



19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 686 557 A5

51 Int. Cl.⁶: A 61 N 001/08

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 01949/93

22 Anmeldungsdatum: 29.06.1993

30 Priorität: 02.07.1992 AT A1355/92

24 Patent erteilt: 30.04.1996

45 Patentschrift
veröffentlicht: 30.04.1996

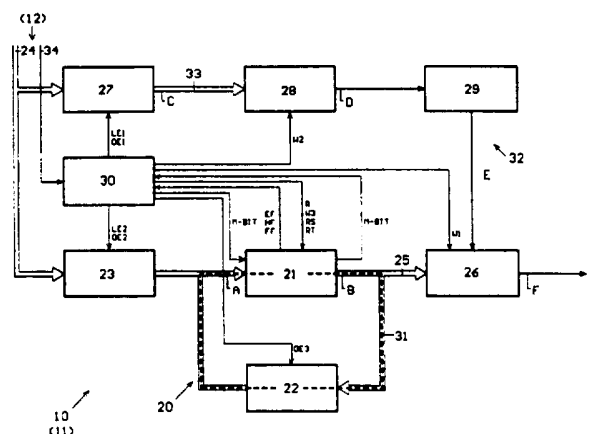
73 Inhaber:
Hospitech Physicom Clinchem Gesellschaft für
Forschung Medizintechnische Entwicklung,
Analysensysteme Medizin- und ..
Stefan Fechter Weg 1, Linz (AT)

72 Erfinder:
Waldherr, Manfred, Dipl.-Ing., Wels (AT)
Hirschmann, Alfred, Linz (AT)

74 Vertreter:
Schmauder & Wann Patentanwaltsbüro,
Zwängiweg 7, 8038 Zürich (CH)

54 Stromformsyntheseeinrichtung für Reizstromtherapie- und diagnostikgeräte.

57 Die Stromformsyntheseeinrichtung weist eine digitale Verarbeitungsschaltung mit einer zugeordneten Speichereinrichtung für Stromformparameter auf. Sie enthält einen digitalen Grundstromform-Syntheseschaltkreis zur Erzeugung der Grundstromform auf Basis von eingegebenen Stromformparametern sowie zumindest einen mit diesem Grundstromform-Syntheseschaltkreis verbundenen, gesonderten digitalen Replikationsschaltkreis zur zyklischen Abgabe der Grundstromform, sowie eine D/A-Konverterschaltung für die zyklisch abzugebende Grundstromform. Dabei enthält der Replikationsschaltkreis (20) einen FIFO-Speicher (21), dessen Ausgang über einen Schalter (22) zum Eingang rückgekoppelt ist.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Stromformsyntheseeinrichtung für Reizstromtherapie- und -diagnostikgeräte mit einer digitalen Verarbeitungsschaltung, der eine Speichereinrichtung für Stromformparameter zugeordnet ist, und die einen digitalen Grundstromform-Syntheseschaltkreis zur Erzeugung der Grundstromform auf Basis von eingegebenen Stromformparametern sowie zumindest einen mit diesem Grundstromform-Syntheseschaltkreis verbundenen, gesonderten digitalen Replikationsschaltkreis zur zyklischen Abgabe der Grundstromform enthält, und mit einer D/A-Konverterschaltung für die zyklisch abzugebende Grundstromform.

Es ist bekannt, im Rahmen einer Diagnose oder Therapie Reizströme zu verwenden, um Muskeln bzw. Nerven des menschlichen Körpers zu stimulieren. Beispielsweise ist es in der Reizstromtherapie, in der physikalischen Therapie, seit längerem üblich, dass ein Therapeut entsprechend der gestellten Diagnose eine bestimmte Stromform als Reizstrom dem Patienten appliziert. Dabei besaßen frühere Reizstromgeräte nur sehr beschränkte Möglichkeiten hinsichtlich der Einstellung der Stromformparameter für die Therapie, insbesondere auch während der Behandlung, so dass es praktisch nicht möglich war, eine individuelle Anpassung der Stromform für den Patienten vorzunehmen. Die hierfür verwendeten früheren Reizstromtherapiegeräte eigneten sich lediglich für die Applikation einiger unveränderbarer gebräuchlicher Stromformen im Niederfrequenzbereich (Galvanisation, Impulsgalvanisation, Faradisation) oder im Mittelfrequenzbereich (Interferenzstromgeräte). In der Folge wurden sodann Reizstromtherapiegeräte entwickelt, bei denen einige Parameter, wie Pulsdauer, Pulspause bzw. – bei Interferenzstromgeräten – die Schwebungsfrequenz eingestellt werden können.

In jüngerer Zeit wurden auch Reizstromgeräte vorgeschlagen, die mit einem digitalen Speicher für die Abspeicherung verschiedener Stromformmuster ausgerüstet sind, wobei aufgrund der aus dieser Speichereinrichtung ausgelesenen Stromformparameter in einer elektronischen (digitalen) Verarbeitungsschaltung die jeweilige gewünschte Stromform generiert wird. Mit diesen Reizstromgeräten ist es auch möglich, verschiedene Kurvenformen der Reizstromimpulse zu erzeugen. In der DE-A 2 903 392 ist beispielsweise ein derartiges Reizstromgerät beschrieben, wobei als Speichereinrichtung ein ROM, PROM oder dergl. geöffnet ist, also eine Speichereinrichtung ohne Zugriffsmöglichkeit für den behandelnden Arzt oder Therapeuten. Sofern auch andere Gruppen von Stromformen, für verschiedene Einsatzgebiete, gewünscht werden, ist bei dem bekannten Reizstromgerät in einer Ausführungsvariante vorgesehen, die Speichereinrichtung auszutauschen. Demgemäss hat dieses bekannte Reizstromgerät nach wie vor den Nachteil, dass es nicht möglich ist, eine für einen Patienten individuell gestaltete Therapie durchzuführen, wozu eine beliebige, gegebenenfalls auch speziell festgelegte, therapeutisch nutzbare Stromform generiert werden können müsste.

Dieser Nachteil haftet auch dem Reizstromgerät gemäss der DEA 3 207 050 an, da dort ein Therapieprogramm für Patienten nur vorprogrammiert werden kann, indem ein separates Therapiefestlegungsgerät verwendet wird, in dem die jeweiligen Stromformparameter bestimmt werden, und von dem diese Stromformparameter auf einen Datenträger abgespeichert werden, wodurch sie auf das eigentliche Therapiegerät überspielt werden können. Eine rasche Anpassung bei der Therapie, mit dem eigentlichen Therapiegerät, ist somit auch hier nicht möglich.

Aus der DE-A 3 049 530 ist eine Vorrichtung zur Reizstromtherapie bekannt, die einen Mikroprozessor als zentrale Steuer- und Verarbeitungseinheit unter anderem für die Erzeugung der gewünschten Kurvenformen und Frequenzen sowie mindestens einen ihm zugeordneten RAM-Zwischenspeicher aufweist, in dem die Kurvenformen und Frequenzen als Momentanwerte zwischengespeichert werden, und aus dem diese Momentanwerte mit Hilfe eines Adressierkreises sowie einer Frequenzteiler- und Zählerschaltung ausgegeben werden. Diese Schaltungsausbildung ist somit verhältnismässig aufwendig und doch relativ wenig flexibel, wenngleich durch die funktionelle Aufteilung zwischen der Erzeugung der Grund-Kurvenform im Mikroprozessor und der zyklischen Ausgabe aus dem RAM-Zwischenspeicher (wodurch also ein Replikationsschaltkreis gebildet ist) eine Entlastung des Mikroprozessors erzielt werden kann.

Es ist nun Aufgabe der Erfindung, eine Stromformsyntheseeinrichtung wie eingangs angegeben zu schaffen, mit der bei möglichst geringem baulichen Aufwand eine einfache und rasche individuelle Anpassung der jeweiligen Stromform an die therapeutischen Notwendigkeiten nach Massgabe des behandelnden Arztes, und zwar auch während der Behandlung, unter Einbeziehung der subjektiven Empfindungen des Patienten, möglich ist. Dabei soll auch dem Umstand Rechnung getragen werden, dass eine programmierbare laufende Verstellung von Stromformparametern bei der Therapie Gewöhnungseffekte hintanhält und in der Diagnostik Abläufe des Diagnosevorganges automatisieren lässt, wodurch bei einem geringeren Zeitaufwand eine fundiertere Diagnose erstellt werden kann. Mit der vorliegenden Stromformsyntheseeinrichtung soll es daher für therapeutische bzw. diagnostische Anwendungen ermöglicht werden, jede beliebige denkbare, therapeutisch nutzbare, auch gegebenenfalls derzeit noch nicht genützte Stromform zu generieren und deren Parameter ohne Unterbrechung der Reizstromapplikation den Behandlungsbedürfnissen des Patienten anzupassen. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass die Stromformparameter trotz der Verstellbarkeit in weiten Bereichen nichtsdestoweniger nach ihrer Einstellung mit einer ausserordentlich geringen Toleranz eingehalten werden und die Stromformen stabil bleiben sollen.

Die erfindungsgemässe Stromformsyntheseeinrichtung der eingangs angeführten Art ist dadurch gekennzeichnet, dass der Replikationsschaltkreis einen FIFO-Speicher enthält, dessen Ausgang über einen Schalter zum Eingang rückgekoppelt ist.

