

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 85112072.5

51 Int. Cl. 4: **G10K 11/34**

22 Anmeldetag: 24.09.85

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.04.87 Patentblatt 87/14

71 Anmelder: **Hewlett-Packard GmbH**
Herrenberger Strasse 130 Postfach 14 30
D-7030 Böblingen(DE)

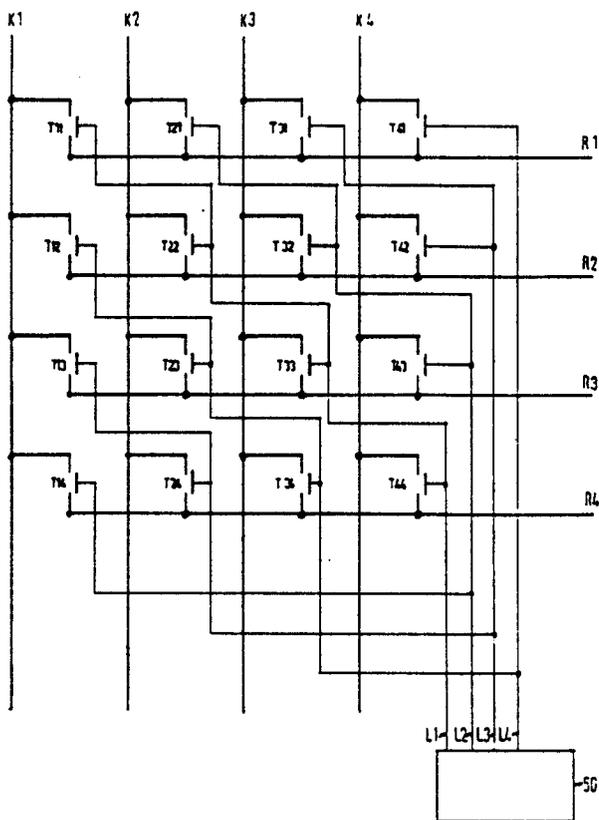
64 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

72 Erfinder: **Rudolph, Arno, Dipl.-Ing.**
Hohenzollernstrasse 26
D-7252 Weil der Stadt(DE)

74 Vertreter: **Schulte, Knud, Dipl.-Ing.**
c/o Hewlett-Packard GmbH Europ. Patent-
und Lizenzabteilung Postfach 1430
Herrenberger Strasse 130
D-7030 Böblingen(DE)

64 **Schaltmatrix.**

67 Eine Schaltmatrix für ein eine Anordnung elektroakustischer Wandlerelemente enthaltendes Sende-/Empfangsgerät für Ultraschallwellen, bei welchem nacheinander über die Anordnung fortlaufend je eine Gruppe von Wandlerelementen aktiviert werden kann, umfaßt eine der Anzahl von Wandlerelementen einer Gruppe entsprechende Anzahl von Eingängen (K1,K2,K3,K4), die mit jeweils einem der aktivierten Wandlerelemente verbunden sind, eine gleich große Anzahl von Ausgängen (R1,R2,R3,R4), die mit Verzögerungsgliedern verbunden sind und eine Vielzahl von Schaltern (T11,T12, ... ,T44) zum Herstellen der für eine elektronische Fokussierung jeweils erforderlichen Verbindungen zwischen den Eingängen und den Ausgängen. Jede Eingangsleitung (K1) ist mit einer der Anzahl von Wandlerelementen einer Gruppe entsprechenden Anzahl von Schaltern (T11,T12,T13,T14) verbunden. Die Schalter der Schaltmatrix werden durch eine Steuerung (50) über eine der Anzahl von Wandlerelementen einer Gruppe entsprechenden Anzahl von Steuerleitungen (L1,L2,L3,L4) betätigt, die mit jeweils einer der Anzahl von Wandlerelementen einer Gruppe entsprechenden Anzahl von Wandlerelementen verbunden sind.



FIGUR 4

EP 0 215 972 A1

SCHALTMATRIX

Die Erfindung betrifft eine Schaltmatrix für ein Sende-/Empfangsgerät für Ultraschallwellen zum Herstellen elektrischer Verbindungen zwischen den elektroakustischen Wandlerelementen einer jeweils aktivierten Gruppe innerhalb einer Anordnung von Wandlerelementen und Verzögerungsgliedern zum Verzögern der aus empfangenen Ultraschallsignalen abgeleiteten Ausgangssignale der Wandlerelemente oder der den Wandlerelementen zum Erregen von Ultraschallschwingungen zugeführten Oszillatorsignale.

Eine derartige Schaltmatrix wird vorzugsweise in solchen Sende-/Empfangsgeräten verwendet, in denen durch entsprechende elektronische Ansteuerung der in einer Reihe angeordneten Wandlerelemente ein Fokussierungspunkt erzeugt werden kann. Die einzelnen Wandlerelemente werden dabei beim Senden bzw. beim Empfangen über unterschiedlich eingestellte Verzögerungsglieder so angesteuert, daß die unterschiedlichen Entfernungen der Wandlerelemente zum Fokussierungspunkt kompensiert werden. Beim Senden überlagern sich somit die Ultraschallwellen phasengleich im Fokussierungspunkt, während sie sich im übrigen Schallfeld im wesentlichen auslöschen. Um einen möglichst großen Bereich, beispielsweise im Körper eines Patienten, abtasten zu können und um die seitliche Auflösung zu verbessern, werden während unterschiedlicher Sende-/Empfangsperioden jeweils unterschiedliche Gruppen nebeneinanderliegender Wandlererelemente aktiviert, und die Elemente werden jeweils so angesteuert, daß sich für jede Gruppe ein gesonderter Fokussierungspunkt ergibt. Wenn die Gruppe aktivierter Wandlererelemente fortlaufend um jeweils ein Wandlererelement verschoben wird, wandert der Fokussierungspunkt längs einer zu den Wandlererelementen parallelen Linie.

Um beim Verschieben der Wandlererelementegruppen die einzelnen Wandlererelemente jeweils mit der zum Erzeugen eines Fokussierungspunktes notwendigen Verzögerung ansteuern zu können, müssen nach jedem Verschieben die jeweiligen Verbindungen zwischen Wandlererelementen und Verzögerungsgliedern geändert werden. Zum Herstellen der jeweils vorgeschriebenen Verbindungen zwischen Wandlererelementen und Verzögerungsgliedern ist eine Vielzahl von Schaltern erforderlich, die üblicherweise in einer Schaltmatrix angeordnet sind.

Eine Schaltmatrix der genannten Art ist bekannt aus DE-PS 24 24 582. Die bekannte Schaltmatrix wird in einem Sende-/Empfangsgerät für Ultraschallwellen verwendet, bei welchem jeweils sechs Wandlererelemente gleichzeitig aktiviert sind.

Die Verzögerungszeiten für das erste und das sechste Wandlererelement einer Gruppe, für das zweite und das fünfte Element sowie für das dritte und das vierte Element sind jeweils gleich groß, so daß der sich ergebende Fokussierungspunkt auf der Mittelsenkrechten zu der jeweils aktivierten Wandlererelementegruppe liegt.

Mit der Wandlererelementeanordnung ist eine Auswahlhaltung verbunden, die eingangsseitig eine Vielzahl von jeweils mit einem Wandlererelement verbundenen Auswahlhaltern und ausgangsseitig sechs mit der Schaltmatrix verbundene Ausgangsleitungen aufweist. Beim Verschieben der Wandlererelementegruppe um ein Wandlererelement wird jeweils der mit dem ersten Wandlererelement der im vorhergehenden Schritt aktivierten Gruppe verbundene Auswahlhalter geöffnet und der dem letzten Wandlererelement der neu zu aktivierenden Gruppe zugeordnete Auswahlhalter geschlossen. Auf diese Weise müssen beim Weiterschalten der Wandlererelementegruppe jeweils nur zwei Auswahlhalter betätigt werden. Die von den Wandlererelementen empfangenen Echosignale werden auf den sechs Ausgangsleitungen zu der Schaltmatrix übertragen, welche die Ausgangsleitungen jeweils mit den für eine Fokussierung erforderlichen Verzögerungsgliedern verbindet. Infolge der geschilderten Art der Weiterschaltung der Wandlererelementegruppe muß die Zuordnung der Ausgangsleitungen der Auswahlhaltung zu den verschiedenen Verzögerungsgliedern von Schritt zu Schritt geändert werden.

