

⑫

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

⑰ Anmeldenummer: 85108128.1

⑤① Int. Cl.<sup>4</sup>: **G 10 K 11/34**

⑱ Anmeldetag: 01.07.85

⑳ Priorität: 12.07.84 DE 3425705

⑦① Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**  
**Berlin und München Wittelsbacherplatz 2**  
**D-8000 München 2(DE)**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
05.02.86 Patentblatt 86/6

⑦② Erfinder: **Saugeon, Ulrich**  
**Weltenburger Strasse 175**  
**D-8500 Nürnberg(DE)**

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:  
AT DE FR GB IT NL

⑦② Erfinder: **Hetzel, Gert**  
**Grundherrstrasse 24**  
**D-8520 Erlangen(DE)**

⑦② Erfinder: **Hiller, Dietmar, Dr.**  
**Löhestrasse 22**  
**D-8520 Erlangen(DE)**

⑤④ **Phased-Array-Gerät.**

⑤⑦ Das Phased-Array-Gerät besitzt eine Anzahl von Ultraschallwandler-Elementen (E1 bis E64), denen Verzögerungsbauglieder (M1, T1 bis M64, T64, W1-1, W1-2, N1 bis W16-1, W16-2, N16; W1 bis W16; VL1 bis VL64, VR1 bis VR16) für den Empfangsfall zugeordnet sind. Damit der Steuerwinkel mit hoher Genauigkeit eingestellt werden kann, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Verzögerungsbauglieder die empfangenen Signale mit einer kurzen und mit einer langen Verzögerung versehen und daß mehrere benachbarte Kanäle für die Signalverarbeitung zusammengefaßt werden. Dadurch ist ein vergleichsweise nur geringer Aufwand beim Aufbau des Geräts erforderlich.

**EP 0 170 072 A1**

./...

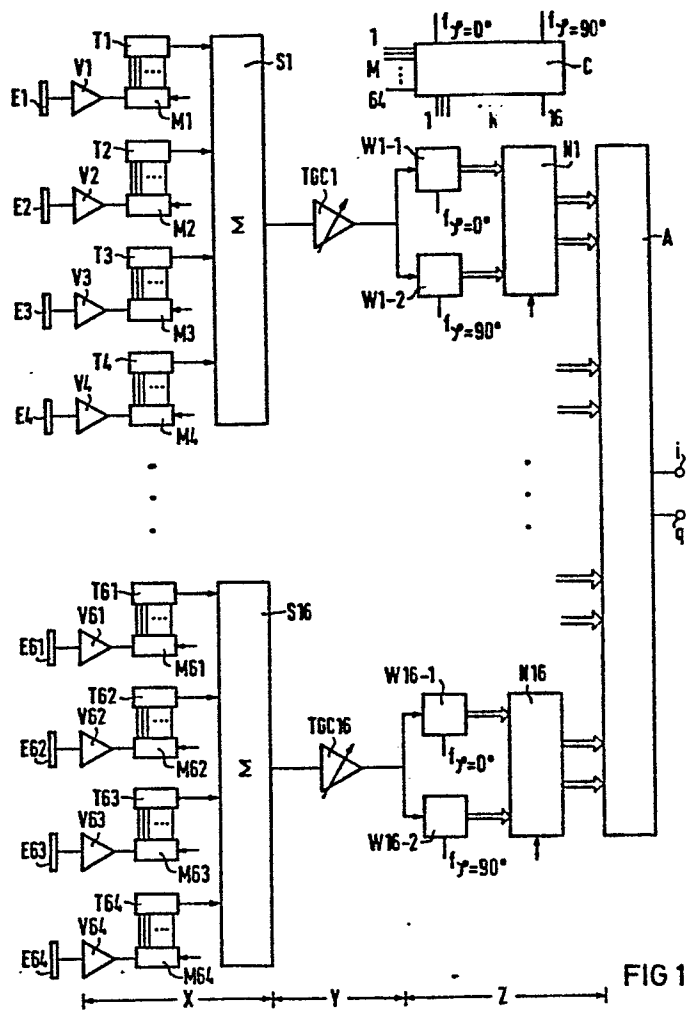


FIG 1

Siemens Aktiengesellschaft  
Berlin und München

Unser Zeichen  
VPA 84 P 3257 E

5 Phased-Array-Gerät

Die Erfindung betrifft ein Phased-Array-Gerät nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

- 10 Bei einem Phased-Array-Gerät, also einem elektronischen Sektor-Scanner, muß die Änderung der Verzögerung der Signale der einzelnen Ultraschall-Wandlerelemente im Sende- und Empfangsfall in sehr kleinen Schritten erfolgen, um Fehler bei der Einstellung des Steuer-
- 15 winkels zu vermeiden. Infolge des größten Steuerwinkels von meist  $\pm 45^\circ$  bezüglich der Normalen der Wandlerelementreihe sind bei großen Steuerwinkeln relativ lange Verzögerungszeiten erforderlich, deren Länge zusätzlich noch stark von der gewählten Aperturlänge (Länge der
- 20 aktiven Antenne) abhängt. Zum Ausgleich der Auflösungsänderung mit der Tiefe wegen der begrenzten Tiefenschärfe der fokussierten Apertur ist es zweckmäßig, den Empfangsfokus mitlaufend anzupassen.
- 25 Der Stand der Technik sieht eine Einstellung der Verzögerungszeiten mit Hilfe von LC-Verzögerungsleitungen, die mit Einstellabgriffen versehen sind, vor. Diese relativ preiswerte Lösung eignet sich vor allem für kurze Verzögerungszeiten, d.h. für nicht schwenkende Abtastgeräte,
- 30 z.B. für ein lineares Array. Bei längeren Verzögerungszeiten wirken die LC-Verzögerungsleitungen für höhere Frequenzen bandbegrenzend. Sie stellen also jeweils einen Tiefpaß dar, dessen Eckfrequenz ca. 5 MHz betragen kann. Gleichzeitig gehen Bauteiltoleranzen in hohem Maße auf
- 35 die Genauigkeit der gesamten Verzögerung ein. Aus diesem

Grund werden LC-Verzögerungsleitungen für Transducer- oder Wandlerfrequenzen generell nur bis ca. 3,5 MHz verwendet. Diese Technik wird auch als "Basisbandtechnik" bezeichnet.