Bei der erfindungsgemässen Stromformsynthese-einrichtung kann zufolge der Ausbildung des Replikationsschaltkreises mit einem FIFO-Speicher in vorteilhafter Weise eine Funktion «Vorwärtskopieren» realisiert werden, wobei auch relativ hohe Frequenzen erzielbar sind, und wobei praktisch keinerlei Beschränkungen hinsichtlich der synthetisierten Stromformen zu gewärtigen sind. Andererseits liegt eine funktionelle Aufteilung insofern vor, als die jeweilige Grundstromform, entsprechend einer Periode, auf Basis von individuellen Stromformparametern im Grundstromform-Syntheseschaltkreis generiert wird, wogegen diese Grundstromform mittels einer selbständigen Funktionseinheit, nämlich dem rückgekoppelten FIFO-Speicher, zyklisch wiederholt, d.h. repliziert wird, um so das zyklische Patientenstromsignal zu erhalten, das dem Patienten appliziert wird. Durch das Vorsehen des rückgekoppelten FIFO-Speichers, mit dem die Grundstromform praktisch laufend kopiert wird, wobei die «Kopier»-frequenz die Frequenz des Patientenstromsignals bildet, wird der eigentliche Syntheseschaltkreis, in dem die Grundstromform generiert wird, wesentlich entlastet, so dass dieser Syntheseschaltkreis dann auf die Generierung der Grundstromformen auf Basis der eingegebenen jeweiligen Stromformparameter konzentriert werden kann, wobei er problemlos für die Erzeugung der verschiedensten Grundstromformen herangezogen werden kann.

Im Hinblick auf die gewünschte grosse Flexibilität bei der Generierung der Stromform kann der Grundstromform-Syntheseschaltkreis durch eine Microcontrollereinheit mit zugeordnetem Programmspeicher sowie mit einer Eingabeeinheit für die Eingabe der Stromformparameter gebildet sein. Mit einer derartigen Microcontrollereinheit kann auch die bereits erwähnte Programmierung hinsichtlich Diagnose- oder Therapieablauf bzw. dessen Automatisierung auf einfache Weise realisiert werden, abgesehen davon, dass bei einer derartigen Microcontrollereinheit über die Eingabeeinheit die verschiedensten Grundstromformen definiert und mit Hilfe des im Programmspeicher enthaltenen Programms bezüglich einer Periode berechnet, d.h. generiert werden können. Darüber hinaus kann eine solche Microcontrollereinheit auch noch weitere Kontroll-, Steuer-, und Sicherheitsfunktionen im Reizstromgerät übernehmen, wie insbesondere hinsichtlich der Messung der tatsächlich im Patienten fliessenden Ströme und deren Vergleich mit der gewünschten Stromform bzw. mit Maximalwerten, wobei bei überhöhen Strömen eine Sicherheitsschaltung, wie an sich üblich, aktiviert wird.

Für die verschiedenen Programmieraufgaben kann der Microcontrollereinheit auch eine Schnittstelle zum Anschluss eines Rechners, z.B. eines PC's, zugeordnet sein. Ausserdem kann mit der Microcontrollereinheit eine Anzeigeeinrichtung, insbesondere für die Anzeige der jeweiligen Grundstromform, verbunden werden; eine derartige Anzeigeeinrichtung, wie insbesondere ein LC-Display (Flüssigkristallanzeige), bietet unter anderem für den behandelnden Arzt oder Therapeuten auf einfache Weise eine Überprüfungsmöglichkeit bei der Definition der individuellen Stromformen, etwa bei

der Generierung von bestimmten Dreiecks-, Trapez- oder dergl. Impulssignalen. Darüber hinaus können selbstverständlich auch andere Informationen angezeigt werden, wie etwa die gewünschte Signalfrequenz, d.h. die Wiederholungs- oder Zyklusfrequenz des Replikationsschaltkreises, der in dieser Hinsicht von der Microcontrollereinheit über eine Steuerlogik angesteuert werden kann.

Wie bereits erwähnt, ist es bekannt, für bestimmte Anwendungen sog. Interferenzstromgeräte einzusetzen, und ein derartiges Interferenzstromgerät kann auch auf der Basis der erfindungsgemässen Massnahmen besonders einfach und mit individuellen Gestaltungsmöglichkeiten etwa hinsichtlich der Schwebungsfrequenz realisiert werden. Zweckmässig werden dabei an die eine Microcontrollereinheit wenigstens zwei Patientenstromkanäle, je mit einem eigenen Replikationsschaltkreis mit FIFO-Speicher, angeschlossen. Dadurch, dass die zyklische Wiederholung der Grundstromformen in eigenen FIFO-Speicher-Replikationsschaltkreisen bewerkstelligt wird, ist es problemlos möglich, eine einzige, gemeinsame Microcontrollereinheit vorzusehen, um die für das Interferenzstromgerät erforderlichen wenigstens zwei, eine etwas unterschiedliche Frequenz aufweisenden Signale zu erzeugen. Sofern daher eine derartige Grundausstattung mit einer gemeinsamen Microcontrollereinheit und wenigstens zwei Replikationsschaltkreisen vorgesehen wird, kann mit dem so ausgestatteten Reizstromgerät jede beliebige Applikation realisiert werden, wobei im Fall der Verwendung als Interferenzstromgerät wenigstens zwei Patientenstromkanäle verwendet werden.

Zur zyklischen Wiederholung der Grundstromform kann der FIFO-Speicher jeweils eigens angesteuert werden, wobei die Frequenz dieser Ansteuerung dann die Frequenz der zyklischen Wiederholung der Grundstromform festlegt. Demgemäss ist es erfindungsgemäss von besonderem Vorteil, wenn der FIFO-Speicher einen Taktsignaleingang aufweist und das angelegte, in der Frequenz einstellbare Taktsignal die Frequenz festlegt, mit der die Grundstromform zyklisch abgegeben wird. Sofern eine Microcontrollereinheit verwendet wird, kann selbstverständlich auf einfache Weise über diese Microcontrollereinheit die Taktfrequenz jeweils festgelegt werden, um so die Frequenz des endgültigen Patientenstromsignals zu bestimmen.

Der vorstehend erwähnte Replikationsschaltkreis hat zwei Betriebsarten, nämlich erstens die Betriebsart «Datenaufnahme», wobei während dieser Datenaufnahme die durch den Syntheseschaltkreis – insbesondere den Microcontroller – synthetisierte Signalform, die Grundstromform, übernommen wird, und zweitens die Betriebsart «Vorwärtskopieren», in der die Grundstromform über den Rückkopplungszweig des FIFO-Speichers laufend zu dessen Eingang zurückgeführt und so «kopiert» wird. Um in der ersten Betriebsart die Daten aus dem Syntheseschaltkreis, insbesondere der Microcontrollereinheit, angepasst übernehmen zu können, und andererseits in der zweiten Betriebsart «Vorwärtskopieren» eine Trennung des Replikationsschaltkreises mit dem FIFO-Speicher vom Syntheseschaltkreis

bzw. von der Microcontrollereinheit zu realisieren, ist es besonders vorteilhaft, wenn der FIFO-Speicher über eine Pufferschaltung an den Grundstromform-Syntheseschaltkreis angeschlossen ist. Es ist hier zu berücksichtigen, dass üblicherweise bei Microcontrollern die Taktfrequenz im Bereich von einigen 10 ns liegt, wobei aber der Microcontroller für die Ausgabe der Daten mehrere Zwischenschritte benötigt, so dass die sich ergebenden Pausenzeiten insofern genützt werden können, als ein langsamerer und damit billigerer – FIFO-Speicher verwendet werden kann. Die Taktfrequenz für einen FIFO-Speicher einer solchen billigeren Geschwindigkeitsklasse liegt beispielsweise im Bereich von Mikrosekunden oder Millisekunden, so dass eine zeitliche Anpassung zwischen der Datenabgabe aus dem Microcontroller und der Dateneingabe in den FIFO-Speicher erforderlich ist. In dieser Hinsicht ist es erfindungsgemäss auch besonders günstig, wenn die Pufferschaltung durch einen Latch-Schaltkreis gebildet ist. Mit einem solchen Latch-Schaltkreis wird auch, abgesehen von der angesprochenen Zeitanpassung, die während des Vorwärtskopierens der Grundstromform erforderliche Trennung von der Microcontrollereinheit auf einfache Weise sichergestellt.

Der im Rückkopplungszeit des FIFO-Speichers enthaltene Schalter ist erforderlich, um während der Betriebsart «Datenaufnahme» den Datenfluss innerhalb der Replikationsschaltkreis-Funktionseinheit zu unterbrechen, so dass der FIFO-Speicher die Daten von der Microcontrollereinheit oder allgemein vom Syntheseschaltkreis zugeführt erhalten kann. Die Datenaufnahme kann dabei einerseits vor Beginn des Auslesens von Daten aus dem FIFO-Speicher, also vor Funktionsbeginn der Replikation und somit vor Beginn der Reizstromapplikation, und andererseits während des Auslesens der Signalformdaten, wenn während der Reizstromapplikation Stromformparameter geändert werden, erfolgen. Es ist somit möglich, während des Betriebs des Reizstromgeräts die Stromform zu variieren, ohne dass dadurch eine Unterbrechung im Betrieb bedingt wäre.

