

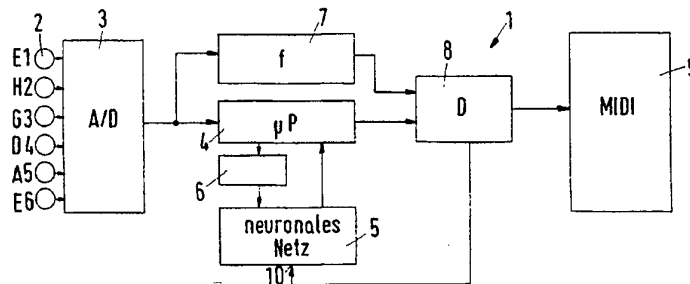


**PCT** WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

|   |                  |  |
|---|------------------|--|
| <p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :<br/><b>G10H 3/18</b></p>   | <p><b>A1</b></p> | <p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 95/16984</b><br/><br/>(43) Internationales<br/>Veröffentlichungsdatum: 22. Juni 1995 (22.06.95)</p>  |
| <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP94/03917<br/>(22) Internationales Anmeldedatum: 26. November 1994 (26.11.94)<br/><br/>(30) Prioritätsdaten:<br/>P 43 43 411.8 18. December 1993 (18.12.93) DE<br/><br/>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): BLUE CHIP MUSIC GMBH [DE/DE]; Industriestrasse, D-56283 Halsenbach (DE).<br/><br/>(72) Erfinder; und<br/>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SZALAY, Andreas [DE/DE]; Lindenstrasse 1, D-56281 Emmelshausen (DE).<br/><br/>(74) Anwälte: KNOBLAUCH, Andreas usw.; Kühhornshofweg 10, D-60320 Frankfurt am Main (DE).</p> |                  | <p>(81) Bestimmungsstaaten: AU, BR, CA, HU, JP, KR, NO, PL, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).<br/><br/><b>Veröffentlicht</b><br/><i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p> |

(54) Title: SIGNAL-ANALYSIS DEVICE WITH AT LEAST ONE TENSIONED STRING AND A RECEIVER

(54) Bezeichnung: SIGNALANALYSEEINRICHTUNG MIT MINDESTENS EINER GESPANNTEN SAITE UND EINEM AUFNEHMER



5...NEURAL NETWORK

**(57) Abstract**

Described is a signal-analysis device (1) with at least one tensioned string (E1, H2, G3, D4, A5, E6) whose oscillating length can be varied by pressing the string against at least one tie-bar, the device also having a receiver (2) and an evaluation unit (3 to 9) connected to the receiver. The aim of the invention is to provide a guitar synthesizer which provides the desired note data relatively rapidly after stimulation of the string. This is achieved by virtue of the fact that the evaluation unit (3 to 9) detects pulses or pulse groups which, following stimulation of the string (E1, H2, G3, D4, A5, E6), pass along the string past the receiver (2), the evaluation unit generating from the sequence of pulses or pulse groups a signal which represents a note.

**(57) Zusammenfassung**

Es wird eine Signalanalyseeinrichtung (1) angegeben mit mindestens einer gespannten Saite (E1, H2, G3, D4, A6, E6), deren schwingungsfähige Länge durch Anlage an mindestens einem Bund veränderbar ist, mit einem Aufnehmer (2) und mit einer mit dem Aufnehmer verbundenen Auswerteeinrichtung (3-9). Hiermit soll ein Gitarren-Synthesizer realisiert werden, der relativ schnell nach dem Anregen der Saite die gewünschte Tonhöheninformationen zur Verfügung stellen kann. Hierzu erfaßt die Auswerteeinrichtung (3-9) Impulse oder Impulsgruppen, die nach einer Anregung der Saite (E1, H2, G3, D4, A5, E6) auf der Saite an dem Aufnehmer (2) vorbeilaufen, und erzeugt aufgrund der zeitlichen Folge der Impulse oder der Impulsgruppen ein Signal, das eine Tonhöhe darstellt.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

|    |                                |    |                                   |    |                                |
|----|--------------------------------|----|-----------------------------------|----|--------------------------------|
| AT | Österreich                     | GA | Gabon                             | MR | Mauretanien                    |
| AU | Australien                     | GB | Vereinigtes Königreich            | MW | Malawi                         |
| BB | Barbados                       | GE | Georgien                          | NE | Niger                          |
| BE | Belgien                        | GN | Guinea                            | NL | Niederlande                    |
| BF | Burkina Faso                   | GR | Griechenland                      | NO | Norwegen                       |
| BG | Bulgarien                      | HU | Ungarn                            | NZ | Neuseeland                     |
| BJ | Benin                          | IE | Irland                            | PL | Polen                          |
| BR | Brasilien                      | IT | Italien                           | PT | Portugal                       |
| BY | Belarus                        | JP | Japan                             | RO | Rumänien                       |
| CA | Kanada                         | KE | Kenya                             | RU | Russische Föderation           |
| CF | Zentrale Afrikanische Republik | KG | Kirgisistan                       | SD | Sudan                          |
| CG | Kongo                          | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | SE | Schweden                       |
| CH | Schweiz                        | KR | Republik Korea                    | SI | Slowenien                      |
| CI | Côte d'Ivoire                  | KZ | Kasachstan                        | SK | Slowakei                       |
| CM | Kamerun                        | LI | Liechtenstein                     | SN | Senegal                        |
| CN | China                          | LK | Sri Lanka                         | TD | Tschad                         |
| CS | Tschechoslowakei               | LU | Luxemburg                         | TG | Togo                           |
| CZ | Tschechische Republik          | LV | Lettland                          | TJ | Tadschikistan                  |
| DE | Deutschland                    | MC | Monaco                            | TT | Trinidad und Tobago            |
| DK | Dänemark                       | MD | Republik Moldau                   | UA | Ukraine                        |
| ES | Spanien                        | MG | Madagaskar                        | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| FI | Finnland                       | ML | Mali                              | UZ | Usbekistan                     |
| FR | Frankreich                     | MN | Mongolei                          | VN | Vietnam                        |