5

Höhere Transducerfrequenzen können mit Hilfe von LC-Verzögerungsleitungen durch Abwärtsmischen auf eine Zwischenfrequenz unter 3,5 MHz verarbeitet werden. Die Abwärtsmischtechnik setzt jedoch eine gleichbleibende Signalbandbreite und Sendepulslänge der einzelnen Wandlersignale voraus. Die zeitliche Sendepulslänge sollte aber im Interesse einer guten Auflösung beim Übergang zu hohen Transducerfrequenzen geändert, d.h. verringert werden.

15

Eine weitere Realisierungsmöglichkeit sieht die Oberflächenwellenfilter-Technik oder SAW-Filtertechnik (vgl. z.B. Ultrasonics, Vol. 17, pp. 225 - 229, Sept. 1979) vor. Hierzu ist es erforderlich, das Empfangssignal des einzelnen Ultraschallwandlerelements aufwärts zu mischen, um in das bei der SAW-Technik erforderliche hohe Frequenzband von 20-50 MHz zu kommen. Nach der Summation der einzelnen Empfangssignale des Phased Arrays muß dann wieder abgemischt werden. Nachteile der SAW-Technik sind die Tatsache, daß in jedem Kanal Aufwärtsmischer eingesetzt werden müssen, was einen beträchtlichen Aufwand bedeutet, sowie die Schwierigkeit, eine genügend feine Abstufung der Verzögerungszeiten bei den SAW-Filtern zu erzielen.

30

Aufwärts- und Abwärtsmischungen im Zusammenhang mit einem Phased-Array-Gerät sind z.B. aus Fig. 11 der DE-PS 28 54 134 bekannt. Eine digitale Verzögerungstechnik bei einem Phased-Array-Gerät wird in der EU-PS 0,027,618, insbesondere bei Fig. 1 und 2, beschrieben.

35

Bei der Konzeption eines Phased-Array-Geräts sind auch folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- 5 Nimmt man z.B. bei einer medizinischen Untersuchung eine Mittenfrequenz des Empfangsspektrums von  $f_s = 3,5$  MHz an und berücksichtigt man theoretisch eine Bandbreite  $\Delta f = f_s (2\lambda\text{-Puls})$ , so erhält man als Maximalfrequenz  $f_{s\max} = f_s + \Delta f/2 = 1,5 f_s = 5,25$  MHz. Daraus resultiert nach dem bekannten Abtasttheorem von Shannon eine Abtast-
- 10 frequenz für das einzelne Ultraschall-Wandlerelement von  $f_a > 2 f_{s\max} = 3 f_s = 10,5$  MHz. Diese Abtastfrequenz  $f_a$  ist also die minimale Frequenz, um das einzelne Signal eines Wandlerelements rekonstruieren zu können.
- 15 Für die Quantisierung der Phase, d.h. eine ausreichende Genauigkeit der Zeitverzögerung zwischen zwei benachbarten Wandlerelementen, ist eine Abtastung mit mindestens  $1/8$  der Wellenlänge erforderlich. Dies ergibt eine quantisierte Phasenverschiebung innerhalb der Wellenlänge
- 20  $\lambda$  von  $360^\circ/8 = 45^\circ$  oder ( $\pm 22,5^\circ$ ). Bei einer Mittenfrequenz  $f_s = 3,5$  MHz erhält man damit eine Zeitverzögerung von  $35,7$  nsec, d.h.  $\pm 17,9$  nsec. Diese Phasen- oder Zeitgenauigkeit erfordert eine Abtastfrequenz  $f_a > 28$  MHz, wenn das Signal digital weiterverarbeitet werden soll (EU-PS
- 25 0,027,618). Diese hohe Abtastfrequenz setzt heutzutage den Einsatz von ECL-Bausteinen voraus und führt zu einem relativ teureren Phased-Array-Gerät.
- 30 Ein Ausweg aus diesem Geschwindigkeitsproblem ist die Quadraturtechnik (vgl. DE-PS 28 54 134, Fig. 8), bei der zwei um  $90^\circ$  phasenverschobene Verzögerungskanäle zum Einsatz kommen. Hier liegt die minimale Abtastfrequenz bei  $f_a = 10,5$  MHz. Dies läßt einen Einsatz von energiesparenden Techniken (z.B. HCMOS, Low Power Schottky) zu. Die
- 35 Quadraturtechnik erfordert aber einen relativ hohen Aufwand, da jeweils zwei Kanäle pro Wandlerelement für die Signalverarbeitung benötigt werden.

Ziel der Erfindung ist die Schaffung eines Phased-Array-Geräts, das eine hohe Genauigkeit bei der Einstellung des Steuerwinkels ermöglicht und dennoch nur einen vergleichsweise geringen Aufwand erfordert.

5

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Verzögerungsbauglieder die empfangenen Signale mit einer kurzen und mit einer langen Verzögerung versehen. Dann ist es möglich, mehrere benachbarte Kanäle, z.B. 4, für die Signalverarbeitung zusammenzufassen.

10

Eine erste grundlegende Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschallwandler-Elemente an erste Verzögerungsbauglieder zur analogen Feinverzögerung der Empfangssignale angeschlossen sind, daß jeweils eine vorgegebene Anzahl der Bauglieder mit einem gemeinsamen Summierglied verbunden ist, daß die Ausgangssignale der Summierglieder zweiten Verzögerungsbaugliedern zur Grobverzögerung zugeführt sind, und daß die von den zweiten Verzögerungsbaugliedern abgegebenen Ausgangssignale einem digitalen Addierglied zugeführt sind, an dessen Ausgang ein Summensignal abgegeben wird, das zur Bilddarstellung vorgesehen ist.

