



(10) **DE 10 2008 052 172 B4** 2014.01.23

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 052 172.8**
(22) Anmeldetag: **17.10.2008**
(43) Offenlegungstag: **22.04.2010**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **23.01.2014**

(51) Int Cl.: **H03F 1/32 (2006.01)**
H03F 1/26 (2006.01)
H03M 1/00 (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).

(73) Patentinhaber:

**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686, München,
DE**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler, Zinkler &
Partner, 82049, Pullach, DE**

(72) Erfinder:

**Laske, Christopher, 91052, Erlangen, DE; Ulbricht,
Gerald, 91227, Leinburg, DE**

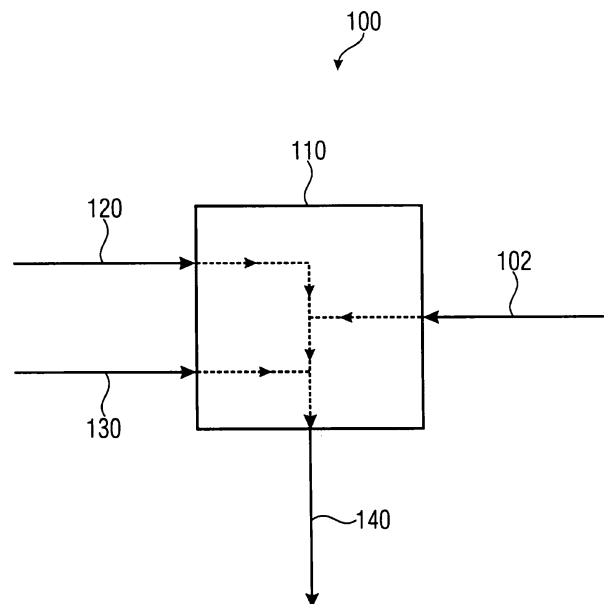
(56) Ermittelter Stand der Technik:

US 6 188 732 B1
US 4 916 407 A

**LASKE, C. [et al.]: Building blocks for wideband
powerbank for shipboard HF communication
systems. In: 10th International Conference on
Ionospheric Radio Systems and Techniques, IET.
London, 18.- 21. Juli 2006, Seiten 105- 109; ISBN:
0-86341-659-4**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Erzeugen eines Korrektursignals**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung (100) zum Erzeugen eines Korrektursignals zum Linearisieren eines Ausgangssignals eines nicht-linearen Elements mit folgendem Merkmal:
einem Korrektursignalerzeuger (110), der ausgelegt ist, um basierend auf einer Überlagerung eines digitalen Referenzsignals (130) und eines überlagerten Ausgangssignals ein Korrektursignal (140) zu erzeugen, wobei das überlagerte Ausgangssignal auf einer Überlagerung des Ausgangssignals (102) und eines analogen Referenzsignals (120) basiert, wobei das nicht-lineare Element ausgelegt ist, um das Ausgangssignal (102) basierend auf einem Eingangssignal zu erzeugen, und wobei das digitale Referenzsignal (130) und das analoge Referenzsignal (120) auf dem Eingangssignal basieren.



Beschreibung

[0001] Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung beziehen sich auf eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Korrektursignals zum Linearisieren eines Ausgangssignals eines nicht-linearen Elements und ein Verfahren zum Erzeugen eines Korrektursignals zum Linearisieren eines Ausgangssignals eines nichtlinearen Elements.

[0002] Einige Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung beziehen sich auf ein Verfahren zur Linearisierung mit digitaler Signalverarbeitung nach dem Feedforward-Prinzip (Vorwärtskopplungs-Prinzip).

[0003] Durch eine Linearisierung von beispielsweise Verstärkern können im Verstärker erzeugte unerwünschte Signalanteile verringert werden.

[0004] Das Feedforward-Verfahren (Vorwärtskopplungs-Verfahren) zur Linearisierung von beispielsweise Verstärkern ist schon länger bekannt und wird vielfach eingesetzt. **Fig. 2** zeigt dazu ein Blockschaltbild einer bekannten Vorrichtung **200** zum Linearisieren eines Verstärkers nach dem Feedforward-Prinzip.

[0005] Die Komponente **10**, die linearisiert werden soll, beispielsweise ein Verstärker, wird mit einem Eingangssignal, im weiteren auch Nutzsignal genannt, beaufschlagt. Vor dieser Komponente **10** wird ein Teil des Signals ausgekoppelt (wie bei Bezugszeichen **11** gezeigt), das als Referenzsignal für eine Nutzsignalunterdrückung dient. Nach der Komponente **10** wird ebenfalls ein Teil des Signals ausgekoppelt (wie bei Bezugszeichen **12** gezeigt), das im Weiteren als Ausgangssignal oder als ein Teil des Ausgangssignals bezeichnet wird, das nicht nur das Nutzsignal enthält, sondern auch die in der Komponente **10** unerwünschten Anteile, das sogenannte Fehlersignal.

[0006] Das Referenzsignal wird in Amplitude (wie bei Bezugszeichen **13** gezeigt) und Phase (wie bei Bezugszeichen **14** gezeigt) so abgeglichen, dass es am Summationspunkt **16**, beispielsweise einem Koppler, die gleiche Amplitude und 180-Grad Phasenversatz besitzt wie der Teil des Ausgangssignals, der ausgekoppelt wurde. Dafür ist auch eine Verzögerung **15** notwendig, die die Laufzeit von Komponente **10** ausgleicht.