Signalanalyseeinrichtung mit mindestens einer  
gespannten Saite und einem Aufnehmer

Die Erfindung betrifft eine Signalanalyseeinrichtung mit mindestens einer gespannten Saite, deren schwingungsfähige Länge durch Anlage an mindestens einen Bund veränderbar ist, mit einem Aufnehmer und mit einer mit dem Aufnehmer verbundenen Auswerteeinrichtung.

Eine derartige Signalanalyseeinrichtung kann man auch kurz als "Gitarren-Synthesizer" bezeichnen.

10 In der modernen Pop- und Rockmusik gibt es eine zunehmende Tendenz dahin, die Musikinstrumente nicht mehr direkt zur Ton- oder Klangerzeugung einzusetzen, sondern lediglich elektrische Signale zu produzieren oder zu analysieren und umzusetzen, die durch Computer oder  
15 andere Schaltungen weiter verarbeitet werden. Zu diesem Zweck gibt es standardisierte Schnittstellen, von denen die MIDI-Schnittstelle relativ bekannt geworden ist.

20 Während eine derartige Signalerzeugung oder -analyse bei Tasten-Musikinstrumenten mit relativ wenig Schwierigkeiten verbunden ist, weil hier einer Taste genau

- 2 -

eine Tonhöhe zugeordnet ist und die Lautstärke gegebenenfalls über die Anschlaggeschwindigkeit der Taste ermittelt werden kann, bereitet die Signalanalyse bei Saiten-Instrumenten, beispielsweise Gitarren, erhebliche Schwierigkeiten. Bei derartigen Saiten-Instrumenten ist zwar jeder Saite ein Grundton zugeordnet. Durch Niederdrücken der Saite an verschiedenen Abgriffen oder Bündlen läßt sich die Tonhöhe einer gezupften, geschlagenen oder anders angeregten Saite jedoch variieren. Um die richtige Tonhöhe zu ermitteln, muß man daher zunächst die Ausbildung eines derartigen Tones abwarten und dann die Frequenz oder Dauer mindestens einer, vorzugsweise aber mehrerer Perioden ausmessen, um die Tonhöhe mit der nötigen Zuverlässigkeit herausfinden zu können.

US 4 823 667 zeigt daher eine Signalanalyseeinrichtung als elektronisches Musikinstrument, das nach Art einer Gitarre betätigt wird, bei dem ein Frequenz-Analysierer vorgesehen ist, der die Frequenz der angeregten Saite ermittelt. Eine derartige Vorgehensweise führt jedoch zu zeitlichen Problemen. Bei einer normalen Gitarre hat der tiefste Ton eine Frequenz von etwa 80 Hz (genau: 82 Hz), so daß eine volle Schwingung etwa 12,5 ms Zeit beansprucht. Da man aus Sicherheitsgründen üblicherweise zwei Schwingungen ausmessen möchte, um zu zuverlässigen Aussagen zu kommen, summiert sich die notwendige Zeit bereits zu 25 ms. Hierbei ist noch nicht berücksichtigt, daß die Saite nach dem Anregen, z.B. durch Zupfen oder Schlagen, noch eine gewisse Zeit benötigt, um in den eingeschwungenen Zustand zu gelangen. Hierfür ist in der Regel ebenfalls ein nicht zu vernachlässigender Zeitraum anzusetzen, der durchaus das Doppelte einer Periodenlänge betragen kann, so daß die gewünschte Tonhöheninformation erst nach 50 ms zur Verfügung steht. Eine zeitliche Verzögerung von 50 ms ist für einen Musiker aber bereits deutlich merkbar. Sie ent-

- 3 -

spricht der Aufstellung der Lautsprecherbox in einer Entfernung von etwa 15 m.

Als alternative Lösungsmöglichkeit für dieses Problem hat man daher in US 5 085 119 Schalter auf dem Gitarrenhals vorgesehen, die beim Niederdrücken der entsprechenden Saite an den gewünschten Bund betätigt werden. Die Tonhöheninformation wird dann aber, genau wie bei einem Tasteninstrument, nicht mehr durch die Saitenschwingung, sondern durch das Niederdrücken eines Schalters gewonnen. Dies erschwert das Spielen beträchtlich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Gitarren-Synthesizer die Tonhöheninformation schneller gewinnen zu können.

