



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 047 684 B4 2008.09.11**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 047 684.5**
 (22) Anmeldetag: **30.09.2004**
 (43) Offenlegungstag: **23.06.2005**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **11.09.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H04B 1/04 (2006.01)**
H04B 7/005 (2006.01)
H04L 25/49 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(66) Innere Priorität:
103 45 517.5 30.09.2003

(73) Patentinhaber:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

(74) Vertreter:
Epping Hermann Fischer,
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80339 München

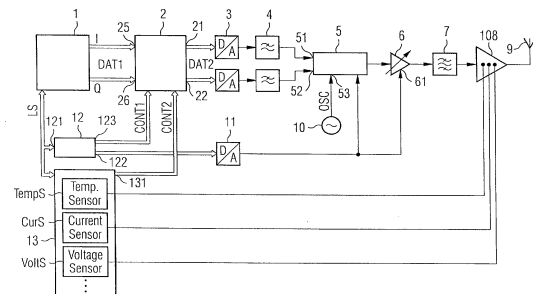
(72) Erfinder:
Müller, Jan-Erik, Dr., 85521 Ottobrunn, DE; Ceylan,
Nazim, 80689 München, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 195 29 267 A1
US 64 77 477 B1
EP 06 54 899 A1

(54) Bezeichnung: **Sendeeinrichtung mit digitaler Vorverzerrung und Verfahren zur Regelung einer Vorverzerrung in einer Sendeeinrichtung**

(57) Hauptanspruch: Sendeeinrichtung mit digitaler Vorverzerrung für mobile Kommunikationsgeräte, umfassend:

- eine Prozessoreinheit (1) zur Bereitstellung einer ersten wertdiskreten Komponente (I) eines Basisbandsignals (DAT1) an einen ersten Ausgang und einer zweiten wertdiskreten Komponente (Q) des Basisbandsignals (DAT1) an einen zweiten Ausgang,
- eine mit den Ausgängen der Prozessoreinheit (1) verbundene Vorverzerrungseinheit (2) mit einem ersten und einem zweiten Eingang (25, 26) und mit einem ersten und einem zweiten Ausgang (21, 22),
- die ein Mittel (17) zur Ermittlung eines einen komplexen Wert darstellenden Vorverzerrungskoeffizienten (KOEFF1) abhängig von einem Steuersignal (CONT1) an einem Steuereingang (23) des Mittels (17), von einem Pegel der an dem ersten Eingang (25) anliegenden ersten Komponente (I) und von einem Pegel der an dem zweiten Eingang (26) anliegenden zweiten Komponente (Q) aufweist,
- die eine Multipliziereinheit (14) aufweist, die zur Abgabe eines aus der am ersten Eingang (25) anliegenden ersten Komponente (I), aus der am...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Sendeeinrichtung mit einer digitalen Vorverzerrung, insbesondere für mobile Kommunikationsgeräte. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Regelung einer Vorverzerrung eines wertdiskreten Signals in einer Verstärkungseinrichtung umfassende Sendeeinrichtung.

[0002] Moderne Mobilfunkstandards wie UMTS bzw. WLAN erfordern die Verwendung von Bandbreiten-effizienten Modulationsarten wie beispielsweise QPSK bzw. QAM (Quadraturamplitudenmodulation). Die Modulationsarten verwenden ein amplitudenmoduliertes Signal, so daß sich der Pegel des Signals zeitlich verändert. Dies erfordert für den Sendepfad besonders hohe Linearitätsanforderungen, um Übertragungsfehler bei Ausgangssignalen mit großen Pegeln möglichst gering zu halten. Der Sendepfad benötigt daher am Ausgang einen Leistungsverstärker, der in einem weiten Bereich eine möglichst hohe Linearität erzielt. Gleichzeitig soll er einen niedrigen Stromverbrauch aufweisen, da Leistungsverstärker in drahtlosen Kommunikationsgeräten einen hohen Anteil am Gesamtleistungsverbrauch besitzen. Ein hoher Wirkungsgrad eines Leistungsverstärkers, also ein großes Verhältnis von erzeugter HF-Leistung zu benötigter Leistung wird jedoch meist in einem Bereich erreicht, in dem die HF-Übertragungskennlinie des Leistungsverstärkers starke Nichtlinearitäten aufweist. Eine gute Linearität des Leistungsverstärkers ist bei einem geringen Wirkungsgrad erreichbar, also bei einer geringen Ausgangsleistung im Vergleich zur benötigten DC-Leistung des Leistungsverstärkers.

[0003] Um Übertragungsfehler durch Nichtlinearitäten des Leistungsverstärkers im Sendepfad zu verringern, werden vorverzerrte Eingangssignale für den Leistungsverstärker verwendet. Diese Signale sind derart vorverzerrt, daß die nichtlineare Ausgangskennlinie des Leistungsverstärkers durch die Vorverzerrung kompensiert wird. Somit ist eine hohe Ausgangsleistung bei gleichzeitig geringem Stromverbrauch des Leistungsverstärkers möglich, ohne daß die daraus resultierenden Nichtlinearitäten das Ausgangssignal unzumutbar modifizieren.

[0004] In aktuellen mobilen Kommunikationsgeräten werden Leistungsverstärker verwendet, die durch üblicherweise geeignete Schaltungstechnik einen bestmöglichen Kompromiß zwischen der Linearität und dem Stromverbrauch anstreben. Ein Beispiel dafür ist der Druckschrift von Iwai et al, "High Efficiency and High Linearity InGaP/GAs HBT Power Amplifiers: Matching Techniques of Source and Load Impedance to Improve Phase Distortion and Linearity", IEEE Transactions On Electron Devices, vol. 45, No 6., June 1998 zu entnehmen.

[0005] Eine weitere Linearitätsverbesserung läßt sich mit weiteren Zusatzschaltungen realisieren. Zwei Beispiele für eine Vorverzerrung eines analogen Signals, das an den Eingang des Leistungsverstärkers angelegt wird, sind in den Druckschriften E. Westesson et al.: "A Complex Polynomial Predistorter Chip in CMOS for Baseband or IF Linearization of RF Power Amplifiers", IEEE International Symposium on Circuits and Systems, 1999 und in Yamauchi et al.: "A Novel Series Diode Linearizer for Mobile Radio Power Amplifiers, IEEE MTT-S Digest", 1996, Seite 831 bis 833 enthalten. Nachteil solcher analoger Vorverzerrungsschaltungen sind jedoch die äußerst engen Grenzen für äußere Betriebsbedingungen der Schaltung wie beispielsweise Temperatur, Ansteuerung oder Arbeitspunkt. Ändern sich diese Randbedingungen, ist es notwendig, die analoge Vorverzerrungsschaltung flexibel abzugleichen. Ein flexibler Abgleich einer analogen Vorverzerrungsschaltung ist jedoch nur mit hohem Aufwand möglich.

[0006] Im Gegensatz zur Vorverzerrung des analogen Basisbandsignals besitzt eine Vorverzerrung des digitalen Basisbandsignals den Vorteil einer sehr guten Anpaßfähigkeit an sich verändernde äußere Betriebsbedingungen. Schaltungen und Verfahren für eine digitale Vorverzerrung vor allem für die Leistungsverstärker von Basisstationen sind in US 6477477 und US 4291277 beschrieben. Diese verwenden eine sogenannte adaptive Implementierung. Dazu koppeln sie einen Teil des verstärkten Signals aus und messen das durch den Leistungsverstärker der Basisstation verzerrte Signal. Daraus errechnen sie die Vorverzerrungskoeffizienten, die mit dem digitalen Basisbandsignal verknüpft werden. Die dafür benötigte Rechenleistung sowie zusätzliche Bauelemente führen jedoch zu einem hohen Schaltungsaufwand. Weiterhin ist der Stromverbrauch der dargestellten Schaltungen sehr hoch, da eine Vorverzerrung des digitalen Datenstroms kontinuierlich stattfindet, so daß eine direkte Übertragung der beschriebenen Schaltungen auf mobile Kommunikationsgeräte nicht zweckmäßig erscheint.

[0007] Es ist somit Aufgabe der Erfindung, eine Sendeeinrichtung vorzusehen, die auch bei einem hohen Wirkungsgrad eine ausreichend gute Linearität erzeugt. Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Regelung einer Vorverzerrung vorzusehen, bei dem der Stromverbrauch deutlich reduziert ist.

[0008] Diese Aufgaben werden mit den Gegenständen der nebengeordneten Patentansprüche gelöst.

[0009] Es ist eine Sendeeinrichtung vorgesehen, die eine Prozesseinheit zur Bereitstellung eines Basisbandsignals aufweist. Das Basisbandsignal besitzt eine erste wertdiskrete Komponente und eine zweite wertdiskrete Komponente. Diese werden an