15

20

Eine zweite grundlegende Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, daß den Ultraschallwandler-Elementen jeweils ein TGC-Verstärker und ein Analog-Digital-Wandlerbaustein nachgeschaltet ist.

25

Als Vorteil der Erfindung wird es angesehen, daß der jeweilige Steuerwinkel wegen der Verwendung von Bausteinen mit festen bausteinspezifischen Verzögerungszeiten (Toleranzen) und der digitalen Speicher, speziell einiger Schieberegister, sehr genau eingestellt werden kann. Ein Driften der Verzögerung auch nach längerem Einsatz des Phased-Array-Geräts ist nicht zu

30

35

befürchten. Infolge der hohen Genauigkeit bei der Einstellung des Steuerwinkels ergibt sich auch eine hohe Genauigkeit bei der Fokussierung und damit ein hohes Auflösungsvermögen. Dies ist von besonderem Interesse bei Anwendung der mitlaufenden Fokussierung im Empfangsfalle.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in drei Figuren dargestellt und werden im folgenden näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform, bei der sowohl von einer analogen als auch von einer digitalen Verzögerung Gebrauch gemacht wird;

Fig. 2 eine zweite Ausführungsform, die gegenüber der Ausführungsform nach Figur 1 vereinfacht aufgebaut ist; und

Fig. 3 eine dritte Ausführungsform, die auf einem voll digitalen Verzögerungskonzept beruht.

Das Phased-Array-Gerät nach Figur 1, das insbesondere für medizinische Bilddarstellungen herangezogen wird, besteht aus einer Vielzahl von einzelnen Ultraschallwandler-Elementen E1, E2, ... E64, die sowohl für die Emission als auch für den Empfang von Ultraschall-Signalen herangezogen werden. In Figur 1 ist lediglich der Empfangsteil des Phased-Array-Geräts dargestellt. In einem solchen Gerät müssen die empfangenen Ultraschall-Signale mit der eingangs beschriebenen hohen Genauigkeit verzögert werden. Zur Vermeidung von Antennen-Gitterstörungen (grating lobes) und zur Erzielung einer ausreichenden Auflösung sollte die Anzahl der Ultraschallwandler-Elemente groß gewählt werden. Als günstiger

Kompromiß bietet sich vorliegend die Zahl 64 bei einem Elementearabstand von  $\lambda/2$  an.

Um den Aufwand gering zu halten, der bei einem Einsatz  
5 eines Verzögerungskonzepts mit der oben angegebenen  
Phasengenauigkeit entstehen würde, ist nach Figur 1 vor-  
gesehen, daß die empfangenen Ultraschall-Signale mit  
einer kurzen und mit einer langen Verzögerung versehen  
werden. Hierdurch ist es möglich, benachbarte Signal-  
10 verarbeitungskanäle zusammenzufassen. Wie später deut-  
lich wird, sind in Figur 1 jeweils 4 Kanäle zusammen-  
gefaßt.

Nach Figur 1 enthält das Gerät eine gemischte Verzöge-  
15 rungstechnik, nämlich eine analoge Vorverzögerung und  
eine digitale Hauptverzögerung. Es handelt sich also  
um eine hybride Lösung. Die analoge Vorverzögerung ist  
eine Feinverzögerung. Sie spielt sich in einem Bereich  
ab, der mit X bezeichnet ist. In diesem Bereich X sind  
20 insgesamt 64 Kanäle vorgesehen. Die Feinverzögerung  
findet dabei zwischen 0 und  $2\lambda$  statt. Dem Bereich X  
schließt sich ein Bereich Y an, der nur noch 16 Kanäle  
umfaßt. In diesem Bereich Y sind tiefenabhängig regelbare  
Verstärker untergebracht. Dem Bereich Y schließt sich ein  
25 Bereich Z an, der ebenfalls 16 Kanäle umfaßt. Hier findet  
eine Langzeitverzögerung statt.

Experimente haben gezeigt, daß bei medizinischen Unter-  
suchungen mit einem elektronischen Sektor-Scanner Ge-  
30 samt-Verzögerungszeiten erforderlich sind, die im Bereich  
von 6 bis 12  $\mu\text{sec}$  liegen. Im vorliegenden Fall übernimmt  
bei Zugrundelegung dieser Werte die Feinverzögerung im  
Bereich X eine Verzögerung von 0 bis 600 nsec, und die  
Grobverzögerung im Bereich Z übernimmt eine Verzögerung  
35 zwischen 5,4 und 11,4  $\mu\text{sec}$ .



Nach Figur 1 ist jedem Ultraschallwandler-Element E1 bis E64 ein Vorverstärker V1 bis V64 mit fester Verstärkung nachgeschaltet. Diesen Vorverstärkern V1 bis V64 ist wiederum jeweils ein Multiplexer M1 bis M64 nachgeschaltet.

5 Der jeweilige Multiplexer M kann von einer Steuerungseinrichtung C mit Taktimpulsen beaufschlagt werden, was durch einen Pfeil am jeweiligen Block M1 bis M64 gekennzeichnet ist. Den Multiplexern M1 bis M64 ist jeweils ein analoges Vorverzögerungsglied T1 bis T64 zugeordnet.

10 Dessen Verzögerungszeit, insbesondere im Bereich von 0 bis 600 nsec, kann mit Hilfe des zugehörigen Multiplexers M1 bis M64 eingestellt werden. Bei den Verzögerungsgliedern T1 bis T64 kann es sich insbesondere um LC-Leitungen mit einer Anzahl von Abgriffen, z.B.

15 16 Abgriffen handeln. Bei solchen LC-Leitungen ergibt sich eine Verzögerung, die für die vorliegenden Zwecke genau genug ist.

Mit Hilfe der Multiplexer M1 bis M64 ist somit die Feinverzögerung dynamisch, d.h. während des Empfangs einer jeden Ultraschallzeile, umschaltbar. Auf diese Weise läßt sich eine dynamische Fokussierung erreichen.