Zu diesem Zweck weist die bekannte Schaltmatrix 18 Schalter auf, von denen jeweils drei eingangsseitig mit jeweils einer der sechs Ausgangsleitungen der Auswahlhaltung und jeweils sechs ausgangsseitig mit jeweils einer von drei verschiedenen Verzögerungsgliedern verbunden sind. Die Steuerschaltung zum Betätigen der einzelnen Schalter weist eine Vielzahl von Logikschaltungen, wie etwa NAND-Gatter, und eine große Anzahl weiterer elektronischer Bauelemente, beispielsweise Transistoren, auf, so daß sich insgesamt ein hoher Schaltungsaufwand ergibt. Der Schaltungsaufwand würde zudem noch stark ansteigen, wenn zum Erreichen einer höheren Auflösung die Anzahl der Wandlererelemente einer Gruppe vergrößert würde.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Schaltmatrix der eingangs genannten Art zu schaffen, welche mit einer einfacheren Steuerschaltung auskommt.

Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist im Patentanspruch 1 angegeben.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß durch geeignete Wahl der Anzahl von Schaltern und eine entsprechende Gruppierung dieser Schalter auch bei einer viel größeren Anzahl von Wandler-elementen einer Gruppe eine sehr übersichtliche Schaltmatrix aufgebaut werden kann, die mit einer wesentlich einfacheren Steuerschaltung auskommt.

Gemäß der Erfindung sind die Schalter der Schaltmatrix gruppenweise derart angeordnet, daß jede Schaltergruppe eine der Anzahl von Wandler-elementen einer Wandler-elementengruppe entsprechende Zahl m von Schaltern aufweist und daß jede Schaltergruppe eingangsseitig verbunden ist mit jeweils einem Wandler-element der jeweils aktivierten Wandler-elementengruppe. Unter der Annahme einer fortlaufenden Numerierung der Schalter einer jeden Schaltergruppe von 1 bis m sind die Schalter gleicher Numerierung verschiedener Schaltergruppen ausgangsseitig jeweils miteinander verbunden und bilden eine der Anzahl von Elementen einer Gruppe entsprechende Anzahl m von Ausgängen, die jeweils mit den vorgeschriebenen Verzögerungsgliedern verbunden sind. Die erfindungsgemäße Schaltmatrix weist weiterhin eine der Anzahl von Wandler-elementen einer Gruppe entsprechende Zahl m von Steuerleitungen auf, von denen jede mit m Schaltern aus den m verschiedenen Schaltergruppen derart verbunden ist, daß mit jeweils einer Steuerleitung Schalter jeder Numerierung verbunden sind. Die Steuerleitungen erhalten beim Aktivieren einer jeweils anderen Gruppe von Wandler-elementen von einer Steuerschaltung auf jeweils einer anderen Steuerleitung ein Steuersignal, so daß die mit dieser Steuerleitung verbundenen m Schalter geschlossen und die übrigen Schalter der Schaltmatrix geöffnet werden.

Da bei der erfindungsgemäßen Schaltmatrix die erforderlichen Änderungen der Schalter-zustände beim Aktivieren einer neuen Wandler-elementengruppe in einfacher Weise dadurch bewirkt werden können, daß auf jeweils einer einzigen unmittelbar mit den Steuereingängen der Schalter verbundenen Steuerleitung ein Signal abgegeben wird, kann die Steuerschaltung sehr einfach aufgebaut sein und benötigt insbesondere keine Logik-gatter oder anderen elektronischen Bauelemente für die Verknüpfung von Steuersignalen. Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Schaltmatrix besteht in ihrer einfachen Struktur, die ein problemloses Übertragen des Prinzips auf jede beliebige Anzahl m von Wandler-elementen einer Gruppe ermöglicht. Aufgrund ihrer übersichtlichen symmetrischen Struktur läßt sich die Schaltmatrix besonders einfach als integrierte Schaltung auf einem Halbleiterchip anordnen.

Gemäß Anspruch 2 können die Schalter in Zeilen und Spalten als quadratische Matrix angeordnet werden, so daß sich eine kompakte und platzsparende Schaltmatrix ergibt.

Gemäß Anspruch 3 kann die Anzahl der Ausgangsleitungen der Schaltmatrix um die Hälfte reduziert werden, wenn der Fokussierungspunkt auf der Mittelsenkrechten der jeweils aktivierten Wandler-elementengruppe liegt.

In den Ansprüchen 4 und 5 sind besonders einfache Ausführungsmöglichkeiten für die Steuerschaltung angegeben. Demnach kann die Steuerschaltung an eine beliebige Anzahl von Wandler-elementen einer Gruppe angepaßt werden, indem für jedes zusätzliche Wandler-element ein zusätzliches Flipflop hinzugefügt wird.

Gemäß Anspruch 7 kann die Schaltmatrix nicht nur bei der Verarbeitung empfangener Ultraschallimpulse, sondern auch beim Aussenden von Impulsen zum Erzeugen eines fokussierten Ausgangsstrahles verwendet werden. Dazu ist die Schaltmatrix mit umgekehrter Signalübertragungsrichtung derart zu betreiben, daß auf den Ausgangsleitungen verzögerte Oszillatorsignale zum Erregen der Wandler-elemente anliegen. Gegebenenfalls ist dabei gegenüber dem Empfangsbetrieb die Reihenfolge umzukehren, in der die verschiedenen Steuersignale an die Steuerleitungen angelegt werden.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1: eine schematische Darstellung einer linearen Anordnung von Ultraschallwandler-elementen und damit verbundenen Verzögerungsgliedern zum Erläutern des Prinzips der elektronischen Fokussierung,

Figur 2: ein Blockschaltbild eines Sende-/Empfangsgerätes für Ultraschallwellen, in welchem die erfindungsgemäße Schaltmatrix eingesetzt ist,

Figuren 3a bis 3e: schematisch die durch die erfindungsgemäße Schaltmatrix in fünf aufeinanderfolgenden Schritten jeweils hergestellten Verbindungen zwischen Wandler-elementen und Verzögerungsgliedern für eine Gruppe von vier gleichzeitig aktivierten Wandler-elementen,

Figure 4: ein Schaltungsdiagramm der Schaltmatrix gemäß den Figuren 3a bis 3e einschließlich der Steuerleitungen und der Steuerschaltung, und

Figur 5: eine Steuerschaltung für die erfindungsgemäße Schaltmatrix.

In Figur 1 wird das Prinzip der elektronischen Fokussierung am Beispiel einer Gruppe von vier jeweils gleichzeitig aktivierten Wandler-elementen erläutert. Die Gruppe gleichzeitig aktivierter Wandler-elemente wird im folgenden als Apertur bezeichnet. Es versteht sich, daß die Apertur aus einer

beliebigen Anzahl von Wandlerelementen bestehen kann, wobei die seitliche Auflösung des gewonnenen Ultraschallbildes umso größer ist, je größer die Anzahl der Wandlerelemente der Apertur ist.

Die in einer Reihe angeordneten Wandlerelemente 1,2,3,4,5, ...,n gemäß Figur 1 werden von Anregungssignalen auf den jeweils mit den Wandlerelementen verbundenen Leitungen A1, A2, A3 und A4 zum Aussenden von Ultraschallimpulsen angeregt. Die Anregungssignale sind mittels Verzögerungsschaltungen 11, 12, 13 und 14 derart zueinander verzögert, daß die von den Wandlerelementen 1,2,3 und 4 in einer ersten Sende-/Empfangsperiode ausgesandten Wellen sich in einem Fokussierungspunkt F1 gleichphasig überlagern. Ebenso kann auch beim Empfangen der von einem Testobjekt reflektierten Ultraschallsignale eine Fokussierung erreicht werden, indem die elektrischen Ausgangssignale der Wandlerelemente jeweils so verzögert werden, daß Laufzeitdifferenzen der von einem Fokussierungspunkt F1 ausgehenden und von verschiedenen Wandlerelementen empfangenen Ultraschallsignale kompensiert werden. Beim Empfang der reflektierten Ultraschallsignale kann die Tiefe des Fokussierungspunktes, also der senkrechte Abstand des Fokussierungspunktes F1 von der linearen Anordnung von Wandlerelementen kontinuierlich variiert werden, wenn während des Empfanges die Verzögerungszeiten mit dem Echo mitlaufen. Auf diese Weise erhält man eine "dynamische Fokussierung", d. h. einen den gesamten untersuchten Tiefenbereich überstreichenden Fokussierungspunkt.

In der folgenden Sende-/Empfangsperiode wird die Apertur um ein Wandlerelement weitergeschaltet, so daß die Elemente 2 bis 5 aktiviert werden, während das Element 1 nicht mehr aktiviert ist. Bei dieser neuen Einstellung (nicht dargestellt) werden nun die Elemente 2 bis 5 jeweils mit den Verzögerungen angesteuert, mit denen in der vorhergehenden Sende-/Empfangsperiode die Elemente 1 bis 4 angesteuert wurden, so daß sich ein um ein Wandlerelement nach rechts verschobener neuer Fokussierungspunkt ergibt.