[0007] Im Summierer **16**, auch Kombinierer genannt, wird wegen dem 180-Grad Phasenversatz der Nutzsignalanteil unterdrückt. Das Fehlersignal bleibt erhalten, da es nur in einem der beiden aufsummierten Signale enthalten ist.

[0008] Die Amplitude (wie bei Bezugszeichen **22** gezeigt) und die Phase (über Bezugszeichen **23** gezeigt) des Fehlersignals werden so abgeglichen, dass es am Summationspunkt **25**, beispielsweise ei-

nem Richtkoppler, gleiche Amplitude und 180 Grad Phasenversatz besitzt wie das Fehlersignal, das auf direktem Pfad von der Komponente **10** über einen Verzögerer **21** zum Summationspunkt gelangt. Dafür ist ein Hilfsverstärker **24** notwendig, der beispielsweise die Verluste vom Koppler **12** und Summierer **25** ausgleicht, sowie eine Verzögerung **21** im Direktpfad, die die Laufzeit des Hilfsverstärkers ausgleicht.

[0009] Wegen dem 180 Grad Phasenversatz wird der Fehlersignal-Anteil im Ausgangssignal unterdrückt. Das Nutzsignal bleibt erhalten, da es nur in einem der beiden aufsummierten Pfade enthalten ist.

[0010] Die Funktionsweise des Feedforward-Verfahrens hängt in hohem Maße davon ab, wie gut die Amplitude und die Phase der summierten Signale abgeglichen werden können. Je genauer Amplitude und Phase bei der Summation übereinstimmen, desto besser wird der unerwünschte Signalanteil unterdrückt, und desto besser arbeitet das gesamte System.

[0011] Entscheidend ist außerdem, dass im Referenzpfad der Nutzsignalunterdrückung (wie bei Bezugszeichen **13**, **14** und **15** gezeigt) keine zusätzlichen Störsignale erzeugt werden, beispielsweise durch nicht-lineare Bauteile in einem Phasensteller **14**. Diese Störsignale werden nicht unterdrückt und erscheinen am Ausgang des Feedforward-Systems zusätzlich zum Nutzsignal.

[0012] Zum Abgleich der Schleifen ist beispielsweise ein Phasensteller notwendig, mit dem die Phase des Signals möglichst genau eingestellt werden kann. Dies kann z. B. durch analoge Phasensteller erfolgen.

[0013] Eine Möglichkeit sind Phasensteller mit nicht-linearen Bauteilen, wie z. B. Mischer. In nicht-linearen Bauteilen entstehen jedoch harmonische und Intermodulationen, die von dem Feedforward-System nicht mehr entfernt werden können.

[0014] Eine andere Möglichkeit sind Vektor-Phasenschieber aus rein passiven Bauelementen. Vektor-Phasenschieber aus rein passiven Bauelementen erzeugen ein Quadratursignal mit Hilfe eines passiven 90-Grad Splitters (90-Grad Teiler). Der Nachteil dabei ist, dass ein 90-Grad Splitter eine nicht konstante Gruppenlaufzeit besitzt, die für einen Einsatz in einem Feedforward-System entzerrt werden muss.

[0015] Deshalb ist eine Realisierung eines Feedforward-Systems zu einem großen Teil im Digitalen wünschenswert. Damit kann es möglich sein, z. B. Phasensteller im Digitalen zu implementieren. Digitale Phasensteller können sehr genau und mit konstanter Gruppenlaufzeit implementiert werden. Damit kann der Abgleich der Schleifen genauer erfolgen

als im Analogen, und die Unterdrückung der unerwünschten Signalanteile kann entsprechend verbessert werden.

[0016] Nachteile von analogen Phasenstellern können vermieden werden.

[0017] Fig. 3 zeigt dazu ein Blockschaltbild einer bekannten Vorrichtung **300** zum Linearisieren eines Verstärkers nach dem Feedforward-Prinzip. Das Nutzsignal oder Eingangssignal wird mit einem Analog-Digital-Umsetzer **30** digitalisiert. Nach dem Auskoppeln des Referenzsignals für die Nutzsignal-Unterdrückung (wie bei Bezugszeichen **11** gezeigt) im Digitalen wird das Signal (Eingangssignal) mit einem Digital-Analog-Umsetzer **31** wieder ins Analoge umgesetzt und der Komponente **10** zugeführt.

[0018] Der Aufbau entspricht dabei im Prinzip der in Fig. 2 gezeigten Vorrichtung.

[0019] Das Ausgangssignal von Komponente **10** wird im Analogen ausgekoppelt (wie bei Bezugszeichen **12** gezeigt) und dann mit einem Analog-Digital-Umsetzer **32** digitalisiert. Damit kann die Summation **16** für die Nutzsignal-Unterdrückung im Digitalen erfolgen, und die Komponenten für den Abgleich der Amplitude **13** und der Phase **14**, sowie die Signalverzögerung **15** können im Digitalen als Teil der digitalen Signalverarbeitung realisiert werden.

[0020] Auch der Abgleich der Fehlersignal-Unterdrückung für Amplitude (wie bei Bezugszeichen **22** gezeigt) und Phase (wie bei Bezugszeichen **23** gezeigt) erfolgt im Digitalen. Vor der Verstärkung durch den Hilfsverstärker **24** muss das Signal mit einem Digital-Analog-Umsetzer **33** wieder ins Analoge umgesetzt werden. Die Summation für die Fehlersignal-Unterdrückung geschieht im Analogen.

