



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 712 263 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
29.01.2003 Patentblatt 2003/05

(51) Int Cl.7: **H04R 25/00**

(21) Anmeldenummer: **94117797.4**

(22) Anmeldetag: **10.11.1994**

(54) **Programmierbares Hörgerät**

Programmable hearing aid

Prothèse auditive programmable

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE DK

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.05.1996 Patentblatt 1996/20

(73) Patentinhaber: **Siemens Audiologische Technik
GmbH
91058 Erlangen (DE)**

(72) Erfinder: **Weinfurtner, Oliver, Dipl.-Ing.
D-91052 Erlangen (DE)**

(74) Vertreter: **Berg, Peter, Dipl.-Ing. et al
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 540 168 WO-A-91/08654
US-A- 5 101 361 US-A- 5 253 300**

- **ELEKTRONIK, Bd. 41,Nr. 2, 21.Januar 1992
GERMANY, Seiten 100-101, XP 000381757
TRAUTZL G. 'NEURONALE NETZE
UNTERSTÜTZEN FUZZY LOGIC TOOL.'**

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

EP 0 712 263 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein programmierbares Hörgerät mit einem in seinen Übertragungseigenschaften zwischen Mikrofon und Hörer auf verschiedene Übertragungscharakteristika einstellbaren Verstärker- und Übertragungsteil.

[0002] Aus der WO 91-08654 ist ein programmierbares Hörgerät mit einem in seinen Übertragungseigenschaften zwischen Mikrofon und Hörer auf verschiedene Übertragungscharakteristika einstellbaren Verstärker- und Übertragungsteil bekannt. Mehrere unterschiedliche Übertragungsfunktionen sind in einem Speicher einer Steuereinheit hinterlegt und können von einem Benutzer ausgewählt werden zur Anpassung des Hörgerätes an eine akustische Umgebung.

[0003] Aus der EP 0 540 168 A2 ist ein Simulator bekannt, bei dem Eigenschaften eines zu regelnden Gerätes, z.B. zur Wasserversorgung, modelliert werden. Der Simulator umfasst ein neuronales Netz, welches in Bezug auf einen realen Regelungsparameter des simulierten Gerätes lernfähig ist. Dadurch wird die Qualität der Simulation des realen Gerätes verbessert.

[0004] Aus der US 5,101,361 ist eine analoge Hardware eines lernfähigen neuronalen Netzwerks bekannt, bei dem eine Anzahl programmierbarer Widerstandsspeicherelemente als synaptische Verbindungselemente dienen, die einen einstellbaren, gewichteten Pfad zwischen den Neuronen bilden. Die Patentschrift offenbart eine Implementierung des Delta-Backpropagation-Algorithmus in analoger VLSI-Technologie.

[0005] Aus der US 5,253,300 ist ein solar betriebenes Batterieladegerät für wiederaufladbare Hörgeräte-Batterien bekannt. Durch Kontakte am Ladegerät und am Gehäuse des Hörgerätes ist ein Wiederaufladen ohne Entnahme der Batterien aus dem Hörgeräte-Gehäuse möglich. Eine Ausführungsform des Ladegerätes umfasst eine den Ladezustand der Batterie überwachende Einrichtung.

[0006] In ELEKTRONIK, Bd. 41, Nr. 2, 21. Januar 1992 GERMANY, Seiten 100-101, G. Trautzi "NEURONALE NETZE UNTERSTÜTZEN FUZZY LOGIK TOOL" wird eine Datenverarbeitungsanlage beschrieben, durch die mit Hilfe neuronaler Netze automatisch Fuzzy-Logik-Regeln generiert werden können. Es erfolgt somit eine Verknüpfung verschiedener künstlicher Intelligenzen.

[0007] Bei einem aus der EP-A-0 064 042 bekannten Hörgerät sind in einem Hörgerätespeicher acht Parametersätze für unterschiedliche Übertragungscharakteristika für verschiedene Umgebungssituationen abgespeichert. Durch Betätigen eines Schalters können nacheinander die verschiedenen Parametersätze für die acht gespeicherten Programme abgerufen werden. Eine Steuereinheit steuert einen zwischen Mikrofon und Hörer eingeschalteten Signalprozessor, der dann eine erste, für eine vorgesehene Umgebungssituation bestimmte Übertragungsfunktion einstellt. Über den

Schalter können jedoch die gespeicherten Signalübertragungsprogramme nur nacheinander abgerufen werden, bis nach Meinung des Hörgeräteträgers die gerade zur gegebenen Umgebungssituation passende Übertragungsfunktion gefunden ist. Andererseits soll nach der EP-B-0 064 042 auch ein automatisches Umschalten auf eine andere Übertragungsfunktion vorgesehen sein, wenn der Benutzer z.B. von einer geräuschvollen Umgebung in eine ruhige Umgebung kommt oder umgekehrt. Ohne daß für die automatische Umschaltung eine Lösung angegeben ist, soll diese Umschaltung wie die manuelle Umschaltung zyklisch erfolgen. Möchte man andere als die gespeicherten Übertragungsfunktionen einstellen, dann muß der nicht flüchtige Speicher durch eine externe Programmiereinheit gelöscht und durch diese erneut programmiert werden. Auf diese Weise ist auch eine Anpassung des programmierbaren Hörgerätes an eine sich ändernde Gehörschädigung möglich.

[0008] In dem bekannten programmierbaren Hörgerät werden demnach im allgemeinen mehrere vom Benutzer wählbare Parametersätze, sogenannte Hörsituationen, abgespeichert. Jeder dieser Parametersätze stellt die sinnvoll aufeinander abgestimmte Einstellung aller Signalverarbeitungsparameter für eine bestimmte akustische Situation dar, z.B. in Ruhe, d.h. ohne störende Hintergrundgeräusche oder Gesprächssituation mit tieffrequentem Störgeräusch usw. Der Hörgeräteträger wählt die jeweils gewünschte Situation durch Betätigen einer Taste am Hörgerät aus.

[0009] Wünschenswert ist nun eine weitgehend automatische Auswahl der jeweils nötigen Hörsituation oder das automatische Einstellen einzelner Signalverarbeitungsparameter durch Auswertung des Signals nach vorzugebenden Regeln.

[0010] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Hörgerät zu schaffen, das sich durch ein Regelungssystem auszeichnet, das die gewünschte automatische oder weitgehend automatische, von Eingangs- oder Meßsignalen abhängige Anpassung ermöglicht.

[0011] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einem programmierbaren Hörgerät der eingangs genannten Art gelöst durch eine dem Signalpfad vom Mikrofon zum Hörer nebengeordnete neuronale Struktur, der ein Datenträger zugeordnet ist, wobei aus dem Signalpfad aus einer oder mehreren Abgriffstellen Signale abgegriffen und einem Modul zur Signalaufbereitung zugeführt werden und wobei die aufbereiteten Signale der neuronalen Struktur zuführbar sind, welche Steuersignale erzeugt zur automatischen signalabhängigen Auswahl von im Datenspeicher abgelegten Hörsituationen.

[0012] In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung bildet die neuronale Struktur einen Controller zur automatischen signalabhängigen Auswahl von im Datenspeicher abgelegten Hörsituationen. Ein wesentliches Merkmal des erfindungsgemäßen Hörgerätes ist damit ein Controller, basierend auf dem Prinzip der neurona-

len Strukturen, zur automatischen signalabhängigen Auswahl von Hörsituationen oder zur Einstellung von einzelnen Signalverarbeitungsparametern im Hörgerät. Dieses Grundprinzip erlaubt es, eine beliebiges Auswahlverhalten einzustellen. Für die schaltungstechnische Realisierung des Prinzips der neuronalen Strukturen bietet sich die analoge Schaltungstechnik an.

[0013] Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind durch die Patentansprüche gekennzeichnet.