20

Die Signalverarbeitung von jeweils vier benachbarten Ultraschallelementen E1 bis E64 ist im vorliegenden Fall zusammengefaßt. Zu diesem Zweck sind beispielsweise die Verzögerungsglieder T1 bis T4 an ein gemeinsames Summierglied S1 angeschlossen. Entsprechend sind z.B. auch die Verzögerungsglieder T61 bis T64 an ein gemeinsames Summierglied S16 angeschlossen. Die Feinverzögerung umfaßt dabei, wie angegeben, die Zeitdauer von mindestens  $2\lambda$ , um jeweils vier solcher Nachbarelemente zusammenfassen zu können. Der Wert  $2\lambda$  ist dabei eine empirisch gefundene Größe. Sie stellt einen Kompromiß dar, der bei den

30

35 meisten Ultraschall-Applikatoren nach dem Phased-Array-Prinzip anwendbar ist. Anstelle von vier Kanälen

könnten im übrigen auch zwei, sechs oder aber acht Kanäle jeweils zusammengefaßt sein. Nach der Summation der Signale von jeweils vier Nachbarkanälen in den Summiergliedern S1 bis S16 wird das so gewonnene zusammengefaßte Empfangssignal jeweils mit Hilfe von regelbaren Verstärkern TGCl bis TGCl6 tiefenabhängig verstärkt, um anschließend die A/D-Wandler-Dynamik nutzen zu können.

Nach der Verstärkung in den Verstärkern TGCl bis TGCl6 ergeben sich zwei Realisierungsmöglichkeiten, die in den Figuren 1 und 2 getrennt dargestellt sind. Nach Figur 1 wird das Empfangssignal im Quadraturverfahren, d.h. in komplexer Form, abgetastet. Hierdurch bleibt die Phasengenauigkeit der gesamten Verzögerungseinheit konstant, z.B.  $\lambda/12$ , wenn  $f_a = f_{aq}$  ist.

Im einzelnen wird nach Figur 1 das Ausgangssignal des Verstärkers TGCl einem Verzögerungsglied zugeführt, welches aus einem Speicher N1 und zwei diesem vorgeschalteten Analog-Digital-Wandlern W1-1 und W1-2 besteht. Der erste Wandler W1-1 ist mit einer Taktfrequenz  $f$  beaufschlagt, die beispielsweise der eingangs genannten Abtastfrequenz  $f_a = 10,5$  MHz gleich ist. Der zweite Wandler W1-2 wird mit derselben Taktfrequenz getaktet, jedoch ist das Taktsignal gegenüber demjenigen des ersten Wandlers W1-1 um  $90^\circ$  verschoben. Dies wird dadurch zum Ausdruck gebracht, daß die Frequenzen mit  $f(\varphi = 0^\circ)$  bzw.  $f(\varphi = 90^\circ)$  bezeichnet sind. Die beiden Wandler bewirken eine Zerlegung des Empfangssignals in einen Real- und einen Imaginärteil. Der Wandler W1-1 erzeugt dabei den In-Phase-Term oder Kosinus-Anteil, während der Wandler W1-2 den Quadratur-Term oder Sinus-Anteil bereitstellt. Der nachgeschaltete Speicher N1 ist vorzugsweise ein Schieberegister. Dieses wird z.B. in  $\lambda/8$ -Schritten abgetastet, wozu ihm von der Steuereinrichtung C entsprechende Steuerimpulse zugeführt werden.

Die Grobverzögerungsglieder, die den weiteren Verstärkern TGC2 bis TGC16 nachgeschaltet sind, sind entsprechend aufgebaut. Insgesamt sind also 16 Speicher N1 bis N16 vorhanden. Diese sind ausgangseitig gemeinsam an ein Addierglied A angeschlossen. Die Speicher N1 bis N16, in  
5 Zusammenarbeit mit den vorgeschalteten Analog-Digital-Wandlern W1-1 bis W16-2, dienen somit zur Langzeitverzögerung. Mit ihrer Hilfe läßt sich insbesondere der Schwenk- oder der Ablenkwinkel bei einem Phased-Array-Gerät einstellen.  
10

Das Ausgangssignal des Addiergliedes A besteht aus einem imaginären Anteil  $i$  und einem reellen Anteil  $q$ , ist also komplex. Aus diesen beiden Anteilen  $i$  und  $q$  läßt sich  
15 nach der Beziehung  $\sqrt{i^2 + q^2}$  der Betrag des Signals bilden, der auf einem Bildschirm dargestellt werden kann.

Die Ausführungsform von Figur 2 entspricht weitgehend derjenigen von Figur 1. Jedoch sind im vorliegenden Fall  
20 die zweiten Verzögerungsglieder anders, d.h. einfacher aufgebaut. Diese vereinfachte Ausführungsform läßt somit eine gewisse Welligkeit zu, wobei anzumerken ist, daß diese für die Bildqualität unerheblich ist. Im Unterschied zu Figur 1 wird das zusammengefaßte Empfangssignal nicht  
25 im Quadraturverfahren, sondern jeweils einkanalig abgetastet. In jedem Kanal ist zu diesem Zweck eine Hintereinanderschaltung von einem Analog-Digital-Wandler W1 bis W16 mit einem von einer Steuereinrichtung C' gesteuerten Speicher N1 bis N16 vorhanden. Der Analog-Digital-Wandler  
30 W1 bis W16 wird von der Steuereinrichtung C' jeweils mit einer Abtastfrequenz  $f$  beaufschlagt. Diese ist bevorzugt etwas höher als der zuvor angegebene Wert von 10,5 MHz. Theoretische Untersuchungen haben ergeben, daß die Frequenz  $f$  aber unter 20 MHz liegen kann. Die Phasengenauigkeit der digitalen Kette wird von der Abtastfrequenz  
35  $f = f_a$  bestimmt. Bei einer Abtastfrequenz  $f_a = 20$  MHz

erhält man beispielsweise eine Phasengenauigkeit von  $\lambda/5$ .