Diese Aufgabe wird bei einer Signalanalyseeinrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Auswerteeinrichtung Impulse oder Impulsgruppen erfaßt, die nach einer Anregung der Saite auf der Saite an dem Aufnehmer vorbeilaufen, und aufgrund der zeitlichen Folge der Impulse oder der Impulsgruppen ein Signal erzeugt, das eine Tonhöhe darstellt.

Man wartet also nicht mehr ab, bis sich auf der Saite eine Schwingung ausgebildet hat, die dann ausgemessen wird, man wertet vielmehr sogenannte "Zupftransienten" aus, also Impulse oder Impulsfolgen, die sich beim Anregen der Gitarrensaite ergeben. Wird eine Gitarrensaite gezupft oder geschlagen, entstehen im einfachsten Fall zwei Impulse oder Wanderwellen, die sich von der Anregungsstelle her in Richtung auf die Einspannstellen der Saite bzw. auf die Stelle zu bewegen, wo die Saite an den Bund niedergedrückt ist. Dort werden sie reflektiert und laufen wieder aufeinander zu. Nach einigen Hin- und Herläufen bildet sich dann die bekannte ste-

- 4 -

hende Welle aus, die für die Tonerzeugung normalerweise verantwortlich ist. Man kann nun aber die Laufzeit dieser Impulse auf der Saite ausmessen oder auswerten und aus der Laufzeit bzw. der Laufzeitdifferenz zwischen  
5 einzelnen Impulsen die notwendige Information über die Saitenlänge und -spannung und damit über die Tonhöhe gewinnen. Natürlich werden sich in Wirklichkeit nicht einzelne Impulse bilden, sondern Impulsgruppen. Dies ändert jedoch nichts am der Erfindung zugrunde liegenden Prinzip.  
10

Vorzugsweise erfaßt die Auswerteeinrichtung auch die Polarität der Impulse oder Impulsgruppen und ermittelt aus der zeitlichen Folge der Impulse oder Impulsgruppen  
15 ein Signal, das die Anregungsposition der Saite darstellt. Die Anregungsposition der Saite, d.h. die Stelle, an der die Saite gezupft oder geschlagen oder auf andere Weise in Bewegung gesetzt wird, ist beim Gitarrenspiel eine der herausragenden Gestaltungsmöglichkeiten für den Spieler. Da man zwei Impulse oder Impulsgruppen zur Verfügung hat, die sich von der Anregungsposition aus in entgegengesetzte Richtungen auf der Saite fortbewegen und mit entsprechenden Zeitverzögerungen an den jeweiligen Einspannstellen der Saiten  
20 reflektiert werden, kann man aufgrund der unterschiedlichen Laufzeiten der Impulse auch eine Information darüber gewinnen, wo die Anregungsstelle gelegen hat. Diese Information gewinnt man praktisch genauso schnell, wie die Information über die Tonhöhe, so daß  
25 die Ermittlung der Anregungsposition keine weitere Zeitverzögerung bedeutet.  
30

Vorzugsweise weist die Auswerteeinrichtung ein neuronales Netz auf, das jede Folge von Impulsen oder Impulsgruppen in eine aus einer Vielzahl von Klassen klassifiziert. Die Folgen von Impulsen oder Impulsgruppen, die einer bestimmten Tonhöhe zuzuordnen sind, haben je-  
35

- 5 -

weils wesentliche Gemeinsamkeiten, die ein neuronales Netz relativ leicht herausfinden kann. Man kann sich hier mit Ähnlichkeiten zwischen den einzelnen Impulsfolgen oder Folgen von Impulsgruppen zufrieden geben, ohne daß man jede Impulsfolge zeitlich genau auswerten muß. Die zeitlich genaue Auswertung kann gelegentlich mit Schwierigkeiten verbunden sein, wenn die Impulse nicht in der gewünschten Reinheit vorliegen, sondern von Störgeräuschen umlagert sind. In diesem Fall kann es gelegentlich schwierig werden, genaue Start- und Endzeitpunkte für die Bemessung der Abstände von einzelnen Impulsen oder Impulsgruppen zu definieren. Ein neuronales Netz hingegen kann so programmiert werden, daß es die Entscheidung, welche Tonhöhe vorliegt und an welcher Position die Saite angeregt worden ist, einfach aufgrund von Ähnlichkeiten trifft. Ein neuronales Netz hat hierbei den Vorteil, daß es nicht unbedingt explizit vorgegebene Regeln braucht, nach denen es die Ähnlichkeiten beurteilt. Ein neuronales Netz kann vielmehr trainiert werden, d.h. durch die Präsentation einer Vielzahl von Beispielen mit den richtigen Ergebnissen bildet es sich selber Algorithmen oder Steuerverhalten aus, die es befähigt, nachfolgende Beispiele richtig einzuordnen. Ein neuronales Netz kann darüber hinaus in gewissem Umfang auch Verallgemeinerungen treffen, wobei es die Regeln für die Verallgemeinerungen selbst bildet. Das neuronale Netz ist daher in der Lage, Impulsfolgen oder Folgen von Impulsgruppen auch dann relativ genau zu erkennen, wenn die ihm vorgegebene Impulsfolge nicht genau mit einer bereits trainierten Impulsfolge übereinstimmt. Da neuronale Netze in der Regel mit einer Vielzahl von parallel arbeitenden Prozessoren aufgebaut sind, sind sie schnell genug, um das Tonhöhen-Signal in der erforderlichen kurzen Zeitspanne zur Verfügung zu stellen.

- 6 -

Auch ist bevorzugt, daß die Auswerteeinrichtung eine Vergleichseinrichtung aufweist, die ein von der Saite im eingeschwungenen Zustand gewonnenes Tonhöhen-Signal mit dem aus der Impuls-Folge gewonnenen Signal vergleicht und bei einer Abweichung, die ein vorbestimmtes Maß übersteigt, einen Lernalgorithmus des neuronalen Netzes auslöst. Die Auswerteeinrichtung beschränkt die Tonhöhenenerkennung also nicht auf die Auswertung der "Zupftransienten". Diese Auswertung ist vielmehr nur der Anfang, der es allerdings ermöglicht, das Tonhöhen-Signal innerhalb kürzester Zeit zur Verfügung zu stellen. Die Auswerteeinrichtung überwacht auch, ob das erkannte Signal mit der sich später in der schwingenden Saite ausbildenden Tonhöhe übereinstimmt. Ist dies der Fall war die "Vorhersage" richtig und es sind keine weiteren Maßnahmen notwendig. War die "Vorhersage" jedoch falsch, liegt eine gewisse Wahrscheinlichkeit dafür vor, daß der Algorithmus, nach dem das neuronale Netz die Ähnlichkeit beurteilt hat, fehlerhaft war. In diesem Fall kann das Ergebnis des Vergleichs verwendet werden, um dem neuronalen Netz ein weiteres Trainingsbeispiel zur Verfügung zu stellen. Anhand dieses Trainingsbeispiels kann das neuronale Netz erneut lernen und seinen Erkennungsalgorithmus verbessern.

Vorzugsweise ist dem neuronalen Netz eine Auswahleinrichtung vorgeschaltet, die aus einer Impulsgruppe einzelne Impulse auswählt. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn das neuronale Netz nur eine beschränkte Arbeitskapazität zur Verfügung stellt. In diesem Fall kann man durch eine entsprechende Vorauswahl die Informationsmenge, die das neuronale Netz verarbeiten muß, kleiner halten.



- 7 -

Bevorzugterweise ist für jede Saite ein eigener Aufnehmer vorgesehen. Hierdurch läßt sich eine parallele Ton-signal-Erzeugung für jede Saite realisieren, ohne daß es aufgrund der für alle Saiten unterschiedlichen Zupf-  
5 transienten, also der hin- und herlaufenden Impulse, zu Irritationen der Auswerteeinrichtung kommen kann.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeich-  
10 nung beschrieben. Hierin zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Signalanalyseeinrichtung,

15 Fig. 2 einen schematischen Aufbau einer Saite und

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Signalverlaufes.

20 Eine Signalanalyse- oder -erzeugungseinrichtung 1 weist sechs Saiten E1, H2, G3, D4, A5 und E6 auf, die nach Art einer Gitarre aufgespannt sind. Für jede Saite ist ein Aufnehmer 2 vorgesehen, der beispielsweise als elektromagnetischer oder piezoelektrischer Tonabnehmer  
25 ausgebildet sein kann. Die Aufnehmer 2 sind mit einem Analog/Digital-Wandler 3 verbunden, der im dargestellten Ausführungsbeispiel für jeden Aufnehmer 2 einen Kanal aufweist, also sechskanalig ausgebildet ist.

30 Der Analog/Digital-Wandler 3 ist mit einem Mikroprozessor 4 verbunden, der die Eingangs- und Ausgangsverwaltung für ein neuronales Netz 5 bewerkstelligt. Zwischen dem Mikroprozessor 4 und dem neuronalen Netz 5 kann auch noch eine Auswahleinrichtung 6 vorgesehen sein,  
35 deren Funktion später beschrieben wird.

- 8 -

Ferner ist der Analog/Digital-Wandler 3 mit einem Frequenzmesser 7 verbunden. Der Frequenzmesser 7 und der Mikroprozessor 4 sind mit einer Vergleichseinrichtung 8 verbunden. Die Vergleichseinrichtung 8 ist mit einer MIDI-Schnittstelle 9 verbunden. Die Vergleichseinrichtung 8 ist ebenfalls mit dem neuronalen Netz 5 verbunden und zwar mit einem Lerneingang 10.

Das neuronale Netz 5 empfängt, verwaltet durch den Mikroprozessor 4 und gegebenenfalls aufbereitet durch die Auswahleinrichtung 6, eine Folge von Impulsen oder Impulsgruppen und klassifiziert diese Folgen jeweils in einer aus Vielzahl von bestimmten Klassen. Jede Klasse erlaubt hierbei eine Aussage über die Tonhöhe und gegebenenfalls auch über die Anregungsposition der Saite, wie dies im folgenden erläutert wird.

Fig. 2 zeigt schematisch eine Saite 11, die zwischen einer festen Einspannstelle 12 und einer Einspannstelle 13, an der die Spannung einstellbar ist, aufgespannt ist. Die Saite 11 überspannt einen Gitarrenhals 14, an dem verschiedene Bünde 15 angeordnet sind. Durch einen Pfeil 16 ist ein Bund dargestellt, auf dem die Saite 11 heruntergedrückt ist. Dieser Bund 16 bestimmt zusammen mit der Einspannstelle 12 die wirksame Länge der Saite 11. Unter der Saite ist der zuständige Aufnehmer 2 angeordnet.

Durch ein Dreieck 17, das ein Plektrum oder ein ähnliches Zupf-Werkzeug symbolisieren soll, ist eine Anregungsposition für die Saite 11 dargestellt. Wenn nun die Saite 11 an dieser Anregungsposition gezupft oder geschlagen wird, stellt sich nicht unmittelbar eine stehende Welle mit der Frequenz ein, die für die Tonhöhe charakteristisch ist. Vielmehr beginnt ein Einschwingvorgang, der sich vereinfacht dadurch beschreiben läßt, daß von der Anregungsposition aus zwei Impul-

se 18, 19 nach links und nach rechts laufen. Diese Impulse oder Wanderwellen sind durch eine eingezeichnete 1 und eingezeichnete 2 voneinander unterschieden. Der Impuls 18 läuft nun nach links bis zu dem Bund 16, an dem die Saite niedergehalten ist. Dort wird er unter Phasendrehung reflektiert und läuft wieder zurück. In gleicher Weise läuft der Impuls 19 nach rechts zur Einspannstelle 12, wo er unter Phasendrehung reflektiert wird und wieder zurückläuft. Die hin- und herlaufenden Impulse oder Wellen überlagern sich und bilden nach kurzer Zeit die bekannte stehende Welle aus, mit der die Saite 11 schwingt.

Allerdings laufen die Impulse 18, 19 an dem Aufnehmer 2 vorbei. Ein entsprechendes zeitliches Diagramm ist in Fig. 3 dargestellt. Hier ist zu erkennen, daß der erste Impuls, der eine positive Amplitude aufweisen soll, zu einem Zeitpunkt  $t_1$  den Aufnehmer überquert, während seine Reflektion, nun mit einer negativen Amplitude, zu einem Zeitpunkt  $t_2$  den Aufnehmer überquert. Zu einem Zeitpunkt  $t_3$  erreicht der an der Einspannstelle 12 reflektierte zweite Impuls den Aufnehmer, während er zu einem Zeitpunkt  $t_4$  erneut den Aufnehmer 2 überläuft. Dies ist dann der zum zweiten Mal, nämlich am Bund 16 reflektierte zweite Impuls. Zu den Zeitpunkten  $t_5$  und  $t_6$  läuft wieder der erste Impuls, der dann an der Einspannstelle 12 bzw. dem Bund 16 reflektiert worden ist, über den Aufnehmer 2 und zu den Zeitpunkten  $t_7$  und  $t_8$  der zweite Impuls, der dann erneut an der Einspannstelle 12 bzw. dem Bund 16 reflektiert worden ist.

Die Bewegungs- oder Wandergeschwindigkeit der Impulse 18 oder 19 auf der Saite 11 ist bekannt. Man kann nun aus der zeitlichen Differenz  $T_1$ , die der Abstand zwischen den Zeitpunkten  $t_5$  und  $t_1$  ist, mit Hilfe dieser Wandergeschwindigkeit die aktive Länge der Saite 11 ermitteln. Dies ist aber auch die Länge, die für die

- 10 -

Tonhöhe der Saite 11 verantwortlich ist. Sofern der Abstand des Aufnehmers 2 von dem Bund 16 bzw. den Bünden 15 bekannt ist, würde im Prinzip auch der Abstand  $T_2$  ausreichen, das ist der Abstand zwischen den Zeitpunkten  $t_2$  und  $t_1$ . Hierbei begibt man sich aber der Möglichkeit einer Feinabstimmung, weil der Gitarrist durch geringfügige Verschiebungen seines Fingers auf den Bünden 15, 16 die Möglichkeit hat, die Tonhöhe zu variieren. Außerdem sind die Impulse in vielen Fällen nicht so klar zu unterscheiden, wie dies aus Gründen der Einfachheit halber in Fig. 3 dargestellt ist. Es kann vielmehr auch zu einem Verschwimmen und Verschmieren der einzelnen Impulse kommen, insbesondere dann, wenn beim Anzupfen oder Anschlagen der Saite 11 nicht einzelne Impulse, wie dargestellt, sondern ganze Impulsgruppen entstehen.

In fast allen Fällen läßt sich aber aus der Zeitdifferenz  $T_3$ , nämlich aus der Differenz der Zeitpunkte  $t_3$  und  $t_1$ , auf die Position der Anregung schließen. Wenn aus der Differenz  $T_1$  die Saitenlänge bekannt ist, läßt sich aus der Differenz  $T_3$  rückwärts ausrechnen, an welchem Bruchteil der Saite die Anregung stattgefunden hat.

Allerdings ist die Zeitmessung zur Bestimmung des Abstandes der dargestellten Impulse gelegentlich mit Unsicherheiten belastet. Aus diesem Grund werden aus der Folge von Impulsgruppen, die über die Aufnehmer 2 erfaßt werden, mit Hilfe der Auswahleinrichtung 6 einzelne Impulse ausgewählt, die dem neuronalen Netz 5 zugeführt werden. Das neuronale Netz kann Ähnlichkeiten zwischen einzelnen Folgen von Impulsgruppen erkennen und die "Zupftransienten", die durch diese Impulsfolgen dargestellt werden, so klassifizieren, daß ihre Zuordnung zu einzelnen Klassen, die jeweils eine Tonhöhe und eine Anregungsposition wiedergeben, mit großer Sicher-

- 11 -

heit möglich ist. Der Erkennungsablauf wird hierbei von den auftretenden Impulsen getriggert. Die aufeinanderfolgenden positiven und negativen Impulse oder Impulsgruppen werden an das neuronale Netz weitergeleitet, das jedes Mal versucht, das aufgenommene Muster bzw. die aufgenommene Folge einer vorher gelernten Folge zuzuordnen. Dieser Ablauf wird so oft wiederholt, bis entweder das neuronale Netz ein positives Ergebnis erzeugt hat oder der Frequenzmesser 7 die entsprechende Information bereitgestellt hat. Solange das neuronale Netz noch in der Lern- oder Trainings-Phase ist, wird in vielen Fällen der Frequenzmesser 7 schneller sein. Nach einer gewissen Trainingsphase hat das neuronale Netz 5, das die Regeln für die Erkennung bei entsprechender Programmierung selber bilden kann, aber genügend Information gespeichert, um die Klassifizierung außerordentlich wirksam selbst vornehmen zu können. Das neuronale Netz 5 bildet auch gewisse Regeln für Verallgemeinerungen, so daß auch nicht konkret gelernte Muster erkannt werden können, wenn diese bestimmte Ähnlichkeiten zu den schon gelernten Beispielen zeigen.

Da der Frequenzmesser 7 parallel eine Tonhöhenenerkennung abwickelt, ist auch während des Betriebs der Signalanalyseeinrichtung 1 ein weiteres Lernen möglich. Die Vergleichseinrichtung 8 vergleicht die durch das neuronale Netz 5 ermittelte Tonhöhe mit einer später durch den Frequenzmesser 7 ermittelten. Hierbei können einerseits die feinen Tonhöhenveränderungen nachvollzogen werden, die ein Ausdrucksmittel des Spielers sind, andererseits lassen sich mit dieser Vorgehensweise Fehler oder Ungenauigkeiten im Algorithmus entdecken und beseitigen, den das neuronale Netz 5 anwendet. Die Vergleichseinrichtung 8 koppelt nämlich den ermittelten Fehler zurück in das neuronale Netz 5 und löst einen neuen Lernalgorithmus auf, so daß der selbe Fehler durch die verbesserte Erkennungsmöglichkeit nicht noch

- 12 -

einmal auftreten kann. Falls keine Differenz auftritt, gibt die Vergleichseinrichtung 8 das oder die Signale unverändert an die MIDI-Schnittstelle 9 weiter.

- 5 Die Ausgangsergebnisse des neuronalen Netzes werden so weiter verarbeitet, daß die MIDI-Schnittstelle 9 MIDI-Signale zur Verfügung stellen kann, die einen MIDI-Synthesizer oder ein Expander-Modul ansteuern können. Die im MIDI-Signal codierte Tonhöhe entspricht hierbei der  
10 Tonhöhe der Gitarrensaite. Ferner kann im MIDI-Signal als Kontroll-Information noch die Zupfposition als codierter Klangcharakter enthalten sein.

15

Patentansprüche

1. Signalanalyseeinrichtung mit mindestens einer gespannten Saite, deren schwingungsfähige Länge durch Anlage an mindestens einen Bund veränderbar ist, mit einem Aufnehmer und mit einer mit dem Aufnehmer verbundenen Auswerteeinrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung als Zupftransienten ausgebildete Impulse oder Impulsgruppen, die nach einer Anregung der Saite (11) auf der Saite (11) an dem Aufnehmer (2) vorbeilaufen, erfaßt, deren Laufzeit auf der Saite ausgewertet und aufgrund der Laufzeit bzw. der Laufzeitdifferenzen zwischen einzelnen Impulsen oder der Impulsgruppen (Fig. 3) ein Signal erzeugt, das eine Tonhöhe darstellt.
- 15 2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung auch die Polarität der Impulse oder Impulsgruppen erfaßt und aus der zeitlichen Folge der Impulse oder Impulsgruppen ein Signal ermittelt, das die Anregungsposition (17) der Saite (11) darstellt.
- 20 3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung ein neuronales Netz (5) aufweist, das jede Folge von Impulsen oder Impulsgruppen in eine aus einer Vielzahl von Klassen klassifiziert.
- 25

4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung eine Vergleichseinrichtung (8) aufweist, die ein von der Saite (11) im eingeschwungenen Zustand gewonnenes Tonhöhen-Signal mit dem aus der Impuls-Folge gewonnenen Signal vergleicht und bei einer Abweichung, die ein vorbestimmtes Maß übersteigt, einen Lernalgorithmus des neuronalen Netzes (5) auslöst.
- 5
- 10 5. Einrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß dem neuronalen Netz (5) eine Auswahl-einrichtung (6) vorgeschaltet ist, die aus einer Impulsgruppe einzelne Impulse auswählt.
- 15 6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß für jede Saite (11) ein eigener Aufnehmer (2) vorgesehen ist.



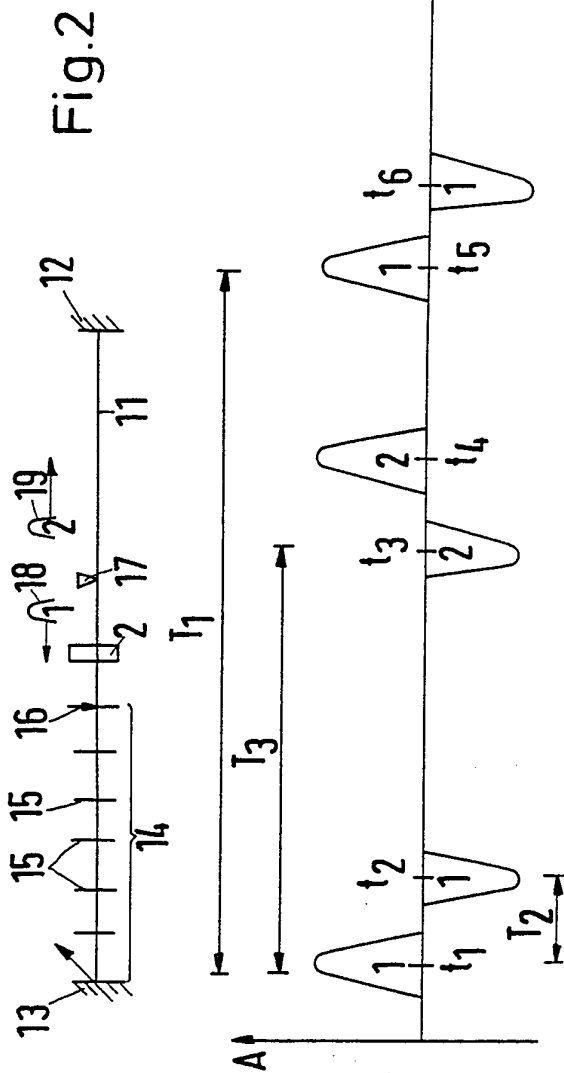
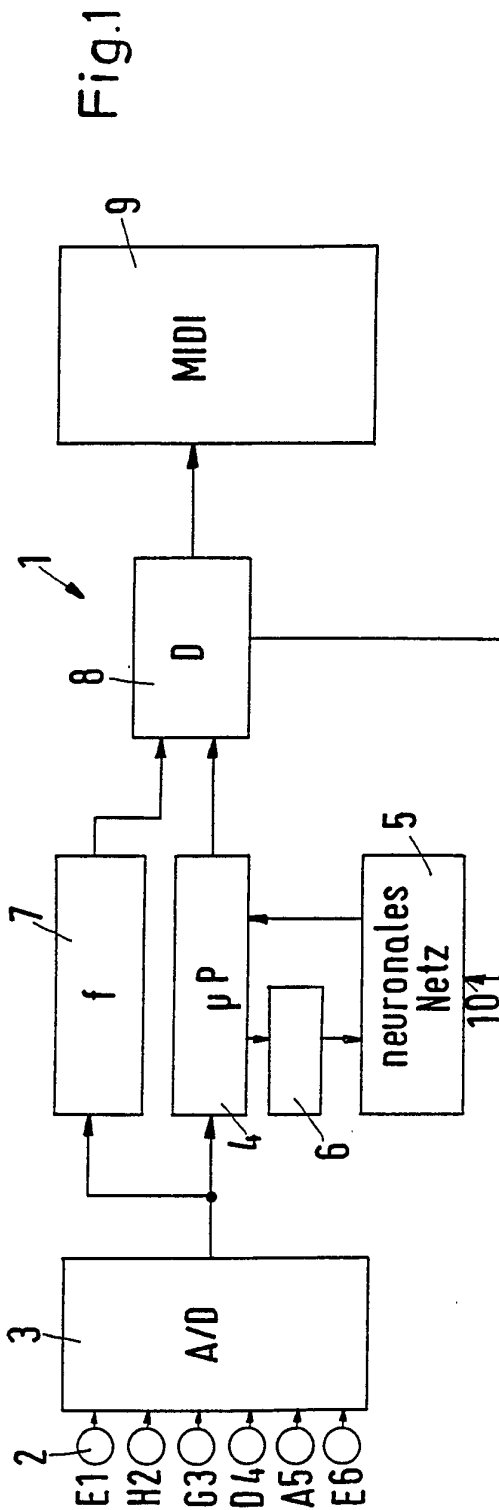
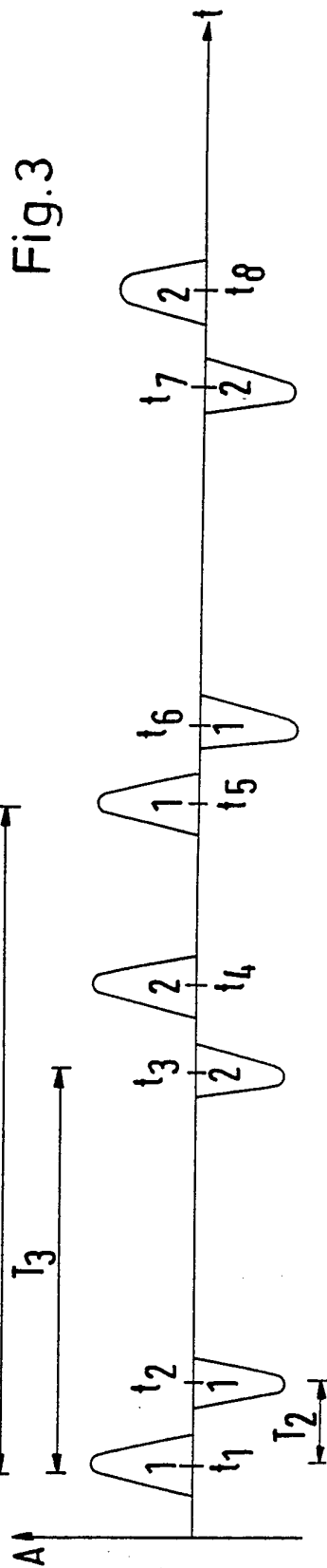