einen ersten Ausgang und an einem zweiten Ausgang der Prozessoreinheit bereitgestellt. Der erste Ausgang der Prozessoreinheit ist mit dem ersten Eingang einer Vorverzerrungseinheit, der zweite Ausgang ist mit einem zweiten Eingang einer Vorverzerrungseinheit verbunden. Die Vorverzerrungseinheit enthält ein Mittel, daß zu einer Ermittlung eines Vorverzerrungskoeffizienten ausgebildet ist. Der Vorverzerrungskoeffizient stellt einen komplexen Wert dar. Der komplexe Vorverzerrungskoeffizient ist dabei von einem Steuersignal am Steuereingang und von der an dem ersten Eingang anliegenden ersten Komponente und der an dem zweiten Eingang anliegenden zweiten Komponente abhängig. Die Vorverzerrungseinheit enthält ferner eine Multipliziereinheit zur komplexen Multiplikation. Die Einheit ist zur Abgabe eines abgeleiteten Ausgangssignals mit einer ersten wertdiskreten Komponente an einen ersten Ausgang und einer zweiten wertdiskreten Komponente an einen zweiten Ausgang aus der ersten und der zweiten wertdiskreten Komponente des am ersten und am zweiten Eingang anliegenden Basisbandsignals ausgebildet. Die Vorverzerrungseinheit ist ausgebildet, einen ersten oder einen zweiten Betriebszustand einzunehmen. In dem ersten Betriebszustand ist sie zu Abgabe des unverzerrten Basisbandsignals an ihren Ausgängen ausgebildet, in dem zweiten Betriebszustand zur Abgabe des abgeleiteten Ausgangssignals. Weiterhin weist die Sendeeinrichtung je einen mit einem der beiden Ausgänge der Vorverzerrungseinheit verbundenen Digital-Analog-Wandeleinrichtung auf. Eine erste Digital-Analog-Wandeleinrichtung ist mit ihrem Ausgang mit einem ersten Eingang zur Zuführung eines ersten wertkontinuierlichen Signals einer Modulatoreinheit verbunden, die zweite Digital-Analog-Wandeleinrichtung ist mit ihrem Ausgang mit einem zweiten Eingang zur Zuführung eines zweiten wertkontinuierlichen Signals einer Modulatoreinheit gekoppelt. Die Modulatoreinheit enthält ferner einen Lokaloszillatoreingang zur Zuführung eines Lokaloszillatorsignals und einen Ausgang zur Abgabe eines komplex modulierten Ausgangssignals. Die Modulatoreinheit setzt die beiden wertkontinuierlichen Komponenten mittels des Lokaloszillatorsignals in das komplex modulierte Ausgangssignal um. Weiterhin enthält die Sendeeinrichtung eine Verstärkungseinrichtung mit analog oder digital regelbarer Verstärkung, deren Eingang mit dem Ausgang der Modulatoreinheit verbunden ist. Letztlich weist die Sendeeinrichtung eine Leistungssteuereinheit mit einem Eingang zur Zuführung eines wertdiskreten Leistungssteuersignals auf. Das Leistungssteuersignal wird von der Prozessoreinheit abgegeben. Die Leistungssteuereinheit ist zur Bereitstellung eines ersten Steuersignals an einen ersten Ausgang und eines zweiten Steuersignals an einen zweiten Ausgang ausgebildet. Der zweite Ausgang der Leistungssteuereinheit ist mit dem Steuereingang der Vorverzerrungseinheit und der erste Ausgang der Leistungssteuereinheit mit einem Steuereingang der Verstärkungseinrich-

tung gekoppelt. Weiterhin ist die Vorverzerrungseinheit durch das Steuersignal am Steuereingang in einen der beiden Betriebszustände schaltbar.

[0010] Die erfindungsgemäße Sendeeinrichtung stellt somit eine Schaltung dar, die zur digitalen Vorverzerrung eines Basisbandsignals ohne einen Rückkopplungspfad ausgebildet ist. Die Vorverzerrungseinheit verzerrt ein anliegendes Basisbandsignal abhängig von dem Steuersignal an ihrem Steuereingang. Das Steuersignal wird von der Leistungssteuereinheit zur Verfügung gestellt, die damit die Leistung des Ausgangssignals der regelbaren Verstärkungseinrichtung steuert. Gleichzeitig wird eine mit dem Ausgang der regelbaren Verstärkungseinrichtung verbundene zweite Verstärkungseinrichtung, sinnvollerweise ein Leistungsverstärker im Bereich eines hohen Wirkungsgrades betrieben. Dadurch gibt diese ein Signal mit hoher Leistung bei geringem Stromverbrauch ab. Ist der Pegel des am Eingang der zweiten Verstärkungseinrichtung anliegenden Signals zu hoch, führt die Vorverzerrungseinheit eine geeignete Vorverzerrung durch, um die durch den hohen Eingangspegel hervorgerufene Verzerrung in der zweiten Verstärkungseinrichtung zu kompensieren. Ist der Pegel des Ausgangssignals so groß, daß eine ausreichende Linearität der HF-Übertragungskennlinie gegeben ist, wird die Vorverzerrungseinheit durch das Steuersignal in den ersten Betriebszustand geschaltet und das Basisbandsignal bleibt unverzerrt. Dadurch ist immer eine gute Linearität des Ausgangssignals gewährleistet. Der Pegel des zu sendenden Ausgangssignals ist der Prozessoreinheit bekannt, so daß diese über ein geeignetes Leistungssteuersignal das erste Steuersignal für die Vorverzerrungseinheit und das zweite Steuersignal für die regelbare Verstärkungseinrichtung bestimmt.

[0011] Zweckmäßigerweise wird das an der Vorverzerrungseinheit eingangsseitig anliegende Basisbandsignal durch die Einheit so vorverzerrt, daß es nach Durchlauf aller nachgeschalteten Elemente der Sendeeinrichtung ein lineares Abbild des gewünschten, zu sendenden Signals darstellt. Die im Sendepfad vorhandenen Nichtlinearitäten werden so in geeigneter Weise kompensiert.

[0012] Der Leistungsverstärker kann dadurch deutlich kleiner ausgelegt werden. Im Bereich eines hohen Wirkungsgrades, in dem Nichtlinearitäten insbesondere im Leistungsverstärker auftreten, werden diese durch das vorverzerrte Signal kompensiert. Durch die Leistungssteuereinheit wird erreicht, daß die Vorverzerrungseinheit ein anliegendes Signal nur dann vorverzerrt, wenn die Linearitätsanforderung des Ausgangssignals nicht mehr eingehalten werden kann. Dadurch läßt sich der Stromverbrauch nochmals deutlich reduzieren.

[0013] In einem Verfahren zur Regelung einer Vor-

verzerrung eines wertdiskreten Signals in der eine Verstärkungsrichtung umfassenden Sendeeinrichtung wird eine Vorverzerrung nur bei Überschreiten eines Grenzwertes eines Pegels des Ausgangssignals der regelbaren Verstärkungseinrichtung durchgeführt. Der Grenzwert des Pegels wird dabei durch das von der Leistungssteuereinheit abgegebene Steuersignal bestimmt. Die Vorverzerrung wird durch eine komplexe Multiplikation der ersten und zweiten wertdiskreten Komponente des Basisbandsignals mit einem von dem Pegel der ersten und zweiten wertdiskreten Komponente des Basisbandsignals und dem Steuersignal abhängigen komplexen Vorverzerrungskoeffizienten durchgeführt.

[0014] Es wird also immer nur dann eine Vorverzerrung durchgeführt, wenn der Pegel des zu verstärkenden Signals einen definierten Grenzwert überschreitet. Dieser Grenzwert ist der Pegelwert, ab dem die Ausgangskennlinie der Sendeeinrichtung einen stark nichtlinearen Verlauf aufweist, also der Eingangspegel für die Verstärkungseinrichtung zu groß wird.

[0015] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0016] In einer Weiterbildung der Erfindung weist ein Ausgang der Verstärkungseinrichtung mit regelbarer Verstärkung eine Verbindung zu einer weiteren Verstärkungseinrichtung auf, die einen festen Verstärkungsfaktor besitzt. Die Verstärkungseinrichtung mit regelbarer Verstärkung ist daher als Vorverstärker für die weitere Verstärkungseinrichtung ausgebildet. Zweckmäßigerweise ist die Vorverzerrungseinheit zur Vorverzerrung eines Basisbandsignals ausgebildet, so daß eine in der weiteren Verstärkungseinrichtung auftretende, nicht lineare Ausgangskennlinie kompensiert wird. Alternativ weist auch die Modulatoreinheit verschiedene Verstärkungsstufen auf.

[0017] In einer Weiterbildung der Erfindung ist zumindest eine Sensorschaltung zum Erfassen von Änderungen von Betriebsbedingungen der Sendeeinrichtung vorgesehen. Die Sensorschaltung ist weiterhin zur Erzeugung von aus den Betriebsbedingungen abgeleiteten Signalen an einem Ausgang ausgebildet, der mit einem zweiten Steuereingang der Vorverzerrungseinheit gekoppelt ist. In dieser Ausgestaltung wird eine Sendeeinrichtung mit einer adaptiven Vorverzerrungsschaltung realisiert. Sich ändernde äußere Betriebsbedingungen wie beispielsweise Temperatur, Betriebsspannung, Aussteuerung werden durch die Sensorschaltung erfaßt und in ein Steuersignal umgewandelt, welches die Vorverzerrung am Eingang der Vorverzerrungseinheit anliegender Komponenten des Basisbandsignals in geeigneter Weise beeinflusst.

[0018] In einer anderen Weiterbildung der Erfindung

ist die Vorverzerrungseinheit zur Verzerrung eines Signals mit einer inversen Signalübertragungsfunktion zumindest einer der Verzerrungseinheit nachgeschalteten Schaltung ausgebildet. Dadurch bildet die Vorverzerrungseinheit eine nichtlineare Signalübertragungsfunktion der nachgeschalteten Schaltungskette ab.

[0019] Die durch die nachgeschalteten Schaltungselemente verursachten Verzerrungen werden dadurch durch die Vorverzerrungseinheit kompensiert, so daß am Ausgang der Sendeeinrichtung ein unverzerrtes Signal abgreifbar ist.

[0020] In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Mittel zur Ermittlung der Vorverzerrungskoeffizienten eine Speichereinrichtung mit darin abgelegten Vorverzerrungskoeffizienten, sowie eine Adressberechnungseinheit. Die Adressberechnungseinheit ist zur Erzeugung eines Adresssignals für einen in der Speichereinrichtung abgelegten Vorverzerrungskoeffizienten aus dem Pegel der ersten und der zweiten wertdiskreten Komponente des Basisbandsignals und dem ersten Steuersignal ausgebildet. Die Speichereinrichtung ist zur Bereitstellung des durch das Adresssignal bestimmten komplexen Vorverzerrungskoeffizienten an die Multipliziereinheit ausgebildet.

[0021] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Prozessoreinheit zur Bereitstellung eines Basisbandsignals ausgebildet, dessen erste Komponente eine In-Phasen-Komponente und dessen zweite Komponente eine Quadratur-Komponente darstellt. Bei einem solchen Basisbandsignal handelt es sich daher um ein I/Q-Signal, das zwei zueinander orthogonale Komponenten aufweist. In einer alternativen Ausgestaltung repräsentiert die erste Komponente des Basisbandsignals eine Amplitude und die zweite Komponente des Basisbandsignals eine Phase.

[0022] In einer Weiterbildung des Verfahrens weist das wertdiskrete Signal zwei Komponenten auf, wobei ein Pegel des wertdiskreten Signals durch das Betragsquadrat der beiden Komponenten bestimmt wird. Somit werden die Pegel der beiden Komponenten quadriert und addiert. Das Ergebnis stellt das Betragsquadrat dar. Eine Alternative ist der einfache Betrag des komplexen Signals mit den beiden Komponenten, ausgedrückt durch die Wurzel aus dem Betragsquadrat. Sind die Komponenten des Basisbandsignals dargestellt in Polarform, also in Amplitude und Phase wird der benötigte Pegel allein durch die Amplitudenkomponente bestimmt.

[0023] In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird der Vorverzerrungskoeffizient aus einer Menge von gespeicherten Vorverzerrungskoeffizienten ausgewählt. Bevorzugt erfolgt dabei die Auswahl

durch Steuersignale. In einer weiteren Ausbildung des Verfahrens werden durch Sensorschaltungen der Sendeeinrichtung ändernde Betriebsbedingungen der Verstärkungseinrichtung ermittelt und daraus Signale abgeleitet. Eine Vorverzerrung wird mit zumindest einem von den abgeleiteten Signalen abhängigen Vorverzerrungskoeffizienten durchgeführt. Dadurch werden Vorverzerrungskoeffizienten ausgewählt, und mit ihnen das Signal so verzerrt, daß sich die Änderungen der Betriebsbedingungen kompensieren.

[0024] In einer Weiterbildung der Erfindung stellen die für die Vorverzerrung des wertdiskreten Signals verwendeten Vorverzerrungskoeffizienten eine inverse Signalübertragungsfunktion zumindest der Verstärkungseinrichtung dar. Somit läßt sich eine Signalübertragungsfunktion durch Vorverzerrungskoeffizienten darstellen.

[0025] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels unter Berücksichtigung der Zeichnungen im Detail erläutert. Es zeigen:

[0026] [Fig. 1](#) ein Blockschaltbild der Erfindung,

[0027] [Fig. 2](#) ein Blockschaltbild der Vorverzerrungseinheit,

[0028] [Fig. 3](#) ein Blockschaltbild der Adressberechnungseinheit,

[0029] [Fig. 4](#) ein Blockschaltbild der Multipliziereinheit der Vorverzerrungseinheit,

[0030] [Fig. 5](#) ein Spannungs-Zeitdiagramm eines unverzerrten und eines vorverzerrten Basisbandsignals,

[0031] [Fig. 6](#) ein Frequenzspektrum eines Ausgangssignals mit unverzerrtem bzw. verzerrtem Basisbandsignal,

[0032] [Fig. 7](#) eine zweite Ausführungsform der Erfindung.

[0033] [Fig. 1](#) zeigt eine Sendeeinrichtung mit einer digitalen Vorverzerrung, die ein zu sendendes Signal in einem digitalen Bereich vorverzerrt, in ein analoges Signal umwandelt, verstärkt und über eine Antenne aussendet.

[0034] Dazu ist eine Prozessoreinheit **1** vorgesehen. Diese erzeugt aus den zu sendenden internen Daten an ihrem Ausgang ein komplexes Basisbandsignal DAT1, welches zwei Komponenten I und Q aufweist. Die beiden Ausgänge der Prozessoreinheit sind mit den Eingängen **25** und **26** einer Vorverzerrungseinheit **2** verbunden. An den beiden Ausgängen **21**, **22** der Vorverzerrungseinheit **2** sind die Kompo-

nenten I2 bzw. Q2 des aus dem eingangsseitig angelegten Signal DAT1 abgeleiteten Signal DAT2 abgreifbar. Die beiden Ausgänge **21** und **22** sind mit einem Digital-/Analog-Konverter **3** verbunden, deren Ausgänge über einen Tiefpaß **4** an die Eingänge **51**, **52** eines Vektormodulators **5** angeschlossen sind.

[0035] Der Vektormodulator **5** besitzt außerdem einen Lokaloszillatoreingang **53**, an dem das Lokaloszillatorsignal OSC eines Oszillators **10** anliegt. Der Vektormodulator **5** setzt an seinen beiden Eingängen anliegende Signale mittels des Lokaloszillatorsignals OSC auf ein Ausgangssignal um und gibt dieses an seinem Ausgang **54** aus. Weiterhin enthält er einen Steuereingang zur Zuführung eines Steuersignals, das die Ausgangsleistung des Signals am Ausgang **54** regelt. Der Ausgang **54** des Vektormodulators **5** ist mit dem Eingang eines regelbaren Verstärkers **6** verbunden. Der Verstärker **6** ist ein analog regelbarer, spannungsgesteuerter Verstärker mit einem Steuereingang **61**. Sein Ausgang ist über einen Bandpaßfilter **7** an den Eingang eines Leistungsverstärkers **8** angeschlossen, der eine feste Verstärkung aufweist. Der Ausgang des Leistungsverstärkers **8** ist mit einer Antenne **9** verbunden.

[0036] Die Prozessoreinheit **1** weist weiterhin einen Steuerausgang auf, der mit einer Leistungssteuereinheit **12** sowie einer Sensoreinrichtung **13** verbunden ist. Die Sensoreinrichtung **13** enthält drei Sensoren: Einen Temperatursensor TempS, einen Stromsensor CurS sowie einen Spannungssensor VoltS. Diese messen die Betriebsparameter Temperatur, Stromverbrauch sowie Ansteuerung des Leistungsverstärkers **8**. Außer den gemessenen Daten erzeugt die Sensoreinrichtung **13** an ihrem Ausgang **131** ein Steuersignal CONT2, daß einem Steuereingang der Vorverzerrungseinheit **2** zugeführt wird.

[0037] Die Leistungssteuereinheit **12** enthält einen Eingang **121**, der mit dem Steuerausgang der Prozessoreinheit **1** verbunden ist sowie zwei Ausgänge **122** und **123**. Der Ausgang **122** ist über einen Digital-/Analog-Wandler **11** mit dem Steuereingang des Vektormodulators **5** sowie dem Steuereingang **61** des regelbaren Verstärkers **6** verbunden. Der Ausgang **123** der Leistungssteuereinheit **12** ist an den ersten Steuereingang der Vorverzerrungseinheit **2** angeschlossen.

[0038] Aus den zu übertragenden Informationen erzeugt die Prozessoreinheit **1** an ihren beiden Ausgängen wertdiskrete Signale I und Q, die gemeinsam das Basisbandsignal DAT1 bilden. Die beiden Komponenten I und Q stellen die Inphase- und die Quadraturkomponente eines komplexen Basisbandsignals dar. Gleichzeitig gibt die Prozessoreinheit **1** ein Leistungssteuersignal LS an ihrem Steuerausgang aus, das der Leistungssteuereinheit **12** die einzustellende Verstärkung übermittelt.

[0039] An ihrem Ausgang **122** gibt die Leistungssteuereinheit **12** ein erstes wertdiskretes Signal ab, das von dem Digital-/Analog-Wandler **11** in ein analoges Steuersignal umgesetzt wird und dem Steuereingang des Vektormodulators **5** sowie dem Steuereingang **61** der Verstärkereinrichtung **6** zugeführt wird. Diese Steuersignale regeln die Verstärkung des Vektormodulators **5** bzw. der Verstärkungseinrichtung **6**. Dadurch liegen am Eingang der Verstärkungseinrichtung **8** abhängig von dem Steuersignal Signale mit unterschiedlichen Pegeln an. Diese werden von der Verstärkungseinrichtung **8** mit einem festen Verstärkungsfaktor verstärkt, so daß die abgestrahlte Ausgangsleistung an der Antenne **9** der von der Prozessoreinheit **1** gewünschten Sendeleistung entspricht.

[0040] Gleichzeitig wird von der Leistungssteuereinheit **12** am zweiten Ausgang **123** ein Steuersignal CONT1 abgegeben. Dieses Steuersignal wird von der Vorverzerrungseinheit **2** dazu verwendet, einen komplexen Vorverzerrungskoeffizienten aus einem Satz abgespeicherter Vorverzerrungskoeffizienten auszuwählen, der für die Vorverzerrung der beiden Komponenten I und Q des eingangsseitig angelegten Basisbandsignals DAT1 verwendet werden soll. Die verwendeten Vorverzerrungskoeffizienten bilden die inverse Signalübertragungsfunktion der Schaltungskette beginnend bei den DA-Wandlern **3** über den Tiefpaßfilter **4**, den Vektormodulator **5** bis hin zur zweiten Verstärkungseinrichtung **8** ab. Dadurch wird das Basisbandsignal DAT1 so vorverzerrt, daß das am Ausgang der Verstärkungseinrichtung **8** abgreifbare Signal wieder dem unverzerrten Basisbandsignal entspricht. Den größten Beitrag zur gesamten Verzerrung liefert üblicherweise dabei die Verstärkungseinrichtung **8**.

[0041] Die Vorverzerrungseinheit **2** ist so ausgebildet, daß sie abhängig von dem Steuersignal CONT1 das Basisbandsignal DAT1 auch unverzerrt am Ausgang abgibt. Eine Vorverzerrung des Basisbandsignals DAT1 ist nur dann nötig, wenn die Linearität der Übertragungskennlinie der gesamten Verstärkerkette beginnend bei dem D/A-Wandler **3** bis hin zur Verstärkungseinrichtung **8** bei der gewünschten Leistung des Ausgangssignals nicht mehr ausreicht. Dies ist jedoch nur dann gegeben, wenn die Ausgangsleistung der Sendeeinrichtung sehr hoch sein soll, also die Signalpegel der Ausgangssignale des Vektormodulators **5** sowie der Verstärkungseinrichtung **6** sehr groß sind. In einem solchen Fall verstärkt die Verstärkungseinrichtung **8** das am Eingang anliegende Signal mit einer nicht linearen Kennlinie und das Ausgangssignal wird verzerrt. Durch die Vorverzerrung wird die Verzerrung durch den Verstärker **8** wieder kompensiert.

[0042] Sinnvollerweise ist dabei dem Prozessor **1** die zu sendende Leistung bekannt. Gerade in modernen Kommunikationsstandards wie WCDMA werden

die Sendeleistungen dem mobilen Gerät mitgeteilt. Dies erfolgt typischerweise ca. 1000 mal pro Sekunde. Daher stellt der Prozessor **1** die maximale zu sendende Abstrahlleistung an der Antenne über das Steuersignal bis zu einer erneuten Änderung ein. Aus dem festen Verstärkungsfaktor des Verstärkers **8** läßt sich daher der notwendige Pegel des Eingangssignals berechnen. Dieser Pegel wird durch das Leistungssteuersignal der Leistungssteuereinheit mitgeteilt, die das entsprechende Steuersignal sendet. Weiterhin wird ermittelt, ob das Basisbandsignal während dieser Zeit vorverzerrt werden muß, weil der Eingangspegel über einem Grenzwert liegt und die im Verstärker **8** erzeugten nichtlinearen Verzerrungen die Signalqualität des Sendesignals zu stark mindern.

[0043] Da die Ausgangskennlinie der Verstärkungseinrichtung **8** auch von weiteren äußeren Betriebsparametern abhängt, ist zudem das Steuersignal CONT2 vorgesehen, welches ebenfalls von der Vorverzerrungseinheit **2** zur Auswahl der Vorverzerrungskoeffizienten verwendet wird.

[0044] Eine mögliche Ausgestaltungsform der Vorverzerrungseinheit **2** ist in [Fig. 2](#) zu sehen. Das unverzerrte wertdiskrete Basisbandsignal DAT1 mit seiner Komponente I und seiner Komponente Q wird sowohl einer Adressberechnungseinheit **16** wie auch einer Schalteinheit **27** zugeführt. Die Schalteinheit **27** besitzt einen Steuereingang, der an den Eingang **23** der Vorverzerrungseinheit angeschlossen und zur Zuführung des Steuersignals CONT1 vorgesehen ist. In einer Schalterstellung verbindet sie die Eingänge **25** und **26** direkt mit den Ausgängen **21** und **22**. Dies erfolgt dann, wenn die Vorverzerrungseinheit durch das Steuersignal CONT1 deaktiviert ist, also das Basisbandsignal nicht vorverzerrt werden soll. Das an den Eingängen anliegende Basisbandsignal wird unverändert wieder an den Ausgängen abgegeben, die Vorverzerrungseinheit und insbesondere ein nunmehr deaktivierte und keinen Strom verbrauchender komplexer Multiplizierer **14** wird damit überbrückt.

[0045] Signalisiert das Steuersignal CONT1 eine Vorverzerrung, wird die Vorverzerrungseinheit aktiviert und die Steuerschaltung **27** wird so geschaltet, daß sie die Eingänge **25** und **26** mit dem komplexen Multiplizierer **14** über ein nicht gezeigtes Verzögerungselement verbindet. Die Verzögerung des Elements ist gleich der Zeit, die für die Berechnung der Vorverzerrungskoeffizienten benötigt ist.

[0046] Weiterhin weist die Adreßberechnungseinheit **16** einen Steuereingang auf, der ebenfalls zum Eingang **23** der Vorverzerrungseinheit führt. Die Adreßberechnungseinheit **16** berücksichtigt neben dem Steuersignal CONT1 auch noch die Amplitude oder die Pegel der beiden Komponenten I und Q des digitalen Basisbandsignals bei der Bestimmung der

Vorverzerrungskoeffizienten.

[0047] Dazu besitzt sie, wie in [Fig. 3](#) zu erkennen, zwei Quadrierer **18**, mit denen jeweils das Betragsquadrat der I- und der Q-Komponente des Basisbandsignals gebildet wird. Das Betragsquadrat ergibt sich dabei aus der Summe der Quadrate der einzelnen Komponenten. Das Ergebnis stellt einen Teil eines Adresssignal ADR dar, das zusätzlich noch mit dem Steuersignal skaliert wird. Dazu enthält die Adressberechnungseinheit **16** eine Kontrollschaltung **19**, die das Kontrollsignal CONT1 auswertet. Das daraus abgeleitete Signal wird mit der Amplitude des Basisbandsignals über einen Multiplizierer **20** miteinander skaliert und ergibt das Adreßsignal ADR.

[0048] Dieses Adreßsignal wird einer Speichermatrix **15** zugeführt. Die Speichermatrix **15** enthält mehrere Sätze von Vorverzerrungskoeffizienten, die sowohl äußere Betriebsparameter wie auch den Signalpegel berücksichtigen. Mittels des Adreßsignals ADR sowie dem Steuersignal CONT2, das Informationen über die Betriebsparameter enthält, wird aus der Speichermatrix **15** ein komplexer Vorverzerrungskoeffizient KOEFF1 mit zwei Komponenten IK und QK ausgewählt, und dem komplexen Multiplizierer **14** zugeführt.

[0049] Die Adressberechnungseinheit erzeugt daher in äußerst einfacher Weise das Adresssignal zur Bereitstellung des komplexen Koeffizienten. Die Speichereinheit stellt lediglich eine Tabelle mit mehreren Spalten dar. Die Spalte wird durch das Steuersignal CONT2 gewählt, die Zeile mit dem komplexen Koeffizienten KOEFF1 durch das Adresssignal. Das Steuersignal CONT1 dient lediglich einer Skalierung. Besitzt beispielsweise der Gesamtpegel der Komponenten I und Q 8 mögliche Einstellungen, ergeben sich daraus die 256 Vorverzerrungskoeffizienten. Der Gesamtpegel wird mit dem Steuersignal CONT1 skaliert, so dass damit ein zusammenhängender Bereich aus den 256 Koeffizienten ausgewählt wird. Für die aktuelle Berechnung der Vorverzerrung wird einer dieser Koeffizienten verwendet. Beispielsweise besitzt der Skalierungsfaktor durch das Steuersignal CONT1 den Wert 0,8. Der Bereich der ausgewählten Koeffizienten geht somit vom 1. bis zum 204. Koeffizienten. Für einen aktuellen Pegel wird einer dieser Koeffizienten zur Vorverzerrung verwendet. Der Vorverzerrungskoeffizient wird der komplexen Multipliziereinheit **253** zugeführt.

[0050] Die Koeffizienten können teilweise auch durch Extrapolation und/oder Interpolation gewonnen werden, so daß sich die Gesamtzahl reduziert. Dies gilt insbesondere für zusätzliche Spalten, deren Werte durch das Steuersignal CONT2 bestimmt werden und äußere, geänderte Betriebsbedingungen berücksichtigen. Dabei ist es ausreichend, lediglich die Amplitude des komplexen Basisbandsignals zu berücksichtigen,

da die Phase keine Verzerrung verursacht. Die Phasenverzerrung im Verstärker wird durch den komplexen Koeffizienten und den Multiplizierer **14** berücksichtigt.

[0051] Der Multiplizierer **14** enthält vier Skalarmultiplizierer **141**, **142**, **143** und **144** sowie einen Addierer **146** und einen Subtrahierer **145**. Der Skalarmultiplizierer **141** multipliziert die Komponente I mit der Koeffizientenkomponente IK, der Skalarmultiplizierer **143** multipliziert die Komponente I mit der Koeffizientenkomponente QK. Die Basisbandkomponente Q wird über den Skalarmultiplizierer **142** mit der Koeffizientenkomponente QK und über den Skalarmultiplizierer **144** mit der Koeffizientenkomponente IK multipliziert. Ausgangsseitig sind die Skalarmultiplizierer **141** und **142** mit einem Subtrahierer **145** verbunden, der das Ausgangssignal des Skalarmultiplizierers **142** von dem Ausgangssignal des Skalarmultiplizierers **141** subtrahiert und als Komponente I2 des verzerrten Basisbandsignals DAT2 abgibt. Der Ausgang des Addierers **146**, der die Ausgangssignale der Skalarmultiplizierer **143** und **144** addiert, führt die verzerrte Komponente Q2 des Basisbandsignals DAT2. Die Schaltung des Multiplizierers **14** multipliziert somit das ein komplexes Basisband $I + jQ$ darstellende Signal DAT1 mit dem komplexen Vorverzerrungskoeffizienten KOEFF1. Durch den Multiplizierer **14** wird somit eine Phasenverzerrung berücksichtigt und die Phase des Basisbandsignals in geeigneter Weise vorverzerrt.

[0052] Der Multiplizierer **14**, die Speichereinheit **15** und die Adressberechnungseinheit **16** ist abschaltbar. Dadurch wird der Stromverbrauch der Vorverzerrungseinheit, wenn keine Vorverzerrung notwendig ist, reduziert. Durch das Steuersignal CONT1 läßt sich die Vorverzerrungseinheit in einen aktiven Betriebszustand schalten, in dem die I und Q Komponente des Basisbandsignals vorverzerrt werden, oder in einen deaktivierten Betriebszustand, in dem durch den Schalter **27** ein Eingangssignal unverzerrt am Ausgang abgegeben wird.

[0053] [Fig. 5](#) zeigt die Amplitude einer Komponente des unverzerrten Basisbandsignals DAT1 sowie das dazugehörige verzerrte Basisbandsignal DAT2 im Verlauf über die Zeit. Das verzerrte Basisbandsignal wird in dem Vektormodulator **5** auf einer Ausgangsfrequenz umgesetzt, nochmals verstärkt und der Verstärkungseinrichtung **8** zugeführt, die das Signal so verstärkt, daß die Verzerrungen durch die nicht lineare Verstärkung der Verstärkungseinrichtung **8** wieder kompensiert werden.

[0054] Durch eine nichtlineare Übertragungskennlinie hervorgerufenen Verzerrungen erzeugen in einer Verstärkungseinrichtung Intermodulationsprodukte, die im Spektrum als zusätzliche Linien erscheinen. In einem breiten Nutzspektrum äußert sich dies

dadurch, daß neben dem eigentlichen Nutzkanal zusätzliche Leistung erzeugt wird, die als "Adjacent Channel Power" oder Nachbarkanalleistung bezeichnet wird. Durch die Vorverzerrung werden Intermodulationsprodukte deutlich unterdrückt, so daß sich auch die Nachbarkanalleistung reduziert. Eine solche Reduktion ist in [Fig. 6](#) zu erkennen. Dabei ist das Spektrum eines modulierten Ausgangssignals zu sehen. Das Spektrum S1 ist dabei ein Nutzsignal, dessen Basisbandsignal in geeigneter Weise verzerrt wurde, das Spektrum **52** stellt das gleiche Nutzsignal mit unverzerrtem Basisbandsignal dar. Es ist deutlich zu erkennen, daß durch die digitale Vorverzerrung die Intermodulationsprodukte und damit die Nachbarkanalleistung deutlich reduziert wurde.

[0055] Eine Erweiterung zu der erfindungsgemäßen Sendeeinrichtung nach [Fig. 1](#) zeigt [Fig. 7](#). Funktions- bzw. wirkungsgleiche Bauelemente tragen dabei gleiche Bezugszeichen. In diesem Ausführungsbeispiel sind zwei Richtkoppler **28** und **29** vorgesehen, die an den Ausgang des Leistungsverstärkers **8** und zwischen Leistungsverstärker **8** und Antenne **9** geschaltet sind. Die beiden Richtkoppler **28** und **29** ermitteln den Amplitudenbetrag sowie die Phase eines von dem Leistungsverstärker **8** abgegebenen Signals, sowie den Amplitudenbetrag und die Phase eines von der Antenne **9** reflektierten Signals. Die Parameter werden dem Prozessor **1** für die Erzeugung einer Vorverzerrung der Basisbandsignale I und Q zugeführt.

[0056] Eine solche Ausbildung ist vorteilhaft, da die Eigenschaften der Sendestufen von mobilen Kommunikationsgeräten stark von der Antennenimpedanz abhängen. Diese weicht aufgrund von Umgebungseinflüssen, beispielsweise metallische oder dielektrische Gegenstände im Nahfeld der Antenne häufig von der normalen Antennenimpedanz in unkontrollierter Weise ab. Eine solche Veränderung der Antennenimpedanz wirkt sich direkt auf den Ausgang des Leistungsverstärkers **8** aus, der nun aufgrund der resultierenden Fehlanpassung zusätzlich Verzerrungen im Ausgangssignal erzeugt.

[0057] Um solche Verzerrungen zu verhindern und eine Entkopplung zwischen dem Leistungsverstärker **8** und der Antenne **9** zu erreichen, kann unter anderem auch ein Zirkulator eingesetzt werden. Dieser ist jedoch relativ teuer und meist nicht monolithisch auf einem Halbleiterkörper integrierbar. Darüber hinaus erzeugt er merkliche Verluste, die den Wirkungsgrad der Sendestufen einschränken.

[0058] Durch die erfindungsgemäße Ausbildung mit einem Richtkoppler bzw. einem Detektor zur Erfassung einer Impedanzänderung läßt sich der komplexe Lastreflexionsfaktor der Sendeausgangsstufe in geeigneter Weise adaptiv erfassen und damit die Vorverzerrung so beeinflussen, dass an der Antenne

9 das geforderte lineare Signalverhalten vorhanden ist. Insbesondere kann eine fehlerhafte Anpassung, die zu einer Verzerrung des Ausgangssignals des Verstärkers **8** führt teilweise kompensiert werden. Da die Impedanzänderung der Antenne relativ langsam erfolgt, bleibt dem Prozessor und Basisbandsignalerzeuger **1** genügend Zeit, geeignete Vorverzerrungskoeffizienten auszuwählen.

[0059] Es ist aber zu berücksichtigen, dass eine Vorverzerrung des digitalen Basisbandsignals zu einem breiteren Frequenzspektrum führt. Daher müssen die Tiefpassfilter **4** geeignet angepasst werden, so dass nicht eine zusätzliche Phasenverzerrung aufgrund zu geringer Filterbandbreite auftritt. Dies läßt sich durch eine Filterumschaltung erreichen, die je nach aktiver oder inaktiver digitaler Vorverzerrung eine Bandbreitenumschaltung durchführt. Im Ausführungsbeispiel sind umschaltbare Filter **4** vorgesehen, die mit ihrem Stelleingang **404** über die Steuereinheit **12** an den Prozessor **1** angeschlossen sind. Eine entsprechend größere Bandbreite und Anpassung an das durch die Vorverzerrung breitere Spektrum ist auch für die nachgeschalteten Elemente vorgesehen. Weiterhin ist es zweckmäßig die Digital/Analog-Wandler mit einer höheren Auflösung auszugestatten, um so das Signal-Rauschverhältnis zu verbessern. Meist reicht eine zusätzliche Auflösung von einem Bit aus, um das Quantisierungsrauschen ausreichend zu unterdrücken.

[0060] Darüber hinaus ist es möglich, über einen geeigneten Detektor ein in den Ausgang des Leistungsverstärkers **8** hineinlaufendes Signal zu detektieren und Schutzmaßnahmen zu treffen. Dadurch wird der Leistungsverstärker **8** gegen Überspannung oder durch Fehlanpassung reflektierter Leistung geschützt. Die Schutzschaltung ermöglicht es, die Spannungsfestigkeit der verwendeten Technologie zugunsten besserer Hochfrequenzeigenschaften zu verringern. Der Wirkungsgrad der Gesamtanordnung wird deutlich verbessert und die Leistungstransistoren insbesondere des Leistungsverstärkers **8** lassen sich für höhere Dichten auslegen.

[0061] Eine Messung des Reflexionsfaktors der Antenne **9** bzw. einer rücklaufenden Signalleistung erfolgt durch den Richtkoppler **29**. Dieser ermittelt gemeinsam mit dem Richtkoppler **28** den Amplitudenbetrag und die Phase der sich zwischen dem Ausgang des Leistungsverstärkers **8** und dem Eingang der Antenne **9** ausbildenden Wellen. Beispielsweise erzeugt eine ideale Anpassung zwischen dem Leistungsverstärker **8** und der Antenne **9** keine Reflexion. Die Richtkoppler **28** und **29** detektieren dann lediglich eine vom Leistungsverstärker **8** zur Antenne laufendes Signal in Form einer Welle.

[0062] Wird nun beispielsweise ein metallischer Gegenstand in das Nahfeld der Antenne **9** gebracht, so

ändert sich deren Eingangsimpedanz. Dies verursacht eine Reflexion der hinlaufenden Welle, die von den Richtkopplern **28** und **29** in ihrem Betrag sowie ihrer Phase detektiert wird. Bei einer sehr starken Fehlanpassung ist es möglich, dass der größte Signalanteil des vom Leistungsverstärker **8** abgegebenen Signals von der Antenne **9** reflektiert und wieder in den Ausgang des Leistungsverstärkers **8** zurückfließt. Wenn das Linearitätsverhalten des Leistungsverstärkers in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen und insbesondere von der Lastimpedanz bekannt ist, ist so eine Vorverzerrung der Basisbandsignale möglich.

[0063] Erfindungsgemäß werden die ermittelten Amplituden- und Phasenwerte von den beiden Richtkopplern **28** und **29** über zwei Leitungen an die Prozessoreinheit **1** übertragen. Daraus ermittelt die Prozessoreinheit **1** die notwendigen Vorverzerrungskoeffizienten, die an die Vorverzerrungseinheit **2** übertragen werden. Die im Sendepfad aufgrund der Impedanzänderung der Antenne auftretenden nichtlinearen Verzerrungen werden kompensiert. Unterhalb einer bestimmten Grenzleistung, bei der der Verstärker **8** ausreichend linear arbeitet, kann die Vorderzerrung abgeschaltet werden. Der Einfluss einer Impedanzänderung der Antenne auf die Nichtlinearität im Ausgangssignal des Leistungsverstärkers **8** ist in einem solchen Fall nicht mehr störend.

[0064] Darüber hinaus ermöglicht die Ausbildung mit Richtkopplern, welche die zurückfließende Leistung messen, einen Schutz des Leistungsverstärkers **8**. Wenn beispielsweise Grenzwerte in der zurückfließenden Leistung überschritten werden, ermöglicht eine nicht dargestellte Schutzschaltung die Abschaltung des Leistungsverstärkers **8** bzw. die Reduzierung seiner Ausgangsleistung. Eine Beschädigung durch reflektierte Leistung wird dadurch reduziert. Der Wirkungsgrad der Gesamtanordnung wird weiter verbessert.

[0065] Die vorgeschlagene Anordnung ist vorteilhaft auch in Sendestufen einsetzbar, die als Multiband bzw. Multimode-Sendestufen ausgebildet sind. Eine solche Sendestufe erlaubt die Abgabe von Signalen auf verschiedenen Frequenzbändern. Beispielsweise für den Mobilfunkstandard GSM und den Mobilfunkstandard WCDMA/UMTS. So kann beispielsweise bei einem Sättigungsbetrieb, wie sie für den GSM-Mobilfunkstandard vorgesehen ist, eine digitale Vorderzerrung deaktiviert werden, während diese für den Linearbetrieb wie beispielsweise bei UMTS/WCDMA aktiviert ist. Dabei ist es durchaus möglich, die Sendestufe aus mehreren parallel geschalteten Verstärkerzügen aufzubauen, wobei nur ein Verstärkerzug aktiviert ist und dieser durch geeignete Maßnahmen mittels der Vorverzerrungseinheit ein lineares Signal zur Abgabe erzeugt.

[0066] Die hier dargestellten Ausführungsformen sind in beliebiger Weise kombinierbar. Insbesondere ist es möglich, die erfindungsgemäße Sendeeinrichtung gemäß den Ausführungsformen als integrierte Schaltung in einem Halbleiterkörper auszubilden.

[0067] Mit der erfindungsgemäßen Sendeeinrichtung wird eine deutlich höhere lineare Ausgangsleistung erreicht, so daß der Leistungsverstärker kleiner ausgelegt werden kann. Der Verstärker arbeitet dabei durchgehend in einem Bereich mit hohem Wirkungsgrad. Eingangssignale, deren Pegel so groß sind, daß sie eine Verzerrung hervorrufen, werden vorverzerrt, um die auftretenden Nichtlinearitäten im Verstärker zu kompensieren. Die Vorverzerrung erfolgt durch eine komplexe Multiplikation des Basisbandsignals mit einem komplexen Koeffizienten. Damit wird auch eine Phasenverzerrung berücksichtigt. Zudem geht für die Bestimmung des Koeffizienten lediglich der Gesamtpegel des Basisbandsignals ein. Dadurch ist eine Adressberechnung für den benötigten Koeffizienten besonders einfach.

[0068] Der Stromverbrauch läßt sich noch weiter reduzieren, wenn die Vorverzerrungseinheit durch das Steuersignal immer nur dann aktiviert wird, wenn die Linearität des Leistungsverstärkers bei der aktuell benötigten Leistung ohne eine Vorverzerrung nicht mehr eingehalten werden kann. Beispiele für Mobilfunkstandards, die eine aktive Leistungssteuerung fordern sind WCDMA/UMTS und CDMA2000. Da dort aber die Leistung ca. 1000/Sekunde abgefragt wird, ist die aktuelle Leistung und auch die maximal vorkommende Sendeleistung dem Prozessor bekannt. Dieser schaltet daher die Vorverzerrung nur dann zu, wenn diese zwingend erforderlich ist und die Linearitätsanforderungen bei dieser abzugebenden Leistung nicht mehr eingehalten werden. Ist eine Vorverzerrung nicht notwendig wird die Vorverzerrungseinheit überbrückt und das von der Prozessoreinheit bereitgestellte Basisbandsignal wird unverzerrt den Analog-Digital-Wandlern zugeführt.

[0069] Dieses Vorgehen beruht darauf, daß bei allen üblichen Mobilfunkstandards in gewissen Zeitabständen die Ausgangsleistung des mobilen Kommunikationsgeräts durch eine Basisstation nachgestellt wird, falls sich die äußeren Bedingungen währenddessen verändert haben sollten. Demzufolge ist der Prozessoreinheit **1** die notwendige Leistung bekannt. Nur wenn diese über einem bestimmten Grenzwert liegt und somit eine digitale Vorverzerrung benötigt wird, wird die Vorverzerrungseinheit **2** durch das Steuersignal CONT1 der Leistungskontrollregelung aktiviert. Durch geeignete Ausbildung der Versorgung des Endverstärkers mittels Anschlusses eines DC-DC-Wandler lassen sich verschiedene HF-Übertragungskennlinien auswählen. Sinnvollerweise wird der DC-DC-Wandler mit der Leistungskontrolleinheit **116** gekoppelt, so dass die Auswahl von der gefor-

deren Ausgangsleistung abhängt.

Bezugszeichenliste

1	Prozessoreinheit
2	Vorverzerrungseinheit
3	Digital-Analog-Wandler
4	Tiefpaßfilter
5	Vektormodulator
6	Regelbare Verstärkungseinrichtung
7	Bandpaßfilter
8	Verstärkungseinrichtung
9	Antenne
10	Oszillator
11	Digital-Analog-Wandler
12	Leistungssteuereinheit
13	Sensorschaltung
14	Komplexmultiplizierer
15	Koeffizientenmatrix, Speicher
16	Adressberechnungseinheit
18	Quadrierer
19	Kontrollschaltung
20	Multiplizierer
21, 22	Signalausgänge
23, 24	Steuereingänge
25, 26	Signaleingänge
27	Schalter
51, 52	Signaleingänge
53	Lokaloszillatoreingang
54	Ausgang
61	Steuereingang
121	Steuereingang
122, 123	Steuersignalausgänge
131	Steuersignalausgang
141, 142, 143, 144	Skalarmultiplizierer
145	Subtrahierer
146	Addierer
DAT1	Basisbandsignal
DAT2	verzerrtes Basisbandsignal
I, Q, I2, Q2	Basisbandsignalkomponenten
KOEFF1	Vorverzerrungskoeffizient
IK, QK	Komponenten des Verzerrungskoeffizienten
ADR	Adresssignal
CONT1, CONT2	Steuersignal
S1, S2	Frequenzspektr
OSC	Lokaloszillatorsignal
LS	Leistungssteuersignal

Patentansprüche

1. Sendeeinrichtung mit digitaler Vorverzerrung für mobile Kommunikationsgeräte, umfassend:
 – eine Prozessoreinheit (1) zur Bereitstellung einer ersten wertdiskreten Komponente (I) eines Basisbandsignals (DAT1) an einen ersten Ausgang und einer zweiten wertdiskreten Komponente (Q) des Basisbandsignals (DAT1) an einen zweiten Ausgang,

– eine mit den Ausgängen der Prozessoreinheit (1) verbundene Vorverzerrungseinheit (2) mit einem ersten und einem zweiten Eingang (25, 26) und mit einem ersten und einem zweiten Ausgang (21, 22),
 – die ein Mittel (17) zur Ermittlung eines einen komplexen Wert darstellenden Vorverzerrungskoeffizienten (KOEFF1) abhängig von einem Steuersignal (CONT1) an einem Steuereingang (23) des Mittels (17), von einem Pegel der an dem ersten Eingang (25) anliegenden ersten Komponente (I) und von einem Pegel der an dem zweiten Eingang (26) anliegenden zweiten Komponente (Q) aufweist,
 – die eine Multipliziereinheit (14) aufweist, die zur Abgabe eines aus der am ersten Eingang (25) anliegenden ersten Komponente (I), aus der am zweiten Eingang (26) anliegenden zweiten Komponente (Q) des Basisbandsignals (DAT1) und aus dem Vorverzerrungskoeffizienten (KOEFF1) abgeleiteten Ausgangssignals (DAT2) mit einer ersten wertdiskreten Komponente (I2) an den ersten Ausgang (21) und mit einer zweiten wertdiskreten Komponente (Q2) an den zweiten Ausgang (22) ausgebildet ist,
 – je eine mit den Ausgängen (21, 22) der Vorverzerrungseinheit verbundene Digital-Analog-Wandeleinrichtung (3),
 – eine Modulatoreinheit (5) mit einem Lokaloszillatoreingang (53) zur Zuführung eines Lokaloszillatorsignals (OSC), mit einem ersten Eingang (51) zur Zuführung eines ersten wertkontinuierlichen Signals, mit einem zweiten Eingang (52) zur Zuführung eines zweiten wertkontinuierlichen Signals, die jeweils mit einem Ausgang der Digital-Analog-Wandeleinrichtungen (3) gekoppelt sind, und mit einem Ausgang (54) zur Abgabe eines komplex modulierten Ausgangssignals,
 – eine Verstärkungseinrichtung (6) mit regelbarer Verstärkung, deren Eingang mit dem Ausgang (54) der Modulatoreinheit (5) verbunden ist;
dadurch gekennzeichnet, daß
 – die Vorverzerrungseinheit (2) ausgebildet ist, einen ersten oder einen zweiten einnehmbaren Betriebszustand einzunehmen und in dem ersten Betriebszustand zur Abgabe der am ersten Eingang (25) anliegenden ersten Komponente (I) am ersten Ausgang (21) und der am zweiten Eingang (26) anliegenden zweiten Komponente (Q) am zweiten Ausgang (22) ausgebildet ist und in dem zweiten Betriebszustand zur Abgabe der ersten und zweiten Komponente (I2, Q2) des abgeleiteten Ausgangssignals (DAT2) am ersten und am zweiten Ausgang (21, 22) ausgebildet ist,
 – die Vorverzerrungseinheit (2) durch das erste Steuersignal (CONT1) an dem Steuereingang (23) in den ersten oder in den zweiten Betriebszustand schaltbar ist und
 – eine Leistungssteuereinheit (12) mit einem Eingang (121) zur Zuführung eines wertdiskreten Leistungssteuersignals (LS) vorgesehen ist, die zur Bereitstellung eines ersten Steuersignals (CONT1) an einen ersten Ausgang (123) und eines zweiten Steuersig-

nals an einen zweiten Ausgang (122) ausgebildet ist, wobei der erste Ausgang (123) mit dem Steuereingang (23) der Vorverzerrungseinheit (2) und der zweite Ausgang (122) mit einem Steuereingang (61) der Verstärkungseinrichtung (6) gekoppelt ist;

– das Mittel (17) zur Ermittlung des Vorverzerrungskoeffizienten (KOEFF1) der Vorverzerrungseinheit (2) eine Speichervorrichtung (15) mit darin abgespeicherten Vorverzerrungskoeffizienten (KOEFF1) sowie eine Adressberechnungseinheit (16) umfasst, wobei die Adressberechnungseinheit (16) zur Erzeugung eines Adresssignals (ADR) für einen in der Speichervorrichtung (15) abgelegten Vorverzerrungskoeffizienten aus den Pegeln der ersten und der zweiten Komponente (I, Q) und dem Steuersignal (CONT1) am ersten Steuereingang (23) ausgebildet ist und die Speichervorrichtung (15) zur Bereitstellung des durch das Adresssignal (ADR) bestimmten Vorverzerrungskoeffizienten (KOEFF1) an die Multipliziereinheit (14) ausgebildet ist.

2. Sendeeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Steuersignal (CONT1) am ersten Ausgang (123) und das zweite Steuersignal am zweiten Ausgang (122) der Leistungssteuereinheit (12) als ein gleiches Steuersignal ausgebildet sind.

3. Sendeeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ausgang der Verstärkungseinrichtung (6) mit regelbarer Verstärkung mit einer zweiten Verstärkungseinrichtung (8) gekoppelt ist, die einen bekannten Verstärkungsfaktor aufweist.

4. Sendeeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine Sensorschaltung (13) zum Erfassen von Änderungen von Betriebsbedingungen der Sendeeinrichtung und zur Abgabe von aus den Betriebsbedingungen abgeleiteten Signalen an einen Ausgang (131) vorgesehen ist, der mit einem zweiten Steuereingang (24) der Vorverzerrungseinheit (2) gekoppelt ist, wobei das Mittel (15) zur Ermittlung des Vorverzerrungskoeffizienten abhängig von einem Signal am zweiten Steuereingang (24) ausgebildet ist.

5. Sendeeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorverzerrungskoeffizient (KOEFF1) eine inversen Signalübertragungsfunktion zumindest einer der der Verzerrungseinheit nachgeschalteten Verstärkungseinrichtung (6, 8) nachbildet.

6. Sendeeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Prozessoreinheit (1) zur Bereitstellung des Basisbandsignals (DAT1) ausgebildet ist, dessen erste Komponente (I) eine Inphasekomponente und dessen zweite Komponente (Q) eine Quadraturkomponente darstellt.

7. Sendeeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Prozessoreinheit (1) zur Bereitstellung des Basisbandsignals (DAT1) ausgebildet ist, dessen erste Komponente (I) eine Amplitude und dessen zweite Komponente (Q) eine Phase darstellt.

8. Sendeeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß dem Ausgang der Verstärkungseinrichtung (6) ein Detektor (28, 29) nachgeschaltet ist, der zur Erfassung einer Impedanzänderung ausgebildet und mit der Prozessoreinheit (1) zur Übertragung der Impedanzänderung gekoppelt ist.

9. Sendeeinrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (28, 29) einen Richtkoppler umfasst.

10. Sendeeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (28, 29) zur Erfassung eines ersten Amplitudenbetrags und einer ersten Phase eines von der Verstärkungseinrichtung (6) abgegebenen Signals und eines zweiten Amplitudenbetrags und einer zweiten Phase eines von einer dem Ausgang der Verstärkungseinrichtung (6) nachgeschalteten Schaltung (9) abgegebenen Signals ausgebildet ist.

11. Sendeeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (28, 29) zwischen die zweite Verstärkungseinrichtung (8) und eine Antenne (9) geschaltet ist.

12. Sendeeinrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (28, 29) zu einer Erfassung einer Impedanzänderung der Antenne (9) ausgebildet ist.

13. Sendeeinrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorverzerrungseinheit (2) ein Filter (4) mit einstellbarer Filterbandbreite nachgeschaltet ist, wobei das Filter (4) einen Stelleingang (404) umfasst, der mit der Prozessoreinheit (1) gekoppelt ist.

14. Verfahren zur Regelung einer Vorverzerrung eines wertdiskreten Signals (DAT1) in einer Sendeeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vorverzerrung nur bei Überschreiten eines Grenzwertes eines Pegels des Ausgangssignals der regelbaren Verstärkungseinrichtung (6) durch Multiplikation der ersten und der zweiten Komponente (I, Q) des Basisbandsignals (DAT1) mit einem von dem Pegel der ersten und der zweiten Komponente (I, Q) des Basisbandsignals (DAT1) und dem Steuersignal (CONT1) abhängigen komplexen Vorverzerrungskoeffizienten (KOEFF1) durchgeführt wird, wobei der Grenzwert durch das von der Leistungssteuereinheit (12) abgegebene

Steuersignal (CONT1) bestimmt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorverzerrungskoeffizient (KOEFF1) aus einer Menge von gespeicherten Vorverzerrungskoeffizienten ausgewählt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß durch Sensorschaltungen (13) der Sendeeinrichtung sich ändernde Betriebsbedingungen der Verstärkungseinrichtung (6, 8) ermittelt werden und daraus abgeleitete Stellsignale (CONT2) erzeugt werden und der für die Vorverzerrung verwendete Vorverzerrungskoeffizient (KOEFF1) unter Verwendung der Stellsignale (CONT2) ermittelt wird.

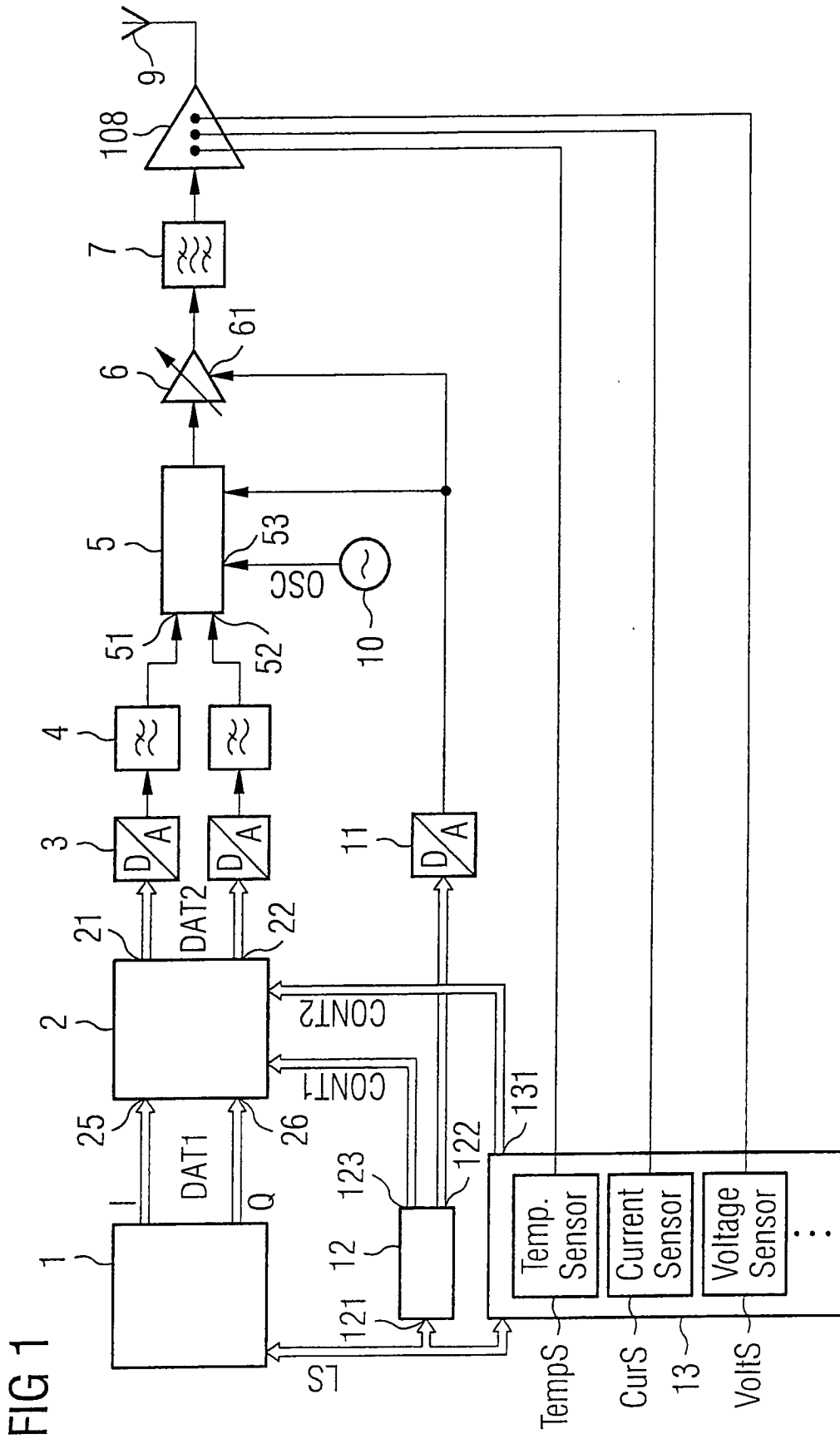
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß für die Vorverzerrung des Basisbandsignals (DAT1) verwendete Vorverzerrungskoeffizienten eine inverse Signalübertragungsfunktion zumindest einer der Verstärkungseinrichtung (6, 8) nachbilden.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß eine Impedanzänderung einer Antenne ermittelt wird und daraus ein Stellsignal (CONT2) erzeugt wird und der für die Vorverzerrung verwendete Vorverzerrungskoeffizient (KOEFF1) unter Verwendung des Signals (CONT2) ermittelt wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß ein Filter mit einer ersten und einer zweiten einstellbaren Filterbandbreite von der ersten Filterbandbreite auf die zweite Filterbandbreite bei einer Vorverzerrung umgeschaltet wird, wobei die zweite Filterbandbreite größer als die erste Filterbandbreite ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



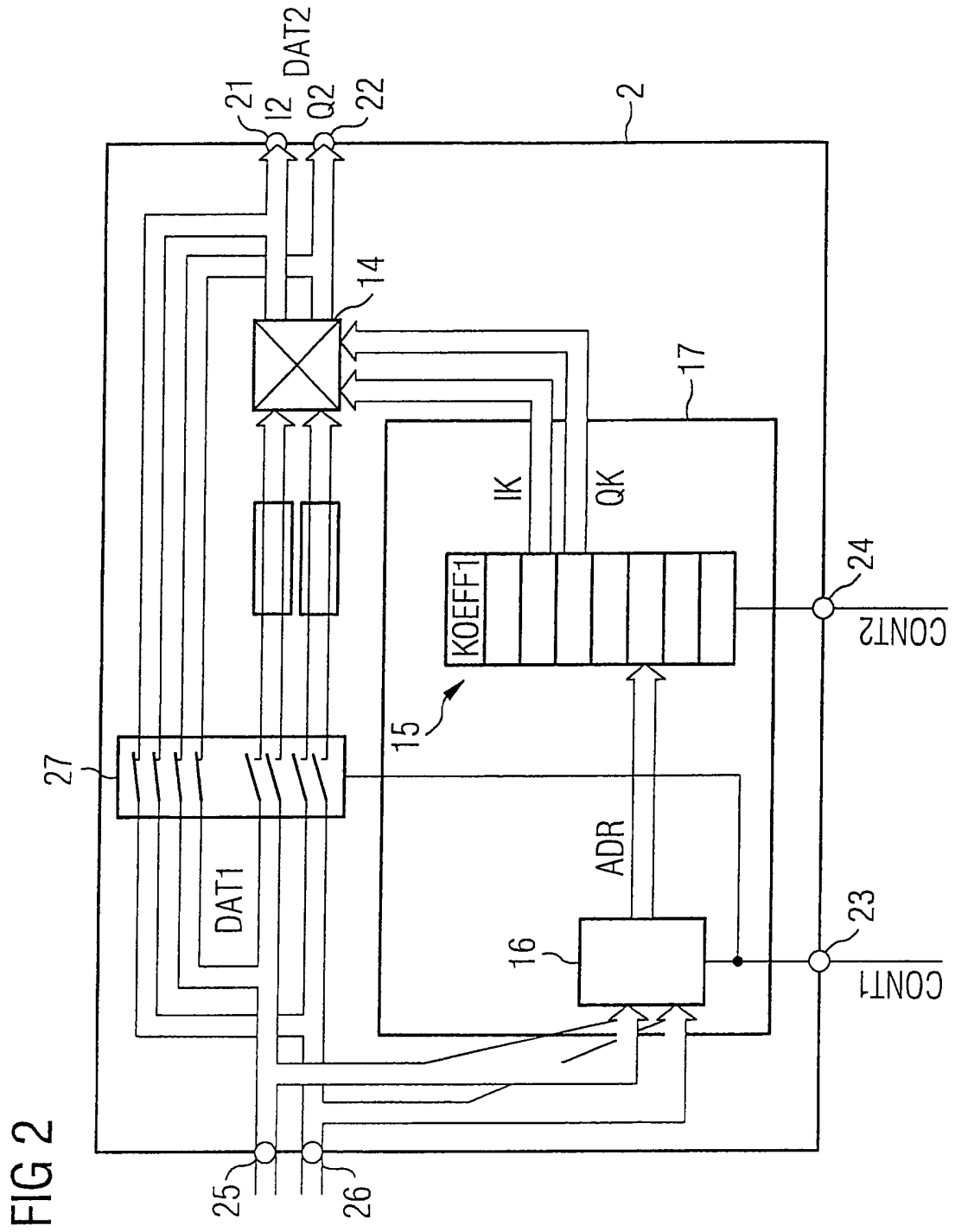


FIG 3

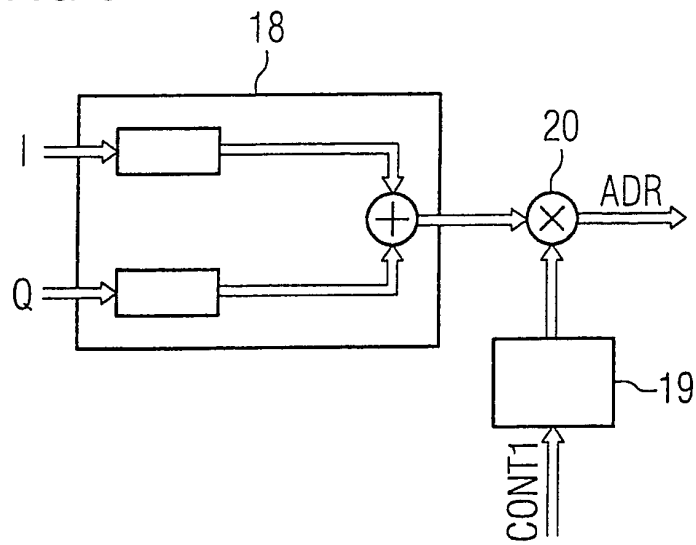


FIG 4

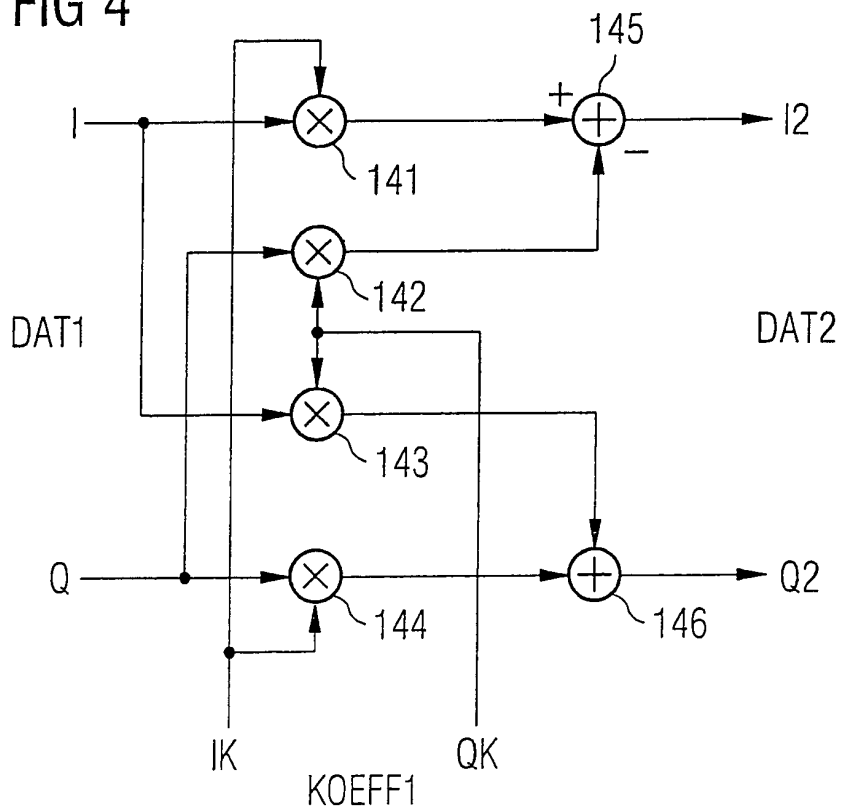


FIG 5

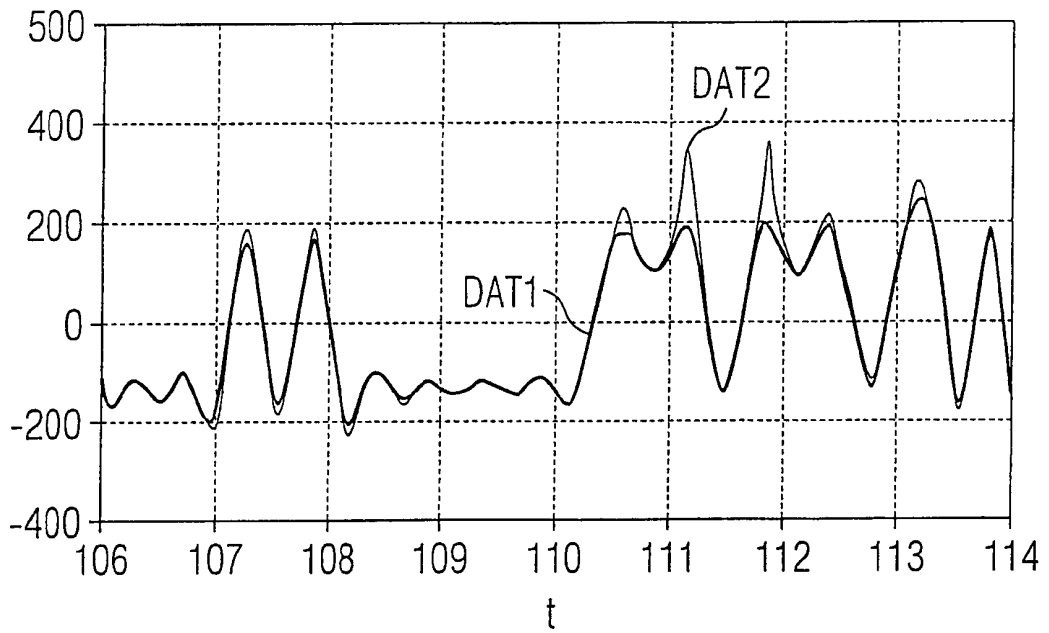


FIG 6

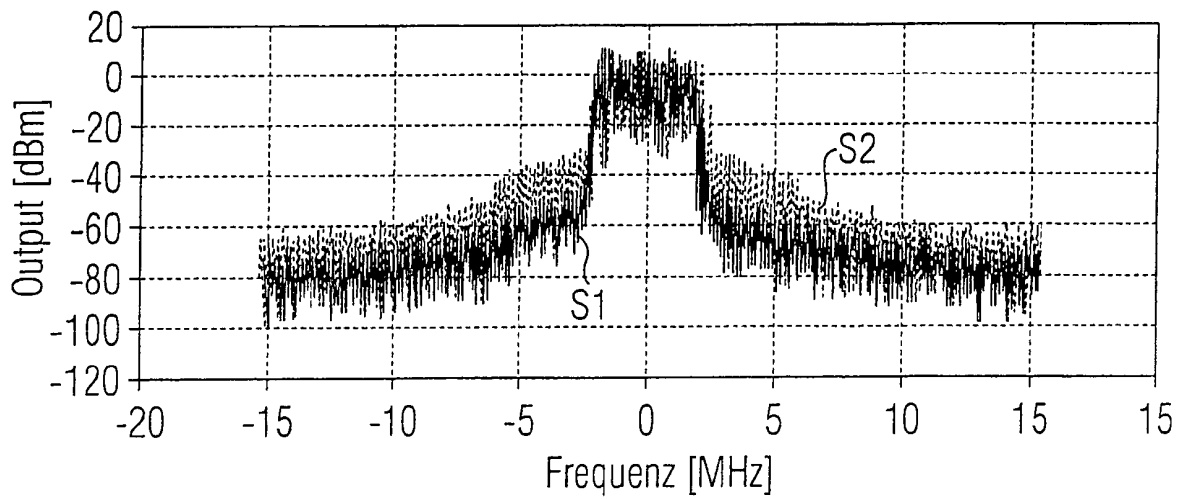


FIG 7