Zur Erzeugung von modulierten Stromformen, wie an sich bekannt, ist es von Vorteil, wenn dem FIFO-Speicher ein Modulationsschaltkreis, zur Amplitudenmodulation der zyklisch abgegebenen Grundstromform, zugeordnet ist. Dabei ist es weiters vorteilhaft, wenn der Modulationsschaltkreis zusätzlich an den auch zur Erzeugung der Modulationssignal-Stromform eingerichteten Syntheseschaltkreis angeschlossen ist, wobei es überdies günstig ist, wenn der Modulationsschaltkreis über einen Latch-Schaltkreis an den Syntheseschaltkreis angeschlossen ist. Diese Ausbildung ist insbesondere dann zweckmässig, wenn der Syntheseschaltkreis wie erwähnt durch eine Microcontrollereinheit gebildet ist, wobei in dieser Microcontrollereinheit bzw. in diesem Syntheseschaltkreis das Modulationssignal erzeugt und dann direkt über das Latch an den Modulationsschaltkreis abgegeben wird. Für die Signalaufbereitung ist es hier weiters vorteilhaft, wenn der Modulationsschaltkreis mit einem D/A-Konverter und einem ihm nachgeschalteten Tief-

pass gebildet ist, an den ein dem FIFO-Speicher nachgeschalteter Modulator-Baustein mit einem Modulationssignal-Eingang angeschlossen ist. Dabei kann eine bauliche Vereinfachung erzielt werden, wenn der Modulator-Baustein zugleich einen dem FIFO-Speicher nachgeordneten D/A-Konverter bildet. Eine schaltungstechnisch besonders einfache, elegante Lösung kann hier weiters dann erzielt werden, wenn der D/A-Konverter des Modulator-Bausteins zu einer Einheit mit dem D/A-Konverter des Modulationsschaltkreises zusammengefasst ist, wobei ein Zeitmultiplexbetrieb hierfür vorgesehen ist, um zu verschiedenen Zeitpunkten die D/A-Umwandlung der Modulationssignal-Stromform bzw. jene der zyklisch abgegebenen Grundstromform sowie deren Modulation vorzusehen. Der Zeitmultiplexbetrieb des gemeinsamen D/A-Konverter- und Modulator-Bausteins kann dabei problemlos durch die Microcontrollereinheit bzw. eine zugehörige, angepasste Steuerlogik erfolgen, in der die erforderlichen Steuersignale, mit den notwendigen Frequenzen, aus vom Microcontroller abgegebenen Taktsignalen oder dgl. hergeleitet werden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von in der Zeichnung veranschaulichten bevorzugten Ausführungsbeispielen, auf die sie jedoch nicht beschränkt sein soll, noch weiter veranschaulicht. Im einzelnen zeigen:

Fig. 1 ein allgemeines Blockschaltbild eines Reizstromtherapie- und -diagnostikgeräts mit zwei Patientenkreiskanälen, so dass es auch als Interferenzstromgerät verwendbar ist;

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Stromformsyntheseeinrichtung eines Kanals eines solchen Reizstromgeräts gemäss Fig. 1 mehr im Detail;

die Fig. 3 und Fig. 4 verschiedene Signalverläufe an unterschiedlichen Schaltungspunkten der Stromformsyntheseeinrichtung gemäss Fig. 2, zur Veranschaulichung der Generierung einer in der Amplitude modulierten Stromform, wobei zum besseren Verständnis einzelne an sich in digitalisierter Form vorliegende Signale analog dargestellt sind;

Fig. 5 ein etwas detaillierteres Schaltbild eines Teiles der Stromformsyntheseeinrichtung, mit dem FIFO-Speicher und dem im Rückkopplungszeit hiezu vorgesehenen Schalter in Form von integrierten Schaltungen; und

Fig. 6 mehr im Detail einen an den Schaltungsteil gemäss Fig. 5 anschliessenden Schaltungsteil mit einem gemeinsamen D/A-Konverter-Modulator-Baustein samt nachgeschalteter Tiefpassschaltung und Verstärkerschaltung für die modulierte Stromform.

In Fig. 1 ist schematisch in einem Blockschaltbild der allgemeine Aufbau eines Reizstromgeräts 1 dargestellt, welches im vorliegenden Fall mit wenigstens zwei Patientenstromkanälen 2, 3, je mit einem Paar Patientenelektroden 4, 5 bzw. 6, 7, ausgerüstet ist. Für jeden Patientenstromkanal 2 bzw. 3, nachstehend auch kurz Kanal genannt, wird gesondert die gewünschte Stromform synthetisiert, wozu eine jeweilige Stromformsyntheseeinrichtung 8 bzw. 9 vorgesehen ist. Dabei enthält jede Strom-

formsyntheseeinrichtung 8, 9 einen dem jeweiligen Kanal 2 bzw. 3 zugehörige Replikations- und Modulationsschaltung 10 bzw. 11, wobei die dem ersten Kanal 2 zugeordnete Replikations- und Modulationsschaltung mehr im Detail in Fig. 2 veranschaulicht ist. Diese Replikations- und Modulationsschaltungen 10, 11 sind an ein gemeinsames Microcontrollersystem 12 mit einem zugeordneten, in Fig. 1 nicht näher herausgezeichneten digitalen Programmspeicher angeschlossen.

Gemäss Fig. 1 ist dieser Microcontrollereinheit 12 weiters eine Eingabetastatur 13 zugeordnet, und ferner sind mit ihr ein LC-Display (Flüssigkristallanzeige) 14 sowie ein PC-Interface 15 verbunden. Durch die Eingabetastatur 13 mit Menü-gesteuerten Funktionstasten sowie das LC-Display 14 ist eine Bedienungsoberfläche zum Microcontrollersystem 12 gegeben. Das Microcontrollersystem 12 hat die Aufgabe, die Bedienerführung, die Berechnung und Überwachung der Therapiestromformen sowie die Steuerung und Koordination von weiteren, nachstehend noch zu erläuternden Funktionsgruppen für die Stromformsynthese in den Kanälen 2 und 3, ferner die Speicherung von Patientendiagnosedaten und Stromformparametern sowie die Diagnoseunterstützung zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang ist ein Diagnose-/Messkreis 16 an die beiden Kanäle 2, 3, und zwar an eigentliche Patientenkreise (Betriebsschaltungen) 17 bzw. 18 der beiden Kanäle 2, 3 angeschlossen, und dieser Diagnose-/Messkreis 16 ist ausgangsseitig einerseits mit einer an sich herkömmlichen Sicherheitsschaltung 19 sowie andererseits mit dem Microcontrollersystem 12 verbunden. Die Sicherheitsschaltung 19 schützt den Patienten vor gefährlichen und unbeabsichtigten Stromstärken, wie dies an sich bekannt ist, vgl. beispielsweise die DE-C 2 935 309, DE-C 2 939 234, DE-C 3 047 861, DE-C 3 437 677 oder EP-B-1 806, wo Ausführungsbeispiele für derartige Sicherheitsschaltungen geoffenbart sind. Zum Schutz des Patienten ist beim vorliegenden Reizstromgerät im übrigen auch eine galvanische Trennung vorgesehen, die in den in Fig. 1 nicht näher veranschaulichten Ausgangsstufen der Patientenkreise 17, 18, mit den zugehörigen Elektrodenpaaren 4, 5 bzw. 6, 7, realisiert wird, wie dies an sich herkömmlich ist.

Sämtliche therapeutisch nutzbaren Stromformen, die das vorliegende Reizstromgerät 1 generieren können soll, lassen sich prinzipiell aus einem höherfrequenten Grundanteil, der mit einem niederfrequenten Modulationssignal amplitudenmoduliert ist, darstellen. Für die Stromformsynthese insgesamt gilt daher, dass für den höherfrequenten Grundanteil (bis einige kHz) eine relativ hohe zeitliche Auflösung (z.B. 3 μ s) bei gleichzeitig – wegen der niederfrequenten Amplitudenmodulation – relativ langer Periodendauer (z.B. bis 10s) notwendig ist.

Wenn nun im Gegensatz zu den derzeit verwendeten technischen Lösungen, mit fest gespeicherten Stromformmustern in Festspeichern, die Stromform direkt laufend mit Hilfe des Microcontrollersystems 12 synthetisiert werden soll, so gelangt man bei der hohen zeitlichen Auflösung sehr rasch an die Grenze der Leistungsfähigkeit des Microcontrollers 12,

ohne noch die übrigen Kontroll-, Steuer- und Sicherheitsfunktionen des Reizstromgerätes 1 berücksichtigt zu haben.

Beim vorliegenden Reizstromgerät 1 wird daher die Aufgabe der zyklischen Generierung des Grundanteils der Stromform einer selbständigen Funktionseinheit innerhalb der jeweiligen Replikations- und Modulationsschaltung 10 bzw. 11 übertragen, die mit wenigen Steuersignalen eine Signalfom, die durch den Microcontroller 12 jederzeit und ohne zusätzlichen Bauteilaufwand programmierbar ist, fortlaufend ohne Systembelastung für den Microcontroller 12 repliziert.

Das niederfrequente Signal zur Amplitudenmodulation wird dagegen durch das Microcontrollersystem 12 dargestellt und der zyklisch replizierten Grundstromform in der Replikations- und Modulationsschaltung 10 bzw. 11 aufmoduliert.

Nachstehend soll nun vor allem anhand der Fig. 2 mehr im Detail der Aufbau dieser Replikations- und Modulationsschaltung 10 bzw. 11 beschrieben werden, wobei es genügt, nur eine dieser Schaltungen, z.B. 10, für den einen Patientenstromkanal, z.B. 2, zu beschreiben, da die entsprechenden Replikations- und Modulationsschaltung 11 im anderen Kanal 3 völlig gleich ausgebildet ist.