[0014] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

[0015] Es zeigen:

Figur 1 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Hörgerätes,

Figur 2 ein Blockschaltbild eines Controllers nach dem Prinzip einer neuronalen Struktur eines Hörgerätes gemäß Figur 1,

Figur 3 ein Modul zur Signalaufbereitung nach Figur 1,

Figur 4 ein Blockschaltbild eines einzelnen Neurons,

Figuren 5a, 5b, 5c Beispiele für mögliche Schwellenwertverläufe der Ausgabefunktion W gemäß Figur 4,

Figur 6 ein einlagiges, rückgekoppeltes Netz mit beispielhafter Verschaltung von drei Neuronen,

Figur 7 ein mehrlagiges, rückkopplungsfreies Netz mit beispielhafter Verschaltung von elf Neuronen in drei Lagen,

Figur 8 ein Schaltungsbeispiel für die schaltungstechnische Realisierung eines einlagigen rückgekoppelten Netzes gemäß Figur 6,

Figur 9 eine mögliche Schaltung zur Realisierung einer Synapse mit programmierbarer Verbindungsstärke,

Figur 10 eine Ausführung einer Schaltung für eine Synapse mit programmierbarer variabler Verbindungsstärke,

Figur 11 ein Ausführungsbeispiel einer dem nicht gezeichneten Signalpfad zwischen Mikrofon und Hörer eines Hörgerätes nebengeordneten neuronalen Struktur, welche mit einem Fuzzy-Logik-System kombiniert ist.

[0016] Das in Figur 1 schematisch dargestellte erfindungsgemäße Hörgerät 1 nimmt über ein Mikrofon 2

Schallsignale auf. Diese akustische Information wird im Mikrofon in elektrische Signale umgesetzt. Nach einer Signalbearbeitung in einem Verstärkungs- und Übertragungsteil 4 wird das elektrische Signal einem Hörer 3 als Ausgangswandler zugeführt.

[0017] Um ein zusätzliches Mikrofon oder einen sonstigen Sensor zu erübrigen, werden aus dem Signalpfad des Hörgerätes 1 zwischen seinem Mikrofon 2 und seinem Hörer 3 an bestimmten, gewünschten Abgriffstellen 7 Signale 8 abgegriffen. Diese Signale 8 werden einer im Hörgerät zum Signalpfad nebengeordneten neuronalen Struktur 5 zugeführt. Dabei gelangen die Signale 8 zuerst zu einem Modul 9 zur Signalaufbereitung und von dessen Ausgängen werden aufbereitete Signale 10, 10', 10'' der neuronalen Struktur 5 zugeführt. Der neuronalen Struktur 5 ist ein Datenträger 6 zugeordnet, in dem Konfigurationsinformation der neuronalen Struktur abgespeichert ist. Unter Berücksichtigung der Konfigurationsinformation des Datenträgers 6 erzeugt die neuronale Struktur 5 aus den aufbereiteten Signalen 10, 10', 10'' Steuersignale 11, welche dem Verstärker- und Übertragungsteil 4 zur Anpassung seiner Übertragungscharakteristika zuführbar sind. Dabei können diese Steuersignale 11 zur Auswahl von in einem dem Signalpfad des Hörgerätes zugeordneten Datenspeicher 12 gespeicherte Parameter des Verstärker- und Übertragungsteils dienen oder zur Veränderung der Verstärker- und Übertragungscharakteristik an das Verstärker- und Übertragungsteil 4 abgegeben werden.

[0018] Wie auch Figur 2 zur Struktur eines Controllers zeigt, werden aus dem Signalpfad des Hörgerätes an allen relevanten Punkten bzw. Abgriffstellen 7 Signale abgegriffen und in geeigneter Weise aufbereitet. Diese aufbereiteten Signale sowie eventuelle weitere Systeminformationen, z.B. ob Mikrofon- oder Telefonbetrieb gewünscht ist, werden dem Block "Neuronale Struktur" zugeführt. Die Ausgänge des Controllers sind Signale, welche die Einstellung der Hörsituationen bewirken oder die Einstellgrößen einzelner Signalverarbeitungsparameter repräsentieren. Dabei muß das Verhalten des Controllers nicht notwendigerweise unveränderlich (also durch die Hardware-Struktur vollständig beschrieben) sein, sondern kann konfigurierbar sein (z.B. durch Programmierung). In einem Speicher im Hörgerät kann Konfigurationsinformation des Controllers abgespeichert sein.

[0019] Nach einer ersten Ausführung bildet danach die neuronale Struktur 5 zusammen mit dem Modul 9 zur Aufbereitung der Signale und dem Datenträger 6 einen Controller zur automatischen signalabhängigen Auswahl von im Datenspeicher 12 abgelegten Hörsituationen.

[0020] Nach einer zweiten Ausführungsform ist vorgesehen, daß die neuronale Struktur 5 einen Controller zur automatischen Einstellung einzelner Signalverarbeitungsparameter des Verstärker- und Übertragungsteils 4 bildet.

[0021] In weiterer Ausbildung des Hörgerätes nach

der Erfindung sind Mittel 13 zur Erfassung von Systemzuständen des Hörgerätes 1 vorgesehen, deren Ausgangssignale 14 dem Modul 9 zur Signalaufbereitung und/oder der neuronalen Struktur 5 zuführbar sind, wobei diese Ausgangssignale bei der Erzeugung der Steuersignale 11 berücksichtigbar sind.

[0022] Als Mittel 13 zur Erfassung von Systemzuständen des Hörgerätes 1 können vom Hörgeräteträger betätigbare Steuerelemente, wie Schalter, Taster, Potentiometer od.dgl., vorgesehen sein. Danach kann das Hörgerät z.B. mit einem Situationsumschalter ausgerüstet sein, der es dem Hörgeräteträger - wie eingangs zur EP-B-0 064 042 beschrieben - ermöglicht, eine seiner Meinung nach zur gegebenen Umgebungssituation passende gespeicherte Übertragungsfunktion zu wählen. Andererseits kann das Hörgerät z.B. einen Schalter zum Umschalten von Mikrophonbetrieb auf Telefonspulenbetrieb aufweisen. Des weiteren besitzt das Hörgerät regelmäßig einen Lautstärkeregler, mit dem der Hörbehinderte die Lautstärke beeinflusst.

[0023] Schließlich kann sich das Hörgerät noch dadurch auszeichnen, daß zusätzlich als Mittel zur Erfassung von Systemzuständen des Hörgerätes 1 eine den Ladezustand der nicht dargestellten Hörgerätebatterie überwachende Einrichtung 15 vorgesehen ist. Danach ist es möglich, daß der jeweilige Ladezustand der Hörgerätebatterie ebenfalls Berücksichtigung bei der Erzeugung der Ausgangssignale 11 der neuronalen Struktur 5 bzw. des Controllers findet, die für einzelnen Hörsituationen und/oder Signalverarbeitungsparameter mit bestimmbar sind.

[0024] Bei den bekannten sogenannten Mehrkanalgeräten, d.h. bei Hörgeräten mit mehreren Frequenzkanälen, werden nach der Erfindung die Signale 8 aus den von den einzelnen Kanälen gebildeten Signalpfaden abgegriffen. Wie in Figur 3 gezeigt ist, werden die Signale 8 aus den Signalpfaden und die Ausgangssignale 14 der Mittel 13, 13' zur Erfassung von Systemzuständen des Hörgerätes z.B. durch Gleichrichtung, Bildung geeigneter zeitlicher Mittelwerte sowie eventuell von deren Ableitungen aufbereitet. In der Signalaufbereitung - Modul 9 - werden aus wenigstens einer Eingangsgröße, z.B. Signale 8, 14, durch eine Komponente 16 zur Gleichrichtung und/oder eine Komponente 17 zur Mittelwertbildung (Bildung eines zeitlichen Mittelwertes) und/oder eine Komponente 18 zur zeitlichen Ableitung (Ableitungsblock d/dt) aus den Signalen 8, 14 aufbereitete Signale 10, 10', 10'' gewonnen, die der neuronalen Struktur 5 zugeführt werden. Gleichmaßen können die Signale 14 auch direkt der neuronalen Struktur zugeführt werden (Figur 2).