In Figur 2 ist ein Sende-/Empfangsgerät für Ultraschallwellen dargestellt, in welchem die erfindungsgemäße Schaltmatrix verwendet wird. Eine Anzahl n in einer Reihe angeordneter Wandlerelemente 1,2,3, ..., n ist mit einer Auswahlschaltung 20 verbunden, die in verschiedenen Sende-/Empfangsperioden die jeweils aktivierten Wandlerelemente mit Ausgangsleitungen L1, ..., L24 verbindet. Die Auswahlschaltung 20 enthält eine der Gesamtzahl von Wandlerelementen entsprechende Zahl n von jeweils mit einem Wandlerelement verbundenen Auswahlschaltern. Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung sind 128 Wand-

lerelemente vorgesehen, von denen in einer Sende-/Empfangsperiode jeweils 24 nebeneinanderliegende Wandlerelemente gleichzeitig aktiviert werden. Entsprechend sind bei diesem Beispiel 24 Ausgangsleitungen L1, ..., L24 mit der Auswahlschaltung verbunden. Eine Sende-/Empfangsweiche 22 ermöglicht es, wahlweise entweder Sendeimpulse aus einem Sendezweig 24,26,28,30 den Wandlerelementen zuzuführen oder die aus empfangenen Echosignalen abgeleiteten Ausgangssignale der Wandlerelemente einem Empfangszweig zur weiteren Signalverarbeitung zuzuführen.

Der Empfangszweig umfaßt folgende Baugruppen: Eine mit der Sende-/Empfangsweiche 22 verbundene Schaltung 32 dient zum Vorverstärken und zur zeitabhängigen Verstärkung der Echosignale in Abhängigkeit von der jeweils nach dem Aussenden eines Ultraschallimpulses verstrichenen Zeit. Durch die kontinuierliche Anpassung des Verstärkungsfaktors wird der Dynamikbereich der empfangenen Signale verringert und damit die weitere Signalverarbeitung vereinfacht. Die derart verstärkten Signale werden dann der Schaltmatrix 34 zugeführt und von dieser auf eine der Anzahl von Eingangsleitungen entsprechende Zahl von Ausgängen geschaltet. Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel sind die 24 Ausgangsleitungen R1, ..., R24 paarweise miteinander verbunden, und zwar ist die erste Leitung R1 mit der letzten Leitung R24, die zweite Leitung R2 mit der vorletzten R23, usw., verbunden.

Mit den sich so ergebenden zwölf Ausgängen sind jeweils Verzögerungsglieder V1, V2, ..., V12 verbunden, deren Verzögerungszeiten zum Erreichen einer elektronischen Fokussierung entsprechend aufeinander abgestimmt sind. Zum Ermöglichen einer dynamischen Fokussierung können die Verzögerungszeiten der einzelnen Verzögerungsglieder außerdem noch durch eine Steuereinrichtung (nicht dargestellt) kontinuierlich oder in kleinen Schritten verstellt werden. Die Verzögerungsglieder V1, ..., V12 sind mit einer Summierschaltung 40 zum Ableiten eines der Summe der verzögerten Signale entsprechenden Summensignales verbunden. Das Summensignal wird anschließend in einer Schaltung 42 weiterverarbeitet und in ein Digitalsignal umgewandelt, welches in weiteren Schaltungen aufbereitet wird, so daß schließlich aus den empfangenen Echosignalen eine bildliche Darstellung des untersuchten Objektes, beispielsweise des Körperinneren eines Patienten, erzeugt werden kann.

Der bereits erwähnte Sendezweig umfaßt einen Pulsgenerator 28, der von einer Sendesteuerung 30 zu vorgeschriebenen Zeitpunkten zur Abgabe von Sendeimpulsen angeregt wird. Die Sendeimpulse werden Verzögerungsschaltungen 26 zugeführt, in

welchen sie in der zum Erzeugen eines Fokussierungspunktes vorgeschriebenen Weise verzögert werden. Die verzögerten Sendesignale werden anschließend einer Schaltmatrix 24 zugeführt, welche jeweils Verbindungen herstellt zwischen ihren Eingängen und ihren Ausgängen, so daß die Wandlerelemente einer jeweils aktivierten Wandlerelementengruppe mit der erforderlichen Verzögerung angesteuert werden. Die Schaltmatrix 24 im Sendezweig hat im wesentlichen den gleichen Aufbau wie die Schaltmatrix 34 im Empfangszweig.

In den Figuren 3a bis 3e sind das gruppenweise Weiterschalten der Aperturelemente und die jeweils durch die Schaltmatrix 34 hergestellten Verbindungen für eine Apertur mit vier Wandlerelementen anhand von fünf aufeinanderfolgenden Schritten erläutert. In dem ersten Schritt gemäß Figur 3a sind die Wandlerelemente 1,2,3 und 4 jeweils mit einem von vier Kanälen K1,K2,K3,K4 verbunden. Die Verbindungen zwischen den Wandlerelementen und den Kanälen K1 bis K4 werden jeweils durch die Auswahlschaltung 20 hergestellt, die der Übersichtlichkeit halber hier weggelassen wurde. Die Schaltmatrix 34 enthält sechzehn Schalter T11, T12, ..., T44, die ausgangsseitig entsprechend einem nachfolgend erläuterten Schema miteinander verbunden sind, sowie vier mit den Steuereingängen der Schalter verbundene Steuerleitungen (nicht dargestellt), die mit einer Steuerung zum Betätigen der Schalter verbunden sind. Die Schalter sind in vier Schaltergruppen zu je vier Schaltern angeordnet, wobei die Schaltergruppen eingangsseitig jeweils mit einem anderen Kanal verbunden sind.

Gemäß Figur 3a sind diejenigen Schalter der Schaltmatrix, die jeweils gleiche Numerierung in verschiedenen Schaltergruppen haben, ausgangsseitig miteinander verbunden und bilden jeweils eine gemeinsame Ausgangsleitung. So sind die jeweils an erster Stelle in den Schaltergruppen auftretenden Schalter T11, T21, T31 und T41 miteinander verbunden und bilden eine gemeinsame Ausgangsleitung R1. Entsprechend sind die an zweiter, dritter bzw. vierter Stelle auftretenden Schalter miteinander verbunden und bilden jeweils Ausgangsleitungen R2, R3 bzw. R4. Die Numerierung der Schalter in einer Schaltergruppe könnte ebenso von rechts nach links verlaufen. Wesentlich ist nur, daß für jede Schaltergruppe die gleiche Numerierung gewählt wird.

Die Ausgangsleitungen R1 und R4 sowie die Ausgangsleitungen R2 und R3 sind jeweils miteinander verbunden und die verbundenen Leitungen sind jeweils mit Verzögerungsgliedern V1 bzw. V2 verbunden. Dadurch sind die Verzögerungszeiten für die Wandlerelemente 1 und 4 sowie für die Wandlerelemente 2 und 3 jeweils gleich groß, so

daß sich ein auf der Mittelsenkrechten zu der Wandlerelementengruppe liegender Fokussierungspunkt ergibt. Die beschriebenen Verbindungen der Ausgänge der Schaltmatrix mit den Verzögerungsgliedern gelten auch für die Schritte gemäß Figuren 3b bis 3e, sind jedoch der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt.

Für Aperturen mit einer anderen Anzahl m von Wandlerelementen weist die erfindungsgemäße Schaltmatrix eine dieser Anzahl entsprechende Zahl m von Schaltergruppen mit jeweils derselben Anzahl m von Schaltern auf. Jede der m Schaltergruppen ist über jeweils einen Kanal über die Auswahlschaltung mit einem der jeweils aktivierten m Wandlerelemente verbunden. Die m Schalter verschiedener Schaltergruppen mit jeweils gleicher Numerierung sind ausgangsseitig miteinander verbunden und bilden jeweils eine von m Ausgangsleitungen, die wiederum mit entsprechenden Verzögerungsgliedern verbunden sind.

Im nächsten Schritt gemäß Figur 3b wird durch die Auswahlschaltung das Wandlerelement 5 anstelle des Elementes 1 mit dem Kanal K1 verbunden, während die anderen Verbindungen beibehalten werden. Dadurch wandert der entsprechende Fokussierungspunkt um ein Wandlerelement nach rechts. In den folgenden Schritten gemäß Figuren 3c bis 3e wird die Gruppe aktivierter Wandlerelemente um jeweils ein Element nach rechts verschoben, indem jeweils eine Verbindung hergestellt wird zwischen dem neu zu aktivierenden Wandlerelement und demjenigen Kanal, der in dem vorhergehenden Schritt mit dem am weitesten links liegenden Wandlerelement verbunden war. Diese Art des Weiterschaltens hat unter anderem den Vorteil, daß bei jedem neuen Schritt immer nur eine einzige schon bestehende Verbindung zwischen einem Wandlerelement und einem Kanal aufgetrennt und nur eine einzige neue Verbindung hergestellt werden muß.