5 Nach der Literaturstelle G.F. Manez: "Design of a  
simplified delayed system for ultrasound phased array  
imaging" in IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics,  
Vol. SU-30, No. 6, Seite 350f, genügt bei den einzelnen  
Verzögerungsgliedern W1, N1 bis W16, N16 eine gröbere  
10 Quantisierung der Verzögerung, wenn der Träger hin-  
reichend genau durch eine Feinverzögerung verzögert  
wird. Dies ist vorliegend durch die Feinverzögerung im  
Bereich X der Fall.

15 Am Ausgang des den Verzögerungsgliedern W1, N1 bis W16,  
N16 nachgeschalteten Addiergliedes A ergibt sich auto-  
matisch ein Betragssignal s, das dem Wert  $s = \sqrt{i^2 + q^2}$   
in Figur 1 entspricht.

20 Figur 3 zeigt eine voll digitalisierte Realisierungs-  
form eines Verzögerungskonzepts, wobei in einem Phased-  
Array-Gerät die Verzögerung wiederum in eine Feinver-  
zögerung (siehe Bereich X) und in eine Grobverzögerung  
(siehe Bereich Z) unterteilt ist. Im Bereich X der Fein-  
verzögerung sind wiederum im vorliegenden Ausführungs-  
25 beispiel 64 Kanäle vorgesehen, während im darauffolgen-  
den Grobverzögerungsbereich Z nur 16 Verarbeitungskanäle  
vorgesehen sind.

30 Nach Figur 3 ist den 64 Ultraschallwandler-Elementen  
E1 bis E64 (bei ausschließlich digitaler Realisierung  
der Verzögerung) jeweils ein Tiefenausgleichsverstärker  
TV1 bis TV64 nachgeschaltet. Diese Tiefenausgleichsver-  
stärker sind regelbar und entsprechen den Verstärkern  
TGCl bis TGCl6 der Figuren 1 und 2. Somit wird das  
35 Empfangssignal eines jeden Elements E1 bis E64 tiefen-  
abhängig verstärkt. Es wird anschließend mit Hilfe

eines Analog-Digital-Wandlers AD1 bis AD64 digitalisiert. Diese Analog-Digital-Wandler AD1 bis AD64 werden vorliegend mit einer höheren Frequenz betrieben als diejenigen in den Figuren 1 und 2, beispielsweise mit einer  
5 Frequenz  $f'$  von 28 MHz, um mit  $\lambda/8$  arbeiten zu können. Eine so hohe Frequenz bedeutet allerdings, daß die Bauelemente in ECL-Technik ausgelegt sein sollten. Vorliegend wird also angenommen, daß die A/D-Wandlung mit relativ hoher Abtastfrequenz, die auch größer als 28  
10 MHz sein kann, durchgeführt wird. Abweichend davon kann sie aber auch, was in Figur 3 nicht gezeigt ist, nach dem Quadraturverfahren ausgeführt werden.

Zur Reduzierung des Aufwandes an digitalen Elementen, insbesondere an Busleitungen, wird bei der vorliegenden rein digitalen Lösung eine Aufteilung in eine Feinverzögerung mit Hilfe von 64 Schieberegistern VL1 bis VL64 und in eine Grobverzögerung mit Hilfe von 16 Schieberegistern VR1 bis VR16 vorgenommen. Die genannten  
20 Schieberegister VL1 bis VL64 und VR1 bis VR16 sind insbesondere Schieberegister mit variabler Länge. Dabei kann beispielsweise jedes der Schieberegister VL1 bis VL64 insgesamt 16 Stufen umfassen, während jedes der Schieberegister VR1 bis VR16 ein Vierfaches dieser 16 Stufen  
25 beinhaltet. Mit anderen Worten, in beiden Schieberegisterarten können dieselben Grundbausteine verwendet werden.

Die Schieberegister VL1 bis VL64 entsprechen in ihrer Funktion einer Kombination der Multiplexer M1 bis M64 und der Zeitverzögerungsglieder T1 bis T64 von Figur 1. Der Ausgang von vier solcher Schieberegister, z.B. VL1 bis VL4, die jeweils zu benachbarten Ultraschallwandler-Elementen, z.B. E1 bis E4 gehören, sind jeweils gemeinsam an ein Summierglied S1 bis S16 angeschlossen.  
35 Anstelle von einer Zusammenfassung von jeweils vier Kanälen kann auch eine andere Anzahl, z.B. eine Zahl

- 12 - VPA 84 P 3257 E

von 8 Kanälen, gewählt sein. Die Verzögerungszeiten der einzelnen Schieberegister VL1 bis VL64 können während des Empfangs einer Ultraschallzeile rechnergesteuert verändert werden, insbesondere um eine dynamische Fokussierung zu erzielen. Zu diesem Zweck sind ihre Steuereingänge mit einer Steuereinrichtung C' verbunden.

Es ist also festzuhalten, daß mit Hilfe von Summiergliedern S1 bis S16 auch hier jeweils eine vorgegebene Anzahl von Datenkanälen zusammengefaßt wird.

Die Ausgänge der einzelnen Summierglieder S1 bis S16 sind jeweils über ein zugeordnetes Schieberegister VR1 bis VR16, die die längere der beiden Verzögerungen bewirken, mit einem Additionsglied AGL verbunden. Dieses summiert die einzelnen zusammengefaßten und verzögerten Signale auf. An seinem Ausgang entsteht ein Ausgangssignal s', das gegenüber demjenigen von Figur 1 und 2 hochfrequent ist. Dieses hochfrequente Ausgangssignal s' entspricht dem Betrag und kann für die Bilddarstellung verwendet werden. Aus diesem hochfrequenten Ausgangssignal s' könnte man aber auch die beiden Signalanteile i und q ableiten.

Auch bei der Ausführungsform nach Figur 3 ergibt sich eine präzise Einstellung und Steuerung der Verzögerung. Auch hier kann der Schwenk wieder über die dem Addierglied AGL unmittelbar vorgeschalteten Verzögerungsglieder für die Großverzögerung, d.h. die Schieberegister VR1 bis VR16, eingestellt werden.