[0021] Dabei spielt beispielsweise die Qualität der Analog-Digital-Umsetzer und der Digital-Analog-Umsetzer eine wichtige Rolle.

[0022] Des Weiteren ist in Fig. 3 der Bereich **310** der digitalen Signalverarbeitung markiert.

[0023] Bekannte Beispiele dazu sind auch in „Building blocks for wideband powerbank for shipboard HF communication systems, Laske, C.; Ulbricht, G.; Heuberger, A., London: IET, 2006, ISBN: 0863416594, ISBN: 9780863416590, pp. 105–109“ gezeigt.

[0024] Weitere bekannte Beispiele sind in den Patentschriften US 4389618, US 4560945, US 4916407, US 4926134, US 4926136, EP 0411180, US 5157345, US 5077532, US 5148117, US 5300894, US 544864, US 5455537, US 5489875, US 5789976, WO 98/04034,

US 5760646, US 5862459, US 5774018, US 5898338, WO 98/12800, US 5877653, US 6067448, US 5994957, US 6075411, US 5959500, US 6078216, EP 0869606, US 6531918, US 6166601, EP 0996222, US 6583739/WO 01/08293, US 6392481, WO 01/41297, US 6266517, US 2003/0132802, EP 1124324A1, US 6275106, US 6359508, EP 1353438, EP 1241781A1, US 6504428, US 6496064, US 2003/0030490, US 6407635, US 6683495, EP 1309082, US 2003/0174017, WO03/105337, US 2004/0004516 und US 2003/0184373 gezeigt.

[0025] Des Weiteren zeigt die Patentschrift US 6 188 732 B1 einen digitalen Feedforward-Verstärker für die Verwendung in einem RF-Sender. Der digitale Feedforward-Verstärker verwendet eine digitale Signalverarbeitung zur Erzeugung von Fehlerkorrektursignalen, die Zwischenmodulationsverzerrungen reduziert, welche durch die Sättigung des Hauptleistungsverstärkers entstehen.

[0026] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte Vorrichtung zum Erzeugen eines Korrektursignals zu schaffen, um die Anforderungen an zumindest einen Teil der verwendeten digitalen Komponenten reduzieren zu können.

[0027] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren gemäß Anspruch 13 gelöst.

[0028] Ein Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung schafft eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Korrektursignals zum Linearisieren eines Ausgangssignals eines nicht-linearen Elements, die einen Korrektursignalerzeuger aufweist. Der Korrektursignalerzeuger ist ausgelegt, um basierend auf einer Überlagerung eines digitalen Referenzsignals und eines überlagerten Ausgangssignals ein Korrektursignal zu erzeugen. Das überlagerte Ausgangssignal basiert dabei auf einer Überlagerung des Ausgangssignals mit einem analogen Referenzsignal.

[0029] Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung basieren auf dem Kerngedanken, dass durch die Überlagerung des analogen Referenzsignals mit dem Ausgangssignal des nicht-linearen Elements eine analoge Vorunterdrückung durchgeführt wird. Erst danach erfolgt eine Überlagerung mit dem digitalen Referenzsignal, wobei im digitalen Signalverarbeitungsbereich das überlagerte Ausgangssignal und das digitale Referenzsignal sehr genau aneinander angepasst werden können, wodurch ein qualitativ hochwertiges Korrektursignal erzeugt werden kann. Durch die analoge Vorunterdrückung können Anforderungen an zumindest einen Teil der Komponenten der digitalen Signalverarbeitung reduziert werden. Dadurch können beispielsweise die Kosten ge-

senkt und die Qualität des Korrektursignals erhöht werden.

[0030] Bei einigen Ausführungsbeispielen gemäß der Erfindung wird das analoge Referenzsignal und das digitale Referenzsignal basierend auf einem Eingangssignal des nicht-linearen Elements erzeugt. Das nicht-lineare Element ist dabei ausgelegt, um das Ausgangssignal basierend auf dem Eingangssignal zu erzeugen.

[0031] Einige Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung schaffen ein Verfahren zum Erzeugen eines Korrektursignals zum Linearisieren eines Ausgangssignals eines nicht-linearen Elements. Das Verfahren umfasst dabei ein Überlagern eines analogen Referenzsignals und des Ausgangssignals, um ein überlagertes Ausgangssignal zu erhalten, und ein Überlagern eines digitalen Referenzsignals mit dem überlagerten Ausgangssignal, um das Korrektursignal zu erzeugen.

[0032] Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Figuren näher erläutert. Es zeigen:

[0033] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Erzeugen eines Korrektursignals;

[0034] Fig. 2 ein Blockschaltbild einer bekannten Vorrichtung zum Linearisieren eines Verstärkers nach dem Feedforward-Prinzip;

[0035] Fig. 3 ein Blockschaltbild einer bekannten Vorrichtung zum Linearisieren eines Verstärkers nach dem Feedforward-Prinzip;

[0036] Fig. 4 ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Linearisieren eines Ausgangssignals eines nichtlinearen Elements;

[0037] Fig. 5 ein Blockschaltbild einer weiteren Vorrichtung zum Linearisieren eines Ausgangssignals eines nicht-linearen Elements; und

[0038] Fig. 6 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Erzeugen eines Korrektursignals zum Linearisieren eines Ausgangssignals eines nicht-linearen Elements.

