



(10) **DE 10 2006 005 032 B4** 2018.06.28

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 005 032.0**
(22) Anmeldetag: **03.02.2006**
(43) Offenlegungstag: **16.08.2007**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **28.06.2018**

(51) Int Cl.: **H03G 3/30** (2006.01)
H03G 3/00 (2006.01)
H04J 11/00 (2006.01)

Innerhalb von neun 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).

(62) Teilung in:
10 2006 063 066.1

(73) Patentinhaber:
Intel Deutschland GmbH, 85579 Neubiberg, DE

(74) Vertreter:
**Lambsdorff & Lange Patentanwälte Partnerschaft
mbB, 81675 München, DE**

(72) Erfinder:
Rückriem, Reinhard, 81669 München, DE

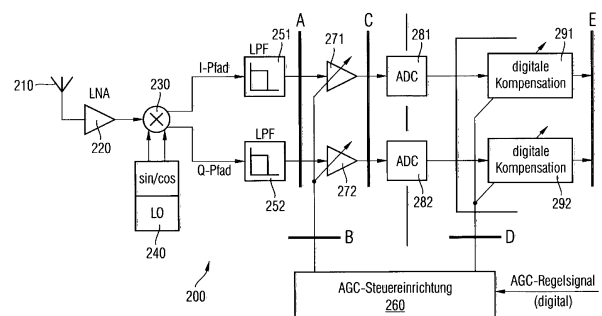
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	29 42 106	A1
US	5 808 575	A

(54) Bezeichnung: **Empfangsverfahren mit digitaler PegelEinstellung im Analogteil und stufenweiser Pegelveränderung im Digitalteil**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur automatischen PegelEinstellung eines OFDM-Empfangssignals in einer Empfangsvorrichtung, wobei das OFDM-Empfangssignal in Zeitschlitze unterteilt ist, bei welchem Verfahren

- in einem analogen Empfangsteil der Empfangsvorrichtung der Pegel eines OFDM-Empfangssignals um einen ersten Stellfaktor entsprechend einem ersten digitalen Pegelstellsignal verstell wird,
- das pegelverstellte Empfangssignal in ein digitales Empfangssignal umgewandelt wird, und
- in einem digitalen Empfangsteil der Empfangsvorrichtung das digitale Empfangssignal entsprechend einem zweiten digitalen Pegelstellsignal derart verändert wird, dass in Abhängigkeit von dem ersten digitalen Pegelstellsignal eine Mehrzahl von Pegelteilverstellungen in aufeinander folgenden Zeitabschnitten erzeugt wird, und wobei der Beginn eines Zeitabschnitts auf den Beginn eines Guard-Intervalls der OFDM-Zeitschlitzstruktur gelegt wird .



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen PegelEinstellung eines OFDM-Empfangssignals in einer Empfangsvorrichtung und eine Empfangsvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] In der **Fig. 1** ist ein vereinfachtes Blockschaltbild einer bekannten direkt mischenden Empfangsvorrichtung dargestellt. Diese direkt mischende Empfangsvorrichtung 100 weist einen analogen Empfängerteil und einen digitalen Empfängerteil auf. In dem analogen Empfängerteil ist eingangsseitig eine Antenne 10 zum Empfang eines analogen, digital modulierten Empfangssignals angeordnet. Ausgangsseitig der Antenne 10 wird das Empfangssignal einem rauscharmen Verstärker (LNA) 20 zugeführt. Das durch den rauscharmen Verstärker 20 verstärkte Empfangssignal wird einem Mischer 30 zugeführt, durch den das Empfangssignal in das Basisband gemischt wird. Zu diesem Zweck ist der Mischer 30 mit einem lokalen Oszillator 40 verbunden, durch welchen eine Schwingung mit einer Frequenz, welche der Trägerfrequenz des Empfangssignals entspricht, erzeugt und dem Mischer 30 in Form von zwei zueinander orthogonalen Schwingungen zugeführt wird. Das Empfangssignal wird somit durch den Mischer 30 in eine I- und eine Q-Signalkomponente aufgespalten. In dem I-Pfad wird die I-Komponente des Signals zunächst einem ersten Tiefpassfilter 51 zugeführt. Das Ausgangssignal des ersten Tiefpassfilters 51 wird einem ersten analog geregelten Verstärker (V_I) 61 zugeführt. Das Ausgangssignal des ersten Verstärkers 61 wird einem ersten Analog-/Digital-Wandler 71 zugeführt. Das Ausgangssignal des ersten Analog-/Digital-Wandlers 71 wird dem digitalen Empfangsteil 80 zugeführt. Die Q-Komponente des Ausgangssignals des Mixers 30 wird einem zweiten Tiefpassfilter 52 zugeführt. Das Ausgangssignal des zweiten Tiefpassfilters 52 wird einem zweiten analog geregelten Verstärker (V_Q) 62 zugeführt. Das Ausgangssignal des zweiten Verstärkers 62 wird einem zweiten Analog-/Digital-Wandler zugeführt. Das Ausgangssignal des zweiten Analog-/Digital-Wandlers 72 wird ebenso dem digitalen Empfangsteil 80 zugeführt.

[0003] Für die Empfangsvorrichtung wird eine analoge Verstärkungs- oder Pegelregelung (AGC, Automatic Gain Control) durchgeführt. Zu diesem Zweck wird an geeigneter Stelle des gesamten Empfangssignalfades ein Empfangssignalpegel, etwa durch eine RSSI-Messung, bestimmt und aus diesem Empfangssignalpegel ein Regelsignal erzeugt. Dieses Regelsignal wird den Verstärkern 61 und 62 als analoges PegelEinstellungssignal zugeführt.

[0004] Die Güte der Empfangseigenschaften eines direkt mischenden Empfängers ist wesentlich von der erreichbaren Symmetrie zwischen dem I- und Q-Pfad abhängig. Ein spezielles Problem ist hierbei der Gleichlauf der regelbaren Verstärker 61 und 62. Wie in der **Fig. 1** dargestellt, werden im Stand der Technik zum einen analog regelbare Verstärker 61 und 62 eingesetzt. Mit dem zunehmenden Einsatz der CMOS-Technologie anstelle der Bipolar-Technologie als zugrunde liegende Schaltkreis-Technologie wird jedoch der Einsatz analog geregelter Verstärker immer aufwändiger, da die CMOS-Transistoren untereinander nicht im ausreichendem Maße mit konstant guten Qualitätsmerkmalen herstellbar sind. Damit ist ein Gleichlauf der Verstärker schwierig zu erreichen.

[0005] Ein weiterer Lösungsansatz des Standes der Technik ist die Verwendung digital gestellter Regelverstärker. Generell ergeben sich dabei abhängig von der Modulationsart recht hohe Anforderungen an die Quantisierung der digitalen Stellgröße (z.B. OFDM/QAM64 für DVB-T/H). Falls erforderlich oder gewünscht kann die digitale Pegelregelung mit einer Auflösung in einem Bereich von zehntel dB erfolgen. Ein Nachteil ist jedoch ein gesteigerter Implementierungsaufwand bei einer digitalen Pegelregelung.

[0006] In der Druckschrift DE 29 42 106 A1 wird ein automatischer Verstärkungsregelkreis mit einem analogen und einem digitalen Verstärkungs-Einstellabschnitt beschrieben. Der Verstärkungsregelkreis weist Schaltungsmittel zur Erzeugung eines ersten und eines zweiten Regelsignals auf, die bei der Einstellung der Verstärkung zusammenwirken, wobei sowohl in dem analogen als auch in dem digitalen Verstärkungs-Einstellabschnitt eine Verstärkung erzeugt wird, um eine gewünschte Gesamtverstärkung zu erzeugen. Dabei wird eine grobe inkrementelle AnalogEinstellung und eine feine inkrementelle Einstellung über einen kontinuierlichen Verstärkungsbereich um die gewünschte Verstärkung herum zusammen von dem ersten und dem zweiten Regelsignal erzeugt.

[0007] In der Druckschrift US 5808575 A wird eine Vorrichtung zum Verändern der Verstärkung beschrieben, welche einen Nulldurchgangsdetektor zum Detektieren eines Nulldurchgangs oder einer Umgebung davon in einem analogen oder digitalen Eingangssignal umfasst, ferner einen Analogverstärkungseinsteller zum Verändern der Verstärkung des analogen Eingangssignals und einen Digitalverstärkungseinsteller zum Verändern der Verstärkung des digitalen Eingangssignals. Das Timing zur Variation der Verstärkung des analogen oder

digitalen Signals in jedem Verstärkungseinsteller wird entsprechend der Nulldurchgangserkennung festgelegt, so dass ein sanftes Umschalten im Gain-Variationsbetrieb ohne hörbares Rauschen realisiert werden kann.

[0008] Es ist demgemäß Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur automatischen Pegeleinstellung eines Empfangssignals in einer Empfangsvorrichtung anzugeben, mit welchem eine aufwandsarme digitale automatische Pegeleinstellung ermöglicht wird.

[0009] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand von Unteransprüchen und nebengeordneten Ansprüchen.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt ein Gedanke zugrunde, wonach der Implementierungsaufwand bei der Pegelregelung von dem analogen Empfangsteil zu dem digitalen Empfangsteil der Empfangsvorrichtung verschoben werden soll. In dem analogen Empfangsteil wird eine digitale Pegeleinstellung nur noch in relativ groben Sprüngen durchgeführt, um Implementierungsaufwand zu sparen. Dafür wird jedoch in einem digitalen Empfangsteil der Empfangsvorrichtung der von dem analogen Empfangsteil ankommende Pegelsprung in eine Anzahl kleiner aufeinander folgender Pegelsprünge zerlegt. Dadurch wird der Stellaufwand im analogen Empfangsteil reduziert und stattdessen wird im digitalen Empfangsteil, in welchem dies mit verhältnismäßig geringem Aufwand möglich ist, eine zeitliche Glättung der gelieferten groben Pegelsprünge herbeigeführt.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren schafft somit die Grundlage dafür, dass in einer Empfangsvorrichtung, welche eine Mehrzahl von Signalverarbeitungspfaden aufweist, ein Gleichlauf der Pegeleinstellung zwischen den Signalverarbeitungspfaden mit vertretbarem Implementierungsaufwand erreicht werden kann. Erreicht wird dies zum einen durch digital geregelte Verstärker in den einzelnen Signalverarbeitungspfaden und zum anderen durch eine gleichlaufende Pegelregelung in relativ grossen Stufen (Makrostufen) im Analogteil, die nach der erfolgten Analog-/Digital-Wandlung im Digitalteil in aufeinander folgende relativ kleine Stufen (Mikrostufen) zerlegt und somit zeitlich gedehnt werden.

[0012] Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf Mobil-Funkempfänger, insbesondere direkt mischende Mobil-Funkempfänger, und die darin enthaltenen I- und Q-Signalverarbeitungspfade. Die Erfindung bezieht sich jedoch ebenso auf Verfahren und Vorrichtungen aller Art, bei denen ein Signal für die Weiterverarbeitung in zwei oder mehr parallele Signalverarbeitungspfade aufgespalten wird und in diesen Signalverarbeitungspfaden eine möglichst gleichlaufende Verstärkungs- oder Pegelregelung durchgeführt wird. Beispielhaft ist hier an die Audio-Signalverarbeitung zu denken, bei der ein Gleichlauf zwischen rechts und links bei der Stereosignalverarbeitung oder generell zwischen mehreren Tonsignalpfaden erreicht werden soll.

[0013] Der Begriff Empfangsvorrichtung soll demnach in einem umfassenden Sinne verstanden werden und nicht nur als Empfangsvorrichtung für den Empfang von über eine Luftschnittstelle übertragenen Signalen. Vielmehr soll darunter generell eine Signalverarbeitungs-Vorrichtung verstanden werden, welche Signale von einer anderen Einrichtung erhält und weiterverarbeitet.

[0014] Die Erfindung bezieht sich auf OFDM-Empfänger, insbesondere in der Ausgestaltung als direkt mischende Empfänger. In diesen wird das Empfangssignal durch einen Mischer direkt in das Basisband gemischt und in einen Inphase- und einen Quadratur-Zweig aufgespalten, in denen die Empfangssignale zueinander orthogonal sind. Die Erfindung ermöglicht es, dass die Signale in den beiden Signalpfaden gleichlaufend pegeleingestellt werden können.

[0015] Eine weitere Anwendung bezieht sich beispielsweise auf Audiosignal-verarbeitende Einrichtungen, in denen eine Aufspaltung auf zwei (Stereo) oder auch mehr Signalverarbeitungspfade vorgenommen werden kann. Auch bei derartigen Einrichtungen ermöglicht die Erfindung einen Gleichlauf der Pegeleinstellungen in den vorhandenen Signalverarbeitungspfaden.

[0016] In bevorzugter Weise wird in dem Verfahrensschritt c. das digitale Empfangssignal zunächst in einem ersten Zeitabschnitt um einen zweiten Stellfaktor verstellt, dessen Regelverstellung zu der des erste Stellfaktors entgegengerichtet ist. Anschließend wird in den dem ersten Zeitabschnitt folgenden Zeitabschnitten der zweite Stellfaktor stufenweise bis auf einen Wert 0 verringert.

[0017] In dem ersten Zeitabschnitt wird der Pegelsprung des Verfahrensschritts a. vorzugsweise auf eine Pegelteilstufe kompensiert, sodass in dem ersten Zeitabschnitt im Ergebnis am Ausgang des zweiten Verstärkers das um eine Pegelteilstufe pegelveränderte Eingangssignal des ersten Verstärkers auftritt. In den weiteren Zeitabschnitten wird der zweite Stellfaktor stufenweise immer weiter verringert, sodass im Ergebnis die in

dem Verfahrensschritt a. aufgeprägte Pegelverstellung stufenweise immer stärker an Gewicht gewinnt und im letzten Zeitabschnitt, wenn der zweite Stellfaktor den Wert 0 einnimmt, schließlich vollständig die Oberhand gewinnt.

[0018] Falls somit im Verfahrensschritt a. eine echte Signalverstärkung durchgeführt wird, bedeutet dies, dass im Verfahrensschritt c. eine Signalabschwächung durchgeführt wird, die im ersten Zeitabschnitt der Signalverstärkung des Verfahrensschritts a. entgegenwirkt und in den anschließenden Zeitabschnitten stufenweise immer weiter bis auf den Wert 0 zurückgenommen wird, sodass schließlich im letzten Zeitabschnitt die durch den Verfahrensschritt a. vorgegebene Signalverstärkung keine Abschwächung mehr erfährt.

[0019] Umgekehrt kann ebenfalls vorgesehen sein, dass im Verfahrensschritt a. eine Signalabschwächung durchgeführt wird. In diesem Fall wird im Verfahrensschritt c. in der Weise gegengesteuert, indem anfänglich im ersten Zeitabschnitt eine Signalverstärkung erfolgt, die der Signalabschwächung des Verfahrensschritts a. entgegenwirkt und in den nachfolgenden Zeitabschnitten stufenweise zurückgenommen wird, sodass im letzten Zeitabschnitt die vorgegebene Signalabschwächung unverfälscht den Ausgang des zweiten Verstärkers erreicht.

[0020] Es ist vorzugsweise vorgesehen, dass im Verfahrensschritt a. eine automatische Regelung der PegelEinstellung derart erfolgt, dass ein Empfangssignalpegel ermittelt und aus diesem ein Regelsignal für die Erzeugung des ersten digitalen Pegelstellsignals erzeugt wird. Der Empfangssignalpegel kann beispielsweise an geeigneter Stelle der Empfangsvorrichtung durch eine RSSI-Messung ermittelt werden. In an sich bekannter Weise wird das Regelsignal einer Steuereinrichtung zugeführt, welche durch Vergleich der Regelgröße mit bestimmten voreingestellten Schwellwerten als Ausgangssignal das erste digitale Pegelstellsignal erzeugt, mit welchem dann der Pegel des-Empfangssignals um den ersten Stellfaktor verstellt wird.

[0021] Wenn die Empfangsvorrichtung eine Vorrichtung zum Empfang von über eine Luftschnittstelle übertragenen Funkübertragungsdaten ist, so kann das mit einer Antenne empfangene analoge Empfangssignal mit einer Frequenz eines lokalen Oszillators gemischt und anschließend in einen Inphase- und einen Quadratur-Pfad aufgespalten werden. Insbesondere kann das Signal direkt in das Basisband gemischt werden. Durch die Tatsache, dass im Verfahrensschritt a. die Pegel des analogen Empfangssignals in dem I-Pfad und in dem Q-Pfad auf der Basis ein und desselben ersten digitalen Pegelstellsignals verstellt werden können, wird der Gleichlauf der beiden Signalverarbeitungspfade gewährleistet. Das erste digitale Pegelstellsignal ist ein digitales Stellwort, welches einem digital verstellbaren Verstärker zugeführt wird. Für einen Gleichlauf sind in den Signalverarbeitungspfaden baugleiche digital regelbare Verstärker einzusetzen. Der Aufbau derartiger digital verstellbarer Verstärker ist an sich bekannt und braucht hier nicht weiter erörtert zu werden.

[0022] Ein Vorteil der Erfindung liegt darin, dass in dem Verfahrensschritt a. die Auflösung der digitalen automatischen PegelEinstellung reduziert werden kann. Es kann z.B. vorgesehen sein, dass das ausgegebene erste digitale Pegelstellsignal nur noch in Stufen von 0,5 dB oder mehr verändert wird. Eine obere Grenze ergibt sich durch den Arbeitsbereich (Headroom) des verwendeten Analog-/Digital-Wandlers. Für die Analog-/ Digital-Wandler werden in zunehmendem Maße Sigma-/Delta-Wandler anstelle der bisher üblichen Flash-Wandler eingesetzt. Mit Sigma-/Delta-Wandlern kann ein Headroom von 20 dB erreicht werden, sodass eine Abstufung im Verfahrensschritt a. von 10 dB möglich wäre. Die Anzahl der Pegelstellvorgänge wird dadurch drastisch reduziert, sodass auch die Anzahl der durch die Stellvorgänge erzeugten Störtransienten reduziert wird. Aufgrund der geringeren Anzahl von Pegelstufen reduziert sich auch der Schaltungsaufwand für die digital verstellbaren Verstärker.

[0023] Im Verfahrensschritt c. können dann die digitalen Empfangssignale in dem I-Pfad und in dem Q-Pfad in baugleichen digital verstellbaren Verstärkern entsprechend ein und demselben zweiten digitalen Pegelstellsignal verändert werden. Hier werden wie oben bereits erläutert die groben Verstellstufen des Verfahrensschritts a. in zeitlich aufeinander folgende kleine Pegelstufen zerlegt.

[0024] Da das Empfangssignal in Zeitschlitze unterteilt ist, so bietet es sich an, im Verfahrensschritt c. den Beginn und/oder das Ende eines Zeitabschnitts in einer vorbestimmten zeitlichen Relation zu den Zeitschlitzen oder Zeitschlitzzgrenzen des Empfangssignals festzulegen. Erfindungsgemäß wird der Beginn eines Zeitabschnitts auf den Beginn eines Guard-Intervalls der OFDM-Zeitschlitzzstruktur gelegt.

[0025] Die Pegelstellvorgänge sind vorzugsweise dB-linear, sodass die relative Regeländerung konstant ist. In dB ausgedrückt, weisen der erste und der zweite Pegelstellfaktor stets umgekehrte Vorzeichen auf.

[0026] Eine erfindungsgemäße Empfangsvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens enthält einen analogen Empfangsteil, mindestens einen Analog-/Digital-Wandler und einen digitalen Empfangsteil, sowie mindestens einen ersten Verstärker im analogen Empfangsteil, dessen Verstärkung durch ein erstes digitales Pegelstellsignal einstellbar ist, mindestens einen zweiten Verstärker im digitalen Empfangsteil, dessen Verstärkung durch ein zweites digitales Pegelstellsignal einstellbar ist, und eine Steuereinrichtung zur Erzeugung des ersten und zweiten digitalen Pegelstellsignals.

[0027] Wenn als Empfangsvorrichtung eine Funk-Empfangsvorrichtung für drahtlose Kommunikationssysteme verwendet wird, so kann diese einen Mischer aufweisen, in dem aus dem analogen Empfangssignal eine herabgemischte Inphase- und Quadratur-Komponente erzeugt und zwei Ausgängen zugeführt werden. Im Analogteil der Empfangsvorrichtung können dann in dem I-Pfad und dem Q-Pfad erste Verstärker angeordnet sein, die jeweils mit einem ersten Ausgang der Steuereinrichtung für die Zufuhr des ersten digitalen Pegelstellsignals verbunden sind.

[0028] Des Weiteren können dann in dem Digitalteil der Empfangsvorrichtung jeweils zweite Verstärker in dem I-Pfad und dem Q-Pfad angeordnet sein, die jeweils mit einem zweiten Ausgang der Steuereinrichtung für die Zufuhr des zweiten digitalen Pegelstellsignals verbunden sind.

[0029] Die Steuereinrichtung kann ferner einen Eingang für die Zufuhr eines aus einem Empfangssignalpegel, wie einem RSSI-Signal, erzeugten Regelsignals aufweisen.

[0030] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungsfiguren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Empfangsvorrichtung, mit automatischer Pegelregelung nach dem Stand der Technik;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Empfangsvorrichtung gemäss eines Ausführungsbeispiels der Erfindung als Funkempfangsvorrichtung;

Fig. 3 die zeitlichen Verläufe der an den Punkten A - E der Empfangsvorrichtung der **Fig. 2** auftretenden Signale (in dB).

[0031] In der **Fig. 2** ist eine Empfangsvorrichtung **200** zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens schematisch dargestellt. Über eine Antenne **210** wird ein Signal, beispielsweise ein OFDM-Signal empfangen und anschließend einem rauscharmen Verstärker (LNA) **220** zugeführt. Von dem Ausgang des rauscharmen Verstärkers **220** wird das Signal einem Mischer **230** zugeführt, in welchem das trägerfrequente Empfangssignal direkt in das Basisband gemischt wird. Zu diesem Zweck ist der Mischer **230** mit einem lokalen Oszillator **240** verbunden, welcher dem Mischer **230** eine Inphase- und eine dazu orthogonale Quadratur-Komponente einer trägerfrequenten Schwingung liefert. Der Mischer **230** hat zwei Ausgänge und liefert an einen ersten Ausgang eine Inphase-Komponente des in das Basisband gemischten Signals und an einen zweiten Ausgang eine Quadratur-Komponente des in das Basisband gemischten Signals. Anschließend werden die Signale in jedem der beiden Signalverarbeitungspfade an Tiefpassfilter **251** und **252** geliefert, um noch vorhandene höhere Frequenzen abzuschneiden. Der Ausgang der Tiefpassfilter **251** und **252** ist mit dem Buchstaben A gekennzeichnet. In der **Fig. 3A** ist ein beispielhafter zeitlicher Verlauf eines Signals an dieser Stelle gezeigt. Es wird angenommen, dass an der Position A das Signal dB-linear abnimmt.

[0032] An geeigneter Stelle der Empfangsvorrichtung wird ein Empfangssignalpegel, beispielsweise in Form einer RSSI-Messung bestimmt und daraus ein digitales Regelsignal erzeugt, welches einer AGC-Steuereinheit **260** zugeführt wird. Wenn der Eingangspegel bestimmte Schwellwerte unterschreitet, wird durch die Regelung veranlasst, dass von der AGC-Steuereinrichtung **260** ein neues digitales Pegelstellsignal ausgegeben wird. Dieses digitale Pegelstellsignal ist in der **Fig. 2** mit dem Punkt B gekennzeichnet und entsprechend in der **Fig. 3** als Zeitdiagramm in dem gewählten Ausführungsbeispiel dargestellt. In dem gewählten Ausführungsbeispiel ist eine Regelung mit einer Auflösung von 2 dB vorgesehen, sodass bei einer Abnahme des Eingangspegels von 2 dB ein neues digitales Pegelstellsignal erzeugt wird, welches eine Verstärkung von 2 dB bewirkt. Das digitale Pegelstellsignal wird ersten Verstärkern **271** und **272** zugeführt, die jeweils in dem I- und dem Q-Pfad des Analogteils der Empfangsvorrichtung **200** angeordnet sind. Die Pegelverstellung ist in diesem Ausführungsbeispiel eine echte Verstärkung, da dem sinkenden Empfangssignalpegel entgegengewirkt werden muss. Das Ausgangssignal der Verstärker **271** und **272** ist mit dem Buchstaben C bezeichnet und in der **Fig. 3C** in Form eines Zeitdiagramms dargestellt. Die gewählte Auflösung der automatischen Pegelkontrolle beträgt 2 dB. Es kann natürlich auch je nach gewünschtem Implementierungsaufwand entweder eine etwas höhere Auflösung, etwa mit 0,5 dB, oder eine noch niedrigere Auflösung, etwa mit 3 dB, vorgesehen sein. Die geringst mögliche

Auflösung wird durch den Arbeitsbereich (Headroom) der Analog-/Digital-Wandler **281** und **282** vorgegeben. Wenn dieser beispielsweise 20 dB beträgt, so kann die Auflösung theoretisch auch bei lediglich 10 dB liegen. Bei dem gewählten Ausführungsbeispiel von 2 dB Auflösung jedenfalls ist der im Digitalteil der Empfangsvorrichtung nach dem Punkt E angeschlossene digitale Demodulator nicht in der Lage, einen Pegelsprung von 2 dB, insbesondere bei Modulationsverfahren wie QAM **64**, fehlerfrei zu verarbeiten, sodass eine Zerlegung dieses Pegelsprungs auch unter diesem Gesichtspunkt vorteilhaft ist

[0033] In dem I- und dem Q-Signalverarbeitungspfad sind jeweils Analog-/Digital-Wandler **281** und **282** angeordnet, durch die die analogen Signale in digitale Signale gewandelt werden. Die Ausgänge der A/D-Wandler **281** und **282** sind mit dem Digitalteil der Empfangsvorrichtung verbunden. In diesem sind zweite Verstärker **291** und **292** enthalten, in denen die erfindungsgemäße Zerlegung der Pegelstufe in Pegelstufen während Zeitabschnitten durchgeführt wird. Der Ausgang des A/D-Wandlers **281** ist mit dem Eingang des Verstärkers **291** verbunden, während der Ausgang des A/D-Wandlers **282** mit dem Eingang des Verstärkers **292** verbunden ist. In der AGC-Steuereinrichtung **260** wird ein zweites digitales Pegelstellsignal erzeugt und an beide Verstärker **291** und **292** abgegeben, um das digitale Empfangssignal in der gewünschten Weise zu verändern. Das zweite digitale Pegelstellsignal ist an dem Punkt D der Schaltung der **Fig. 2** vorhanden und entsprechend in der **Fig. 3D** in seiner Zeitabhängigkeit dargestellt. Jede einzelne Pegelstufe weist eine Höhe von 0,4 dB auf. Im ersten Zeitabschnitt wird zunächst eine Pegelverstellstufe erzeugt, die der zuvor im Analogteil vorgenommenen Pegelverstellung entgegengerichtet ist, wobei betragsmäßig bereits während dem ersten Zeitabschnitt eine Pegelstufe abgezogen wird. Da im vorliegenden Ausführungsbeispiel im Analogteil eine Verstärkung von 2 dB (erster Stellfaktor +2 dB) erzeugt wurde, wird im Digitalteil im ersten Zeitabschnitt eine Abschwächung um -1,6 dB (zweiter Stellfaktor -1,6 dB) vorgenommen. In den darauf folgenden Zeitabschnitten wird diese Abschwächung stufenweise um Pegelstufen von 0,4 dB Stufenhöhe bis auf den Wert **0** verringert. Nimmt man die Pegelstellungen der beiden ersten Verstärker **291**, **292** und der beiden zweiten Verstärker **291**, **292** zusammen, so ergibt sich somit eine Verstärkung, die in Stufen von 0,4 dB entsprechend der in **Fig. 3D** gezeigten Zeitabschnitte auf einen Wert **2** dB ansteigt, um somit dem Absinken des Empfangssignalpegels im Punkt A entgegenzuwirken. Das Ausgangssignal der zweiten Verstärker **291**, **292** im Punkt E ist in der **Fig. 3E** im Zeitdiagramm dargestellt.

[0034] Die Wahl der Stufenhöhe im Verfahrensschritt c. und der Länge der Zeitabschnitte wird durch die Steuereinrichtung **260** nach Maßgabe der Eigenschaften des Kanals vorgenommen. Bei einem schnell veränderlichen Kanal erfolgt die Pegelveränderung im Digitalteil, d.h. die Rückführung des zweiten digitalen Pegelstellsignals auf den Wert 0dB relativ rasch, während bei einem stationären Kanal mit der Pegelveränderung entsprechend langsam gefolgt wird. Es kann vorgesehen sein, dass in der Steuereinrichtung **260** eine Tabelle angelegt wird, in der abhängig von bestimmten Kanalparametern die Länge der Zeitabschnitte, die Höhe der Pegelstufen und die Anzahl der Zeitabschnitte bzw. Pegelstufen zu wählen sind.

[0035] Im Folgenden werden zwei weitere Ausführungsbeispiele für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand der Spannungspegel (in mV) und dB-Werte in numerischer Form dargestellt.

[0036] Für diese zwei Beispiele gelten die folgenden Parameter und Konstanten:

Eingangspegel 100 (z.B. in mV)

AGC-Stufe 1 dB (Anstieg = 1,122, Abfall = 0,8913)

Anzahl der Mikrosten = 3

Pegelstufen: 0,25 0,50 0,75 dB

Koeffizienten-Inkrement: 1,0292 1,0593 1,0902

Koeffizienten-Dekrement: 0,9716 0,9441 0,9173

[0037] Beispiel 1: AGC-PegelEinstellung verstärkt den Pegel um 1 dB

Phase **1** (vor der Pegelneueinstellung) Eingangspegel beträgt 100 Ausgangspegel beträgt 100

Phase **2** (AGC-PegelEinstellung erhöht den Pegel um 1 dB) Eingangssignal ist $100 \cdot 1,122 = 112,2$ → Signal am Ausgang des Analogteils Aufgabe der Stufenkompensation: erzeuge einen sanften Übergang von 100 zu 112,2 Stufenkompensation

Mikrostufe 1

Kompensations-Pegel -0,75 dB (0,9173)

Ausgang = $112,2 \cdot 0,9173 = 102,92$ **Mikrostufe 2**

Kompensations-Pegel -0,5 dB (0,9441)

Ausgang = $112,2 \cdot 0,9441 = 105,93$ **Mikrostufe 3**Kompensations-Pegel -0,25 dB (0,9716) Ausgang = $112,2 \cdot 0,9716 = 109,01$ **Finale Stufe**

Kompensations-Pegel 0,0 dB (1,0)

Ausgang = $112,2 \cdot 1,0 = 112,2$

[0038] Im Ergebnis wird somit die folgende Pegelsequenz an dem Ausgang des Kompensators erzeugt:

100	vor der Stufe
102,92	nach der ersten Stufe
105,93	nach der zweiten Stufe
109,01	nach der dritten Stufe
112,2	Endresultat

[0039] Somit wird ein sanfter Übergang zwischen 100 und 112,2 bereitgestellt.

[0040] Beispiel 2: AGC-Pegeleinstellung verringert den Pegel um 1 dB

Phase 1 (vor der AGC-Pegeleinstellung) Eingangssignal beträgt 100 Ausgangssignal beträgt 100

Phase 2 (AGC-Pegeleinstellung verringert den Pegel um 1 dB) Eingangssignal beträgt $100 \cdot 0,8913 = 89,13$ → Signal am Ausgang des Analogteils Aufgabe der Stufenkompensation: Erzeuge sanften Übergang von 100 zu 89,13 Stufenkompensation

Mikrostufe 1 Kompensations-Pegel +0,75 dB (1,0902) Ausgang = $89,13 \cdot 1,0902 = 97,17$

Mikrostufe 2 Kompensations-Pegel +0,5 dB (1,0593) Ausgang = $89,13 \cdot 1,0593 = 94,42$

Mikrostufe 3 Kompensations-Pegel +0,25 dB (1,0292) Ausgang = $89,13 \cdot 1,0292 = 91,73$

finale Stufe (MUX wird zur Durchleitung zurückgeschaltet) Kompensations-Pegel 0,0 dB = 1,0 Ausgang = $89,13 \cdot 1,0 = 89,13$

[0041] Im Ergebnis wird somit die folgende Pegelsequenz an dem Ausgang des Kompensators erzeugt:

100	vor der Stufe
97,17	nach der ersten Stufe
94,42	nach der zweiten Stufe
91,73	nach der dritten Stufe
89,13	Endresultat

[0042] Im Ergebnis wird ein sanfter Übergang zwischen 100 und 89,13 erzielt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Pegeleinstellung eines OFDM-Empfangssignals in einer Empfangsvorrichtung, wobei das OFDM-Empfangssignal in Zeitschlitze unterteilt ist, bei welchem Verfahren

- in einem analogen Empfangsteil der Empfangsvorrichtung der Pegel eines OFDM-Empfangssignals um einen ersten Stellfaktor entsprechend einem ersten digitalen Pegelstellsignal verstellt wird,
- das pegelverstellte Empfangssignal in ein digitales Empfangssignal umgewandelt wird, und

c. in einem digitalen Empfangsteil der Empfangsvorrichtung das digitale Empfangssignal entsprechend einem zweiten digitalen Pegelstellsignal derart verändert wird, dass in Abhängigkeit von dem ersten digitalen Pegelstellsignal eine Mehrzahl von Pegelteilverstellungen in aufeinander folgenden Zeitabschnitten erzeugt wird, und wobei der Beginn eines Zeitabschnitts auf den Beginn eines Guard-Intervalls der OFDM-Zeitschlitzstruktur gelegt wird .

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - im Verfahrensschritt c. das digitale Empfangssignal in einem ersten Zeitabschnitt um einen zweiten Stellfaktor verstellt wird, dessen Pegelverstellung zu der des ersten Stellfaktors entgegengerichtet ist, und
 - in den dem ersten Zeitabschnitt folgenden Zeitabschnitten der zweite Stellfaktor stufenweise bis auf einen Wert 0 verringert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - im Verfahrensschritt a. ein Empfangssignalpegel ermittelt und aus diesem ein Regelsignal für die Erzeugung des ersten digitalen Pegelstellsignals erzeugt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - das OFDM-Empfangssignal ein analoges Empfangssignal aufweist, welches mit einer Frequenz eines lokalen Oszillators gemischt und anschließend in einen Inphase-(I-) und einen Quadratur-(Q-) Pfad aufgespalten wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - im Verfahrensschritt a. die Pegel des analogen Empfangssignals in dem I-Pfad und in dem Q-Pfad auf der Basis ein und desselben ersten digitalen Pegelstellsignals verstellt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - im Verfahrensschritt c. die digitalen Empfangssignale in dem I-Pfad und in dem Q-Pfad entsprechend ein und demselben zweiten digitalen Pegelstellsignal verändert werden.

7. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - das Empfangssignal direkt in das Basisband gemischt wird.

8. Empfangsvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, mit
 - einem analogen Empfangsteil, mindestens einem Analog-/ Digital-Wandler (281, 282), und einem digitalen Empfangsteil,
 - mindestens einem ersten Verstärker (271, 272) im analogen Empfangsteil, dessen Verstärkung durch ein erstes digitales Pegelstellsignal einstellbar ist,
 - mindestens einem zweiten Verstärker (291, 292) im digitalen Empfangsteil, dessen Verstärkung durch ein zweites digitales Pegelstellsignal einstellbar ist, und
 - einer Steuereinrichtung (260) zur Erzeugung des ersten und des zweiten digitalen Pegelstellsignals, wobei das zweite digitale Pegelstellsignal derart veränderbar ist, dass in Abhängigkeit von dem ersten digitalen Pegelstellsignal eine Mehrzahl von Pegelteilverstellungen in aufeinander folgenden Zeitabschnitten erzeugt wird, wobei der Beginn eines Zeitabschnitts auf den Beginn eines Guard-Intervalls der OFDM-Zeitschlitzstruktur gelegt wird .

9. Empfangsvorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - sie einen Mischer (230) aufweist, dessen Ausgang mit einem Inphase- (I-) Pfad und einem Quadratur- (Q-) Pfad verbunden ist.

10. Empfangsvorrichtung nach Anspruch 9, **gekennzeichnet durch**
 - zwei erste Verstärker (271, 272), von denen einer in dem I-Pfad und der andere in dem Q-Pfad angeordnet ist, und
 - die mit einem ersten Ausgang der Steuereinrichtung (260) für die Zufuhr des ersten digitalen Pegelstellsignals verbunden sind.

11. Empfangsvorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **gekennzeichnet durch**
 - zwei zweite Verstärker (291, 292), von denen einer in dem I-Pfad und der andere in dem Q-Pfad angeordnet ist, und
 - die mit einem zweiten Ausgang der Steuereinrichtung (260) für die Zufuhr des zweiten digitalen Pegelstellsignals verbunden sind.

12. Empfangsvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- die Steuereinrichtung (260) einen Eingang für die Zufuhr eines aus einem Empfangssignalpegel erzeugten Regelsignals aufweist.

13. Empfangsvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- sie eine direkt mischende Empfangsvorrichtung ist.

14. Vorrichtung zum Empfang eines OFDM-Signals, wobei das OFDM-Empfangssignal in Zeitschlitz unterteilt ist, aufweisend

Mittel zum Verstellen eines Pegels eines OFDM-Empfangssignals um einen ersten Stellfaktor entsprechend einem ersten digitalen Pegelstellsignal;

Mittel zum Umwandeln des pegelverstellten Empfangssignals in ein digitales Empfangssignal; und

Mittel zum Verändern des digitalen Empfangssignals entsprechend einem zweiten digitalen Pegelstellsignal derart dass in Abhängigkeit von dem ersten digitalen Pegelstellsignal eine Mehrzahl von Pegelteilverstellungen in aufeinander folgenden Zeitabschnitten erzeugt wird, und wobei der Beginn eines Zeitabschnitts auf den Beginn eines Guard-Intervalls der OFDM-Zeitschlitzstruktur gelegt wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

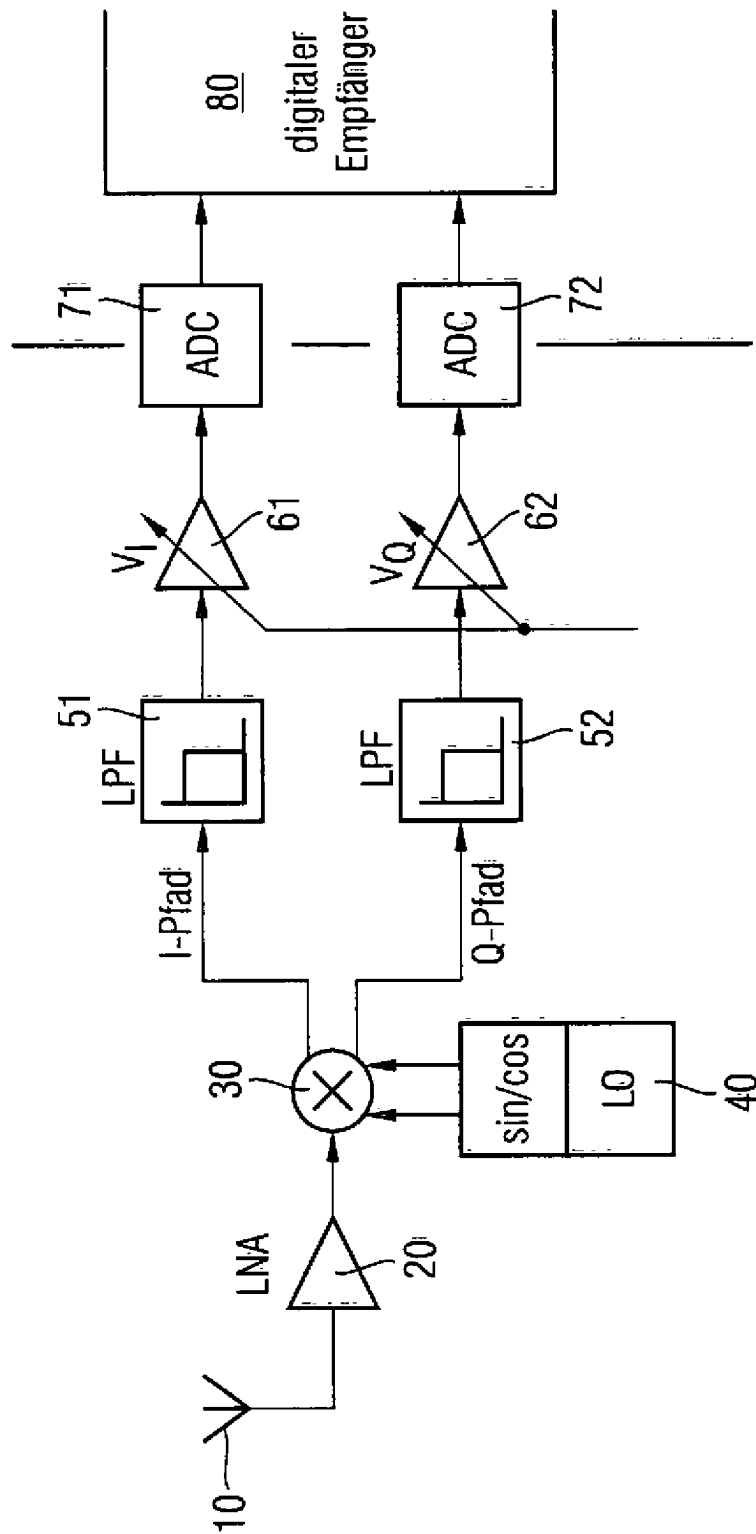


FIG 2

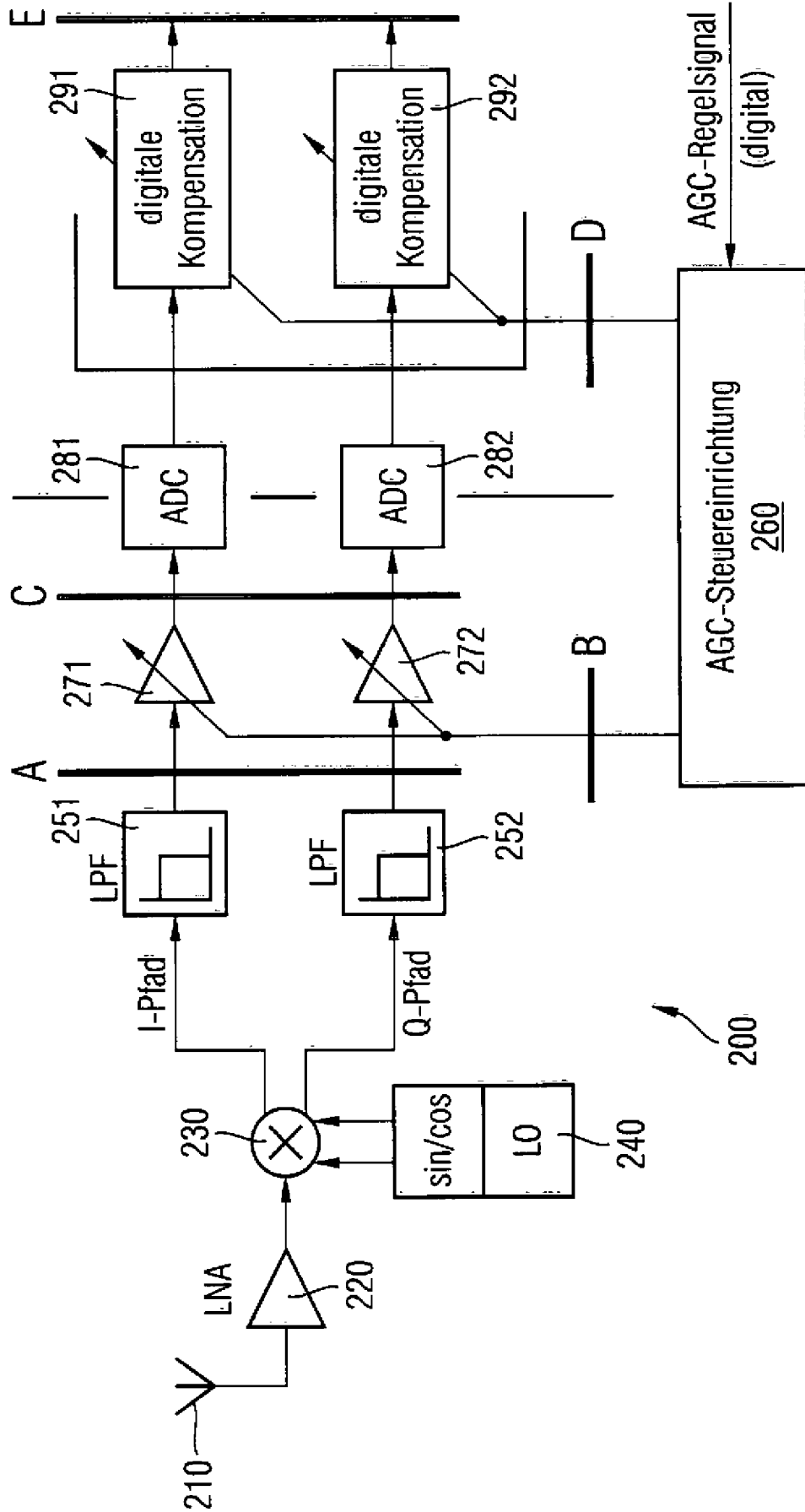


FIG 3