Wie in den Figuren 3a bis 3e dargestellt, ist bei jedem Schritt jeweils nur ein Schalter einer Schaltergruppe geschlossen und bei dem jeweils folgenden Schritt ist der zu diesem Schalter auf der linken Seite benachbarte Schalter geschlossen, so daß nach vier Schritten (Figur 3e) die ursprünglichen Schalterstellungen (Figur 3a) wieder erreicht sind. Das Öffnen und Schließen der Schalter läßt sich veranschaulichen als Wandern des jeweils geschlossenen Schalters entlang einer Schaltergruppe, wobei auf das Schließen des letzten Schalters einer Schaltergruppe im nächsten Schritt das Schließen des ersten Schalters dieser Gruppe folgt. Die Steuereingänge der bei einem bestimmten Schritt jeweils geschlossenen Schalter sind durch jeweils eine Steuerleitung (nicht darge-

stellt) miteinander verbunden, so daß diese Schalter durch Abgeben eines einzigen Steuersignales auf dieser Steuerleitung gemeinsam betätigt werden können.

In Figur 4 ist die Schaltmatrix gemäß den Figuren 3a bis 3e als quadratische Matrix mit den zugehörigen Steuerleitungen und mit einer Steuerungschaltung 50 dargestellt. Die vier mit jeweils einem der Eingangskanäle K1;K2,K3,K4 verbundenen Schaltergruppen sind in Spalten angeordnet. Die Schalter gleicher Numerierung innerhalb der einzelnen Schaltergruppen bilden die Zeilen der Matrix, die mit jeweils einer der vier Ausgangsleitungen R1,R2,R3,R4 verbunden sind. Jede der vier Steuerleitungen L1,L2,L3,L4 ist mit den Steuereingängen von vier Schaltern verbunden, wobei jeweils einer Steuerleitung Schalter aus jeder Zeile und aus jeder Spalte zugeordnet sind. Die Steuerleitung L1 ist verbunden mit den Steuereingängen der vier in der Hauptdiagonalen der Schaltmatrix angeordneten Schalter T11, T22, T33, T44, die Steuerleitung L2 ist verbunden mit den Steuereingängen der drei in der ersten Nebendiagonalen angeordneten Schalter T21,T32,T43 und mit dem Steuereingang des Schalters T14 der letzten Nebendiagonale unterhalb der Hauptdiagonalen, die Steuerleitung L3 ist verbunden mit den Steuereingängen der beiden Schalter T31 und T42 der zweiten Nebendiagonale oberhalb der Hauptdiagonalen und mit den Steuereingängen der beiden Schalter T13 und T24 der vorletzten Nebendiagonalen unterhalb der Hauptdiagonalen und die Steuerleitung L4 ist verbunden mit dem Steuereingang des Schalters T41 der dritten Nebendiagonale oberhalb und mit den Steuereingängen der drei Schalter T12,T23, T34 der drittletzten Nebendiagonale unterhalb der Hauptdiagonalen.

Die Steuerungschaltung 50 gibt nacheinander jeweils bei einem neuen Schritt auf den Steuerleitungen L1,L2,L3 und L4 und anschließend wieder auf L1 jeweils ein Steuersignal ab, welches bewirkt, daß die mit der jeweiligen Steuerleitung verbundenen Schalter geschlossen werden, während die übrigen Schalter geöffnet sind. Dadurch ergeben sich jeweils die in den Figuren 3a bis 3e dargestellten Schalterzustände.

Bei einer beliebigen Anzahl m von Aperturelementen weist die erfindungsgemäße Schaltmatrix eine Anzahl von m^2 Schaltern auf, wobei die m Eingangskanäle K1, K2, ..., Km jeweils mit den Eingängen der Schalter einer Spalte und die m Ausgangsleitungen R1, R2, ..., Rm jeweils mit den Ausgängen der Schalter einer Zeile verbunden sind. Der Steuereingang jedes Schalters ist mit einer von m Steuerleitungen L1, L2, L3, ..., Lm derart verbunden, daß für jede Spalte sämtliche Schalter dieser Spalte mit einer jeweils anderen Steuerleitung verbunden sind und daß für jede

Zeile sämtliche Schalter dieser Zeile mit einer jeweils anderen Steuerleitung verbunden sind. Dies kann beispielsweise wie in der Schaltmatrix gemäß Figur 4 dadurch erreicht werden, daß jeweils die Schalter zweier Diagonalen, die eine Gesamtzahl von m Schaltern aufweisen, mit jeweils einer Steuerleitung verbunden sind, d.h. die Steuereingänge der Schalter der Hauptdiagonalen sind mit einer Steuerleitung L1 verbunden, die Steuereingänge der Schalter der ersten Nebendiagonalen oberhalb und der letzten Nebendiagonalen unterhalb der Hauptdiagonalen sind mit einer zweiten Steuerleitung L2 verbunden, usw. In diesem Fall werden die vorgeschriebenen Verbindungen zwischen Eingangskanälen und Ausgängen hergestellt, indem nacheinander auf den Steuerleitungen L1,L2, ...,Lm jeweils ein Steuersignal abgegeben wird.

Es ist kein notwendiges Merkmal der vorliegenden Erfindung, daß die Schalter geometrisch in Zeilen und Spalten angeordnet sind. Wesentlich ist ausschließlich die Art der elektrischen Verbindungen der Schalter untereinander und mit den Steuerleitungen. Eine Anordnung in Zeilen und Spalten erlaubt einen einfachen Schaltungsaufbau und ermöglicht eine übersichtliche Beschreibung der Vielzahl von elektrischen Verbindungen bei der erfindungsgemäßen Schaltmatrix.

Anhand von Figur 5 wird nachfolgend ein Ausführungsbeispiel der Steuerungschaltung 50 für eine Apertur von m Wandlerelementen erläutert. Die Steuerungschaltung enthält im wesentlichen eine der Anzahl von Wandlerelementen einer Gruppe entsprechende Zahl hintereinandergeschalteter Flipflops F1, F2, ..., Fm, deren Takteingänge CLK auf einer Leitung CLOCK ein Taktsignal und deren Rücksetzeingänge RST auf einer Leitung RESET ein Rücksetzsignal erhalten. Der invertierte Ausgang des ersten Flipflops F1 ist mit dem D-Eingang des zweiten Flipflops F2 und mit der Steuerleitung L1 verbunden. Der nicht-invertierte Ausgang des zweiten Flipflops F2 ist mit dem D-Eingang des dritten Flipflops F3 und mit der Steuerleitung L2 verbunden. Entsprechend ist jeweils der nicht-invertierte Ausgang jedes folgenden Flipflops mit dem D-Eingang des jeweils folgenden Flipflops und mit einer Steuerleitung verbunden. Der invertierte Ausgang des letzten Flipflops Fm ist mit dem D-Eingang des ersten Flipflops F1 und der nicht-invertierte Ausgang ist mit der Steuerleitung Lm verbunden.

Somit kann die Steuerungschaltung in einfacher Weise für größere Aperturen ausgebaut werden, indem jeweils ein weiteres Flipflop pro zusätzlichem Aperturelement angefügt wird.

Die Steuersignale auf den Steuerleitungen L1, L2, L3, L4, ... werden folgendermaßen erzeugt: Zunächst werden sämtliche Flipflops zurückgesetzt, so daß am nicht-invertierten Ausgang (Q) jedes Flipflops jeweils ein Signal mit dem logischen Zustand "0" (niedriger Pegel) anliegt. Infolgedessen wird am invertierten Ausgang (\bar{Q}) des Flipflops F1 und damit auf der Steuerleitung L1 ein Signal mit dem logischen Zustand "1" (hoher Pegel) abgegeben, welches bewirkt, daß die dieser Steuerleitung zugeordneten Schalter geschlossen werden, während alle übrigen Schalter geschlossen sind. Beim nächsten Taktimpuls erhält das erste Flipflop F1 ein Signal mit dem Zustand "1", da es vom invertierten Ausgang des letzten Flipflops Fm gespeist wird. Am invertierten Ausgang des ersten Flipflops F1 erscheint daraufhin ein Signal mit dem Zustand "0", am nicht-invertierten Ausgang des zweiten Flipflops F2 ein Signal mit dem Zustand "1" und an den nicht-invertierten Ausgängen der übrigen Flipflops jeweils ein Signal mit dem Zustand "0". In den folgenden Taktzyklen wird ein Signal mit dem Zustand "1" jeweils dem nächsten Flipflop in der Reihe zugeführt, so daß in unterschiedlichen Taktzyklen auf jeweils einer anderen Steuerleitung ein Signal mit dem Zustand "1" anliegt. Wenn das letzte Flipflop Fm in der Reihe ein Signal mit dem Zustand "1" erhalten hat, wird im nächsten Schritt wieder dem ersten Flipflop F1 ein Signal mit dem Zustand "1" zugeführt, so daß der vorstehend Prozeß von neuem beginnt.