[0039] Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung **100** zum Erzeugen eines Korrektursignals **140** zum Linearisieren eines Ausgangssignals **102** eines nicht-linearen Elements entsprechend einem Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung. Die Vorrichtung **100** umfasst dabei einen Korrektursignalerzeuger **110**, wobei der Korrektursignalerzeuger **110** ausgelegt ist, um basierend auf einer Überlagerung eines digitalen Referenzsignals **130** und eines überlagerten Ausgangssignals ein Korrektursignal **140** zu erzeugen. Das über-

lagerte Ausgangssignal basiert dabei auf einer Überlagerung des Ausgangssignals **102** mit einem analogen Referenzsignal **120**.

[0040] Das analoge Referenzsignal **120** wird mit dem Ausgangssignal **102** überlagert, um eine analoge Vorunterdrückung zu realisieren. Dabei kann das analoge Referenzsignal **120** beispielsweise von einem Eingangssignal des nicht-linearen Elements abgeleitet werden. Durch die analoge Vorunterdrückung in Form der Überlagerung können die Eingangssignalanteile im Ausgangssignal **102** zumindest teilweise unterdrückt werden. Dadurch kann eine Weiterverarbeitung des überlagerten Ausgangssignals im digitalen Teil des Korrektursignalerzeugers **110** erleichtert werden.

[0041] So kann beispielsweise eine begrenzte Dynamik eines Analog-Digital-Umsetzers, der zum Beispiel zur Digitalisierung des (überlagerten) Ausgangssignals des nicht-linearen Elements eingesetzt werden kann, besser ausgenutzt werden, wenn eine analoge Vorunterdrückung eingesetzt wird.

[0042] Das analoge Referenzsignal **120** und das digitale Referenzsignal **130** können beispielsweise basierend auf dem Eingangssignal des nicht-linearen Elements erzeugt werden. Dazu kann z. B. ein Teil des Eingangssignals ausgekoppelt werden. Alternativ kann das analoge Referenzsignal **120** basierend auf dem digitalen Referenzsignal **130** erzeugt werden oder das digitale Referenzsignal **130** basierend auf dem analogen Referenzsignal **120** erzeugt werden.

[0043] Der Korrektursignalerzeuger **110** kann, wie in Fig. 1 gezeigt, das digitale Referenzsignal **130** und das analoge Referenzsignal **120** als Eingangssignal bereitgestellt bekommen, oder der Korrektursignalerzeuger **110** kann beispielsweise ausgelegt sein, um das digitale Referenzsignal **130** und/oder das analoge Referenzsignal **120**, basierend auf z. B. dem Eingangssignal des nicht-linearen Elements, zu erzeugen.

[0044] Der Korrektursignalerzeuger **110** kann beispielsweise einen Analog-Digital-Umsetzer aufweisen, der ausgelegt ist, um das überlagerte Ausgangssignal nach der analogen Vorunterdrückung in ein digitales Signal umzuwandeln.

[0045] Nach dem Auskoppeln des analogen Referenzsignals **120** wird das Eingangssignal von einem Analog-Digital-Umsetzer **30** in ein digitales Signal umgewandelt und einem weiteren Koppler **11** zur Verfügung gestellt, der ausgelegt ist, um einen Teil des Eingangssignals als digitales Referenzsignal **130** auszukoppeln. Danach kann die Amplitude und die Phase des Eingangssignals von einem digitalen Amplitudensteller **44** und einem digitalen Phasensteller **45** so verändert, dass das resultierende Ausgangs-

signal **102** des nicht-linearen Elements **10** an das analoge Referenzsignal **120** angepasst ist. Danach wird das Eingangssignal von einem Digital-Analog-Umsetzer **31** in ein analoges Signal umgewandelt und dem nicht-linearen Element **10** zur Verfügung gestellt, das basierend auf dem Eingangssignal das Ausgangssignal **102** erzeugt.

[0046] Des Weiteren umfasst der Korrektursignalerzeuger **110** einen Koppler **12**, der ausgelegt ist, um einen Teil des Ausgangssignals **102** des nicht-linearen Elements **10** auszukoppeln und dem Kombinierer **43** zur Verfügung zu stellen. Der Kombinierer **43** ist dabei ausgelegt, um das analoge Referenzsignal **120** mit dem Ausgangssignal **102** zu überlagern und das überlagerte Ausgangssignal nach einer Umwandlung in ein digitales Signal durch einen Analog-Digital-Umsetzer **32** einem weiteren Kombinierer **16** zur Verfügung zu stellen.

[0047] Das zuvor ausgekoppelte digitale Referenzsignal **130** wird durch einen digitalen Amplitudensteller **13**, einen digitalen Phasensteller **14** und einen Verzögerer **15** an das überlagerte Ausgangssignal angepasst und dem Kombinierer **16** zur Verfügung gestellt. Der Kombinierer **16** ist ausgelegt, um das überlagerte Ausgangssignal und das digitale Referenzsignal **130** zu überlagern und das Korrektursignal **140** zu erzeugen.

[0048] Das Korrektursignal **140** kann danach beispielsweise durch einen weiteren digitalen Amplitudensteller **22** und einen weiteren digitalen Phasensteller **23** sowie nach Umwandlung in ein analoges Signal durch einen Digital-Analog-Umsetzer **33** von einem Hilfsverstärker **24** an das Ausgangssignal **102** des nicht-linearen Elements **10** angepasst werden. Die Elemente zum Anpassen des Korrektursignals **140** können alternativ auch Teil des Korrektursignalerzeugers **110** sein.

[0049] Es wird also beispielsweise das Ausgangssignal **102** des nicht-linearen Elements **10** nach dem Auskoppeln (durch den Koppler **12**) mit dem durch den Koppler **41** ausgekoppelten Nutzsignal (analoge Referenzsignal) durch den Kombinierer **43** summiert. Amplitude und Phase können im Sendepfad (Pfad zwischen dem Koppler **41** und dem nicht-linearen Element **10**) beispielsweise mit digitalen Stellgliedern (Amplitudensteller **44** und Phasensteller **45**) abgeglichen werden, so dass am Summationspunkt (Kombinierer **43**) die beiden Signale (das Ausgangssignal und das analoge Referenzsignal) eine möglichst gleiche Amplitude und möglichst einen 180 Grad Phasenversatz aufweisen. Die Laufzeit durch das nicht-lineare Element **10** kann durch eine Verzögerung (durch den Verzögerer **42**) ausgeglichen werden.

[0050] Wegen dem Phasenversatz von 180 Grad wird im Kombinierer **43** der Nutzsignal-Anteil unter-

drückt. Damit können beispielsweise die Anforderungen an die Dynamik des Analog-Digital-Umsetzers **32** entsprechend dem Maß der Unterdrückung in dem Kombinierer **43** gesenkt werden.

[0051] Die Nutzsignalunterdrückung ist somit einerseits durch die analoge Vorunterdrückung durch den Kombinierer **43** und durch die zweite Überlagerung durch den Kombinierer **16** realisiert. Die Fehlersignalunterdrückung kann später von dem Kombinierer **25** durchgeführt werden.

[0052] Des Weiteren ist in **Fig. 4** der Bereich **310** der digitalen Signalverarbeitung markiert.

[0053] **Fig. 5** zeigt ein Blockschaltbild einer weiteren Vorrichtung **500** zum Linearisieren eines Ausgangssignals **102** eines nicht-linearen Elements **10** entsprechend einem Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung. Die Vorrichtung entspricht dabei im Prinzip der in **Fig. 4** gezeigten Vorrichtung. Jedoch wird das (analoge) Referenzsignal für die Vorunterdrückung statt durch einen eigenen Koppler **41** im Analogen im Digitalen vom Koppler **11** (ebenso wie das digitale Referenzsignal) abgenommen. In diesem Fall wird vor der Überlagerung oder Summation das (analoge) Referenzsignal mit einem Digital-Analog-Umsetzer **46** ins Analoge umgesetzt. Dann kann auch die Verzögerung (der Verzögerer **42**) im Digitalen implementiert werden, und der Abgleich (mit dem Amplitudensteller **44** und dem Phasensteller **45**) könnte statt im Sendepfad (Pfad, über den das Eingangssignal zum nicht-linearen Element gelangt) auch im Referenzpfad (Pfad, in dem das analoge Referenzsignal zum Kombinierer **43** gelangt) erfolgen.

[0054] **Fig. 6** zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens **600** zum Erzeugen eines Korrektursignals zum Linearisieren eines Ausgangssignals eines nicht-linearen Elements entsprechend einem Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung. Das Verfahren **600** umfasst dabei ein Überlagern **610** eines analogen Referenzsignals und eines Ausgangssignals, um ein überlagertes Ausgangssignal zu erhalten, und ein Überlagern **620** eines digitalen Referenzsignals mit dem überlagerten Ausgangssignal, um das Korrektursignal zu erzeugen.

[0055] Einige Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung beziehen sich auf eine Vorrichtung, bei der die Anforderungen an Analog-Digital-Umsetzer durch eine analoge Vorunterdrückung des Nutzsignals (Eingangssignals) reduziert werden können, bei der der Abgleich im Digitalen oder alternativ im Analogen erfolgt.

[0056] Weitere Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung beziehen sich auf eine Vorrichtung zur Unterdrückung unerwünschter Signalanteile nach dem Feedforward-Prinzip, bei dem durch den Einsatz

von Analog-Digital-Umsetzern und Digital-Analog-Umsetzern ein großer Teil der Funktionsblöcke, wie z. B. für den Abgleich, in digitaler Signalverarbeitung erfolgt.

[0057] Durch die Implementierung von Phasenstellern und Amplitudenstellern im Digitalen ist ein Abgleich der Schleifen genauer möglich als mit analogen Stellgliedern, und es kann somit die Abgleichgenauigkeit verbessert werden.

[0058] Nachteile analoger Stellglieder, wie beispielsweise eine nicht konstante Gruppenlaufzeit und Nicht-Linearitäten können vermieden werden.

[0059] Neben den Stellgliedern können weitere Komponenten in der digitalen Signalverarbeitung implementiert werden, die die Systemeigenschaften und die Funktionalität verbessern können. Dazu gehören beispielsweise digitale Filter, mit denen der Frequenzgang der Schleifen entzerrt werden kann.

[0060] Zusätzlich ist die Implementierung von digitalen Stellgliedern mit deutlich weniger Aufwand verbunden als der Aufbau von analogen Stellgliedern und ihre Ansteuerung.

[0061] Eine Implementierung im Digitalen ist einfach rekonfigurierbar und erlaubt damit eine Flexibilität, die mit analogen Komponenten nicht erreichbar ist.

[0062] In der vorliegenden Anmeldung werden teilweise für Objekte und Funktionseinheiten, die gleiche oder ähnliche funktionelle Eigenschaften aufweisen, gleiche Bezugszeichen verwendet.

[0063] Der Begriff Ausgangssignal des nicht-linearen Elements wird sowohl für das direkte Ausgangssignal des nicht-linearen Elements als auch beispielsweise für einen ausgekoppelten Teil des Ausgangssignal, der mit dem analogen Referenzsignal überlagert wird, verwendet.

[0064] Das beschriebene Prinzip ist unabhängig von der Art des nicht-linearen Elements. Beispielsweise können die Komponenten der Vorrichtung den jeweiligen Anforderungen, wie z. B. dem Frequenzbereich, angepasst werden.

[0065] Insbesondere wird darauf hingewiesen, dass abhängig von den Gegebenheiten, das erfindungsgemäße Schema auch in Software implementiert sein kann. Die Implementation kann auf einem digitalen Speichermedium, insbesondere einer Diskette oder einer CD mit elektronisch auslesbaren Steuerungssignalen erfolgen, die so mit einem programmierbaren Computersystem zusammenwirken können, dass das entsprechende Verfahren ausgeführt wird. Allgemein besteht die Erfindung somit auch in einem Computerprogrammprodukt mit auf einem maschi-

nenlesbaren Träger gespeicherten Programmcode zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Rechner abläuft. In anderen Worten ausgedrückt, kann die Erfindung somit als ein Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens realisiert werden, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer abläuft.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (**100**) zum Erzeugen eines Korrektursignals zum Linearisieren eines Ausgangssignals eines nicht-linearen Elements mit folgendem Merkmal:

einem Korrektursignalerzeuger (**110**), der ausgelegt ist, um basierend auf einer Überlagerung eines digitalen Referenzsignals (**130**) und eines überlagerten Ausgangssignals ein Korrektursignal (**140**) zu erzeugen, wobei das überlagerte Ausgangssignal auf einer Überlagerung des Ausgangssignals (**102**) und eines analogen Referenzsignals (**120**) basiert, wobei das nicht-lineare Element ausgelegt ist, um das Ausgangssignal (**102**) basierend auf einem Eingangssignal zu erzeugen, und wobei das digitale Referenzsignal (**130**) und das analoge Referenzsignal (**120**) auf dem Eingangssignal basieren.

2. Vorrichtung zum Erzeugen eines Korrektursignals gemäß Anspruch 1, die einen Analog-Digital-Umsetzer aufweist, wobei der Analog-Digital-Umsetzer ausgelegt ist, um das überlagerte Ausgangssignal in ein digitales Signal umzuwandeln.

3. Vorrichtung zum Erzeugen eines Korrektursignals gemäß Anspruch 1 oder 2, die einen ersten Kombiniierer und einen zweiten Kombiniierer aufweist, wobei der erste Kombiniierer ausgelegt ist, um das analoge Referenzsignal (**120**) mit dem Ausgangssignal (**102**) zu überlagern, um das überlagerte Ausgangssignal zu erhalten, und wobei der zweite Kombiniierer ausgelegt ist, um das digitale Referenzsignal (**130**) mit dem überlagerten Ausgangssignal zu überlagern, um das Korrektursignal (**140**) zu erhalten.

4. Vorrichtung zum Erzeugen eines Korrektursignals gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, mit folgenden weiteren Merkmalen:

einem digitalen Amplitudensteller, der ausgelegt ist, um eine Amplitude des digitalen Referenzsignals (**130**) an eine Amplitude des überlagerten Ausgangssignals anzupassen;

einem digitalen Phasensteller, der ausgelegt ist, um eine Phase des digitalen Referenzsignals (**130**) an eine Phase des überlagerten Ausgangssignals anzupassen; und

einen digitalen Verzögerer, der ausgelegt ist, um eine Signallaufzeit des digitalen Referenzsignals (**130**)

an eine Signallaufzeit des überlagerten Ausgangssignals anzupassen.

5. Vorrichtung zum Erzeugen eines Korrektursignals gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, die einen weiteren digitalen Amplitudensteller und einen weiteren digitalen Phasensteller aufweist, wobei der weitere digitale Amplitudensteller ausgelegt ist, um eine Amplitude des Eingangssignals, und dadurch eine Amplitude des Ausgangssignals (**102**), an eine Amplitude des analogen Referenzsignals (**120**) anzupassen, und wobei der weitere digitale Phasensteller ausgelegt ist, um eine Phase des Eingangssignals, und dadurch eine Phase des Ausgangssignals (**102**), an eine Phase des analogen Referenzsignals (**120**) anzupassen.

6. Vorrichtung zum Erzeugen eines Korrektursignals gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, die einen Koppler und einen Digital-Analog-Umsetzer aufweist, wobei der Koppler ausgelegt ist, um einen Teil des Eingangssignals auszukoppeln und als digitales Referenzsignal (**130**) bereitzustellen, und wobei der Digital-Analog-Umsetzer ausgelegt ist, um basierend auf dem digitalen Referenzsignal (**130**) das analoge Referenzsignal (**120**) zu erzeugen.

7. Vorrichtung zum Erzeugen eines Korrektursignals gemäß Anspruch 6, die einen digitalen Verzögerer aufweist, wobei der digitale Verzögerer ausgelegt ist, um eine Signallaufzeit des analogen Referenzsignals (**120**) an eine Signallaufzeit des Ausgangssignals (**102**) anzupassen.

8. Vorrichtung zum Erzeugen eines Korrektursignals gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, die einen ersten Koppler und einen zweiten Koppler aufweist, wobei der erste Koppler ausgelegt ist, um einen Teil des Eingangssignals auszukoppeln und als analoges Referenzsignal (**120**) bereitzustellen, wobei der zweite Koppler ausgelegt ist, um einen Teil des Eingangssignals auszukoppeln und als digitales Referenzsignal (**130**) bereitzustellen, wobei das Eingangssignal zwischen dem ersten Koppler und dem zweiten Koppler von einem Analog-Digital-Umsetzer von einem analogen Signal in ein digitales Signal umgewandelt wird.

9. Vorrichtung zum Erzeugen eines Korrektursignals gemäß Anspruch 8, die einen analogen Verzögerer aufweist, wobei der analoge Verzögerer ausgelegt ist, um eine Signallaufzeit des analogen Referenzsignals (**120**) an eine Signallaufzeit des Ausgangssignals (**102**) anzupassen.

10. Vorrichtung (**400**, **500**) zum Linearisieren eines Ausgangssignals eines nicht-linearen Elements mit einer Vorrichtung zum Erzeugen eines Korrektursignals gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, mit folgendem Merkmal:

einem Ausgangssignalkombinierer, der ausgelegt ist, um das Ausgangssignal (**102**) mit dem Korrektursignal (**140**) zu überlagern, um das Ausgangssignal (**102**) zu linearisieren.

11. Vorrichtung zum Linearisieren eines Ausgangssignals eines nicht-linearen Elements gemäß Anspruch 10, die einen Verzögerer aufweist, der ausgelegt ist, um eine Signallaufzeit des Ausgangssignals (**102**) an eine Signallaufzeit des Korrektursignals (**140**) anzupassen.

12. Vorrichtung zum Linearisieren eines Ausgangssignals eines nicht-linearen Elements gemäß Anspruch 10 oder 11, mit folgenden weiteren Merkmalen:

einem digitalen Amplitudensteller, der ausgelegt ist, um eine Amplitude des Korrektursignals (**140**) an eine Amplitude des Ausgangssignals (**102**) anzupassen; einem digitalen Phasensteller, der ausgelegt ist, um eine Phase des Korrektursignals (**140**) an eine Phase des Ausgangssignals (**102**) anzupassen; einem Verstärker, der ausgelegt ist, um das Korrektursignal (**140**) an das Ausgangssignal (**102**) anzupassen.

13. Verfahren (**600**) zum Erzeugen eines Korrektursignals zum Linearisieren eines Ausgangssignals eines nichtlinearen Elements mit folgenden Schritten: Überlagern (**610**) eines analogen Referenzsignals und des Ausgangssignals, um ein überlagertes Ausgangssignal zu erhalten; und Überlagern (**620**) eines digitalen Referenzsignals mit dem überlagerten Ausgangssignal, um das Korrektursignal zu erzeugen, wobei das nicht-lineare Element ausgelegt ist, um das Ausgangssignal basierend auf einem Eingangssignal zu erzeugen, und wobei das digitale Referenzsignal und das analoge Referenzsignal auf dem Eingangssignal basieren.

14. Verfahren zum Linearisieren eines Ausgangssignals eines nicht-linearen Elements mit folgenden Schritten:

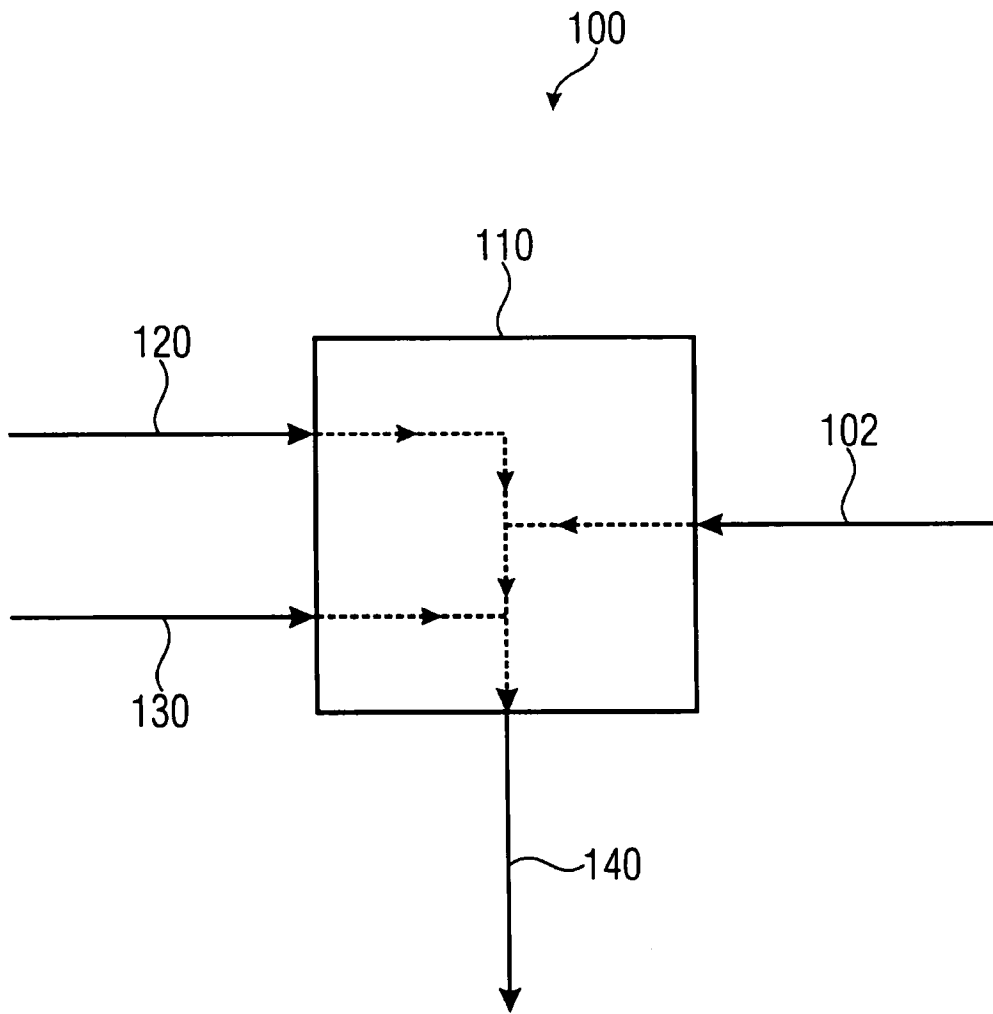
Überlagern eines analogen Referenzsignals und des Ausgangssignals, um ein überlagertes Ausgangssignal zu erhalten;