11 Patentansprüche

3 Figuren

Patentansprüche

1. Phased-Array-Gerät für die Ultraschall-Abtastung eines Objekts, mit einer Zahl von Ultraschallwandler-Elementen, denen Verzögerungsbauglieder zumindest für den Empfangsfall zugeordnet sind, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Verzögerungsbauglieder (M1, T1 bis M64, T64, W1-1, W1-2, N1 bis W16-1, W16-2, N16; W1 bis W16; V11 bis V16, VR1 bis VR16) die empfangenen Signale mit einer kurzen und mit einer langen Verzögerung versehen (Fig. 1 bis 3).

2. Phased-Array-Gerät nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Ultraschallwandler-Elemente (E1 bis E64) an erste Verzögerungsbauglieder (M1, T1 bis M64, T64) zur analogen Feinverzögerung der Empfangssignale angeschlossen sind, daß jeweils eine vorgegebene Anzahl der Bauglieder (M1, T1 bis M64, T64) mit einem gemeinsamen Summierglied (S1 bis S16) verbunden ist, daß die Ausgangssignale der Summierglieder (S1 bis S16) zweiten Verzögerungsbaugliedern (W1-1, W1-2, N1 bis W16-1, W16-2, N16; W1, N1 bis W16, N16) zur Grobverzögerung zugeführt sind, und daß die von den zweiten Verzögerungsbaugliedern (W1-1, W1-2, N1 bis W16-1, W16-2, N16; W1, N1 bis W16, N16) abgegebenen Ausgangssignale einem digitalen Addierglied (A) zugeführt sind, an dessen Ausgang ein Summensignal (i, q; s) abgegeben wird, das zur Bilddarstellung vorgesehen ist (Fig. 1 und 2).

3. Phased-Array-Gerät nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als erste Verzögerungsbauglieder jeweils ein Multiplexer (M1 bis M64) und eine von diesem gesteuerte LC-Leitung (T1 bis T64) vorgesehen ist (Fig. 1).

4. Phased-Array-Gerät nach Anspruch 2 oder 3, da -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als  
zweite Verzögerungsbauglieder jeweils ein Speicher (N1  
bis N16) vorgesehen ist, dem zwei Analog-Digital-Wandler  
5 (W1-1, W1-2 bis W16-1, W16-2) vorgeschaltet sind, die  
mit Taktsignalen vorgegebener Frequenz ( $f(\varphi = 0^\circ)$ ),  
 $f(\varphi = 90^\circ)$ ) gesteuert sind, welche um  $90^\circ$  gegeneinander  
phasenverschoben sind (Fig. 1).
- 10 5. Phased-Array-Gerät nach Anspruch 2 oder 3, da -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als  
zweite Verzögerungsbauglieder jeweils ein Speicher (N1  
bis N16) vorgesehen ist, dem ein Analog-Digital-Wandler  
15 (W1 bis W16) vorgeschaltet ist, der mit Taktsignalen  
vorgegebener Abtastfrequenz ( $f \geq f_a$ ) gesteuert ist  
(Fig. 2).
- 20 6. Phased-Array-Gerät nach Anspruch 2, da d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , daß den Ultraschall-  
wandler-Elementen (E1 bis E64) jeweils TGC-Verstärker  
(TV1 bis TV64) und ein Analog-Digital-Wandlerbaustein  
(AD1 bis AD64) nachgeschaltet ist (Fig. 3).
- 25 7. Phased-Array-Gerät nach Anspruch 2 oder 6, da -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der  
Analog-Digital-Wandlerbaustein (AD1 bis AD64) ein  
Analog-Digital-Wandler ist, der mit hoher Abtastfre-  
quenz ( $f_a = f'$ ) abgetastet wird (Fig. 3).
- 30 8. Phased-Array-Gerät nach Anspruch 2 oder 6, da -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der  
Analog-Digital-Wandlerbaustein (AD1 bis AD64) ein Bau-  
stein nach dem Quadraturverfahren ist.



9. Phased-Array-Gerät nach Anspruch 2 oder einem der Ansprüche 6 bis 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß dem Ultraschallwandler-Elementen (E1 bis E64) jeweils ein Verzögerungsbauglied (VL1 bis VL64)  
5 nachgeschaltet ist, und daß eine Anzahl dieser Verzögerungsbauglieder (VL1 bis VL64) jeweils gemeinsam an ein Summierglied (S1 bis S16) angeschlossen sind (Fig. 3).
10. Phased-Array-Gerät nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Verzögerungsbauglied (VL1 bis VL64) ein Schieberegister mit variabler  
10 Länge ist (Fig. 3).
11. Phased-Array-Gerät nach Anspruch 9 oder 10, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die einzelnen Summierglieder (S1 bis S16) über je ein weiteres Verzögerungsbauglied (VR1 bis VR16) an ein gemeinsames Addierglied (AG) angeschlossen sind (Fig. 3).  
15