Ansprüche

1. Schaltmatrix für ein die folgenden Bestandteile aufweisendes Sende-/Empfangsgerät für Ultraschallwellen:

-eine Anordnung elektroakustischer Wandlerelemente (1,2,...,n), welche zum Aussenden und/oder zum Empfangen von Ultraschallimpulsen aktiviert werden können,

-Mittel zum derartigen Ansteuern der Wandlerelemente, daß nacheinander über die Anordnung fortlaufend je eine Gruppe von Wandlerelementen aktiviert werden kann,

-eine Anzahl von Verzögerungsgliedern (V1, V2) zum derartigen Verzögern der aus empfangenen Ultraschallsignalen abgeleiteten Ausgangssignale der Wandlerelemente, daß die Laufzeitdifferenzen zwischen den von einem gemeinsamen Fokussierungspunkt (F1) reflektierten und von verschiedenen Wandlerelementen der jeweils aktivier-

ten Gruppe empfangenen Ultraschallsignale kompensiert werden,

mit folgenden Merkmalen:

5 a) die Schaltmatrix enthält eine Vielzahl von Schaltern (T11, T12, ... , T44) mit jeweils einem Eingang, einem Ausgang und einem Steuereingang zum Ändern des Schaltzustandes des Schalters,

10 b) jedes Wandlerelement der jeweils aktivierten Gruppe ist über je eine Eingangsleitung - (K1;K2;K3;K4) mit je einer Schaltergruppe - (T11,T12,T13,T14; T21,T22,T23,T24; T31,T32,T33,T34;

15 T41,T42,T43,T44) aus einer der Anzahl der Wandlerelemente einer Gruppe entsprechenden Anzahl - (m) fortlaufend numerierter Schalter verbunden,

20 c) die Ausgänge von jeweils einer der Anzahl der Wandlerelemente einer Gruppe entsprechenden Anzahl (m) von Schaltern - (T11,T21,T31,T41; T12,T22,T32,T42; T13,T23,T33,T43;

25 T14,T24,T34,T44) gleicher Numerierung der verschiedenen Schaltergruppen sind miteinander jeweils zu einer gemeinsamen Ausgangsleitung (R1;R2;R3;R4) verbunden,

30 d) es ist eine der Anzahl der Wandlerelemente einer Gruppe entsprechende Anzahl (m) von Steuerleitungen (L1;L2;L3;L4) vorgesehen, von denen jede jeweils die Steuereingänge einer der Anzahl der Wandlerelemente einer Gruppe entsprechenden Anzahl (m) von Schaltern der verschiedenen Schaltergruppen mit jeweils anderer
35 Numerierung miteinander verbindet, und

e) eine mit den Steuerleitungen - (L1;L2;L3;L4) verbundene Steuerschaltung (50) gibt beim Aktivieren einer jeweils anderen Gruppe von Wandlerelementen jeweils auf einer anderen
40 Steuerleitung ein Signal zum Ändern des Schaltzustandes der mit dieser Steuerleitung verbundenen Schalter ab, so daß die sich in ihrer Numerierung innerhalb der Gruppen von Wandlerelementen entsprechenden Wandlerelemente über die Schaltmatrix jeweils mit denselben Verzögerungsgliedern
45 verbunden werden.

2. Schaltmatrix nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

50 -die Schalter (T11,T12, ... , T44) in Zeilen und Spalten angeordnet sind,

55 -die Eingangsleitungen (K1;K2;K3;K4) jeweils mit den Eingängen der Schalter (T11,T12,T13,T14; usw.) einer Spalte verbunden sind,

-die Ausgangsleitungen (R1;R2;R3;R4) jeweils mit

den Ausgängen der Schalter (T11,T21,T31,T41; usw.) einer Zeile verbunden sind, und

-die Steuerleitungen (L1;L2;L3;L4) jeweils derart mit den Steuereingängen der Schalter verbunden sind, daß einer Steuerleitung (L1;L2;L3;L4) jeweils Schalter (T11,T22,T33,T44;

T14,T21,T32,T43; T13,T24,T31,T42; T12, T23,T34,T41) aus jeder Zeile und aus jeder Spalte zugeordnet sind.

3. Schaltmatrix nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Ausgangsleitungen (R1;R2;R3;R4) der Schaltmatrix paarweise miteinander verbunden sind (R1 mit R4; R2 mit R3) entsprechend der symmetrischen Lage des jeweiligen Fokussierungspunktes zu den jeweils aktivierten Wandlerelementen.

4. Schaltmatrix nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch **gekennzeichnet**,

daß die Steuerschaltung (50) ein Schieberegister umfaßt, dessen Parallelausgänge mit jeweils einer Steuerleitung (L1;L2;L3;L4) verbunden sind.

5. Schaltmatrix nach Anspruch 4,

dadurch **gekennzeichnet**, daß

-die Steuerschaltung (50) eine der Anzahl der Wandlerelemente einer Gruppe entsprechende Anzahl (m) hintereinandergeschalteter Flipflops -

(F1;F2; ...;Fm) mit jeweils einem D-Eingang, einem nicht-invertierten Ausgang (Q) und einem invertierten Ausgang (\bar{Q}) enthält,

5 -der invertierte Ausgang (\bar{Q}) des ersten Flipflops (F1) mit der ersten Steuerleitung (L1) und mit dem D-Eingang des zweiten Flipflops (F2) verbunden ist,

10 -die nicht-invertierten Ausgänge (Q) der übrigen Flipflops (F2, ... , Fm) jeweils mit einer Steuerleitung (L2, ... ,Lm) verbunden sind, und

15 -der invertierte Ausgang (\bar{Q}) des letzten Flipflops (Fm) mit dem D-Eingang des ersten Flipflops (F1) verbunden ist.

6. Schaltmatrix nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

20 dadurch **gekennzeichnet**,

25 daß die Schalter (T11,T12, ... , T44) MOS-Feldefekttransistoren umfassen mit jeweils einem Source-Eingang, einem Drain-Ausgang und einem mit einer der Steuerleitungen verbundenen Gate-Eingang.

30 7. Verwendung der Schaltmatrix nach einem der vorhergehenden Ansprüche im Sendeteil eines Sende-/Empfangsgerätes für Ultraschallwellen für das derartige Durchschalten relativ zueinander verzögerter Oszillatorsignale zu den jeweiligen Wandlerelementen einer Wandlerelementegruppe, daß die von den Wandlerelementen ausgesandten Ultraschallwellen sich in einem gemeinsamen Fokussierungspunkt verstärken.