Fig.3



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 94/03917

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 G10H3/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 G10H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X          | EP,A,0 227 906 (NIPPON GAKKI SEIZO KK) 8 July 1987<br>see column 9, line 6 - column 10, line 11;<br>figure 10<br>--- | 1,2,6                 |
| X          | EP,A,0 288 062 (YAMAHA CORP.) 26 October 1988<br>see column 7, line 37 - column 13, line 33;<br>figures 1-3<br>----- | 1,2,6                 |
| A          |  | 3-5                   |

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 February 1995

Date of mailing of the international search report

- 8. 03. 95

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Pulluard, R

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intern. Patent Application No  
PCT/EP 94/03917

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|------------------|
| EP-A-0227906                           | 08-07-87         | JP-B- 6031952           | 27-04-94         |
|  |                  | JP-A- 62223795          | 01-10-87         |
|  |                  | JP-B- 1012392           | 28-02-89         |
|  |                  | JP-C- 1527564           | 30-10-89         |
|  |                  | JP-A- 62099790          | 09-05-87         |
|  |                  | US-A- 4723468           | 09-02-88         |
|  |                  |                         |                  |
| EP-A-0288062                           | 26-10-88         | JP-B- 6064461           | 22-08-94         |
|  |                  | JP-A- 63265294          | 01-11-88         |
|  |                  | JP-A- 63265295          | 01-11-88         |
|  |                  | JP-A- 63265296          | 01-11-88         |
|  |                  | DE-A- 3877246           | 18-02-93         |
|  |                  | US-A- 4873904           | 17-10-89         |
|  |                  | US-A- 4977813           | 18-12-90         |
|  |                  |                         |                  |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen

PCT/EP 94/03917

| <b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b><br>IPK 6 G10H3/18  |  |   |
|---|--|---|
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK   |  |   |
| <b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>   |  |   |
| Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)<br>IPK 6 G10H  |  |   |
| Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen  |  |   |
| Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)   |  |   |
| <b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>  |  |   |
| Kategorie <sup>o</sup>  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                         | Betr. Anspruch Nr.  |
| X   | EP,A,0 227 906 (NIPPON GAKKI SEIZO KK) 8. Juli 1987<br>siehe Spalte 9, Zeile 6 - Spalte 10, Zeile 11; Abbildung 10<br>---  | 1,2,6   |
| X   | EP,A,0 288 062 (YAMAHA CORP.) 26. Oktober 1988<br>siehe Spalte 7, Zeile 37 - Spalte 13, Zeile 33; Abbildungen 1-3<br>----- | 1,2,6   |
| A   |  | 3-5   |
| <input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  |  |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie  |  |   |
| <sup>o</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :  |  |   |
| *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist   |  |   |
| *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist   |  |   |
| *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)                            |  |   |
| *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht   |  |   |
| *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist   |  |   |
| *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist                                    |  |   |
| *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden   |  |   |
| *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist |  |   |
| *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist  |  |   |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche<br><br>24. Februar 1995   |  | Absenddatum des internationalen Recherchenberichts<br><br>- 8. 03. 95 |
| Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,<br>Fax (+31-70) 340-3016  |  | Bevollmächtigter Bediensteter<br><br>Pulluard, R                      |

2

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internales Aktenzeichen

PCT/EP 94/03917

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| EP-A-0227906                                       | 08-07-87                      | JP-B- 6031952                     | 27-04-94                      |
|  |                               | JP-A- 62223795                    | 01-10-87                      |
|  |                               | JP-B- 1012392                     | 28-02-89                      |
|  |                               | JP-C- 1527564                     | 30-10-89                      |
|  |                               | JP-A- 62099790                    | 09-05-87                      |
|  |                               | US-A- 4723468                     | 09-02-88                      |
| -----  |                               |                                   |                               |
| EP-A-0288062                                       | 26-10-88                      | JP-B- 6064461                     | 22-08-94                      |
|  |                               | JP-A- 63265294                    | 01-11-88                      |
|  |                               | JP-A- 63265295                    | 01-11-88                      |
|  |                               | JP-A- 63265296                    | 01-11-88                      |
|  |                               | DE-A- 3877246                     | 18-02-93                      |
|  |                               | US-A- 4873904                     | 17-10-89                      |
|  |                               | US-A- 4977813                     | 18-12-90                      |
| -----  |                               |                                   |                               |