[0025] Anhand der Figuren 4-10 werden Beispiele zur Realisierung der neuronalen Struktur beschrieben.

[0026] Neuronale Strukturen bestehen aus vielen gleichartigen Elementen bzw. Neuronen 19. Die Funktion der neuronalen Struktur als Ganzes hängt im wesentlichen von der Art der Verschaltung dieser Neuronen untereinander ab.

[0027] Figur 4 zeigt das Blockschaltbild eines einzelnen Neurons 19. Das Neuron erzeugt das Ausgangssignal $a_i(t+\Delta T)$ zum Zeitpunkt $t+\Delta T$ aus theoretisch beliebig vielen Eingangssignalen $e_i(t)$ zum Zeitpunkt t . Seine Funktion läßt sich in drei Grundfunktionen zerlegen:

- Propagierungsfunktion $U: u(t) = \sum e_i(t) * w_i$ Die Ausgangsgröße dieser Funktion ist die Summe aller, jeweils mit dem individuellen Faktor w_i multiplizierten Eingangssignale.
- Aktivierungsfunktion $V: v(t) = f(u(t))$ Im allgemeinen Fall geht in die Ausgangsgröße auch deren eigene Vorgeschichte ein. In vielen Fällen kann hierauf jedoch verzichtet werden. $v(t)$ zum Zeitpunkt $t=t_0$ ist dann nur noch eine Funktion von $u(t)$ zum Zeitpunkt $t=t_0$.
- Ausgangsfunktion $W: w(t)$ Sie nimmt eine Schwellenwertbildung vor. Dabei sind gemäß Figur 5 zwei grundsätzliche Arten der Schwellenwertbildung möglich.

[0028] Nach Figur 5a stellt der Verlauf der Ausgabe-funktion W eine Sprungfunktion am Schwellenwert s dar.

[0029] Nach den Figuren 5b und 5c besitzt die Ausgabefunktion W einen stetigen Verlauf um den Schwellenwert s . In Figur 5b ist ein stetiger, sogenannter sigmoider Verlauf der Ausgangsgröße mit Begrenzung auf einen maximalen und einen minimalen Ausgangswert dargestellt. Eine häufig verwendete Kennlinie ist hierbei das Sigmoid: $w(t) = 1/(1+\exp(-(v(t)-s)))$. Figur 5c zeigt einen linearen Verlauf im Übergangsbereich.

[0030] Die Signale, welche von der neuronalen Struktur verarbeitet werden, können als Spannungssignale, Stromsignale oder als frequenzvariable Impulssignale ausgeführt sein. Im letzteren Fall muß das Signal eventuell an manchen Stellen der neuronalen Struktur mit Hilfe geeigneter Schaltungen in ein kontinuierliches Strom- oder Spannungssignal und wieder zurück umgewandelt werden.

[0031] Figur 6 zeigt die beispielhafte Verschaltung von drei Neuronen 19 zur typischen Struktur eines einlagigen rückgekoppelten Netzes mit den Eingängen $e_i(t)$ und den Ausgängen $a_i(t+\Delta T)$.

[0032] Figur 7 zeigt beispielhaft die Struktur eines mehrlagigen rückkopplungsfreien Netzes. Je nach zu implementierender Funktion der neuronalen Struktur ist die eine oder andere Netzstruktur anzuwenden. Auch Mischformen aus beiden Strukturen sind dabei möglich.

[0033] Die Funktion einer neuronalen Struktur im Ganzen wird im wesentlichen von der Netzstruktur und von den Gewichtungsfunktionen der Eingangssignale an jedem Neuron 19 bestimmt. Diese Parameter können durch die schaltungstechnische Realisierung fest eingestellt werden, wenn ein immer gleichbleibendes Verhalten erwünscht ist. Soll dagegen eine Veränderung des Verhaltens möglich sein, so sind einige oder alle dieser Parameter programmierbar auszuführen. Ih-

re jeweiligen Werte müssen dann in einem Konfigurationsspeicher bzw. Datenträger 6 gespeichert werden. Hierbei können die einzelnen Speicherelemente in konzentrierter Form angeordnet sein oder lokal dem jeweiligen Neuron zugeordnet sein.

[0034] Die Modifikation der gespeicherten Parameter kann entweder durch externes Programmieren der Speicherelemente geschehen und/oder durch einen in der Schaltung implementierten Algorithmus. Hierbei ist auch die Modifikation während des laufenden Betriebs der neuronalen Struktur möglich.

[0035] Figur 8 zeigt ein Beispiel für die schaltungstechnische Realisierung eines einlagigen rückgekoppelten Netzes. Als Schwellenelemente wirken Verstärker 24 mit komplementären Ausgängen. Die Gewichtung der Verbindungen (Synapsen) zwischen den Aus- und Eingängen der Neuronen erfolgt über die Leitwerte R_{ij} . Die Addition der Eingangssignale für jedes Neuron ($\text{Ströme } I_{ij} = U_i / R_{ij}$) geschieht in den Schaltungsknoten am Eingang eines jeden Verstärkers. Die Ausgangssignale der Verstärker und damit der neuronalen Struktur sind die Spannungssignale U_i . Mit e1 bis e4 sind die Eingänge der Schaltung und mit a1 bis a4 sind invertierende und nichtinvertierende Ausgänge der Schaltung bezeichnet.

[0036] Figur 9 zeigt eine mögliche schaltungstechnische Realisierung einer Synapse (gewichteter Eingang eines Neurons) mit programmierbarer Verbindungsstärke. Hierbei sind nur die Verbindungsstärken +1, -1 und 0 möglich und die von dieser Synapse zu übertragenden Signale können nur die logischen Werte 0 und 1 annehmen. Sind beide Speicherzellen 25, 26 so programmiert, daß sie den jeweiligen zugehörigen Schalttransistor 27 bzw. 28 sperren, so ist der Ausgang a unabhängig vom Eingang e; die Synapse stellt also eine Unterbrechung dar (Verbindungsstärke 0). Ist dagegen die Speicherzelle 25 so programmiert, daß sie den Schalter schließt und die Speicherzelle 26 so, daß sie den zugehörigen Schalter öffnet, so fließt aus dem Ausgang a dann ein Strom (logisch 1), wenn der Eingang logisch 1 ist, und kein Strom (logisch 0), wenn der Eingang logisch 0 ist. Die Synapse wirkt also als Verbindung der Stärke +1. Sind beide Speicherzellen 25, 26 hierzu invers programmiert, so ergibt sich das inverse logische Verhalten. Die Synapse wirkt dann als Verbindung der Stärke -1. V_{dd} gibt in der Zeichnung den Schaltungsanschluß zur Versorgungsspannung an.

[0037] Figur 10 zeigt eine mögliche Realisierung einer programmierbaren Synapse mit variabler Verbindungsstärke. Sie arbeitet nach dem Prinzip des Multiplizierers. Die Stärke der synaptischen Verbindung wird als Differenz zweier analoger Spannungswerte auf zwei Kapazitäten 29, 30 gespeichert. Das Ausgangssignal (Strom I_{out}) ergibt sich als Produkt des Eingangssignals (Spannung V_{in}) multipliziert mit der auf den Kapazitäten gespeicherten Spannungsdifferenz ($V_W = V_{W+} - V_{W-}$). Werden die Spannungen V_{W+} und V_{W-} auf den Floating Gates von entsprechenden EEPROM-Transistoren ge-

speichert, so ist auch eine dauerhafte Speicherung der Synapsenstärke möglich.