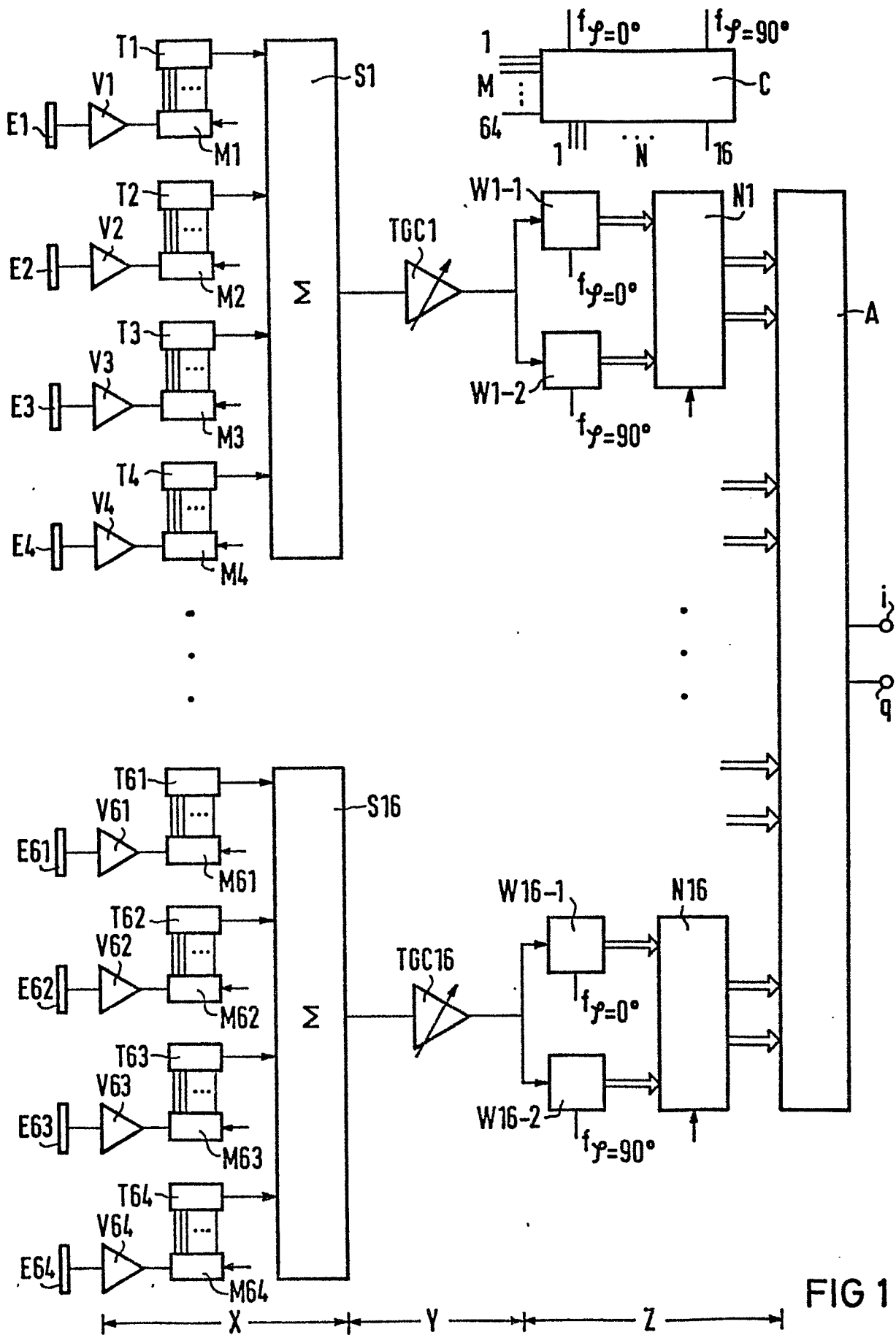


FIG 1

213

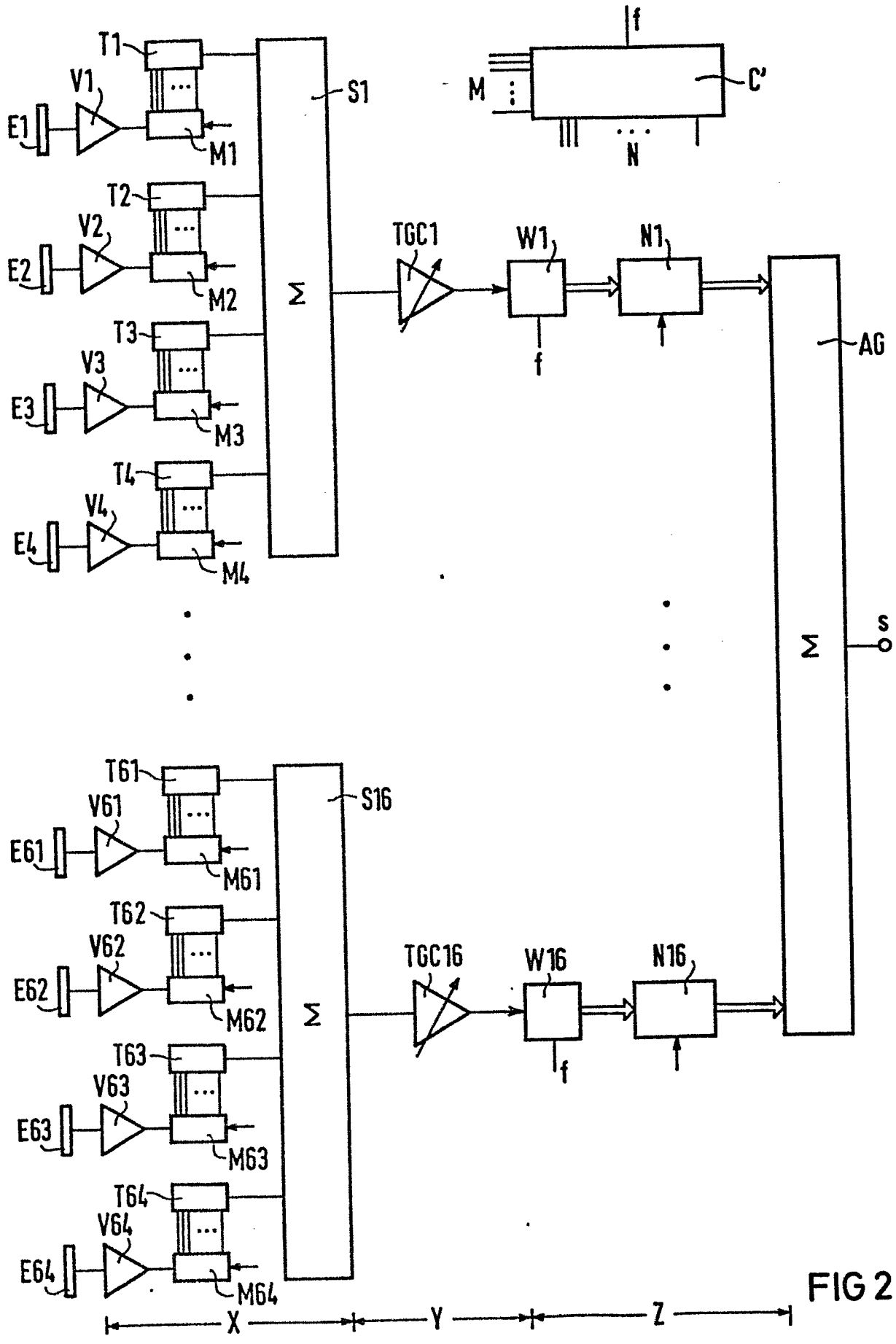


FIG 2

3/3

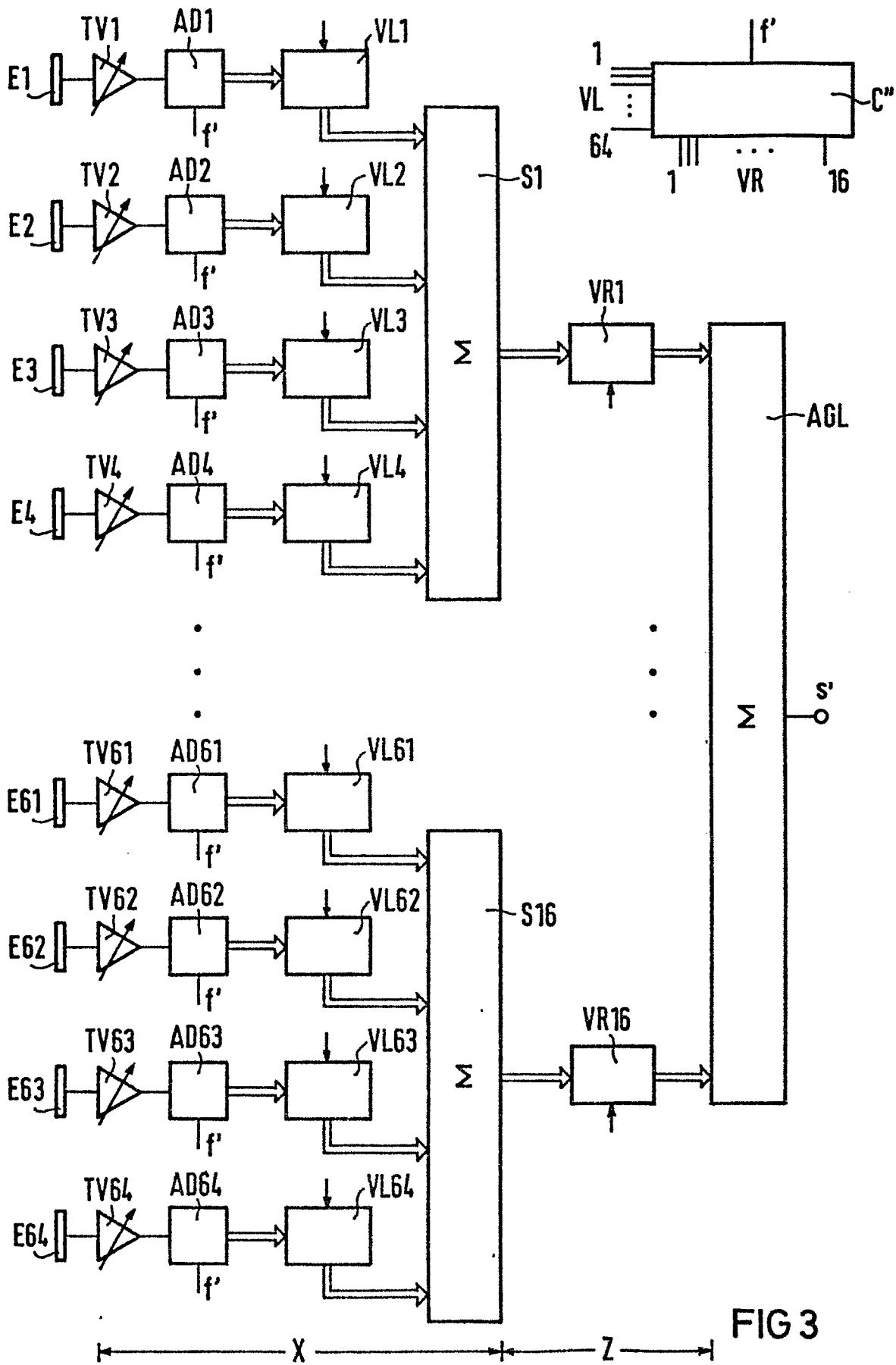


FIG 3



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
Y	DE-A-2 736 310 (HEWLETT-PACKARD) * Seite 3, Zeile 29 - Seite 4, Zeile 14; Ansprüche *	1,3	G 10 K 11/34
Y	DE-A-2 950 461 (MATSUSHITA EL. INC. CO.) * Seite 4, Zeile 18 - Seite 5, Zeile 29; Seite 6, Zeilen 1-30; Seite 8, Zeilen 1-29; Figuren *	1,3	
A	DE-A-3 004 689 (VARIAN ASSOCIATES ) * Ansprüche 1,2 *	1	
A	FR-A-2 399 661 (AGENCE NATIONALE DE VALORISATION DE LA RECHERCHE) * Seite 9, Zeile 1 - Seite 10, Zeile 31; Seite 11, Zeile 27 - Seite 12, Zeile 26; Figures 6,8 *	2	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)  G 10 K G 01 S
A	GB-A-2 053 476 (VARIAN ASSOCIATES)		
	--- -/-		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 24-10-1985	Prüfer HAASBROEK J.N.
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</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 Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</p> <p>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</p> <p>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			Seite 2
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
A	JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, Band 75, Nr. 6, Juni 1984, Seiten 1837-1847, Acoustical Society of America, New York, US; R.A. GABEL et al.: "Hybrid time-delay/phase-shift digital beamforming for uniform colinear arrays"  -----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 24-10-1985	Prüfer HAASBROEK J.N.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN		E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	
A : technologischer Hintergrund			
O : mündliche Offenbarung			
P : Zwischenliteratur		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze			