



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.06.1999 Patentblatt 1999/24

(51) Int. Cl.⁶: H01Q 3/26, H01Q 21/00

(21) Anmeldenummer: 98120652.7

(22) Anmeldetag: 04.11.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• Dreher, Helmut
89089 Ulm (DE)
• Ludwig, Michael
89155 Erbach (DE)
• Stutzig, Uwe
89134 Blaustein (DE)

(30) Priorität: 12.11.1997 DE 19750033

(71) Anmelder:
Daimler-Benz Aerospace AG
81663 München (DE)

(54) **Verfahren zur Steuerung einer phasengesteuerten Antenne**

(57) Die Erfindung betrifft eine aus T/R-Modulen aufgebaute phasengesteuerte Antenne. Jeder T/R-Modul enthält unter anderem eine Steuer-Logik, mit der insbesondere die in jedem T/R-Modul vorhandenen Phasen- und Amplitudensteller in vorgebar Weise eingestellt werden. Dabei ist die Steuer-Logik lediglich mit einem einzigen Kalibrationspeicher, der vorzugsweise als E²PROM in einem SOIC-Gehäuse ausgebildet ist, unmittelbar verbunden. Dieser enthält zumindest alle meßtechnisch ermittelten Phasen- und Amplituden-Korrekturwerte zu diesem T/R-Modul. Bei diesem werden die Phasen- und Amplitudensteller unmittelbar von der Steuer-Logik angesteuert. Dadurch kann vorteilhafterweise ein räumlich kleiner Kalibrationspeicher verwendet werden und es ist eine hohe Datenübertragungsgeschwindigkeit vorhanden.

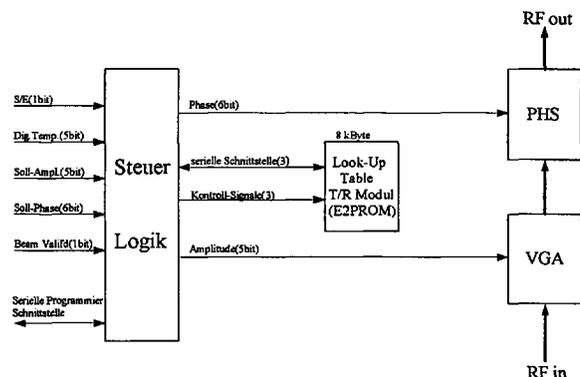


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Steuerung einer phasengesteuerten Antenne nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Eine phasengesteuerte Antenne besteht aus einer Vielzahl linien- oder matrixförmig angeordneter Sende/Empfangs-Strahlerelemente. Diese haben einen Abstand von ungefähr $\lambda/2$, wobei λ die Wellenlänge der ausgesandten und/oder empfangenen Welle ist. An jedes Sende/Empfangs-Strahlerelement ist ein Sende/Empfangs-Modul, das auch T/R-Modul genannt wird, unmittelbar angeschlossen. Jedes T/R-Modul enthält zumindest eine Sende/Empfangsweiche, an welche das Sende/Empfangs-Strahlerelement angeschlossen ist, einen Sende- und einen Empfangspfad, welche ebenfalls an die Sende/Empfangsweiche angeschlossen sind, einen Sende/Empfangsschalter zum Umschalten vom Sende- auf den Empfangsbetrieb, einen Phasensteller und einen Amplitudensteller ("voltage gain amplifier", VGA), zum Einstellen der Phase und der Amplitude des Sende- und des Empfangssignales, und eine digital arbeitenden Steuerlogik. Diese wirkt in vorgebar Weise zumindest auf den Sende/Empfangsschalter sowie den Phasen- und den Amplitudensteller (VGA). Mittels der Steuerlogik ist es möglich, vom Sende- auf den Empfangsfall umzuschalten und dabei vorgebbare Sende- und/oder Empfangs-Richtdiagramme einzustellen durch eine vorgebbare Einstellung der Phasen- und Amplitudensteller. Dabei wird die (Haupt-)Strahlrichtung der Antennenkeule (Richtdiagramm) an sich über die Phasensteller und die Form der Antennenkeule, beispielsweise einen sogenannten Pencil Beam (Bleistift-Richtdiagramm), an sich über die Amplitudensteller eingestellt. Weiterhin ist es möglich, die bei jedem T/R-Modul im allgemeinen vorhandenen Phasen- und/oder Amplitudenfehler, die beispielsweise auf temperaturabhängigen und/oder herstellungsbedingten elektrischen Toleranzen beruhen, mittels eines Kalibrationsvorganges (Eich- sowie Abgleichvorgang) als zu jedem T/R-Modul gehörenden Phasen- und/oder Amplituden-Korrekturwerte in einem Kalibrationsspeicher zu speichern. Damit ist es möglich, die für jeden vorkommenden Betriebszustand der Antenne nötigen Phasen- und/oder Amplitudeneinstellungen mit vorgebar Genauigkeit auszuführen.

[0003] Eine vorgebbare Anzahl solcher linien- oder matrixförmig angeordneten Sende/Empfangs-Strahlerelemente, wobei jedes an ein zugehöriges T/R-Modul unmittelbar angekoppelt ist, wird nun zu einer Baueinheit, dem sogenannten Frontend, zusammengefaßt. Ein solches Frontend ist beispielsweise drehbar auf einer erhöhten Stelle angeordnet, beispielsweise auf einem hohen Gebäude (Turm). Ein solches Frontend ist an eine Zentraleinheit angeschlossen, in der insbesondere eine Einstellung der Sende/Empfangs-Richtdiagramme und eine Auswertung der Empfangssignale veranlaßt wird.

[0004] Die Zentraleinheit und das Frontend sind über elektrische Verbindungsleitungen miteinander verbunden. Diese umfassen im wesentlichen eine Energieversorgung für die aktiven Bauelemente innerhalb des Frontends, mindestens eine Hochfrequenzleitung, insbesondere zur Übertragung der Sende/Empfangssignale, und eine Steuerleitung zur Übertragung von Steuersignalen von der Zentraleinheit zu den Steuerlogiken innerhalb der T/R-Module.

[0005] Es ist ersichtlich, daß bei einem derartigem System die T/R-Module ebenfalls in dem von der gewählten Wellenlänge λ abhängigem (Raster-)Abstand angeordnet werden müssen.

[0006] Die Erfindung betrifft nun insbesondere T/R-Module, die für einen möglichst hohen Sende/Empfangs-Frequenzbereich, beispielsweise größer gleich 10 GHz ausgelegt sind. In diesem Frequenzbereich ergibt sich für die T/R-Module ein (Raster-)Abstand von kleiner gleich 15 mm. Daraus folgt, daß die eingangs erwähnten elektrischen Bauelemente und/oder Baugruppen innerhalb eines T/R-Moduls sehr klein sein müssen, das heißt, eine Grundfläche besitzen müssen, die im mm^2 -Bereich liegt.

[0007] Für einige Anwendungen, beispielsweise bei der Überwachung der Erdoberfläche mittels der Satellitentechnik, wobei sich eine phasengesteuerte Antenne in einem Satelliten befindet, ist es erforderlich, ein möglichst genau und zuverlässig arbeitendes Frontend zu verwenden. Das heißt, die Sende/Empfangs-Richtdiagramme müssen in einem vorgebbarem Temperaturbereich und in einem vorgebbarem Phasen- und Amplitudenbereich in zuverlässiger und reproduzierbarer Weise einstellbar sein.

[0008] Die Anforderungen an die Phasen- und Amplitudengenauigkeit der aktiven Komponenten der T/R Module über einen größeren Temperaturbereich sind allenfalls sehr schwer zu erfüllen, insbesondere auch dadurch, daß sich Phasen- und Amplitudensteller im allgemeinen gegenseitig beeinflussen, das heißt, ein Phasensteller erzeugt Amplitudenfehler und ein Amplitudensteller erzeugt Phasenfehler.

[0009] Des weiteren erschweren die elektrischen Bauteiltoleranzen der aktiven GaAs-Bauteile und/oder GaAs-Baugruppen das Einhalten der geforderten elektrischen Genauigkeiten. Durch Einsatz von mindestens einem Kalibrationspeicher, der an die in jedem T/R Modul vorhandene Steuerlogik gekoppelt ist, können sowohl die temperaturabhängigen, als auch die bauteileigenen Phasen- und Amplitudenfehler individuell für jeden T/R-Modul kompensiert werden.

[0010] Zu diesem Zweck muß zuvor jedes gefertigte T/R Modul durch elektrische Kalibrationsmessungen vollständig charakterisiert werden. Die elektrischen Messungen werden für alle geforderten Zustände wie Temperatur, Phase und Amplitude sowohl im Sende-(S) als auch im Empfangsmode (E) durchgeführt und die sich daraus ergebenden elektrischen Einstellungen, welche das T/R-Modul charakterisieren, in dem Kalibra-

tionsspeicher gespeichert.

[0011] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes Verfahren dahingehend zu optimieren, daß in Abhängigkeit von vorgebbaren Zuständen, insbesondere Temperatur, Phase und Amplitude sowohl im Sende- als auch im Empfangsmode, die sich daraus ergebenden elektrischen Einstellungen für einen T/R-Modul in einem räumlich möglichst kleinem und elektrisch möglichst schnell arbeitenden Kalibrationsspeicher innerhalb des T/R-Modul gespeichert werden und daß lediglich ein Kalibrationsspeicher mit möglichst geringer Speicherkapazität benötigt wird.

[0012] Diese Aufgabe wird gelöst durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale. Vorteilhafte Ausgestaltungen und/oder Weiterbildungen sind den weiteren Ansprüchen entnehmbar.

[0013] Ein erster Vorteil der Erfindung besteht darin, daß bei einer vorgegebenen Anzahl von zu speichernden Einstellungen gegenüber dem Stand der Technik lediglich ein um einen hohen Faktor geringerer Speicherplatz benötigt wird.

[0014] Ein zweiter Vorteil besteht darin, daß, aufgrund des geringen Speicherplatzbedarfes, innerhalb des T/R-Moduls ein sehr kleiner Kalibrationsspeicher verwendet werden kann, der dann aufgrund des sich daraus ergebenden sehr kleinen räumlichen Volumens optional durch ein Gehäuse, daß insbesondere elektromagnetische Strahlung abschirmt, geschützt werden kann. Dadurch erhöht sich die Lebensdauer des Kalibrationsspeichers und es sind insbesondere zuverlässige Verwendungen von Frontends in Satelliten möglich.

[0015] Ein dritter Vorteil besteht darin, daß die Steuerlogik eine sehr schnelle Umschaltung auf unterschiedliche Phasen- und/oder Amplitudenzustände ermöglicht, beispielsweise mit einer Umschaltzeit kleiner 50 ns (Nanosekunden). Dadurch können beispielsweise sich zeitlich schnell ändernde Sende- und/oder Empfangs-Richtdiagramme erzeugt werden, so daß beispielsweise eine schnelle Erfassung und/oder Überwachung eines vorgebbaren räumlichen Gebietes möglich wird.

[0016] Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung.

[0017] Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert unter Bezugnahme auf schematisch dargestellte Zeichnungen. Es zeigen

Fig.1 bis Fig.4 schematisch dargestellte Diagramme zur Erläuterung der Erfindung.

[0018] Die Erfindung wird im folgenden für ein Beispiel erläutert, bei dem in einem T/R-Modul die Phasen- und Amplitudeneinstellungen für folgende Zustände gespeichert werden sollen:

- 20 Temperaturzustände in einem vorgebbarem Temperaturbereich, wobei zwischen zwei benachbarten Temperaturständen eine Temperaturdifferenz von 4K liegt,
- 64 Phasenzustände im Sendemode S in einem vorgebbaren Phasenbereich, wobei zwischen benachbarten Phasenzuständen eine Phasendifferenz von 5,6 Grad liegt,
- 64 Phasenzustände im Empfangsmode E in einem vorgebbaren Phasenbereich, wobei zwischen benachbarten Phasenzuständen eine Phasendifferenz von 5,6 Grad liegt,
- 1 Amplitudenzustand im Sendemode S aus einem vorgebbarem Amplitudenbereich und
- 32 Amplitudenzustände im Empfangsmode E in einem vorgebbaren Amplitudenbereich, wobei zwischen benachbarten Amplitudenzuständen eine Amplitudendifferenz von 0,5 dB liegt.

[0019] Als Ergebnis der Kalibrationsmessungen liegen dann für jedes T/R-Modul folgende Tabellen vor:

Sendemode S :

- T/R Modul Phase = Funktion(Soll-Phase, Temperatur); Soll-Amplitude = konstant
- T/R Modul Amplitude = Funktion(Soll-Phase, Temperatur); Soll-Amplitude = konstant.

Empfangsmode E :

- T/R Modul Phase = Funktion(Soll-Phase, Soll-Amplitude, Temperatur)
- T/R Modul Amplitude = Funktion(Soll-Phase, Soll-Amplitude, Temperatur).

[0020] An sich naheliegende Kalibrationskonzepte generieren mit speziellen Softwareprogrammen aus diesen Tabellen jeweils eine Kalibrationstabelle (Look-Up Table) für den Phasensteller PHS und den Amplitudensteller VGA, die für jeden der möglichen Zustände der Eingangsvariablen einen Einstellwert für die Phasen- und Amplitudensteller bereithalten, um Phase und Amplitude mit der geforderten Genauigkeit einstellen zu können. Die in einer Tabelle abgelegten Einstellwerte entsprechen in nachteiliger Weise dem mit der Summe der Einzelfehler korrigierten Sollwert. Die Tabellen werden in sogenannten EPROMs und/oder PROMs gespeichert, die entsprechend Fig.2 im Signalweg der digitalen Ansteuersignale angeordnet sind. Das heißt, die Kalibrationstabelle für die Phase (Look-Up Table PHS) ist zwischen der Steuerlogik und dem Phasenssteller PHS angeordnet, und die Kalibrationstabelle für die Amplitude (Look-Up Table VGA) ist zwischen der Steuerlogik und dem Amplitudensteller VGA angeordnet. Amplituden- und Phasensteller VGA, PHS sind in diesem Beispiel als Serienschaltung innerhalb eines HF-Pfades, der mit "RF in" sowie "RF out" bezeichnet

ist, innerhalb des T/R-Moduls angeordnet.

[0021] Bei einer solchen Anordnung werden im Sende- und/oder Empfangsbetrieb von der Steuerlogik die für ein einzustellendes Sende- und/oder Empfangsrichtdiagramm benötigten Sollwerte für die Phase sowie die Amplitude als Eingangswerte an die Kalibrationsstabelle (Look-Up Table PHS, Look-Up Table VGA) geleitet. In den Kalibrationsstabelle wird dann der zu jedem (Phasen- oder Amplituden-)Soll-Wert gehörende (Phasen- oder Amplituden-)Ist-Wert, welcher dem mit der Summe der Einzelfehler korrigierten Soll-Wert entspricht, gesucht und unmittelbar an die Phasen- oder Amplitudensteller geleitet. Diese werden dann dementsprechend eingestellt.

[0022] Bei einer solchen Anordnung sind in nachteiliger Weise außerdem eine Vielzahl von Leitungsverbindungen erforderlich. Denn die Ansteuerung der Kalibrationsspeicher sowie der Phasen- und Amplitudensteller erfolgt im sogenannten Parallelmode, das heißt, für jedes Bit eines Datenwortes ist eine Steuerleitung erforderlich.

[0023] Die für diese Anordnung der Kalibrationsspeicher erforderliche Speichergröße errechnet sich aus dem Produkt der Eingangszustände (Speicher-Adressen) und der digitalen Wortbreite, hier beispielsweise 8 Bit, der Einstellwerte entsprechend der folgenden Darstellung :

- Max. Speichergröße für die Tabelle Phasenschieber: $64 \text{ Phasen} * 32 \text{ Amplituden} * 20 \text{ Temperaturen} * 2 \text{ Betriebsmodi[S/E]} = 81920 * 8 \text{ Bit}$; das heißt, es wird ein Phasen-Kalibrationsspeicher von 128 kByte benötigt,
- Max. Speichergröße für die Tabelle Amplitudensteller: $64 \text{ Phasen} * 32 \text{ Amplituden} * 20 \text{ Temperaturen} * 2 \text{ Betriebsmodi[S/E]} = 81920 * 8 \text{ Bit}$; das heißt, es wird ein Amplituden-Kalibrationsspeicher von ebenfalls 128 kByte benötigt.

[0024] In jedem der T/R-Module muß somit insgesamt eine reale Speicherkapazität von $2 * 128 \text{ kByte} = 256 \text{ kByte}$ bereitgestellt werden, von denen tatsächlich aber nur 123520 Byte, das heißt 47,1%, genutzt werden, also weniger als die Hälfte. Der nicht genutzte Speicherplatz entsteht zum einen dadurch, daß die Speichergröße auf den nächstmöglichen 2^n -Wert aufgerundet werden muß (hier 2^{17}) und zum anderen dadurch, daß der Amplitudensteller VGA im Sendemodus S nur mit einem vorgebbarem konstanten Amplitudenzustand betrieben wird, aber für den Empfangsmodus E alle Amplitudenzustände aus dem (Amplituden-)Speicherbaustein (Look-Up Table VGA) abrufbar sein müssen.

[0025] Die kleinstmöglichen derzeit handelsüblichen Gehäusegrößen für 128 kByte EPROMs oder PROMs sind 32-polige sogenannte TSOP-Gehäuse, die pro T/R Modul eine Fläche von mindestens 400 mm^2 beanspruchen. Da Speicherbausteine wie EPROMs und/oder

PROMs nur außerhalb der Kalibrationsschaltung in einer speziellen Programmieranordnung programmiert werden können, müssen die Speicherbausteine entweder nachträglich (nach der Programmierung) in die Schaltungen innerhalb der T/R-Module eingelötet werden oder es sind für die Speicherbausteine (EPROMs/PROMs) diesen entsprechende (Steck-)Sokkel vorzusehen, die damit aber auch in nachteiliger Weise eine größere Fläche, ein größeres Volumen sowie ein größeres Gewicht in jedem T/R-Modul beanspruchen.

[0026] Die in Fig.1 dargestellte erfindungsgemäße Kalibrationsschaltung, die in jedem T/R-Modul vorhanden ist, unterscheidet sich von der bekannten Schaltung (Fig.2) im wesentlichen dadurch, daß für jeden T/R-Modul lediglich die zu den aktiven Stellgliedern PHS, VGA gehörenden (Phasen- sowie Amplituden-)Einzelfehler als entsprechende (Speicher-)Werte in nur einem einzigen und wesentlich kleinerem Speicherbaustein (Kalibrationsspeicher Look-Up Table T/R-Modul) gespeichert werden. Dabei werden beispielsweise für den Phasensteller PHS zu einem vorgebbarem Soll-Phasenwert lediglich die zugehörigen Einzelfehler (Korrekturwerte) für die Phase sowie die Amplitude gespeichert. Für den Amplitudensteller VGA werden zu einem vorgebbarem Soll-Amplitudenwert lediglich die zugehörigen Einzelfehler (Korrekturwerte) für die Amplitude sowie die Phase gespeichert.

[0027] Die Ermittlung (Berechnung) der notwendigen Ist-Einstellwerte für die Phase und die Amplitude eines T/R-Moduls erfolgt in der Steuer-Logik des T/R-Moduls zu einem vorgebbarem Zeitpunkt, beispielsweise vor der Umschaltung von einem Sende- oder Empfangsrichtdiagramm auf ein anderes.

[0028] Weitere, wesentliche vorteilhafte Merkmale dieser Anordnung sind :

- Der Kalibrationsspeicher (Look-Up Table T/R Modul in Fig. 1) ist unmittelbar an die Steuerlogik angeschlossen und liegt nicht mehr im Signalweg der digitalen Ansteuersignale, das heißt, entsprechend Fig.2 zwischen der Steuerlogik und den Amplituden- sowie Phasenstellern.
- Für den Kalibrationsspeicher ist eine Verwendung eines derzeit handelsüblichen elektrisch löschbaren, reprogrammierbaren sogenannten E^2 PROMs, das auch als EEPROM oder E2PROM bezeichnet wird, in einem sogenannten Space-Rad-Hard-Gehäuse möglich, das für elektromagnetische Strahlung, insbesondere derjenigen des Welt- raums, eine gute Abschirmung bewirkt.
- Es ist ein Einsatz von fehlerkorrigierenden Codes zur Erhöhung der Datensicherheit bei Verwendung von E^2 PROMs möglich, insbesondere für Anwendungen in Satellitengestützten Systemen.
- Der als E^2 PROM ausgebildete Kalibrationsspeicher wird erst nach dessen Einbau (Montage) in die Schaltung des T/R-Moduls mit einer Kalibrationsta-

belle beschrieben.

- Schreiben und Lesen der in dem Kalibrationsspeicher zu speichernden Werte erfolgt über eine schnelle serielle Schnittstelle zwischen der Steuer-Logik und dem E²PROM, beispielsweise mit einer Übertragungsgeschwindigkeit größer 2 Mbit/s. Eine solche serielle Schnittstelle benötigt vorteilhafterweise eine wesentlich geringere Anzahl von Verbindungsleitungen zwischen der Steuerlogik und dem Kalibrationsspeicher als eine entsprechende parallele Schnittstelle.

[0029] Die maximale Speichergröße für das E²PROM gemäß Fig.1 errechnet sich aus der Summe (Produkt für die Anordnung entsprechend Fig. 2) der Einzelfehler entsprechend folgender Darstellung :

- für die Phasen-Stellwerte des Phasenschiebers PHS in Abhängigkeit von den Soll-Phasen ergeben sich : 64 Phasen * 20 Temperaturen * 2 Betriebsmodi(S/E) = 2560 * 8 Bit,
- für die Phasenfehler des Amplitudensteller VGA in Abhängigkeit von den Soll-Amplituden ergeben sich: (32 Amplituden + 1 Amplitude) * 20 Temperaturen = 660 * 8 Bit,
- für die Amplituden-Stellwerte des Amplitudensteller VGA in Abhängigkeit von den Soll-Amplituden ergeben sich: (32 Amplituden + 1 Amplitude) * 20 Temperaturen = 660 * 8 Bit,
- für die Amplitudenfehler des Phasenschiebers in Abhängigkeit von den Soll-Phasen ergeben sich: 64 Phasen * 20 Temperaturen * 2 Betriebsmodi[S/E] = 2560 * 8 Bit und
- für die daraus resultierende Summe ergibt sich ein Speicherbedarf von 6440 Bytes, wobei ein Byte acht Bit enthält. Es muß also das nächst größere derzeit handelsübliche Speicherbauelement mit einer Speicherkapazität von 8 kByte verwendet werden.

[0030] In jedem T/R-Modul muß somit insgesamt eine reale Speicherkapazität von nur 8 kByte (gegenüber 256 kByte entsprechend der Anordnung gemäß Fig.2) bereitgestellt werden, wobei der Anteil des genutzten Speicherplatzes aufgrund der 2ⁿ-Speichergröße einen Wert von 78,6% besitzt. Das bedeutet gegenüber der bekannten Schaltung (Fig.2) eine Reduzierung der Speichergröße um den Faktor 32 und eine Reduzierung der beanspruchten Bauteil-Fläche um den Faktor 13. Bei der Anordnung entsprechend Fig.1 wird daher für den Kalibrationsspeicher nur ein einziges 8-poliges sogenanntes SOIC-Gehäuse benötigt. Dieses ist vorteilhafterweise räumlich sehr kompakt und benötigt daher wenig Schaltungsfläche. Zwischen dem seriellen Kalibrationsspeicher und der Steuer-Logik werden in vorteilhafter Weise lediglich 6 Verbindungsleitungen benötigt. Dagegen sind bei der Anordnung gemäß Fig.2 ungefähr 30 Verbindungsleitungen erforderlich.

[0031] Im folgenden wird die Funktionsweise der Anordnung entsprechend Fig.1 beschrieben.

[0032] Die beispielsweise aus Messungen ermittelten korrigierten Einstellwerte für den Phasenschieber PHS und den Amplitudensteller VGA müssen sowohl für den Sende- als auch für den Empfangsmode in schnellen Zwischenspeichern (Registern) bereitgestellt werden, da in einem derzeit üblichen operationellen Betrieb des T/R-Moduls sehr schnell, das heißt, mit einer Zugriffszeit von beispielsweise kleiner 50ns, zwischen den Einstellwerten für Senden und Empfang und/oder unterschiedlichen Richtdiagrammen umgeschaltet werden muß.

[0033] Bei einer beabsichtigten vorgebbaren Änderung der Strahlrichtung und/oder der Keulenform (Richtdiagramm) der aktiven phasengesteuerten Antenne werden in einem vorgebbarem Zeitraum unmittelbar vor der Umschaltung (Änderung) die zu der neuen Strahlrichtung und/oder der neuen Keulenform gehörenden neuen Sollwerte für Phase und Amplitude von der Zentraleinheit in jedes T/R-Modul übertragen und in dessen Steuer-Logik gespeichert.

[0034] Mittels der Steuer-Logik werden nun die Korrekturwerte entsprechend den Sollwerten und in Abhängigkeit von der aktuellen Temperatur des T/R-Moduls aus dem Kalibrationsspeicher (E²PROM) ausgelesen, daraus in vorgebbarer Weise die neuen Ist-Einstellwerte für die Phase und die Amplitude berechnet und für den operationellen Betriebsmode (S oder E) in entsprechenden Registern bereitgestellt.

[0035] Basierend auf der in Fig.3 als Beispiel dargestellten Steuer-Logik und einer möglichen Speicher-Aufteilung des Kalibrationsspeichers, wie in Fig.4 dargestellt, werden von der Steuer-Logik folgende Sequenzen abgearbeitet:

1. Berechnung einer ersten Speicheradresse (aus Temperatur und Soll-Amplitude) für den Ist-Amplituden-Wert (Ampl.-Wert), der an dem Amplitudensteller VGA einzustellen ist.
2. Auslesen von 4 Byte, wobei jedes Byte 8 Bit lang ist, nacheinander aus dem Kalibrationsspeicher mittels eines seriell/parallel-Wandlers (Schiebe-Register). Dabei enthalten die ersten beiden Bytes, das heißt Byte 1 und Byte 2, die Korrekturwerte für den im Sendemodus benötigten Phasenwert (Byte 1) und den im Empfangsmode benötigten Phasenwert (Byte 2). Die nächsten beiden Bytes, das heißt Byte 3 und Byte 4, enthalten die Korrekturwerte für den im Sendemodus benötigten Amplitudenwert (Byte 3) und den im Empfangsmode benötigten Amplitudenwert (Byte 2). Diese 4 Bytes werden nun in die Zwischenregister A bis D geschrieben, wobei in jedes der Zwischenregister lediglich ein Byte gelangt.
3. Berechnen einer zweiten Speicheradresse (aus einem Temperaturwert, der Soll-phase und einem vorgebbaren Speicheradressen-Offset-Wert

([1000h]) für den (Sende- oder Empfangs-)Phasenwert, der an dem Phasensteller PHS einzustellen ist.

4. Auslesen von Byte 1 (Phasenfehler Amplitudensteller, S), Bildung einer ersten Summe (Byte 1 + Register A (Korrekturwert Sendephase)) und speichern der ersten Summe in einem Ergebnisregister E (Istwert Sendephase).

5. Auslesen von Byte 2 (Phasenfehler Amplitudensteller, E), Bildung einer zweiten Summe (Byte 2 + Register B (Korrekturwert Empfangsphase)) und speichern der zweiten Summe in einem Ergebnisregister F (Istwert Empfangsphase).

6. Auslesen von Byte 3 (Sollwert Sendeamplitude), Bildung einer dritten Summe (Byte 3 + Register C (Korrekturwert Sendeamplitude)) und speichern der dritten Summe in einem Ergebnisregister G (Istwert Sendeamplitude).

7. Auslesen von Byte 4 (Amplitudenfehler Phasensteller, E), Bildung einer vierten Summe (Byte 4 + Register D (Korrekturwert Empfangsamplitude)) und speichern der vierten Summe in einem Ergebnisregister H (Istwert Empfangsamplitude).

[0036] Die Inhalte der Ergebnisregister E bis H werden, gesteuert durch ein von der Zentraleinheit vorgebares Übernahme-Signal "Beam Valid", gleichzeitig in allen T/R-Modulen in Ausgaberegister I bis M übernommen und überschreiben die dort vorhandenen vorhergehenden Ist-Einstellwerte. Je zwei Sendempfangsmultiplexer S/E-Mux, gesteuert vom einem von der Zentraleinheit vorgebarem Sendempfang-Umschalt-Signal S/E, leiten die ermittelten Ist-Einstellwerte an die Phase- und Amplitudensteller PHS, VGA der T/R-Module weiter.

[0037] Der beschriebene Ablauf besitzt in vorteilhafter Weise eine hohe Ablaufgeschwindigkeit, da die Speicheradresse nicht für jedes Byte zum E²PROM übertragen werden muß, sondern nur die Anfangsadresse einer 4-er Gruppe (Sequenz 1 und Sequenz 3). Im E²PROM wird die Speicheradresse vorteilhafterweise automatisch in vorgebar Weise inkrementiert.

[0038] Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern sinngemäß auf weitere anwendbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer phasengesteuerten Antenne, zumindest bestehend aus einer vorgebaren Anzahl von T/R-Modulen, wobei jeder T/R-Modul zumindest

- einen Phasen- und einen Amplitudensteller enthält zur Einstellung eines vorgebbaren Sendempfangs-Richtdiagrammes der Antenne,

- eine Steuer-Logik enthält zur Einstellung der Phasen- und Amplitudensteller des T/R-Moduls in Abhängigkeit des vorgebbaren Sendempfangs-Richtdiagrammes der Antenne und

- einen Kalibrationsspeicher, in welchem zumindest zur Einstellung des Phasen- und/oder Amplitudenstellers erforderliche Werte gespeichert werden, dadurch gekennzeichnet,

- daß zunächst für jeden T/R-Modul der Antenne innerhalb von vorgebbaren Temperatur-, Phasen- sowie Amplitudenbereichen die zu vorgebbaren Sollwerten, die innerhalb der Bereiche liegen, für die Phasen- und Amplitudensteller (PHS, VGA) gehörenden Istwerte für die Phasen- und Amplitudeneinstellungen ermittelt werden,

- daß aus jedem Sollwert und dem zugehörigem Istwert in vorgebar Weise jeweils ein Korrekturwert für den Phasen- sowie den Amplitudensteller (PHS, VGA) ermittelt werden,

- daß alle Korrekturwerte für einen T/R-Modul in einem gemeinsamen Korrekturwert-Speicher gespeichert werden,

- daß der Korrekturwert-Speicher als Schreib-/Lesespeicher ausgebildet und mit der Steuer-Logik verknüpft wird derart, daß Schreib-/Lesevorgänge lediglich über die Steuer-Logik erfolgen,

- daß von der Steuer-Logik zu jedem vorgebbarem Sollwert aus dem Korrekturwert-Speicher zumindest ein zugehöriger Korrekturwert ausgelesen und mit dem Sollwert in vorgebar Weise verknüpft wird so daß ein zugehöriger Istwert entsteht und

- daß der Istwert dem zugehörigem Phasen- oder Amplitudensteller unmittelbar von der Steuer-Logik zugeleitet wird.

2. Verfahren zur Steuerung einer phasengesteuerten Antenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Korrekturwertspeicher als serieller Schreib-/Lesespeicher ausgebildet wird.

3. Verfahren zur Steuerung einer phasengesteuerten Antenne nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Korrekturwertspeicher als elektrisch les- und schreibbarer Speicher ausgebildet wird.

4. Verfahren zur Steuerung einer phasengesteuerten

Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Steuer-Logik

- zunächst zu einem vorgebbarem Sollwert aus dem Korrekturwertspeicher mindestens ein zugehöriger Korrekturwert ausgelesen und in einem vorgebbarem Register gespeichert wird, 5
- der Inhalt des Registers zu dem Sollwert addiert wird so daß der Istwert entsteht, 10
- der Istwert in ein Ergebnis-Register übertragen und dort gespeichert wird, 15
- der Inhalt des Ergebnis-Registers in Abhängigkeit von einem vorgebbarem Steuersignal in ein Ausgabe-Register übertragen wird, wobei dort vorhandene Daten überschrieben werden und 20
- der Inhalt des Ausgabe-Registers in Abhängigkeit von einem weiterem vorgebbarem Steuersignal an die Phasen- und/oder Amplitudensteller des T/R-Moduls übertragen wird. 25

5. Verfahren zur Steuerung einer phasengesteuerten Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, 30

- daß einem T/R-Modul zumindest ein Sollwert zur Einstellung des Phasenstellers (PHS) sowie ein Sollwert zur Einstellung des Amplitudenstellers (VGA) zugeleitet werden, 35
- daß zur Ermittlung des zu dem Phasensteller (PHS) gehörenden Istwertes aus dem Korrekturwert-Speicher die zu dem Sollwert gehörenden Phasen-Korrekturwerte des Phasenstellers (PHS) und des Amplitudenstellers (VGA) ausgelesen und als Summe in einem Register gespeichert werden, 40
- daß zur Ermittlung des zu dem Amplitudensteller (VGA) gehörenden Istwertes aus dem Korrekturwert-Speicher die zu dem Sollwert gehörenden Amplituden-Korrekturwerte des Phasenstellers (PHS) und des Amplitudenstellers (VGA) ausgelesen und als Summe in einem weiteren Register gespeichert werden und 45
- daß die Istwerte für den Phasen- und den Amplitudensteller in Abhängigkeit von dem weiteren Steuersignal gleichzeitig dem Phasen- und dem Amplitudensteller zugeleitet werden. 55

6. Verfahren zur Steuerung einer phasengesteuerten Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- daß einem T/R-Modul für den Sendefall und den Empfangsfall jeweils ein Sollwert für den Phasensteller und den Amplitudensteller zugeleitet werden,
- daß zu jedem Sollwert die zugehörigen Istwerte ermittelt und in Ergebnis-Registern gespeichert werden,
- daß die Inhalte der Ergebnis-Register in Abhängigkeit von einem vorgebbarem Steuersignal in zugehörige Ausgabe-Register übertragen werden, wobei dort vorhandene Daten überschrieben werden und
- daß die Inhalte der Ausgabe-Register in Abhängigkeit von einem weiterem vorgebbarem Steuersignal, das eine wahlweise Umschaltung von dem Sendefall auf den Empfangsfall mittels mindestens einem Sende-/Empfangs-Umschalter veranlaßt, an die Phasen- und/oder Amplitudensteller des T/R-Moduls übertragen werden.

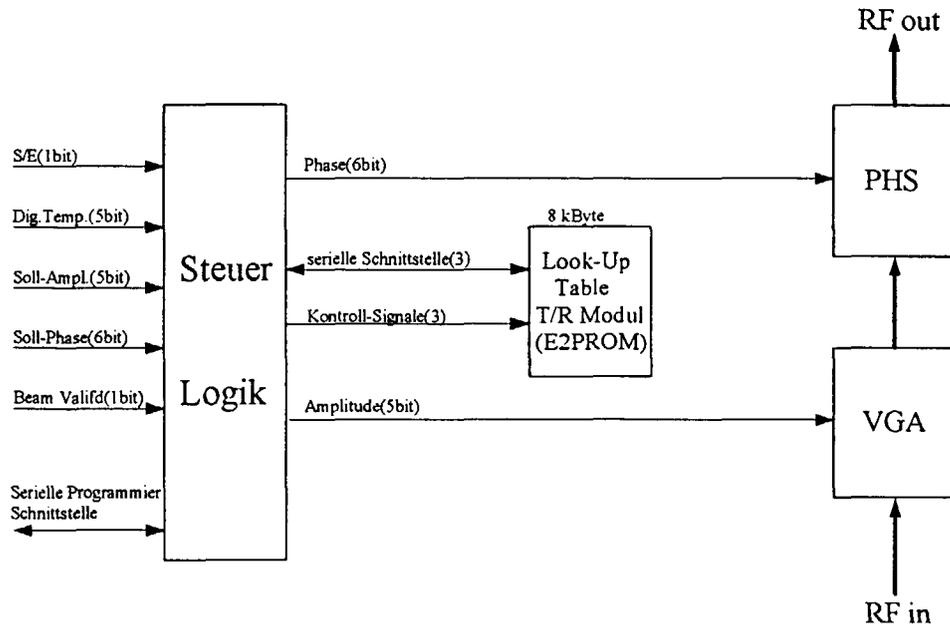


Fig. 1

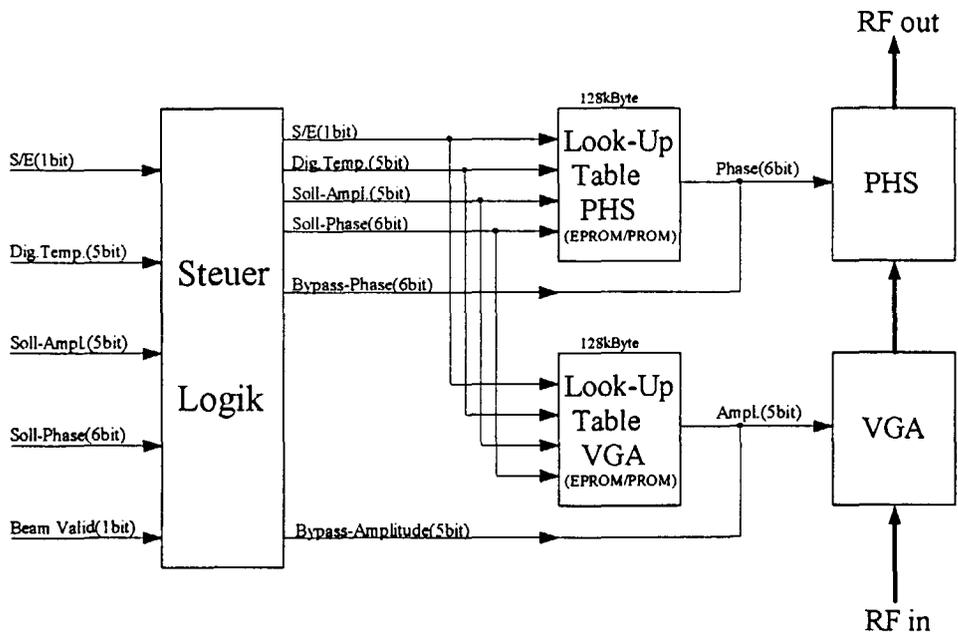


Fig. 2

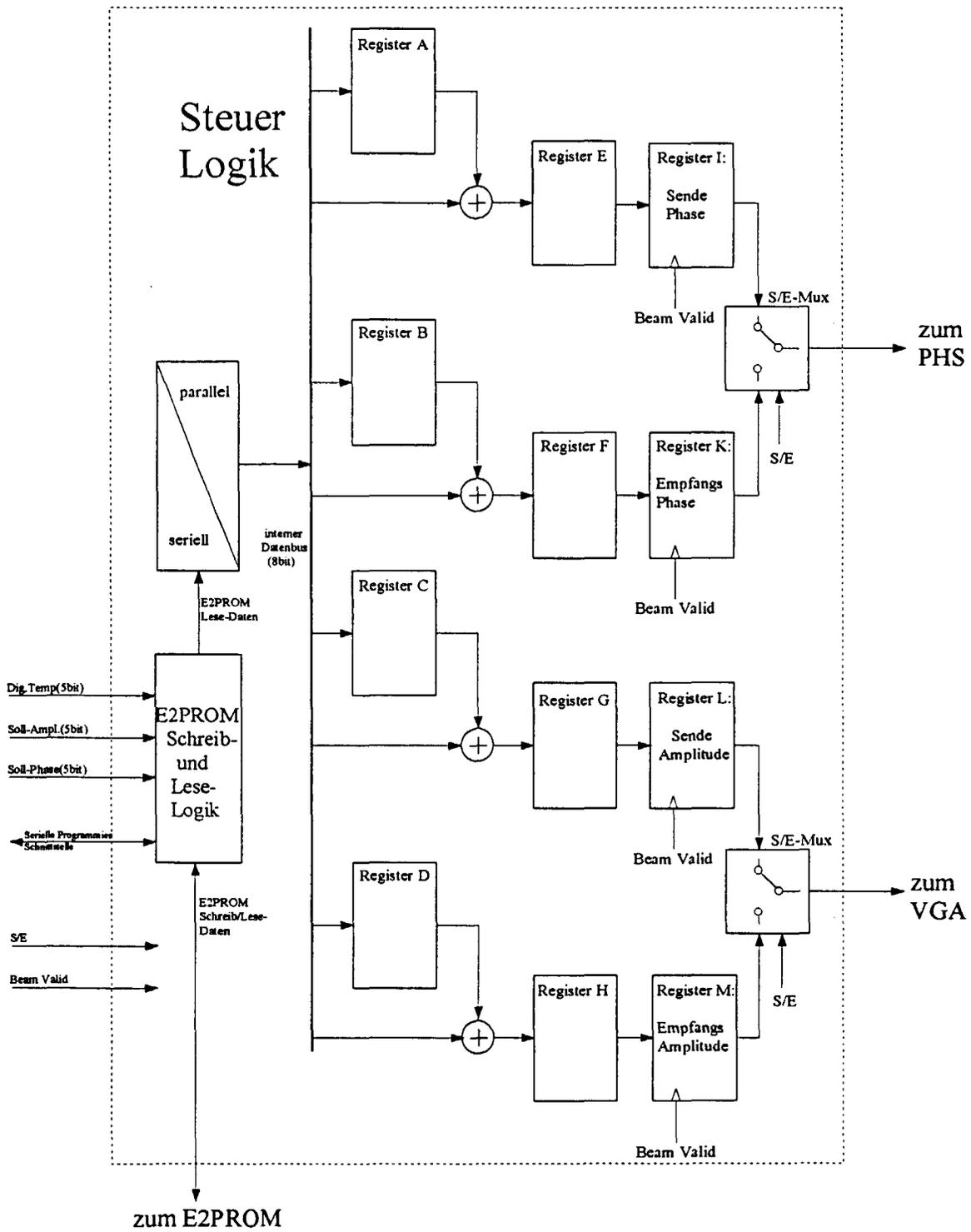


Fig. 3

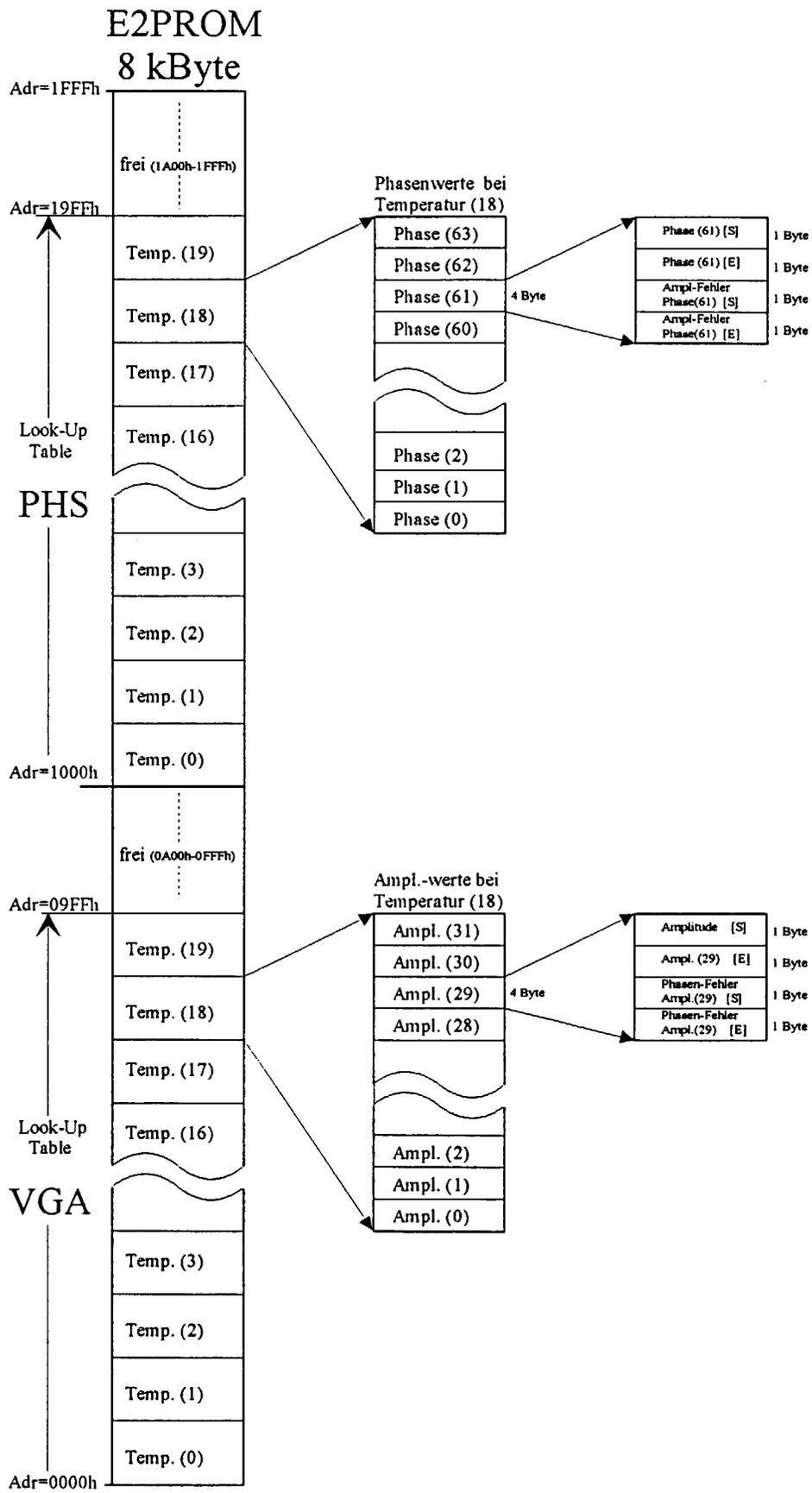


Fig. 4