[0038] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß der dem Signalpfad vom Mikrofon 2 zum Hörer 3 nebengeordnete Controller 5 zusätzliche Funktionsteile umfaßt, welche nach einem Fuzzy-Logik-System 20 arbeiten. Gemäß Figur 11 weist das Fuzzy-Logik-System 20 Komponenten zur Fuzzyfizierung 21 und zur Inferenzbildung 22 auf und ferner ist eine zugeordnete Entscheidungsmittelkomponente 23 als neuronale Struktur ausgebildet. Nach dem im Blockschaltbild gezeichneten Ausführungsbeispiel weist das Hörgerät - neben seinem hier nicht dargestellten Signalpfad vom Mikrofon über das Verstärker- und Übertragungsteil zum Hörer - einen Controller 5 als neuronale Struktur mit einem Datenträger 6 für Konfigurationsinformation des Controllers sowie eine Signalaufbereitung 9 auf. Der Signalaufbereitung 9 werden Signale 8 aus dem Signalpfad des Hörgerätes zugeführt. Von den Mitteln 13, 13' ausgehende Signale 14 über den Systemzustand des Hörgerätes können der Signalaufbereitung 9 und/oder dem Controller 5 zugeführt werden. Der Controller 5 umfaßt ein Fuzzy-Logik-System 20, welches sich in eine Komponente zur Fuzzyfizierung 21 und in eine Komponente zur Inferenzbildung 22 unterteilt. Dabei werden die aufbereiteten Signale 10, 10', 10" der Signalaufbereitung 9 und gegebenenfalls Signale 14 der Fuzzyfizierungskomponente 21 zugeführt. Der Fuzzyfizierungskomponente 21 nachgeschaltet ist die Inferenzbildungskomponente 22. Die weitere Entscheidungsmittelkomponente 23 des Controllers 5 ist dann als neuronale Struktur ausgebildet. Alle drei Komponenten 21, 22, 23 stehen in Informationsaustausch zum Datenträger 6. Die erzeugten Steuersignale 11 bilden z.B. Auswahlssignale für einzelne Hörsituationen und/oder Signalverarbeitungsparameter.

[0039] Eine weitere vorteilhafte Realisierung des Controllers mit einer Kombination der Prinzipien der neuronalen Strukturen und der Fuzzy-Logik kann darin bestehen, daß die Implementierung der Regeln, welche das Regel- oder Auswahlverhalten des Fuzzy-Logik-Teils bestimmen, mit Hilfe einer neuronalen Struktur realisiert wird.

[0040] Die prinzipielle Funktionsweise sowie eine mögliche schaltungstechnische Realisierung der Blöcke Fuzzyfizierung und Inferenzbildung ist in der europäischen Patentanmeldung 94104619.5 beschrieben. Die neuronale Struktur zur 1-aus-N-Auswahl entspricht dabei prinzipiell der in der älteren Anmeldung beschriebenen Struktur, ist jedoch vorteilhafter gelöst.

[0041] Wesentliche Vorteile der Erfindung ergeben sich in einer besseren Anpassung des Hörgerätes an den Hörschaden durch fortlaufende signalabhängige Einstellung von Signalverarbeitungsparametern sowie durch die Entlastung des Hörgeräteträgers wegen der automatischen Auswahl von Signalverarbeitungsparametern oder Sätzen von Signalverarbeitungsparametern (Hörsituationen).

Patentansprüche

1. Programmierbares Hörgerät (1) mit einem in seinen Übertragungseigenschaften zwischen Mikrofon (2) und Hörer (3) auf verschiedene Übertragungsscharakteristika einstellbaren Verstärker- und Übertragungsteil (4), **gekennzeichnet durch** eine dem Signalpfad vom Mikrofon zum Hörer nebengeordnete neuronale Struktur (5), der ein Datenträger (6) zugeordnet ist, wobei aus dem Signalpfad aus einer oder mehreren Abgriffstellen (7) Signale (8) abgegriffen und einem Modul (9) zur Signalaufbereitung zugeführt werden und wobei die aufbereiteten Signale (10, 10', 10'') der neuronalen Struktur (5) zuzuführbar sind, welche Steuersignale (11) erzeugt zur automatischen signalabhängigen Auswahl von in einem dem Signalpfad zugeordneten Datenspeicher (12) abgelegten Hörsituationen. 5
2. Hörgerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die neuronale Struktur (5) zusammen mit dem Modul (9) zur Aufbereitung der Signale und dem Datenträger (6) einen Controller zur automatischen Einstellung einzelner Signalverarbeitungsparameter des Verstärker- und Übertragungsteils (4) bildet. 10
3. Hörgerät nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** Mittel (13) zur Erfassung von Systemzuständen des Hörgerätes (1) vorhanden sind, deren Ausgangssignale (14) dem Modul (9) zur Signalaufbereitung und/oder der neuronalen Struktur (5) zuzuführbar sind, wobei diese Ausgangssignale bei der Erzeugung der Steuersignale (11) berücksichtigbar sind. 15
4. Hörgerät nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Mittel (13) zur Erfassung von Systemzuständen des Hörgerätes (1) vom Hörgeräteträger betätigbare Stellelemente, zum Beispiel Schalter, Taster, Potentiometer zum Beispiel, vorhanden sind. 20
5. Hörgerät nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Mittel (13, 13') zur Erfassung von Systemzuständen des Hörgerätes (1) eine den Ladezustand der Hörgerätebatterie überwachende Einrichtung (15) vorhanden ist. 25
6. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Modul (9) zur Signalaufbereitung Komponenten zur Gleichrichtung (16) und/oder zur Mittelwertbildung (17) und/oder zur zeitlichen Ableitung (18) umfaßt. 30
7. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei einem Hörgerät mit mehreren Frequenzkanälen Abgriffstellen (7) für die Signale (8) in den einzelnen Kanälen vorhanden sind. 35
8. Hörgerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** im Datenträger (6), der der neuronalen Struktur (5) zugeordnet ist, Konfigurationsinformation des Controllers abgespeichert ist. 40
9. Hörgerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der dem Signalpfad vom Mikrofon zum Hörer nebengeordnete Controller zusätzliche Funktionsteile (20) umfaßt, welche nach dem Prinzip der Fuzzy-Logik arbeiten. 45
10. Hörgerät nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Fuzzy-Logik-System (20) Komponenten zur Fuzzyfizierung (21) und zur Inferenzbildung (22) aufweist und wobei eine zugeordnete Entscheidungsmittelkomponente (23) als neuronale Struktur ausgebildet ist. 50
11. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die neuronale Struktur (5) entweder als einlagig rückgekoppeltes Netz (Figur 6) oder als mehrlagig rückkopplungsfreies Netz (Figur 7) oder als Mischform aus beiden Netzstrukturen ausgeführt ist. 55
12. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Gewichtungsfunktionen am Eingang aller Neuronen durch die Schaltungsstruktur fest vorgegeben sind.
13. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Gewichtungsfunktionen am Eingang aller Neuronen durch ein externes Steuergerät programmierbar ausgeführt sind, wobei die Programmierdaten in einem gemeinsamen Datenträger (6) oder die jeweiligen Programmierdaten in einzelnen, den Neuronen zugeordneten Teilspeichern gespeichert sind.
14. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Gewichtungsfunktionen am Eingang aller Neuronen durch einen in der Schaltungsstruktur implementierten Algorithmus zu bestimmten Zeitpunkten oder fortlaufend modifizierbar sind.

Claims

1. Programmable hearing aid (1) with an amplification and transmission component (4), the transmission properties of which can be adjusted between microphone (2) and receiver (3) to different transmission characteristics, **characterised by** a neural structure (5) parallel to the signal path from the micro-

phone to the receiver, a data medium (6) being assigned to the said structure, with signals (8) being tapped from the signal path from one or more tapping points (7) and supplied to a module (9) for signal processing, and it being possible to supply the processed signals (10, 10', 10'') to the neural structure (5), which generates control signals (11) for the automatic signal-dependent selection of hearing situations stored in a data memory (12) assigned to the signal path.

