to 4, characterized in that the amplifier stages (23, 27, 32) and the inverters (38, 39, 40) each have an operation amplifier and the output (26, 31, 33) of the amplifier stages is coupled to the inverting input (35, 36, 37) of the inverter amplifier.

6. String chorus circuit according to Claim 3, characterized in that the cut-off frequency of the high pass element is variable.

Revendications

1. Circuit d'ensemble à cordes pour un instrument de musique électronique pouvant être connecté entre les sorties d'un générateur de signaux de son de l'instrument de musique électronique et la partie de reproduction de l'instrument et comprenant les composants suivants :

a) un dispositif de retard de temps de transit avec au moins deux canaux en parallèle, le registre à décalage pour des signaux analogiques comportant des éléments à transfert de charge disposés alternativement par paires en forme de chaîne et dont les charges sont transférées par un oscillateur d'horloge, et un filtre passe-bas connecté derrière avec une bande passante pour les signaux de fréquence audible,

b) et un dispositif générateur de fréquence

infrasonore, qui comporte des dispositifs déphaseurs entre la sortie de la source de tension alternative infrasonore qui lui est associée et une entrée du dispositif de retard de temps de transit, les déphasages des composantes infrasonores dans les signaux de sortie du dispositif de retard de temps de transit étant différents d'une sortie à l'autre pour les fréquences individuelles et la source de tension alternative infrasonore produisant au moins deux composantes infrasonores, non sinusoïdales, de préférence non harmoniques, de fréquences différentes, caractérisé en ce qu'un convertisseur (15) est prévu comme dispositif déphaseur commun qui comporte pour chaque oscillateur d'horloge (58, 59, 60) une sortie séparée (16, 17, 18) reliée à une entrée de modulation de l'oscillateur d'horloge et comporte des étages d'amplificateurs (23, 27, 32) connectés en cascade au moyen desquels un décalage de phase dépendant de la fréquence est effectué et que les sorties (16, 17, 18) pour les oscillateurs d'horloge peuvent être prélevées derrière les étages individuels.

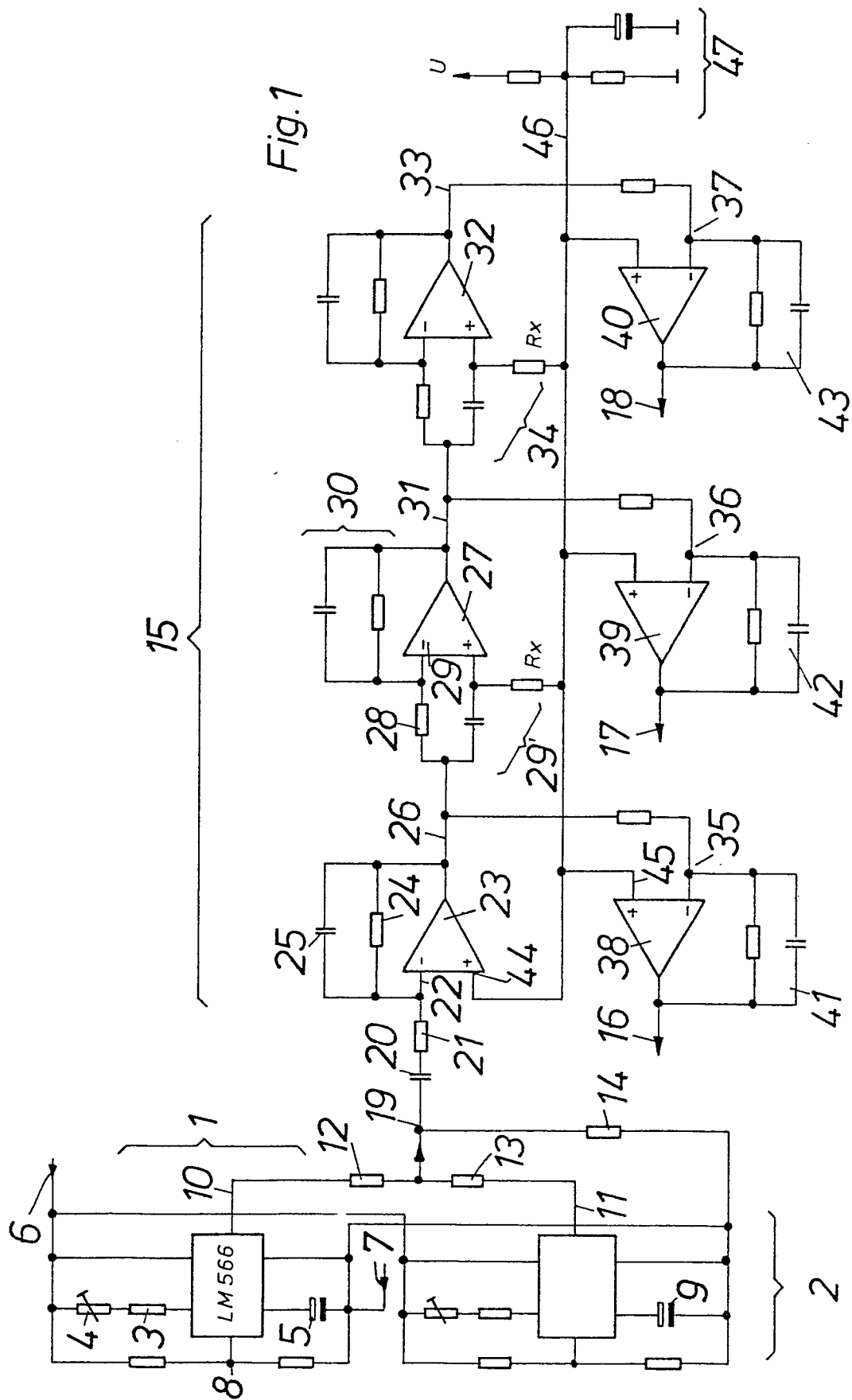
2. Circuit d'ensemble à cordes selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un inverseur (38, 39, 40) est prévu entre les étages d'amplificateurs (23, 27, 32) individuels et les sorties (16, 17, 18) associés vers les oscillateurs d'horloge.

3. Circuit d'ensemble à cordes selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'au moins un étage d'amplification (27, 32) comporte à son entrée un circuit passe-haut (29', 34) dont la fréquence de coupure est à peu près égale à celle de la composante de fréquence la plus élevée du signal infrasonore.

4. Circuit d'ensemble à cordes selon la revendication 2, caractérisé en ce que chaque inverseur (38, 39, 40) comporte un circuit de contre-réaction (41, 42, 43) comme circuit passe-bas avec une fréquence de coupure à peu près égale à celle de la composante de plus basse fréquence du signal infrasonore.

5. Circuit d'ensemble à cordes selon les revendications 1-4, caractérisé en ce que les étages d'amplification (23, 27, 32) et les inverseurs (38, 39, 40) consistent chacun en un amplificateur opérationnel, la sortie (26, 31, 33) des étages d'amplification étant connectée à l'entrée inverseuse (35, 36, 37) de l'amplificateur inverseur.

6. Circuit d'ensemble à cordes selon la revendication 3, caractérisé en ce que la fréquence de coupure des circuits passe-haut est variable.



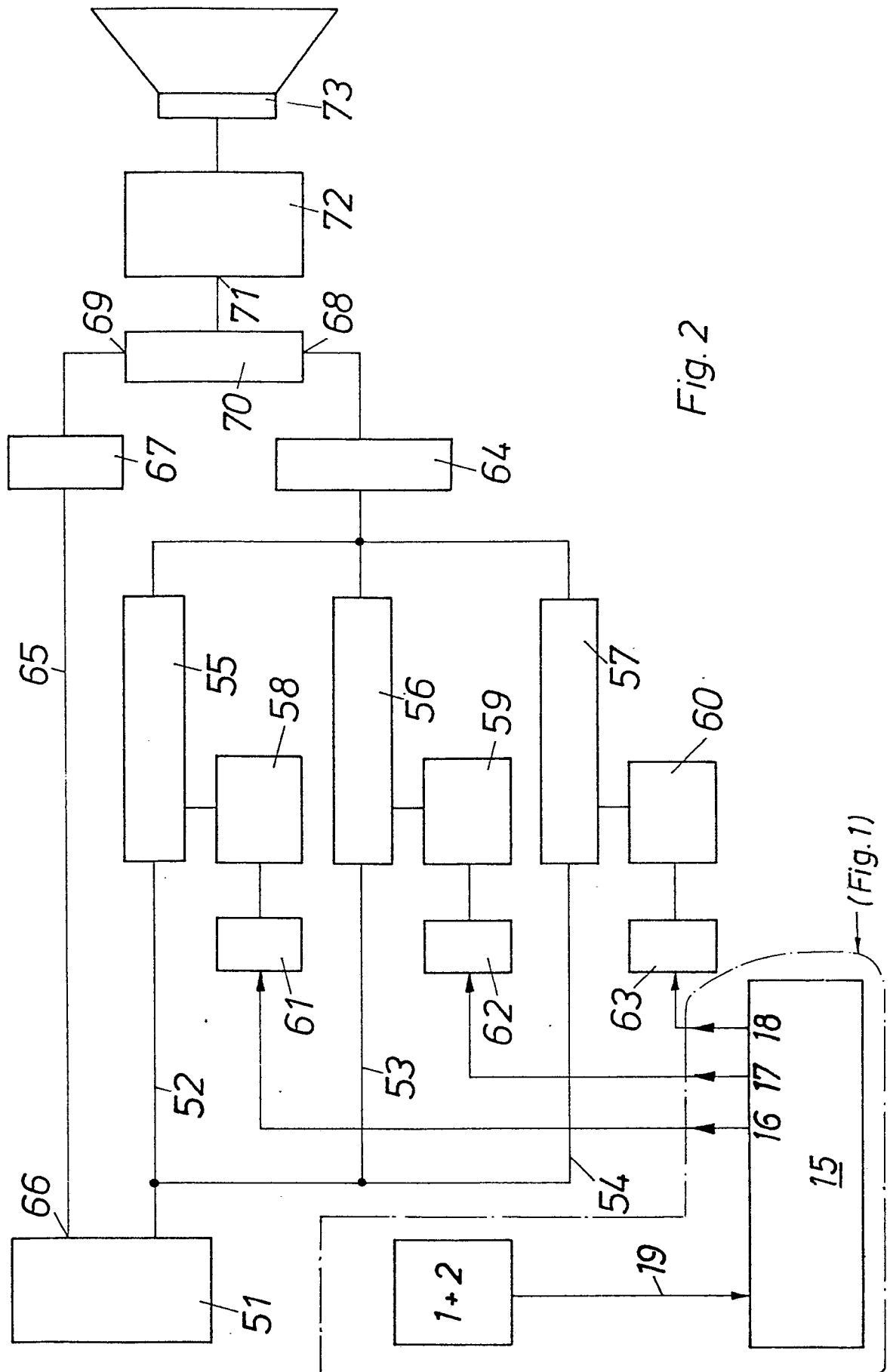


Fig. 2

(Fig. 1)