Gemäss Fig. 2 enthält die Replikations- und Modulationsschaltung 10 einen eigentlichen Replikationsschaltkreis 20, der mit einem FIFO-Speicher 21 als Hauptelement aufgebaut ist, dessen Ausgang über einen Schalter 22 zum Eingang rückgekoppelt ist, um so ein fortlaufendes Wiederholen der in den FIFO-Speicher 21 eingelesenen Grundstromform-Daten über den geschlossenen Schalter 22 – so dass die am Ausgang des FIFO-Speichers 21 auftretende Grundstromform zyklisch wieder dem Eingang des FIFO-Speichers 21 zugeführt wird – zu ermöglichen. Zu Beginn oder bei einer Änderung wird die jeweilige Grundstromform, die im Mikroprozessor 12 (Fig. 1), der den eigentlichen Grundstromform-Syntheseschaltkreis bildet, aufgrund der eingegebenen Stromformparameter generiert wird, über einen Latch-Schaltkreis 23 dem FIFO-Speicher 21 zugeführt. Das Latch 23 ist dabei über einen beispielsweise acht Bit breiten Datenbus 24 an den Microcontroller 12 (Fig. 1) angeschlossen, und es hat dementsprechend 8 Stellen für die Übernahme der jeweiligen Stromform-Daten. Das Latch 23 hat primär die Funktion einer Pufferung der Stromforminformation sowie der Auftrennung zwischen Microcontroller 12 und FIFO-Speicher 21, wie nachstehend noch näher erläutert werden wird.

Ausgangsseitig ist der FIFO-Speicher 21 über einen Ausgangs-Datenbus 25 mit einem Digital/Analog-(D/A)-Konverter-Modulator-Baustein 26 verbunden, wobei es sich hierbei um einen an sich bekannten integrierten Schaltkreis, z.B. vom Typ AD 7528, handeln kann, der zugleich als D/A-Konverter und als Modulator verwendbar ist, um das Ausgangssignal des FIFO-Speichers 21, also die zyklisch wiederholte Grundstromform, in der Amplitude zu modulieren. Hiefür wird das niederfrequente Modulationssignal, das wie erwähnt ebenfalls in der Microcontrollereinheit 12 definiert wird, über ein weiteres Latch 27, einen D/A-Konverter 28 sowie

einen Tiefpass 29 an den Schaltkreis 26 angelegt. Dabei ist es, wie nachstehend noch näher anhand der Fig. 6 erläutert werden wird, auch möglich, die Funktion des D/A-Konverters 28 und des D/A Konverters 26, bei entsprechendem Zeitmultiplexbetrieb, in einem Baustein zu realisieren. Der Baustein AD 7528 enthält nämlich zwei D/A-Konverter mit Eingangspuffer und einem gemeinsamen Eingangsdatenpuffer sowie eine Steuerlogik zum Demultiplexen des gemeinsamen Eingangs-Datenbusses. Auf der Analogseite sind die beiden D/A Konverter jedoch getrennt, vgl. auch Fig. 6.

Zur Herleitung der verschiedenen in den einzelnen Schaltkreisen benötigten, nachstehend soweit als erforderlich noch näher zu beschreibenden Steuersignale von Steuer- oder Taktsignalen, die vom Microcontroller 12 abgegeben werden, ist eine Steuerlogik 30 vorgesehen, wobei zu erwähnen ist, dass diese Steuerlogik 30 in diskreter Schaltungsbauweise, mit den erforderlichen Logik-Schaltkreisen, ebenso wie z.B. in einem programmierbaren Logikbaustein realisiert werden kann. Da es sich hierbei um an sich übliche Techniken handelt, kann von einer weiteren, detaillierten Beschreibung der Signalerzeugung Abstand genommen werden.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der FIFO-Speicher 21 mit Dual-Port-Architektur aus einem statischen Dual-Port-RAM und je einer Steuereinheit für das Lesen und Schreiben aufgebaut. Ein derartiger FIFO-Speicher 21 ist an sich bekannt, so dass sich hier eine eingehende Beschreibung erübrigen kann. Es sei nur zur Funktion kurz folgendes erwähnt: Wenn ein Wert in den FIFO-Speicher 21 geschrieben wird, so erhöht die Steuereinheit für das Schreiben automatisch die Speicheradresse, so dass beim Schreiben des nächsten Wertes auf die nächst-höhere Adresse geschrieben wird. Das Lesen erfolgt nach demselben Prinzip. Es muss jedoch immer die Bedingung gelten, dass die Adresse für das Beschreiben des Speichers nie niedriger werden darf als die Adresse für das Lesen des Speichers (unter Berücksichtigung des Überlaufs). Es werden die Werte also immer in der gleichen Reihenfolge, wie sie in den Speicher geschrieben wurden, wieder ausgelesen (First In First Out).

Werden alle Werte, die in den FIFO-Speicher 21 geschrieben wurden, wieder ausgelesen, so sind die Adressen für Schreiben und Lesen gleich, und jeder weitere Lesezugriff wird verhindert. Dieser Status «FIFO-Speicher 21 leer» wird über eine Steuerleitung (Empty Flag – EF) nach aussen gemeldet. Erreicht die Differenz zwischen den Adressen einen Wert, der der Speichergrosse entspricht, so wird dieser Zustand ebenfalls über eine Steuerleitung angezeigt (Full Flag – FF) und ein weiterer Schreibzugriff verhindert. Entspricht die Differenz zwischen der Schreib- und der Leseadresse der halben FIFO-Länge, so wird dies ebenfalls über eine Steuerleitung (Half Full Flag – HF) angezeigt.

Im Gegensatz zu anderen Halbleiterspeichern, wie RAM, ROM, EPROM und dergl., ist bei einem FIFO-Speicher nicht die Möglichkeit gegeben, von aussen Adressen zu bestimmen. Über zwei Steuerungseingänge besteht jedoch die Möglichkeit, die Adressen von aussen zu beeinflussen. Ein Reset-Ein-

gang (RS) kann die Schreib- und Leseadresse auf Null setzen, und ein Retransmit-Eingang (RT) kann die Leseadresse auf Null setzen.

Hinsichtlich der Wahl des jeweiligen FIFO-Speicherbausteins – wie im übrigen auch der anderen Bausteine, insbesondere des D/A-Konverter-Modulator-Bausteins 26 – ist ganz allgemein die Art der zu erzeugenden Stromformen, insbesondere deren Frequenz, zu berücksichtigen, wobei je nach Konversionsgeschwindigkeit des D/A-Konverters und Geschwindigkeit des FIFO-Speichers 21 Abtastraten bis in den Megahertzbereich realisierbar sind. Das Verhältnis der Grundfrequenz zum höchsten spektralen Frequenzanteil hängt ausschliesslich von der Länge des FIFO-Speichers 21 ab und beträgt die halbe FIFO-Länge unter der Voraussetzung, dass die Abtastfrequenz gleich dem doppelten höchsten Frequenzanteil ist. Es gilt somit:

$$T = n/f_a,$$

wobei

T die Periodendauer ist,

n die FIFO-Länge ist und
f_a die Abtastfrequenz ist.

Wenn beispielsweise die FIFO-Länge n = 2048 beträgt, und die höchsten auftretenden Frequenzanteile bei 20 kHz liegen, so ergibt sich eine Abtastfrequenz f_a von 40 kHz sowie als längste generierbare Periodendauer T

$$T = 2048/40 \text{ kHz} = 51,2 \text{ ms}$$

Daraus folgt für die Grundfrequenz f_g

$$f_g = 1/T = 1/51,2 \times 10^{-3} = 19,5 \text{ Hz}$$

Wie aus diesem Beispiel ersichtlich ist, können bei den angegebenen Werten für die FIFO-Länge n und die Abtastfrequenz f_a beispielsweise Signale mit allen Frequenzanteilen zwischen ungefähr 20 Hz und 20 kHz synthetisiert werden.

Nach diesen allgemeinen Erläuterungen in Zusammenhang mit dem FIFO-Speicher 21 soll nun die Funktion der Schaltung gemäss Fig. 2 mehr im Detail erläutert werden, wobei in den Diagrammen von Fig. 3 und 4 verschiedene Signale schematisch veranschaulicht sind, die an verschiedenen, nachstehend noch näher bezeichneten Stellen der Schaltung gemäss Fig. 2 auftreten. Es sei dabei erwähnt, dass einzelne dieser Signale, nämlich insbesondere das Eingangssignal A des FIFO-Speichers 21 (s. Fig. 3e) sowie das Ausgangssignal B des FIFO-Speichers 21 (s. Fig. 3g bzw. 4c) sowie das Ausgangssignal C des Latch-Schaltkreises 27 für die Ableitung des Modulationssignals (s. Fig. 4d), in den Diagrammen zum besseren Verständnis nicht in der digitalisierten Form (8-Bit-Signale), sondern analog dargestellt. Weiters sei in Zusammenhang mit den Diagrammen in Fig. 3 und 4 noch darauf hingewiesen, dass die darin gezeigten Signale nur zur Prinzipklärung dienen sollen, ohne auf tat-

sächliche konkrete Therapiestromformen im Detail einzugehen. Auch wurde im Diagramm gemäss Fig. 4 der Zeitmassstab im Verhältnis zu jenem von Fig. 3 geändert, um mehr Perioden der Grundstromform und somit die Amplitudenmodulation der Grundstromform besser darstellen zu können.

Der gesonderte Replikationsschaltkreis 20 mit dem FIFO-Speicher 21 und dem Schalter 22 kann in zwei Betriebsarten versetzt werden, wie dies bereits vorstehend erwähnt wurde, nämlich in die Datenaufnahme-Betriebsart, in der die Daten für die durch das Microcontrollersystem 12 synthetisierte Grundstromform in diese Funktionseinheit (Replikationsschaltkreis) 20 aufgenommen werden, sowie in die Replikations- oder Vorwärtskopier-Betriebsart, in der die Daten, die in den FIFO-Speicher 21 übernommen wurden, innerhalb dieser Funktionseinheit 20 repliziert, d.h. wiederholt werden, dabei laufend neuerlich in den FIFO-Speicher 21 eingelesen, d.h. «kopiert» werden.

Die Aufnahme der Daten der vom Microcontrollersystem 12 synthetisierten Signalform, der Grundstromform, in die Funktionseinheit 20 besteht im Beschreiben des FIFO-Speichers 21. Dazu muss der Datenfluss innerhalb der Funktionseinheit 20 über den Schalter 22 unterbrochen sein, während der FIFO-Speicher 21 die Daten vom Microcontroller-Datenbus 24 über das Latch 23 direkt übermittelt erhält. Das Beschreiben des FIFO-Speichers 21 wird durch einen von der Steuerlogik 30 angelegten Schreibtakt W3 (s. auch Fig. 3c) gesteuert. Sind übereinstimmende dynamische Eigenschaften von FIFO 21 und Microcontroller 12 gegeben, kann dieses Signal W3 direkt vom Schreibsignal des Microcontrollers 12 abgeleitet werden.

Die Aufnahme von Daten in den FIFO-Speicher 21 erfolgt einerseits vor Beginn des Auslesens der Daten vom FIFO-Speicher 21 zum D/A-Konverter 26, also vor Funktionsbeginn der Replikation und somit vor Beginn der Reizstromapplikation (vgl. auch den Zeitabschnitt T1 in Fig. 3), oder andererseits während des Auslesens der Signalformdaten, wenn Signalformdatenparameter geändert werden (Zeitabschnitt T3 in Fig. 3).

Im Prinzip wären beim vorliegenden Replikationsschaltkreis 20 mit dem FIFO-Speicher 21 als Hauptbestandteil zwei Möglichkeiten für das zyklische Auslesen von Daten, die für eine Periodendauer im FIFO 21 abgespeichert sind, gegeben. Die erste Möglichkeit sieht vor, am Ende jeder Periode, gekennzeichnet durch das Statussignal «FIFO Empty» (EF), das Retransmit-Pin des FIFO-Speichers 21 anzusteuern (Signale RT), um den Lesezeiger wieder auf Null zu setzen, wodurch der Datenfluss aus dem FIFO-Speicher 21 wieder von vorne beginnt. Der Nachteil dieser Methode liegt darin, dass Änderungen der Daten ohne Unterbrechung des Auslesens nur möglich sind, wenn die neuen Daten in der Pause zwischen dem letzten Leseimpuls der alten Periode und dem ersten Leseimpuls der neuen Periode in den FIFO-Speicher 21 geschrieben werden. Diese Forderung ist aber vom Microcontrollersystem 12 nicht in jedem Fall sicherzustellen. Gegenüber dieser Möglichkeit stellt die in der Folge angeführte zweite Möglichkeit eine anzu-

strebende Erhöhung der Systemfunktionalität vor allem um Hinblick auf die Veränderbarkeit der Stromformparameter ohne Unterbrechung des Auslesens der Stromformdaten aus dem FIFO-Speicher 21 dar, wofür ein etwas höherer Hardwareaufwand – nämlich durch den Schalter 22 und das Latch 23 – in Kauf genommen wird. Dieser erhöhte Hardwareaufwand entsteht dadurch, dass in der Betriebsart «Vorwärtskopieren» (vgl. auch den Zeitabschnitt T2 in Fig. 3) der FIFO-Speicher 21 vom Datenbus 24 abkoppelbar sein muss, und dass für die Betriebsart «Datenaufnahme» eine unterbrechbare Rückkopplung des Ausgangs des FIFO-Speichers 21 zum Eingang notwendig ist. Die dafür vorgesehene automatische Steuerung der zeitlichen Abfolge Vorwärtskopieren/Datenaufnahme/Vorwärtskopieren (Steuersignale OE3 – für den Schalter 22 und OE2 – für das Latch 23, vgl. auch Fig. 3a und 3b) erfolgt durch die Steuerlogik 30, die ein kennzeichnendes Signal des FIFO-Speichers 21, nämlich das Markierungsbit oder kurz M-Bit an dessen Ausgang (vgl. Fig. 3h), welches das Periodenende der Stromform kennzeichnet, auswertet, wobei in diesem Fall die Breite des FIFO-Speichers 21 um ein Bit grösser sein muss als das für die Stromformdaten vorgesehene Datenwort.

Im einzelnen werden beim Vorwärtskopieren die Stromformdaten, die vom FIFO-Speicher 21 zum D/A-Konverter 26 ausgelesen werden, gleichzeitig im Replikationskreislauf-Datenbus 31 über den geschlossenen Schalter 22 wieder in den FIFO-Speicher 21 entsprechend dem Lesetakt R (s. Fig. 3d) geschrieben, und dazu muss der Microcontroller-Datenbus 24 von FIFO-Speicher 21 abgekoppelt sein, was durch das Latch 23 bewerkstelligt wird. Der Leseimpuls R für FIFO-Speicher 21 wird während des Vorwärtskopierens (Zeitabschnitt T2 in Fig. 3) gleichzeitig als Schreibimpuls W3 (s. Fig. 3c) verwendet. Der Abstand des Schreibe- und des Lesezeigers entspricht dabei immer konstant genau der programmierten Periodenlänge einer Stromform.

Wird in der Folge eine Veränderung der Stromformparameter vorgenommen (s. Zeitabschnitt T3 in Fig. 3), erfolgt beim nächsten Periodenende, gesteuert über das M-Bit, eine Unterbrechung des «Vorwärtskopierens», wobei der Schalter 22 durch das Steuersignal OE3 geöffnet wird und so die Rückkopplung – Datenbus 31 unterbricht; der Microcontroller 12 (Fig. 1) hat nun für eine Periodendauer Zeit, über das Latch 23 neue Stromformdaten in den FIFO-Speicher 21 zu schreiben. Unabhängig vom Beschreiben des FIFO-Speichers 21 mit den neuen Stromformdaten erfolgt weiterhin für eine Periode – und zwar, was wichtig ist, ohne Unterbrechung des Datenflusses – die Ausgabe derjenigen Stromformdaten, welche den vom Microcontroller 22 dem FIFO-Speicher 21 neu zur Verfügung gestellten Stromformdaten vorangegangen sind (Zeitabschnitt T3 in Fig. 3). Mit dem Erreichen der Periodenendemarkierung (M-Bit, Fig. 3h) der letzten alten Stromformdaten wird automatisch wieder in den «Vorwärtskopiermode» zurückgeschaltet (Zeitabschnitt T2' in Fig. 3), wobei der Replikationskreislauf 31 wieder über den Schalter 22 geschlossen wird.

Das vorstehend erläuterte Funktionsprinzip erfordert neben den bereits dargestellten Anforderungen, dass die Periodenenden der jeweiligen Stromform erkannt werden können. Dies wird dadurch erreicht, dass beim Beschreiben des FIFO-Speichers 21 jene Daten, die das Periodenende darstellen, auf eine eigene Adresse geschrieben werden. Diese Adresse wird wiederum vom Microcontrollersystem 12 erkannt, das – über die Steuerlogik 30 – das Markierungsbit (M-Bit, FIFO-IN, s. Fig. 3f), im FIFO-Speicher 21 zur Steuerung des Replikationskreislaufes setzt. Von der Steuerlogik 30 wird dann nach Durchlaufen eines Replikationskreises dieses Markierungsbit (M-Bit, FIFO-OUT, s. Fig. 3h) ausgewertet und im Falle einer Anforderung zum Neubeschreiben des FIFO-Speichers 21 durch den Microcontroller 12 als Steuersignal verwendet.

Die wie vorstehend erläutert erzeugte, zyklisch wiederholte Grundstromform auf dem Ausgangs-Datenbus 25 wird im D/A-Konverter 26 in eine analoge Form umgewandelt; überdies ist wie erwähnt eine Amplitudenmodulation vorgesehen, wobei das Modulationssignal hierfür über den Tiefpass 29, der zur Signalaufbereitung dient, zugeführt wird (Signal E, vgl. auch Fig. 4f). Mehr im einzelnen wird das Modulationssignal ebenfalls in der Microcontroller-einheit 12 generiert und über das Latch 27 dem mit dem Tiefpass 29 ausgestatteten Modulationsschaltkreis 32 zugeführt. Das zuletzt am Latch 27 in digitaler Form gespeicherte Modulationssignal wird über einen Datenbus 33 dem D/A-Konverter 28 gemäss Fig. 2 zugeführt, wo es in eine analoge Form gebracht wird, und das so am Ausgang des D/A-Konverters 28 erhaltene Modulationssignal D (s. auch Fig. 4e) wird an den Tiefpass 29 angelegt. In Fig. 4d ist das am Ausgang des Latch-Schaltkreises 27 vorliegende digitale Modulationssignal C veranschaulicht, und zwar wie erwähnt zum besseren Verständnis in analoger Form.

In den Fig. 3 und 4 ist im übrigen bei den Signalen A, B, C der Umstand, dass das jeweilige digitalisierte Signal (8-Bit-Format) analog dargestellt ist, durch Hinzufügen eines Symbols «*» gekennzeichnet.

In den Fig. 3 (die sich im wesentlichen mit der Herbeiführung der zyklischen Wiederholung der Grundstromform befasst) und Fig. 4 (wo vor allem die Amplitudenmodulation der zyklisch wiederholten Grundstromform veranschaulicht wird) sind weiters noch verschiedene Steuersignale gezeigt, nämlich insbesondere das Steuersignal OE3 für den Schalter 22 (Fig. 3a), das Steuersignal OE2 für das Replikationsschaltkreis-Latch 23 (Fig. 3b), das FIFO-Schreibsignal W3 (Fig. 3c) sowie das FIFO-Lesesignal R (Fig. 3d); bzw. das Steuersignal OE1 für das Modulationsschaltkreis-Latch 27, das gleichzeitig das Schreibsignal W2 für den Modulationsschaltkreis-D/A-Konverter 28 bildet (Fig. 4a) bzw. das Schreibsignal W1 zum Schreiben in den Eingangspuffer des D/A Konverters 26 (Fig. 4b). Es sei erwähnt, dass im vorliegenden Ausführungsbeispiel die Leseimpulse R zum Auslesen der Daten aus dem FIFO-Speicher 21 gleichzeitig die Schreibimpulse W1 zum Einschreiben dieser Daten in den Eingangspuffer des Konverters 26 sind, wobei diese

Impulse von einer autoinitialisierungsfähigen Ausgabereinheit des Microcontrollersystems 12 erzeugt werden, wie dies an sich bekannt ist.

Im übrigen werden auch die in Fig. 2 angedeuteten Steuersignale LE1 und LE2 für die Übernahme von Daten vom Microcontroller-Datenbus 24 in die Latch-Schaltkreise 27 (Signal LE1) und 23 (Signal LE2) in der Steuerlogik 30 von über Steuerleitungen 34 der Steuerlogik 30 zugeführten Steuersignalen der Microcontrollereinheit 12 abgeleitet. Weiters werden in dieser Steuerlogik 30 auch die für die Weitergabe der Daten aus den Latch-Schaltkreisen 27 bzw. 23 zu den entsprechenden Zeitpunkten benötigten Steuersignale OE1 (Fig. 4a) und OE2 (Fig. 3b) sowie das Signal OE3 zur Steuerung des Schalters 22 (Fig. 3a) gebildet.

In Fig. 4g ist schliesslich das im D/A-Konverter 26, der zugleich einen Modulator bildet, in der Amplitude modulierte Stromformsignal F veranschaulicht.

In den Fig. 5 und 6 ist mehr im Detail ein möglicher Aufbau des Replikationsschaltkreises 20 sowie des Modulationsschaltkreises 32 gezeigt, wobei in Fig. 5 der Schaltungsteil mit den beiden Latch-Schaltkreisen 27 und 23, dem FIFO-Speicher 21 und dem zur Replikation vorgesehenen Schalter 22 gezeigt sind. Dabei sind Ausführungsbeispiele für IC-Bausteine für diese Schaltungskomponenten veranschaulicht, wie etwa IC-Schaltkreise vom Typ 74HC373 für die beiden Latch-Schaltkreise 27, 23 bzw. ein IC-Baustein 74HC541 für die Realisierung des Schalters 22. Für den FIFO-Speicher 21 kann beispielsweise ein FIFO-Speicherbaustein vom Typ DS 2010 verwendet werden.

Aus Fig. 6 ist schliesslich in Zusammenhang mit Fig. 5 ersichtlich, dass ein gemeinsamer Konverter-Modulator-Baustein, etwa vom Typ AD 7528, zur Realisierung der D/A-Konverter 26 und 28 in einem Schaltkreis wie auch zur Realisierung des Modulators eingesetzt werden kann. Der Eingangsbus für diesen «Mult. DAC»-Baustein 26 = 28 ist dabei der Ausgangs-Datenbus 25 des FIFO-Speichers 21 (s. aus Fig. 5 auch Fig. 2) bzw. der Ausgangs-Datenbus 33 des Latch-Schaltkreises 27 (s. ebenfalls Fig. 5 sowie Fig. 2). Das zum Modulationssignal E zu bearbeitende Ausgangssignal D des D/A-Konverters (Konverter 28 in Fig. 2) wird dem ausgangsseitig angeschlossenen, gemäss Fig. 6 in an sich herkömmlicher Weise mit Differenzverstärkern und RC-Schaltungen aufgebauten Tiefpass 29 zugeführt und von diesem als Modulationssignal E wieder dem «Mult. DAC»-D/A-Konverter-Modulator-Baustein 26 = 28 zugeführt, um dort die vom Replikationsschaltkreis über den Datenbus 25 ankommenden Stromformsignale in der Amplitude zu modulieren, vgl. auch Fig. 4. Das modulierte Stromformsignal wird dann über eine Ausgangsschaltung 35 dem entsprechenden Patientenelektrodenpaar 4, 5 zugeführt. Zu erwähnen ist auch noch, dass zur Einstellung der Schaltung verschiedene Einstellpotentiometer, z.B. 36, 37, vorgesehen sein können, und dass auch an einer Eingangsklemme 38 eine Referenzspannung, die von einem Intensitätspotentiometer abgegriffen wird, zugeführt wird.

Der kombinierte «Mult. DAC»-Baustein 26 = 28

arbeitet in einem Zeitmultiplexbetrieb, um die über den Datenbus 25 bzw. den Datenbus 33 ankommenden Daten in analoge Form umzuwandeln; ein derartiger Zeitmultiplexbetrieb ist im vorliegenden Fall deshalb ohne weiteres möglich, da die zu erzeugenden Stromformen eine relativ niedrige Frequenz aufweisen, die von der Microcontrollereinheit 12 benötigten oder erzeugten Steuersignale (Taktsignale) aber zumeist im Megahertzbereich liegen, wobei bei entsprechender Konversionsgeschwindigkeit des Konverters genügend kleine Zeiteinheiten für die D/A-Konversion realisierbar sind. Durch die Verwendung des einen, gemeinsamen Bausteins wird andererseits eine Schaltungsvereinfachung erzielt.

Wie bereits einleitend erwähnt wird der zweite bzw. jeder weitere Patientenstromkanal 3 auf völlig gleiche Weise wie vorstehend anhand der Fig. 2 bis 6 beschrieben aufgebaut, so dass sich eine neuerliche Beschreibung erübrigen kann. Mit zwei oder mehreren derartigen Patientenstromkanälen 2, 3 kann das vorliegende Reizstromgerät auch als Interferenzstromgerät betrieben werden.

Wenn die Erfindung vorstehend anhand von besonders bevorzugten Ausführungsbeispielen näher erläutert wurde, so sind doch selbstverständlich Abwandlungen und Modifikationen möglich, ohne dass der Rahmen der Erfindung verlassen wird. So ist es beispielsweise im Prinzip auch denkbar, anstatt der beschriebenen Microcontrollereinheit 12 auch andere elektronische Verarbeitungsschaltungen mit Programmiermöglichkeit zu verwenden, um die jeweilige Grundstromform zu synthetisieren bzw. das jeweilige Modulationssignal in digitaler Form zu definieren. Weiters können anstatt der beschriebenen Latch-Schaltkreise 23, 27 an sich auch andere herkömmliche Pufferspeicher verwendet werden.

Patentansprüche

1. Stromformsyntheseeinrichtung für Reizstromtherapie- und -diagnostikgeräte mit einer digitalen Verarbeitungsschaltung, der eine Speichereinrichtung für Stromformparameter zugeordnet ist, und die einen digitalen Grundstromform-Syntheseschaltkreis zur Erzeugung der Grundstromform auf Basis von eingegebenen Stromformparametern sowie zumindest einen mit diesem Grundstromform-Syntheseschaltkreis verbundenen, gesonderten digitalen Replikationsschaltkreis zur zyklischen Abgabe der Grundstromform enthält, und mit einer D/A-Konverterschaltung für die zyklisch abzugebende Grundstromform, dadurch gekennzeichnet, dass der Replikationsschaltkreis (20) einen FIFO-Speicher (21) enthält, dessen Ausgang über einen Schalter (22) zum Eingang rückgekoppelt ist.

2. Stromformsyntheseeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der FIFO-Speicher (21) einen Taktsignaleingang aufweist und das angelegte, in der Frequenz einstellbare Taktsignal (R) die Frequenz festlegt, mit der die Grundstromform zyklisch abgegeben wird.

3. Stromformsyntheseeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der FIFO-Speicher (21) über eine Pufferschaltung (23) an

den Grundstromform-Syntheseschaltkreis (12) angeschlossen ist.

4. Stromformsyntheseeinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Pufferschaltung durch einen Latch-Schaltkreis (23) gebildet ist.

5. Stromformsyntheseeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass dem FIFO-Speicher (21) ein Modulationsschaltkreis (32), zur Amplitudenmodulation der zyklisch abgegebenen Grundstromform, nachgeordnet ist.

6. Stromformsyntheseeinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Modulationsschaltkreis (32) zusätzlich an den auch zur Erzeugung der Modulationssignal-Stromform eingerichteten Syntheseschaltkreis (12) angeschlossen ist.

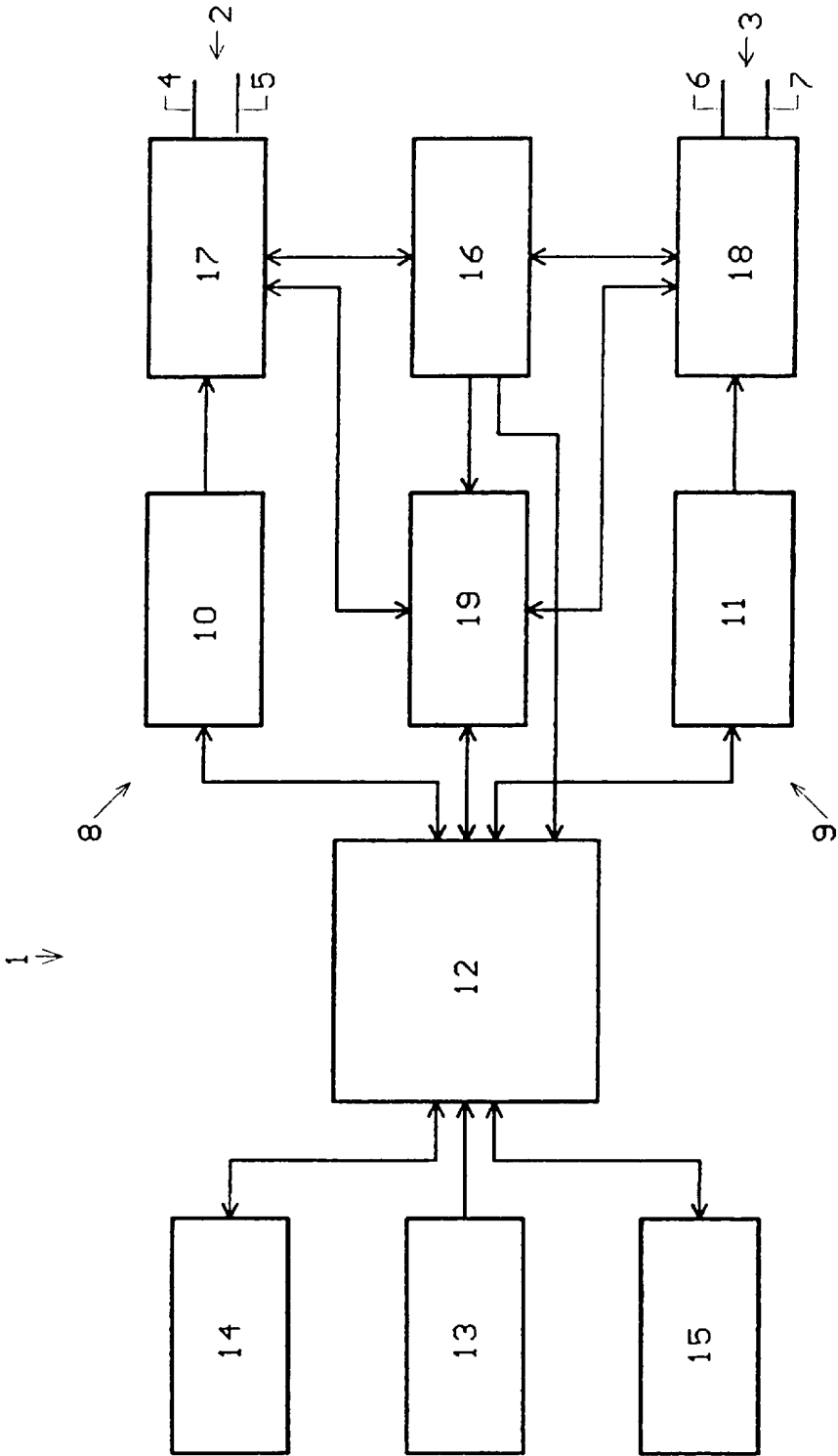
7. Stromformsyntheseeinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Modulationsschaltkreis (32) über einen Latch-Schaltkreis (27) an den Syntheseschaltkreis (12) angeschlossen ist.

8. Stromformsyntheseeinrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Modulationsschaltkreis (32) mit einem D/A-Konverter (28) und einem ihm nachgeschalteten Tiefpass (29) gebildet ist, an den ein dem FIFO-Speicher (21) nachgeschalteter Modulator-Baustein (26) mit einem Modulationssignal-Eingang angeschlossen ist.

9. Stromformsyntheseeinrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Modulator-Baustein (26) zugleich einen dem FIFO-Speicher (21) nachgeordneten D/A-Konverter bildet.

10. Stromformsyntheseeinrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der D/A-Konverter des Modulator-Bausteins (26) zu einer Einheit mit dem D/A-Konverter (28) des Modulationsschaltkreises (32) zusammengefasst ist, wobei ein Zeitmultiplexbetrieb hierfür vorgesehen ist, um zu verschiedenen Zeitpunkten die D/A-Umwandlung der Modulationssignal-Stromform bzw. jene der zyklisch abgegebenen Grundstromform sowie deren Modulation vorzusehen.

FIG. 1



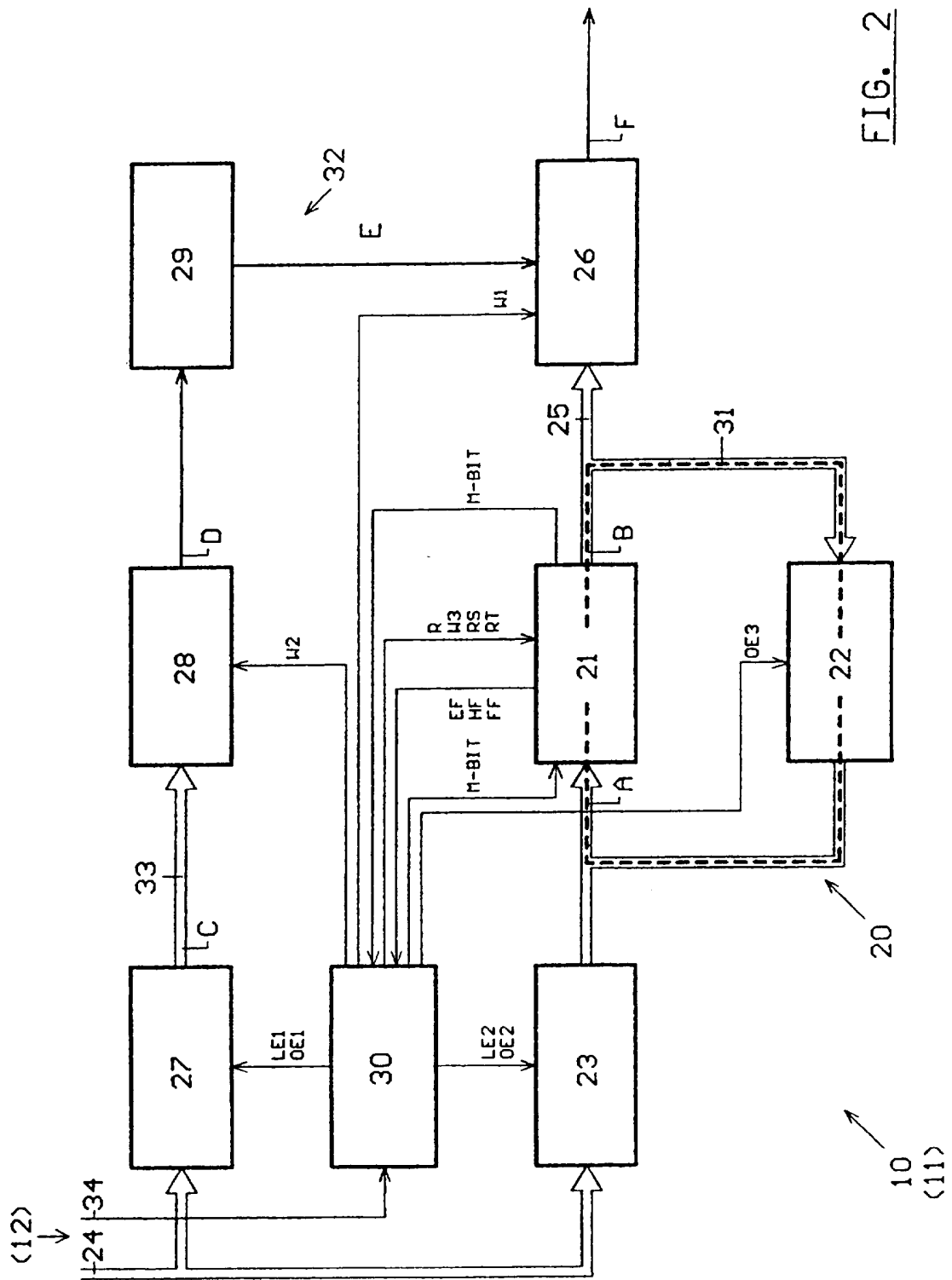


FIG. 2

FIG. 3

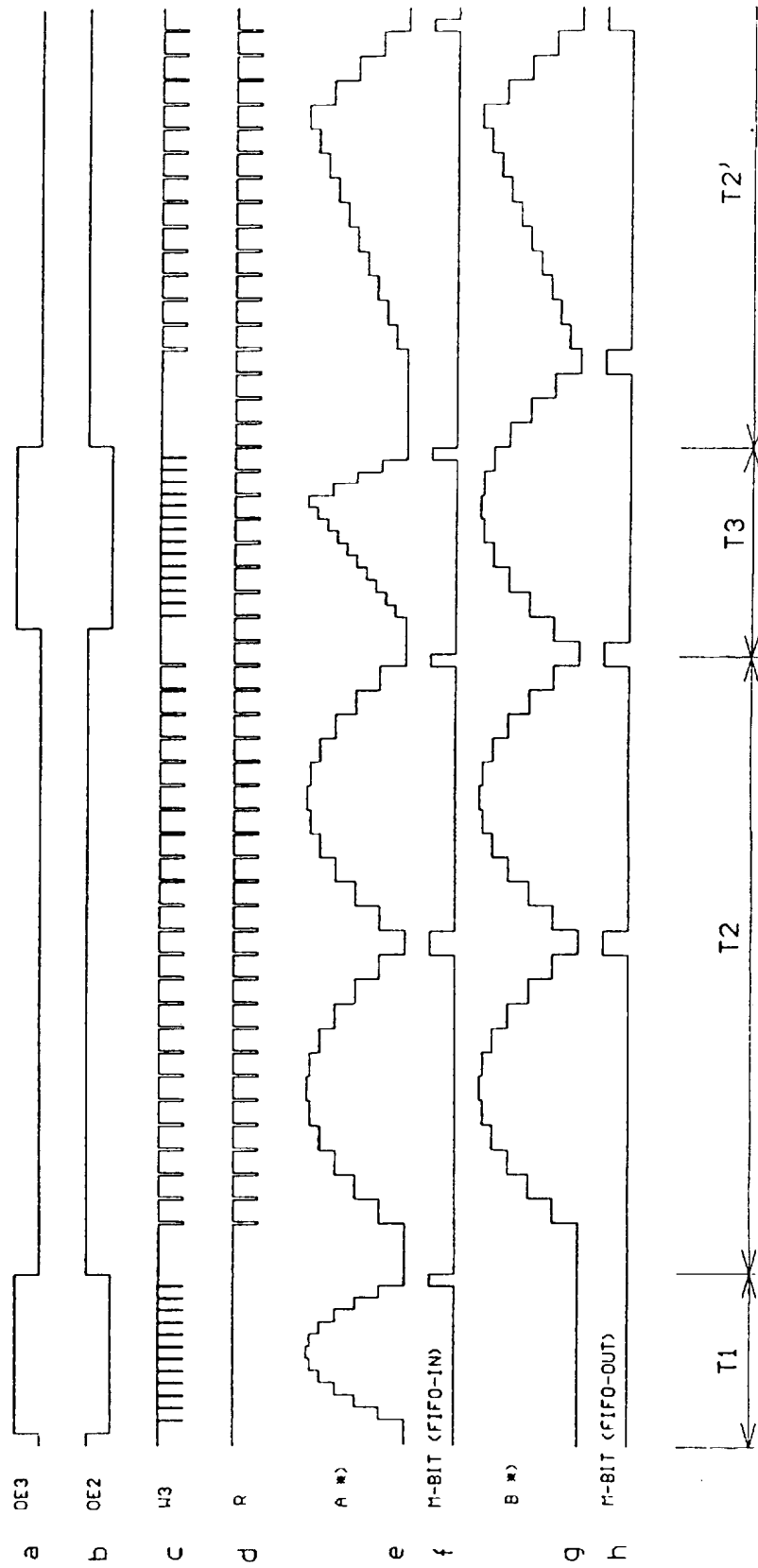


FIG. 4

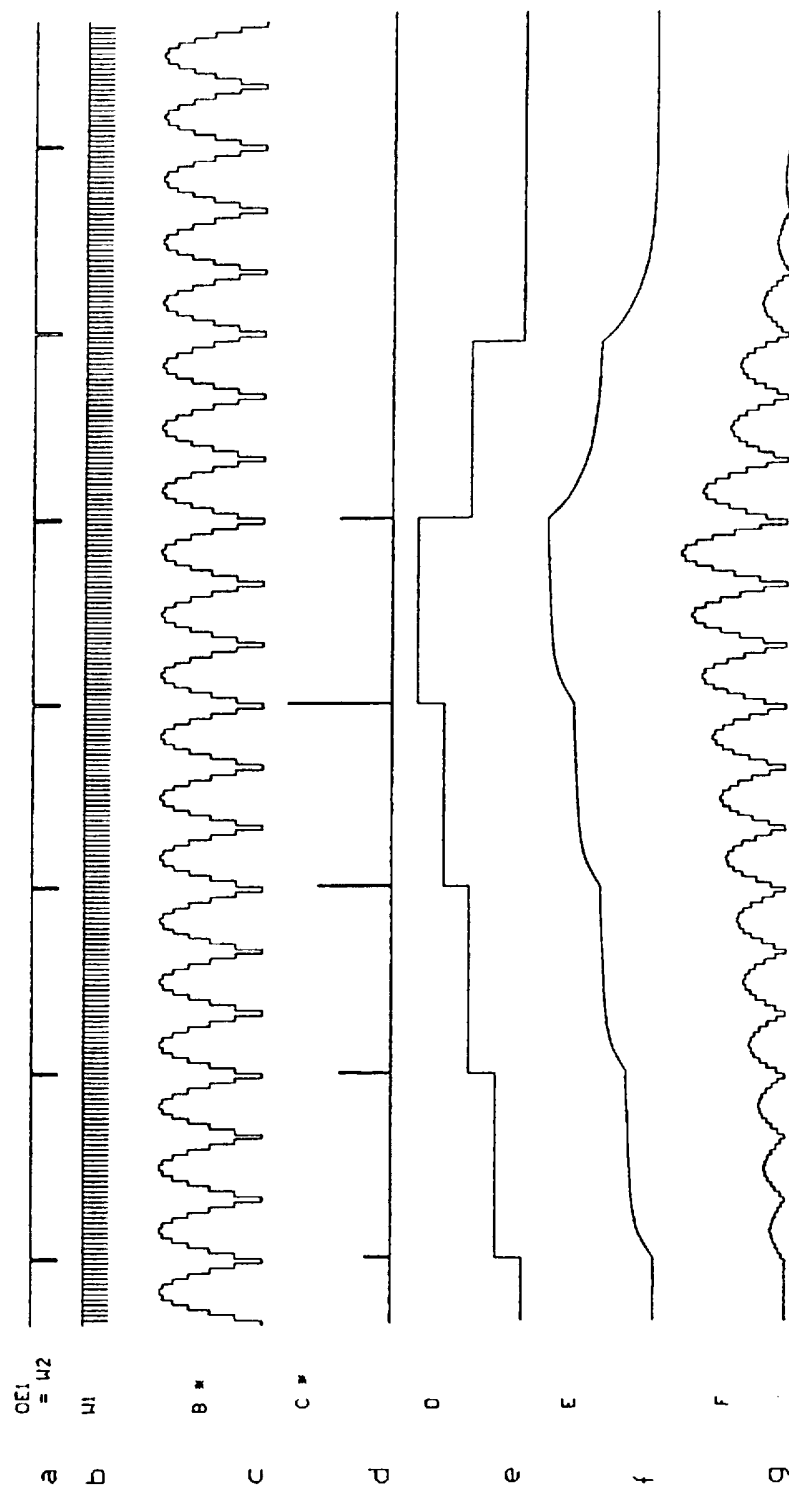


FIG. 5

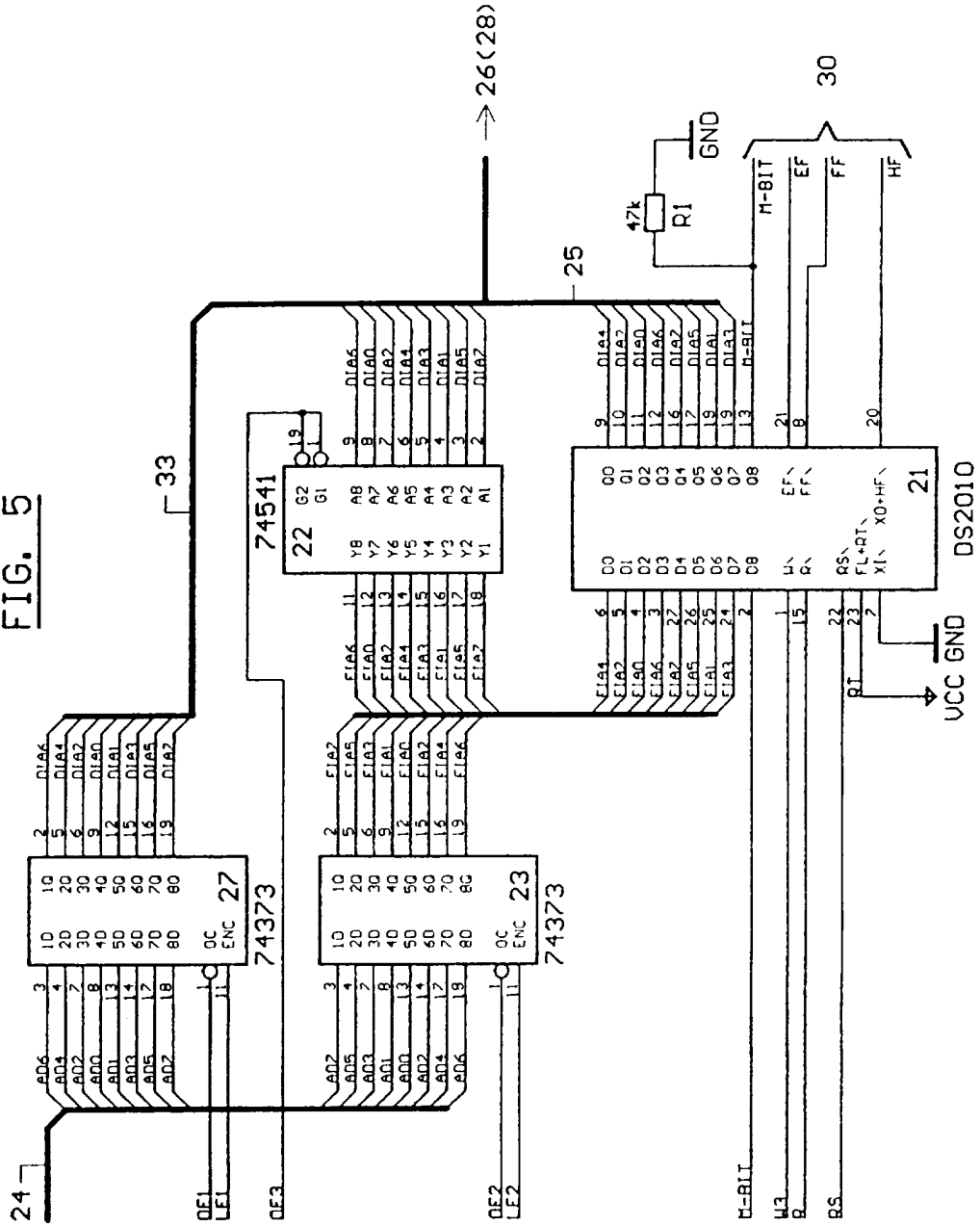


FIG. 6