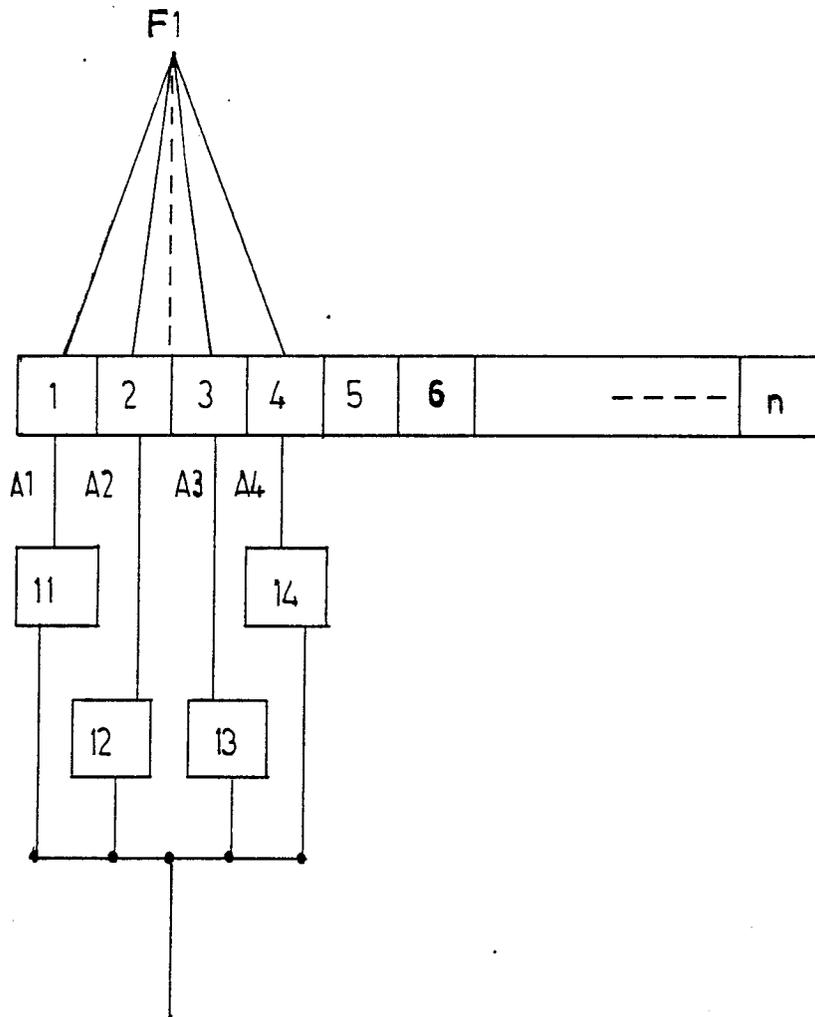
40

45

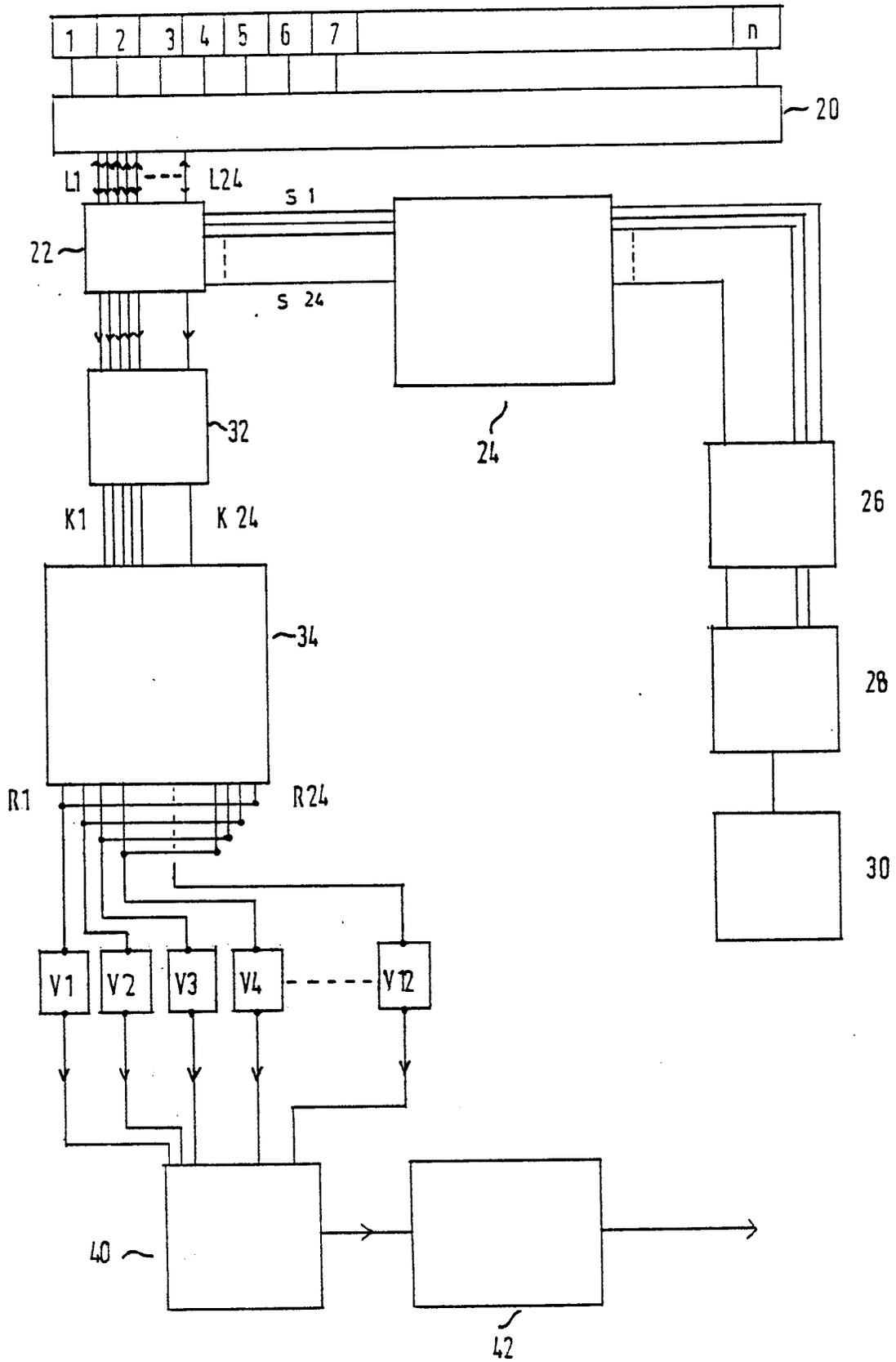
50

55

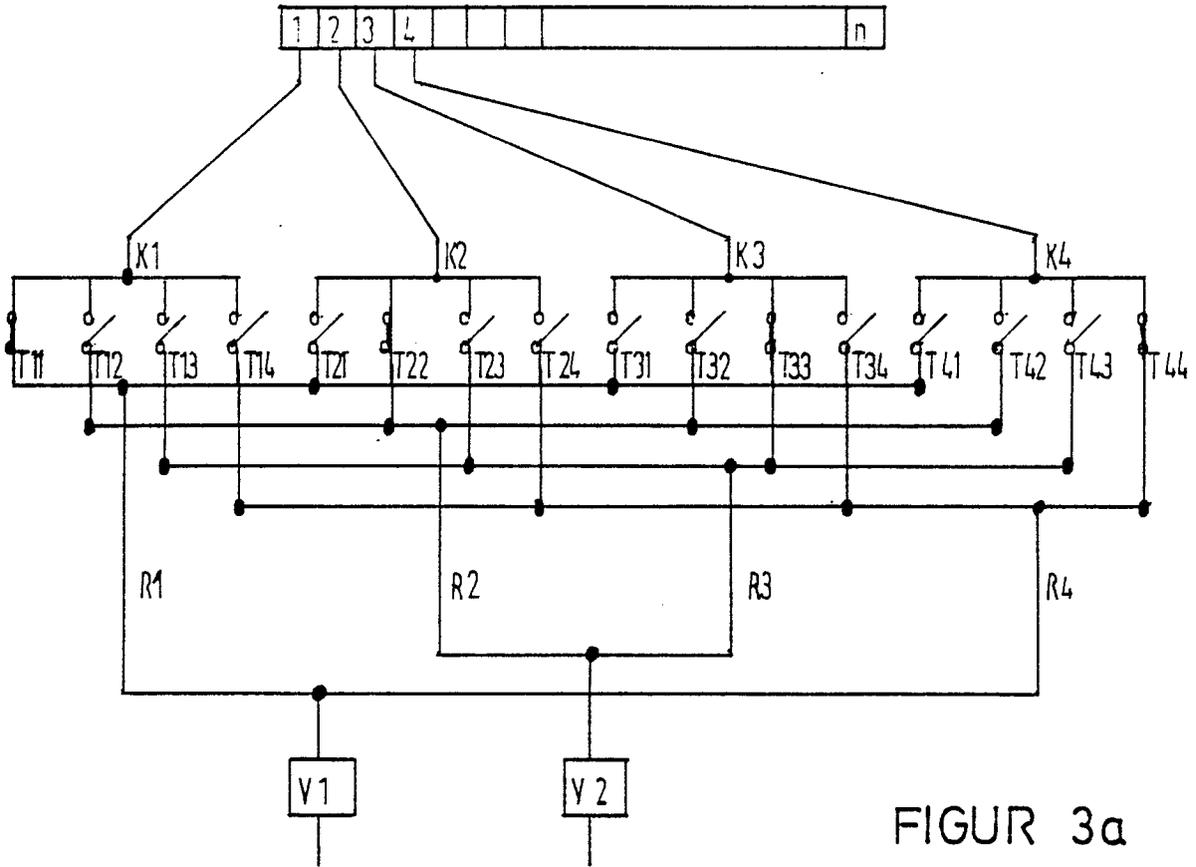
8



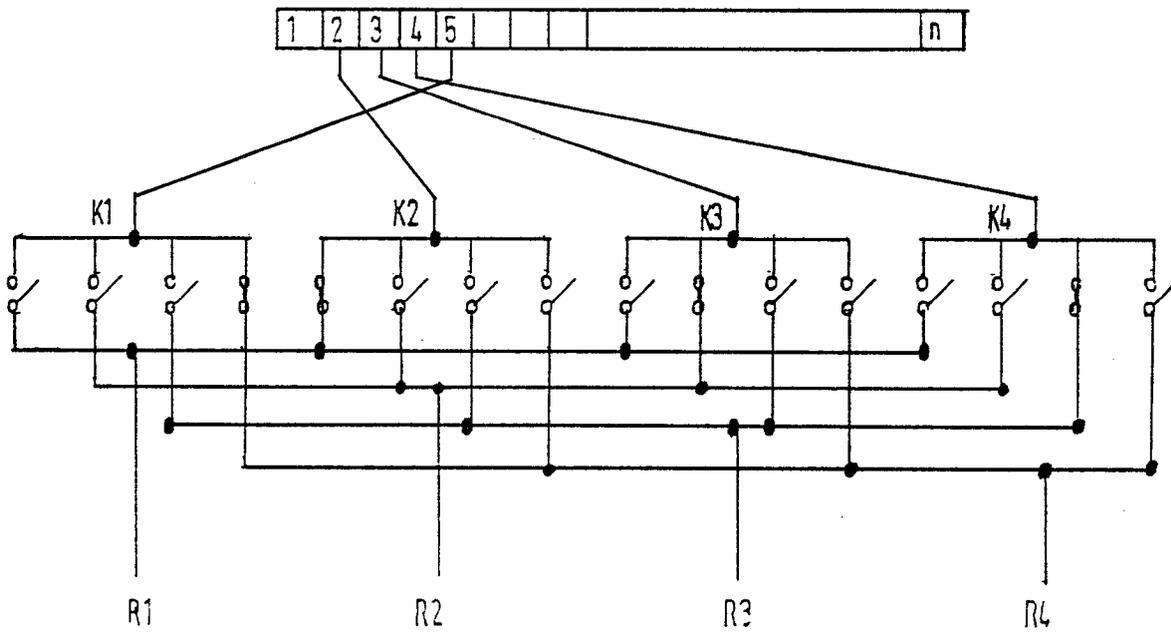
FIGUR 1



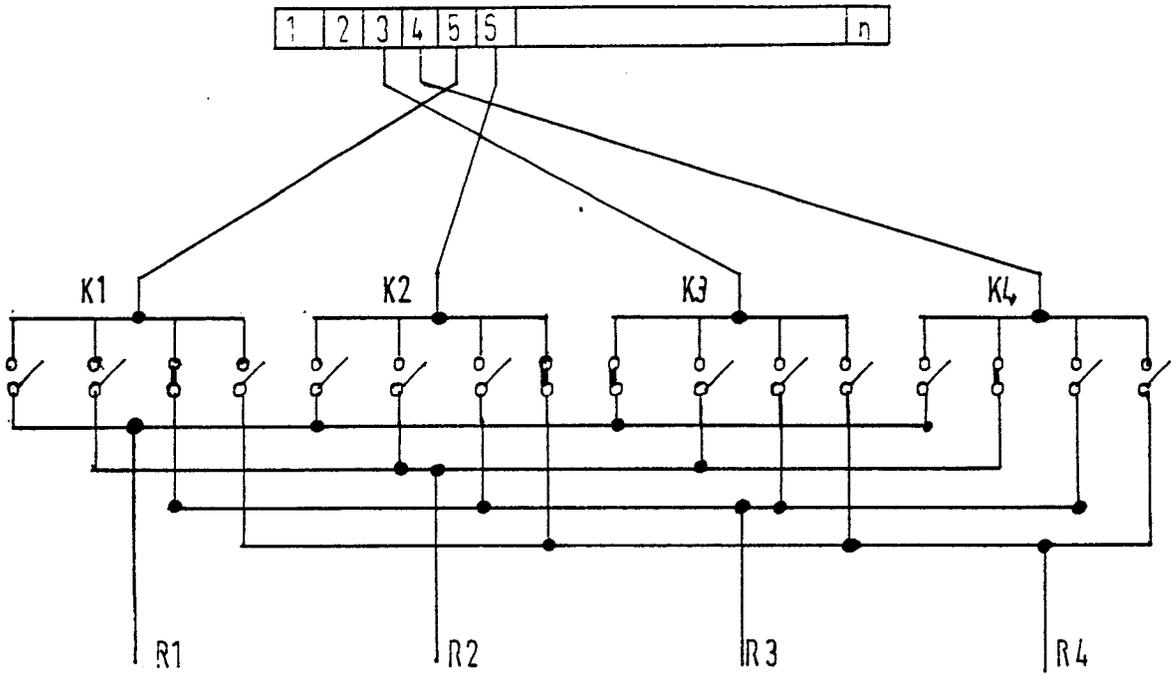
FIGUR 2



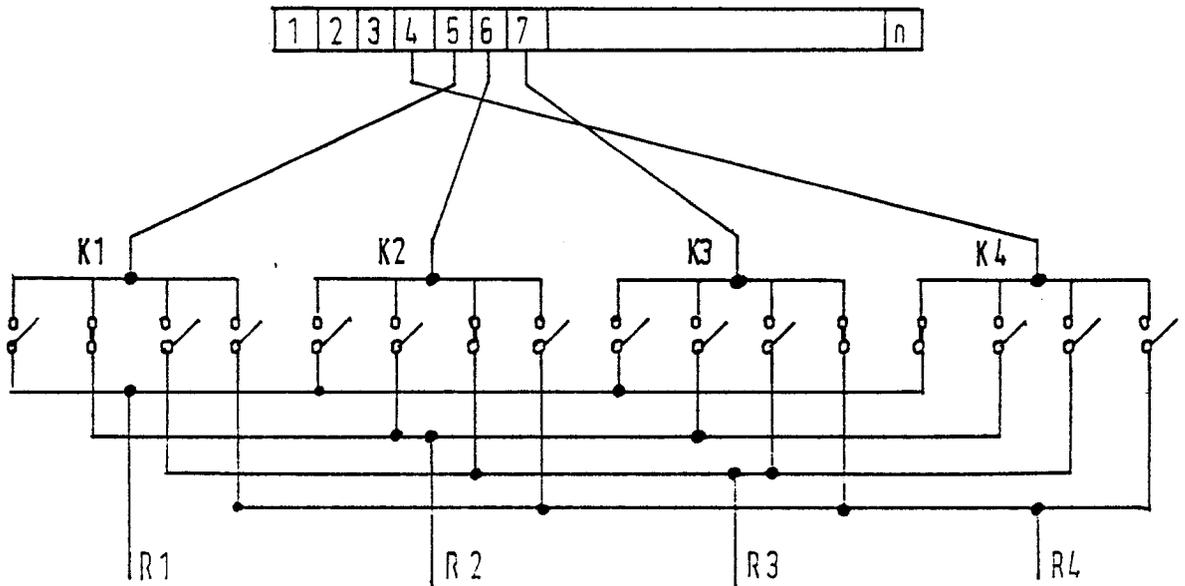
FIGUR 3a



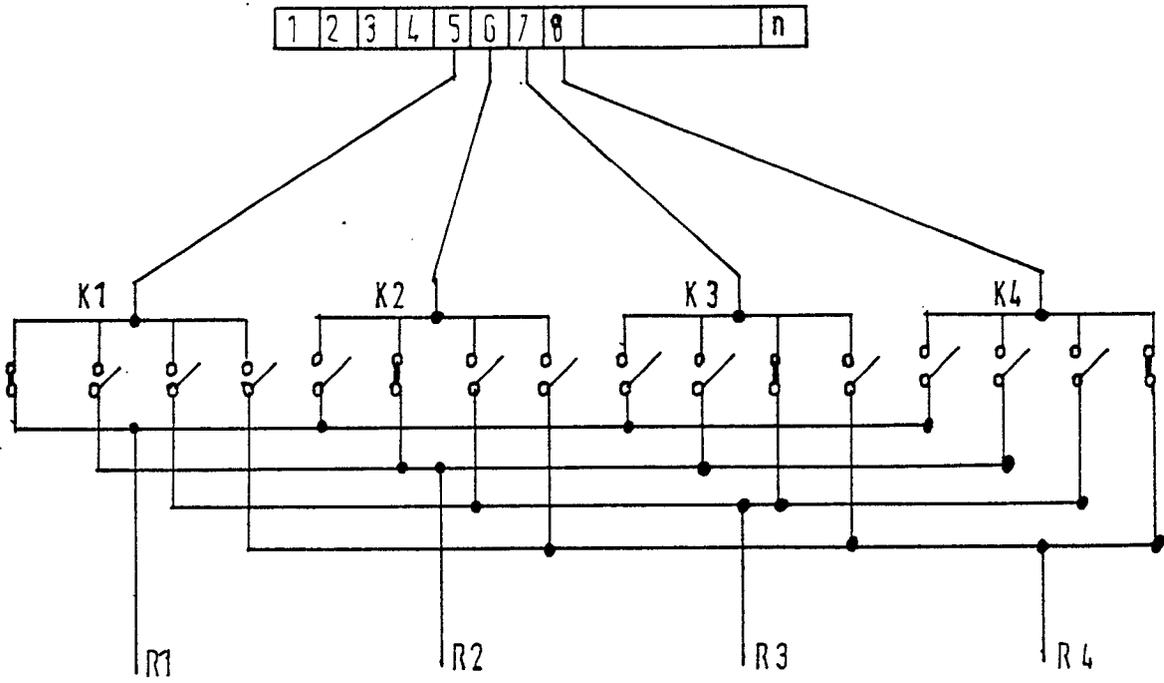
FIGUR 3b



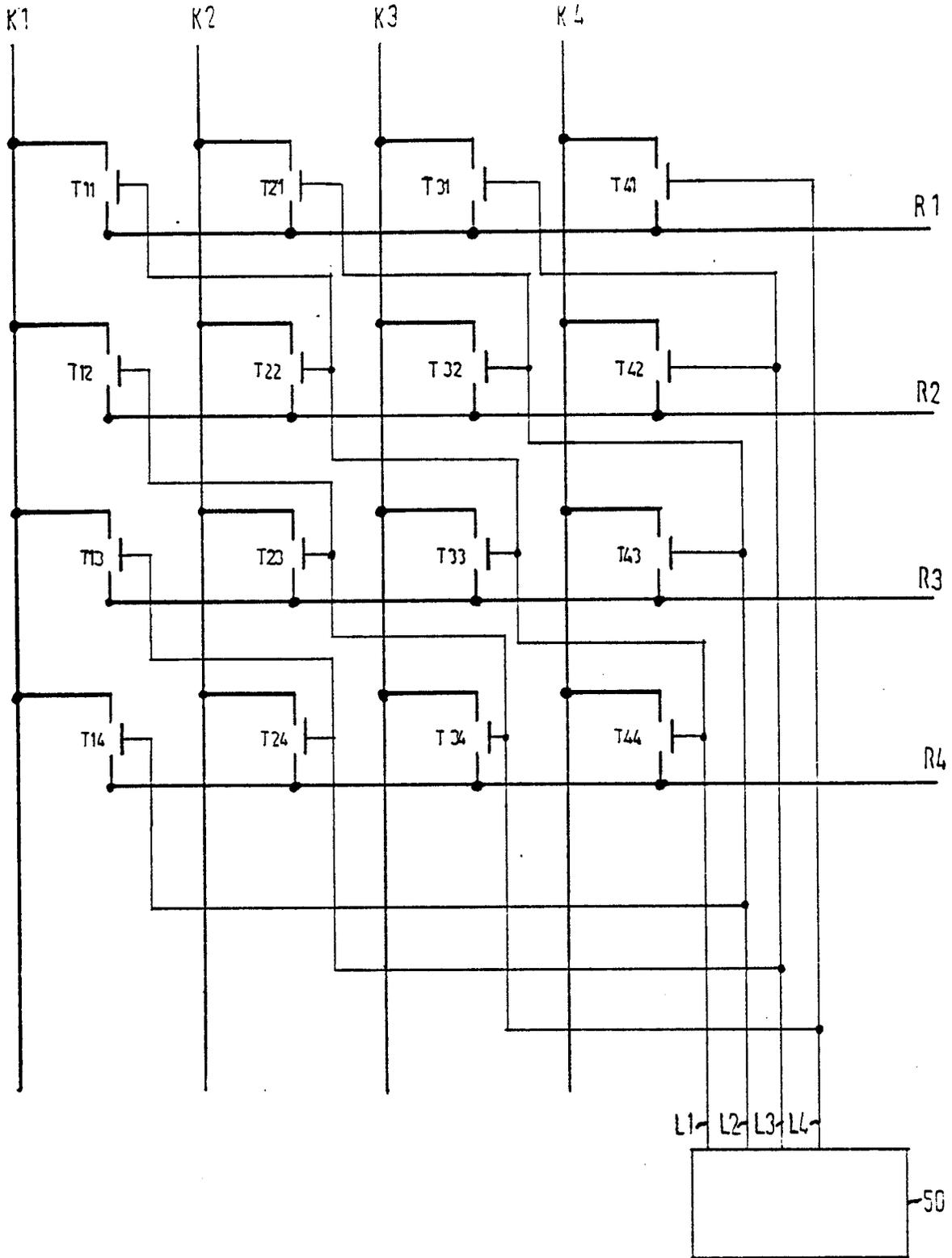
FIGUR 3c



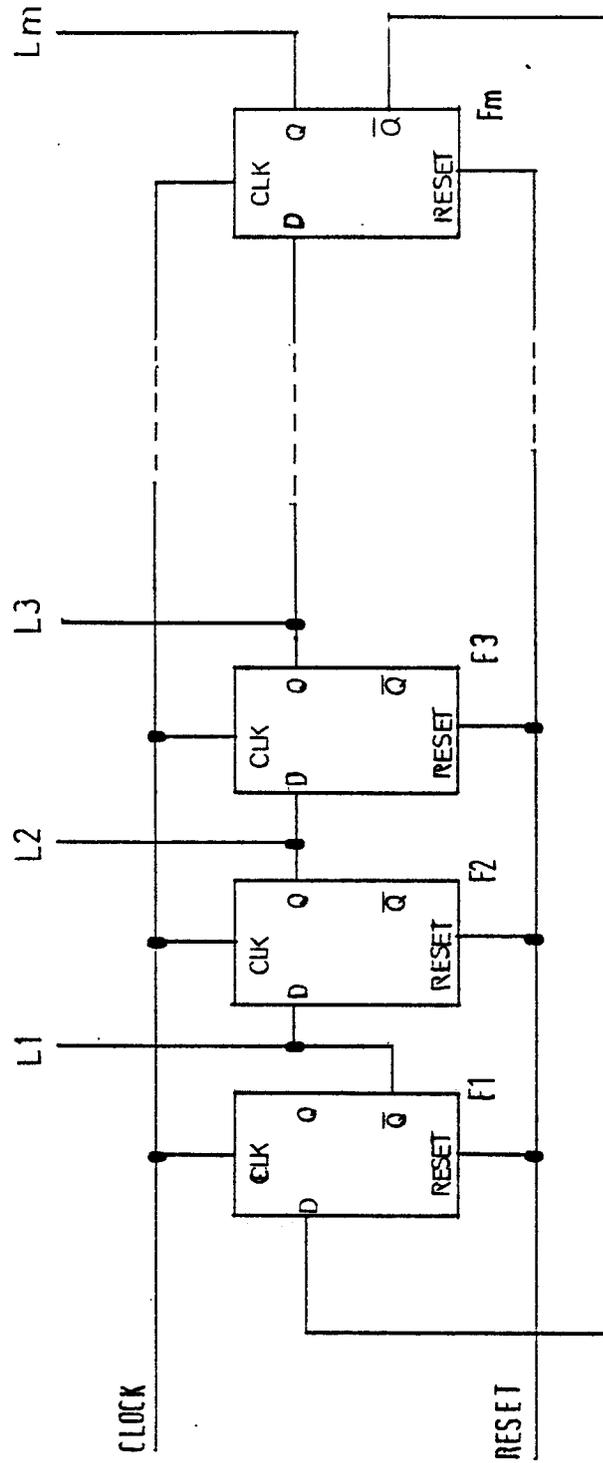
FIGUR 3d



FIGUR 3e



FIGUR 4



FIGUR 5



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
Y	US-A-4 505 156 (W.O. QUESTO) * Spalte 2, Zeilen 36-57; Spalte 3, Zeilen 3-48; Spalte 4, Zeilen 14-59; Figuren 4, 5 *	1-3, 6, 7	G 10 K 11/34
Y	--- US-A-3 846 745 (E.E. HILL et al.) * Spalte 5, Zeile 6 - Spalte 6, Zeile 2; Ansprüche 10, 11; Figuren 1, 2 *	1-3, 6, 7	
A	--- US-A-4 159 462 (H.A.F. ROCHA et al.) * Spalte 7, Zeile 35 - Spalte 8, Zeile 37; Spalte 9, Zeilen 22-38; Figuren 8-10 *	1, 4, 5	
A	--- FR-A-2 525 781 (P. ALAIS et al.)		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
A	--- DE-A-2 618 178 (TOKYO SHIBAURA)		G 10 K G 01 S
A	--- US-A-3 546 698 (H. KALTSCHMIDT) -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 28-05-1986	Prüfer HAASBROEK J.N.
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</p> <p>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</p> <p>A : technologischer Hintergrund</p> <p>O : nichtschriftliche Offenbarung</p> <p>P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</p> <p>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist</p> <p>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</p> <p>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</p> <p>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			