2. Hearing aid according to Claim 1, **characterised in that** the neural structure (5) forms, together with the module (9) for processing the signals and the data medium (6), a controller for automatic adjustment of individual signal processing parameters of the amplifier and transmission component (4).
3. Hearing aid according to Claim 1 or 2, **characterised in that** means (13) for recording system states of the hearing aid (1) are provided, the output signals (14) of which can be supplied to the module (9) for signal processing and/or to the neural structure (5), it being possible to take these output signals into account when generating the control signals (11).
4. Hearing aid according to Claim 3, **characterised in that** control elements, for example switches, push-buttons and potentiometers, which can be actuated by the hearing aid wearer are provided as means (13) of recording system states of the hearing aid (1).
5. Hearing aid according to Claim 3, **characterised in that** a device (15) which monitors the discharge degree of the hearing aid battery is provided as means (13, 13') for recording system states of the hearing aid (1).
6. Hearing aid according to one of Claims 1 to 5, **characterised in that** the module (9) for signal processing contains components for rectification (16) and/or for averaging (17) and/or for time derivation (18).
7. Hearing aid according to one of Claims 1 to 6, **characterised in that** in the case of a hearing aid with a plurality of frequency channels tapping points (7) are provided for the signals (8) in the individual channels.
8. Hearing aid according to Claim 1, **characterised in that** configuration information of the controller is stored in the data medium (6) which is assigned to the neural structure (5).
9. Hearing aid according to Claim 1, **characterised in that** the controller parallel to the signal path from

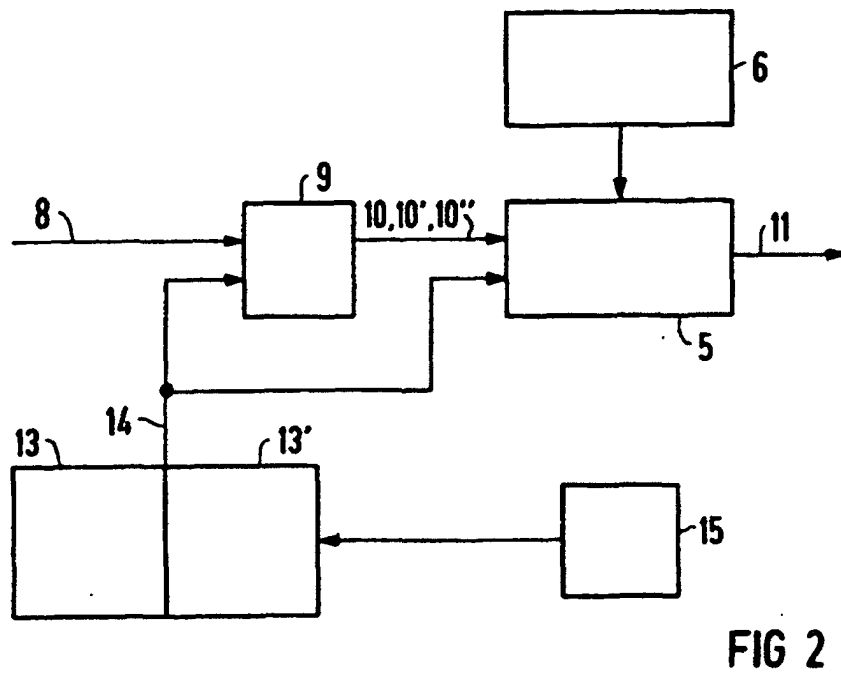
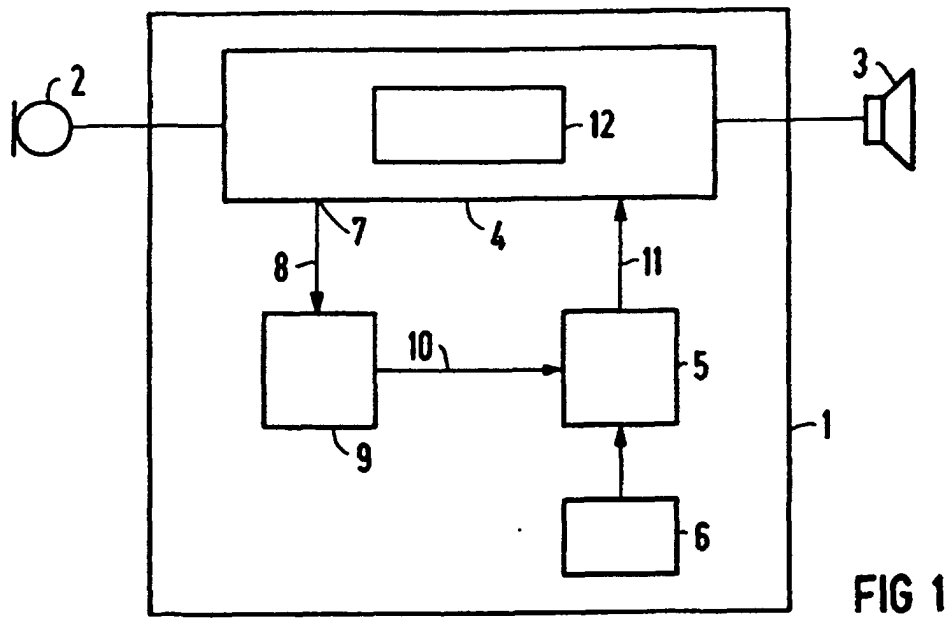
the microphone to the receiver includes additional functional devices (20) which work on the principle of fuzzy logic.

10. Hearing aid according to Claim 9, **characterised in that** the fuzzy logic system (20) has components for fuzzification (21) and for inference formation (22), an assigned decision-making component (23) being formed as a neural structure.
11. Hearing aid according to one of Claims 1 to 10, **characterised in that** the neural structure (5) is implemented either as a single-layer feedback network (Figure 6) or as a multi-layer feedback-free network (Figure 7) or as a hybrid form of both network structures.
12. Hearing aid according to one of Claims 1 to 11, **characterised in that** the weighting functions at the input of all neurons are permanently predetermined by the circuit structure.
13. Hearing aid according to one of Claims 1 to 11, **characterised in that** the weighting functions at the input of all neurons are executed on a programmable basis by an external controller, the programming data being stored in a shared data medium (6) or the respective programming data being stored in individual memory modules assigned to the neurons.
14. Hearing aid according to one of Claims 1 to 11, **characterised in that** the weighting function at the input of all neurons can be modified by an algorithm implemented in the circuit structure at particular moments in time or continually.

Revendications

1. Appareil (1) auditif programmable, comportant une partie (4) d'amplificateur et de transmission dont les propriétés de transmission entre un microphone (2) et un écouteur (3) peuvent être réglées sur diverses caractéristiques de transmission, **caractérisé par** une structure (5) neuronale qui est disposée à côté de la voie de signaux du microphone à l'écouteur et qui est associée à un support (6) de données, des signaux (8) étant prélevés dans la voie de signaux en un ou plusieurs points (7) de prélèvement et envoyés à un module (8) pour la préparation des signaux, et les signaux (10, 10', 10'') préparés pouvant être envoyés à la structure (5) neuronale qui produit des signaux (11) de commande pour sélectionner automatiquement, en fonction des signaux, des situations d'écoute mémorisées dans une mémoire (12) de données associée à la voie de signaux.

2. Appareil auditif suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** la structure (5) neuronale forme, conjointement avec le module (9) pour la préparation des signaux et le support (6) de données, un contrôleur pour régler automatiquement des paramètres individuels de traitement de signaux de la partie (4) d'amplificateur et de transmission. 5
3. Appareil auditif suivant la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'il** est présent des moyens (13) pour détecter des états de système de l'appareil (1) auditif dont les signaux (14) de sortie peuvent être envoyés au module (9) pour la préparation des signaux et/ou à la structure (5) neuronale, ces signaux de sortie pouvant être pris en compte lors de la production des signaux (11) de commande. 10
4. Appareil auditif suivant la revendication 3, **caractérisé en ce qu'il** est présent, comme moyen (13) pour détecter des états de système de l'appareil (1) auditif, des éléments de réglage pouvant être actionnés par le porteur de l'appareil auditif, par exemple des commutateurs, des boutons poussoirs, des potentiomètres. 20
5. Appareil auditif suivant la revendication 3, **caractérisé en ce qu'il** est présent, comme moyen (13, 13') pour détecter des états de système de l'appareil (1) auditif, un dispositif (15) surveillant l'état de charge de la pile de l'appareil auditif. 25
6. Appareil auditif suivant l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le module (9) pour la préparation de signaux comprend des composants pour redresser (16) et/ou former (17) des valeurs moyennes et/ou pour effectuer une dérivation (18) dans le temps. 30
7. Appareil auditif suivant l'une des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce qu'il** est présent, dans un appareil auditif comportant plusieurs canaux de fréquence, des points (7) de prélèvement pour les signaux (8) dans les canaux individuels. 40
8. Appareil auditif suivant la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** est mis en mémoire dans le support (6) de données, qui est associé à la structure (5) neuronale, une information de configuration du contrôleur. 45
9. Appareil auditif suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** le contrôleur disposé à côté de la voie de signaux du microphone à l'écouteur comprend des parties (20) fonctionnelles supplémentaires qui fonctionnent suivant le principe de la logique floue. 50
10. Appareil auditif suivant la revendication 9, **caractérisé en ce que** le système 20 de logique floue comporte des composants pour la mise (21) en logique floue et pour la formation (22) d'inférences, et un composant (23) de moyen de décision étant réalisé en structure neuronale. 55
11. Appareil auditif suivant l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** la structure (5) neuronale est réalisée soit en réseau rétrocouplé monocouche (figure 6), soit en réseau exempt de rétrocouplage multicouche (figure 7), soit sous forme mixte des deux structures de réseau.
12. Appareil auditif suivant l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** les fonctions de pondération sont prescrites de manière fixe à l'entrée de tous les neurones par la structure de circuit.
13. Appareil auditif suivant l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** les fonctions de pondération sont réalisées de manière programmable à l'entrée de tous les neurones par un appareil de commande externe, les données de programmation étant mémorisées dans un support (6) de données commun ou les données de programmation associées étant mémorisées dans des sous-mémoires individuelles associées aux neurones.
14. Appareil auditif suivant l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** les fonctions de pondération peuvent être modifiées à des instants déterminés ou en continu à l'entrée de tous les neurones par un algorithme mis en oeuvre dans la structure de circuit.



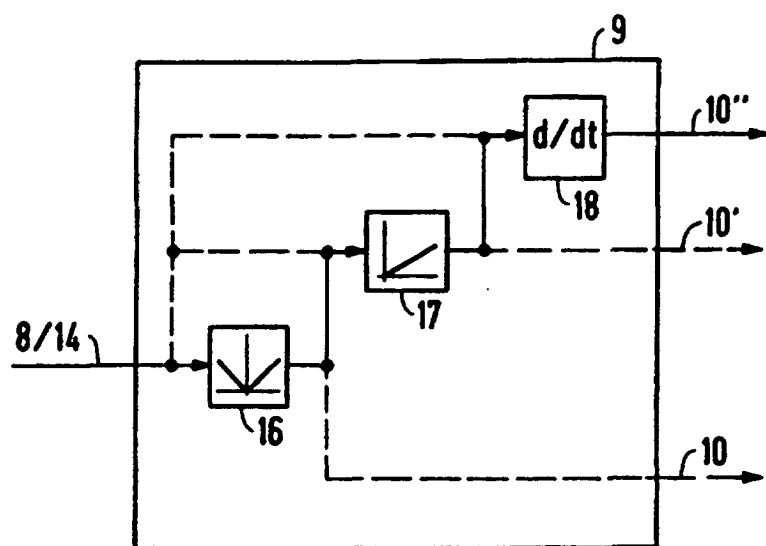


FIG 3

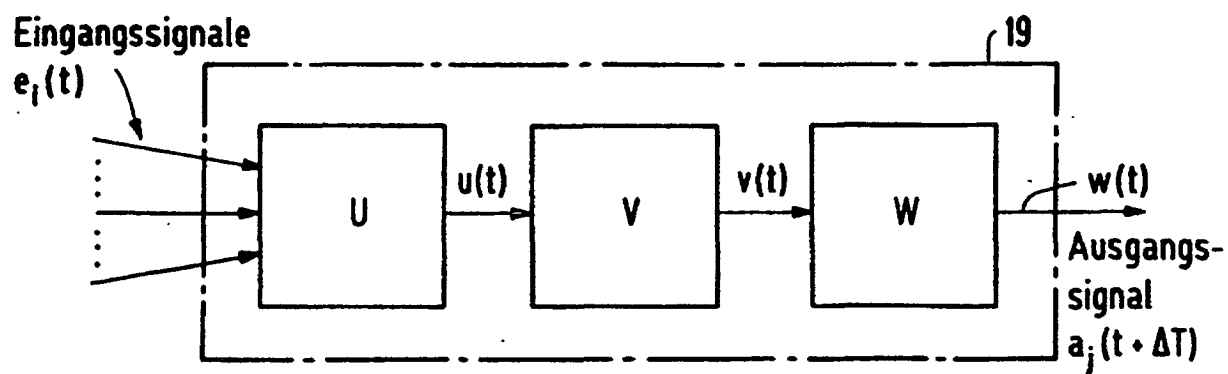


FIG 4

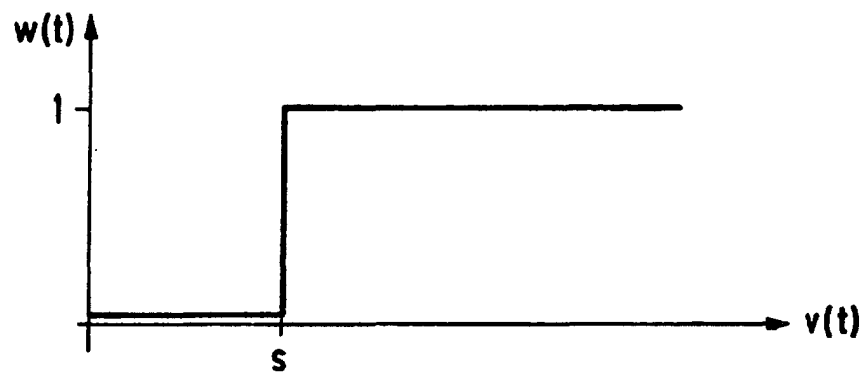


FIG 5a

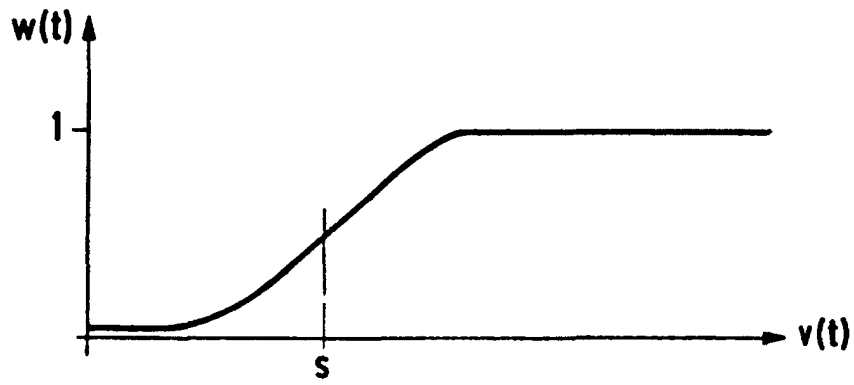


FIG 5b

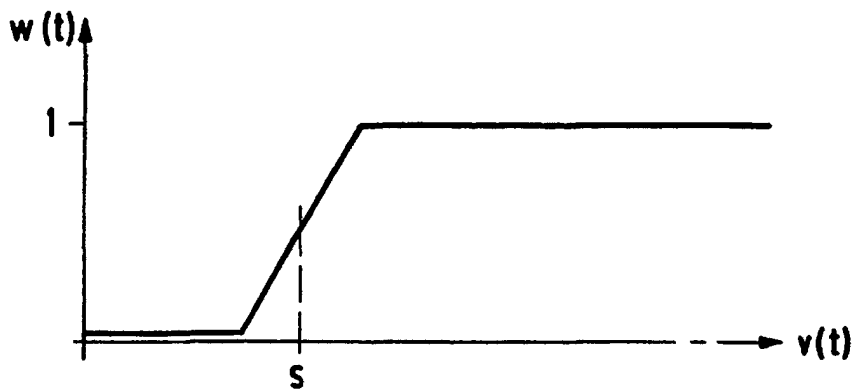
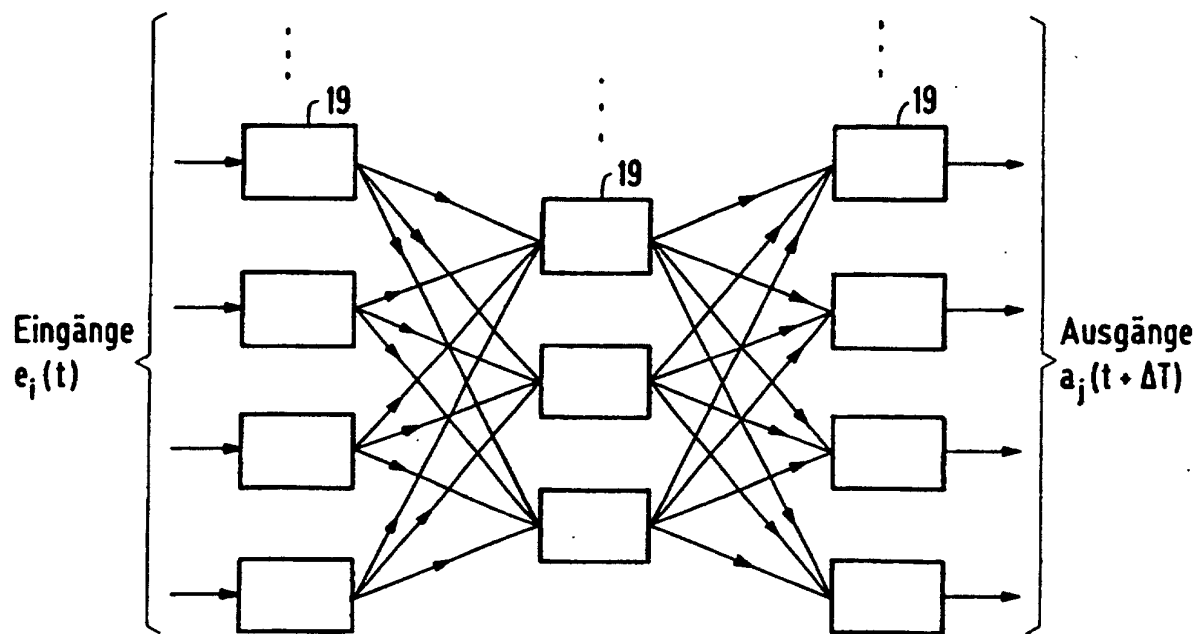
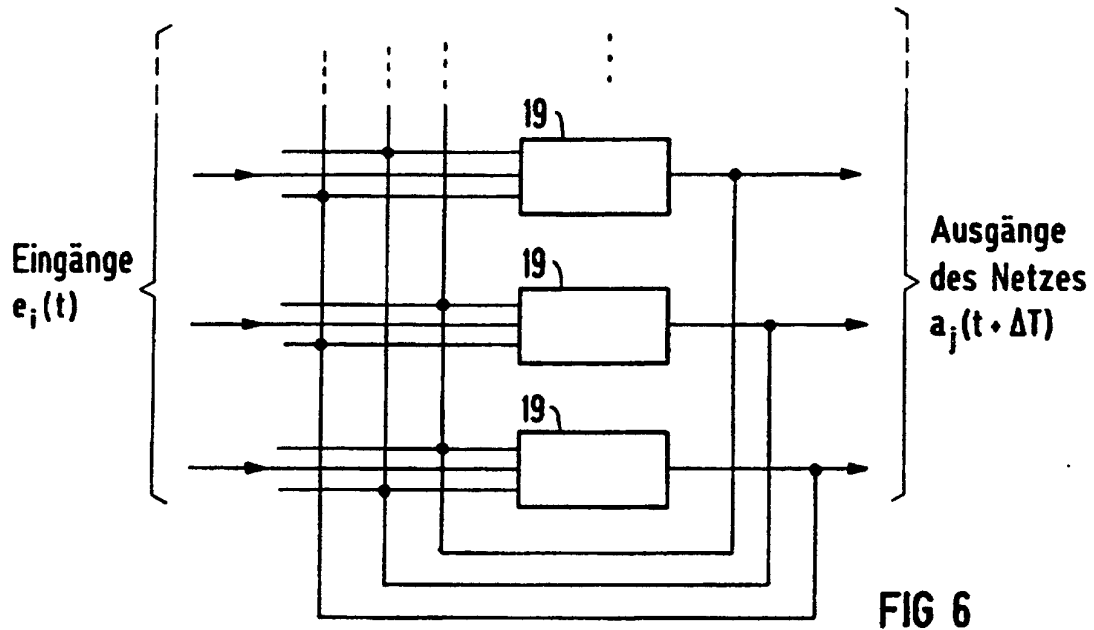


FIG 5c



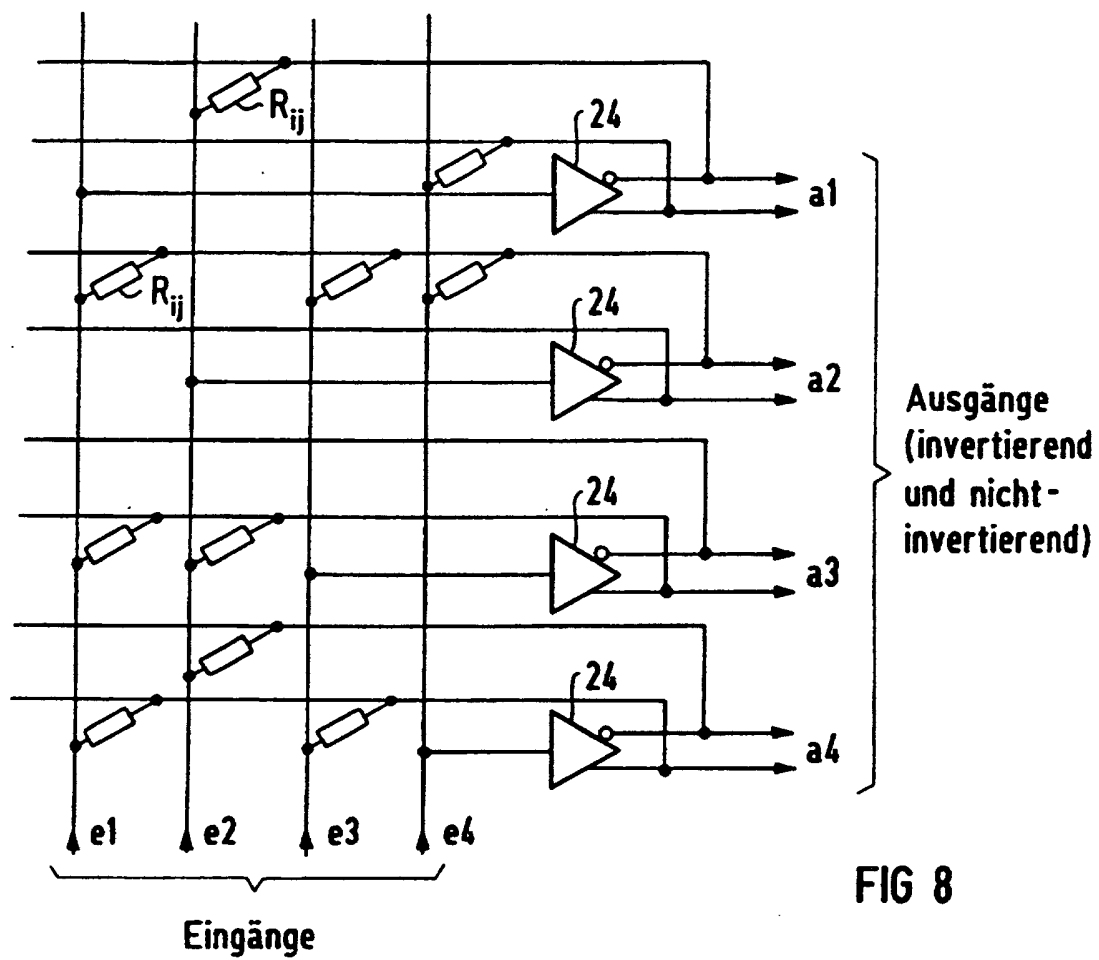


FIG 8

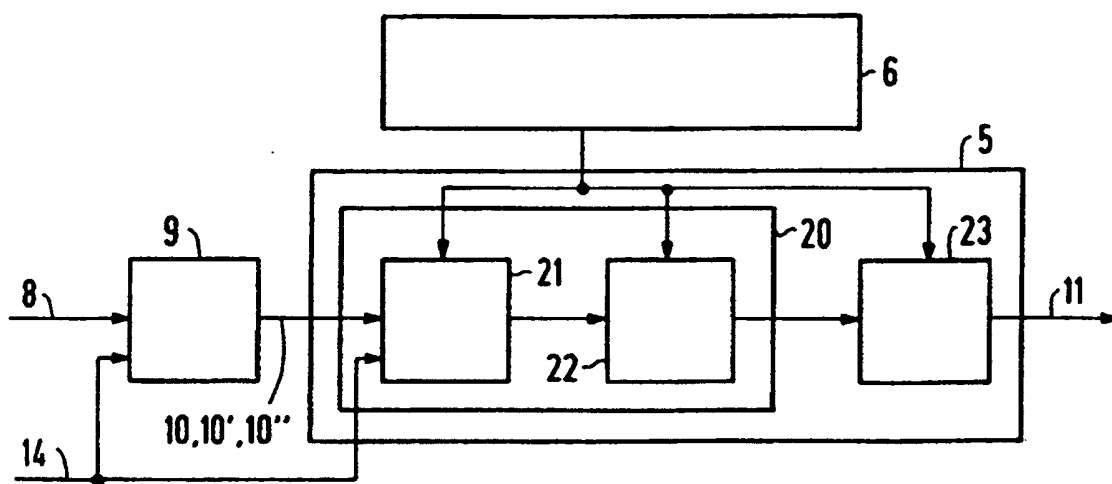


FIG 11

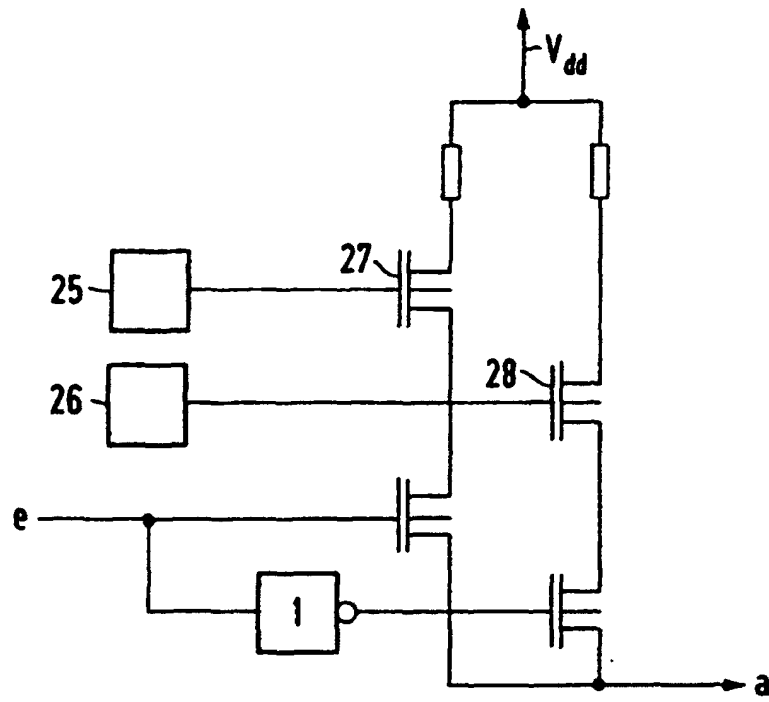


FIG 9

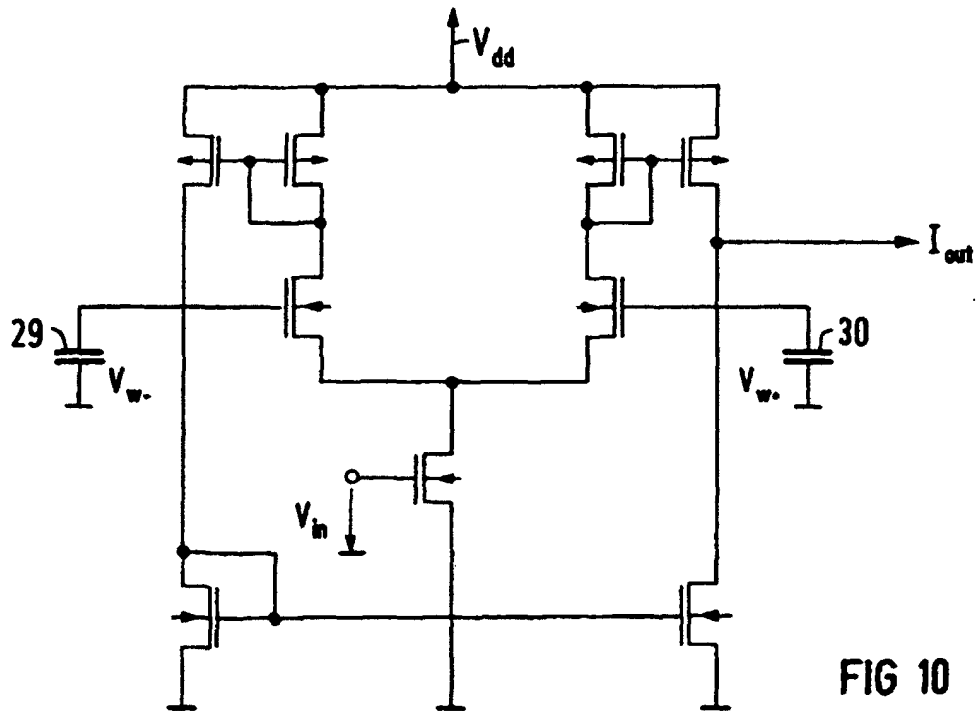


FIG 10