Überlagern eines digitalen Referenzsignals mit dem überlagerten Ausgangssignal, um ein Korrektursignal zu erzeugen, wobei das nicht-lineare Element ausgelegt ist, um das Ausgangssignal (**102**) basierend auf einem Eingangssignal zu erzeugen, und wobei das digitale Referenzsignal (**130**) und das analoge Referenzsignal (**120**) auf dem Eingangssignal basieren; und

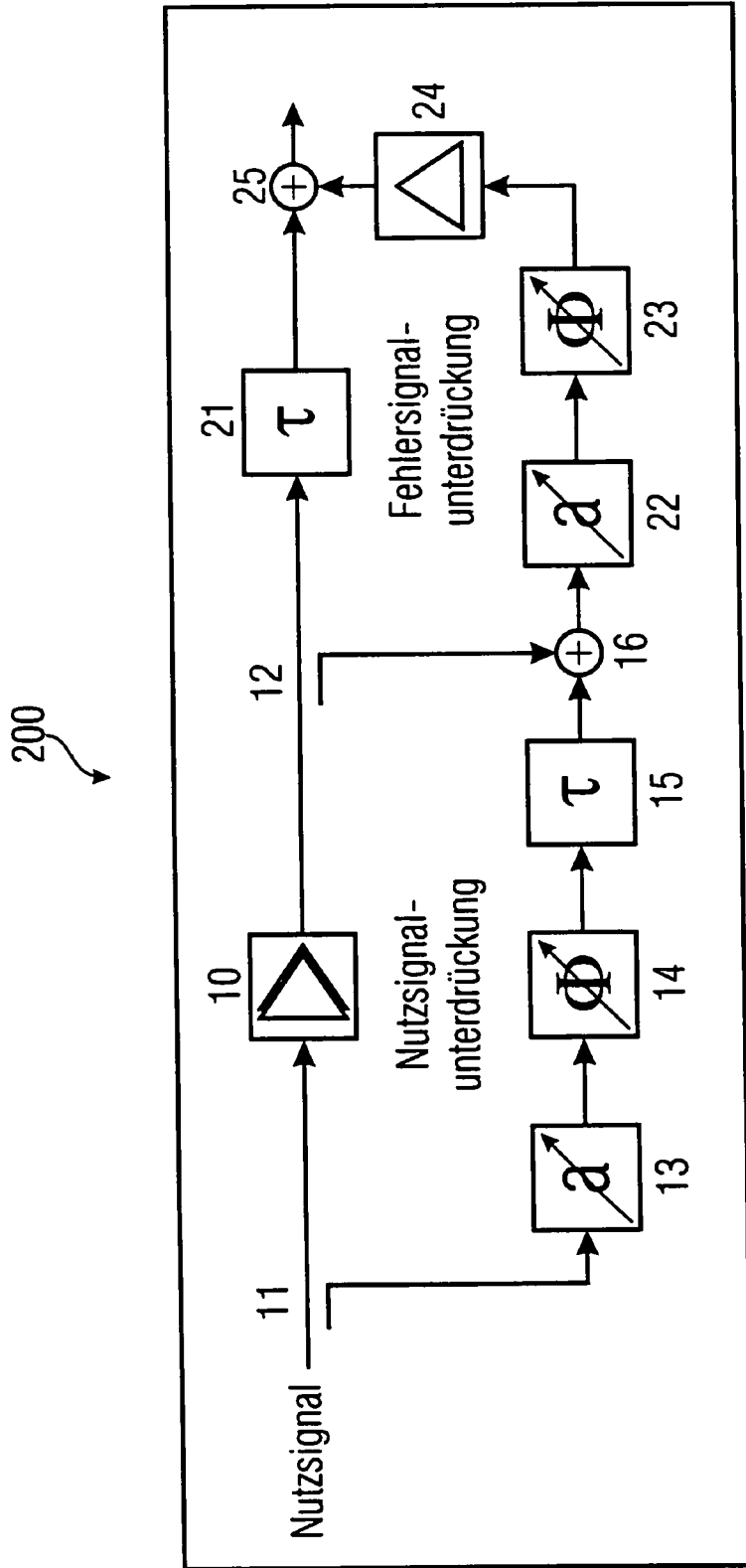
Überlagern des Korrektursignals mit dem Ausgangssignal, um ein linearisiertes Ausgangssignal zu erzeugen.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

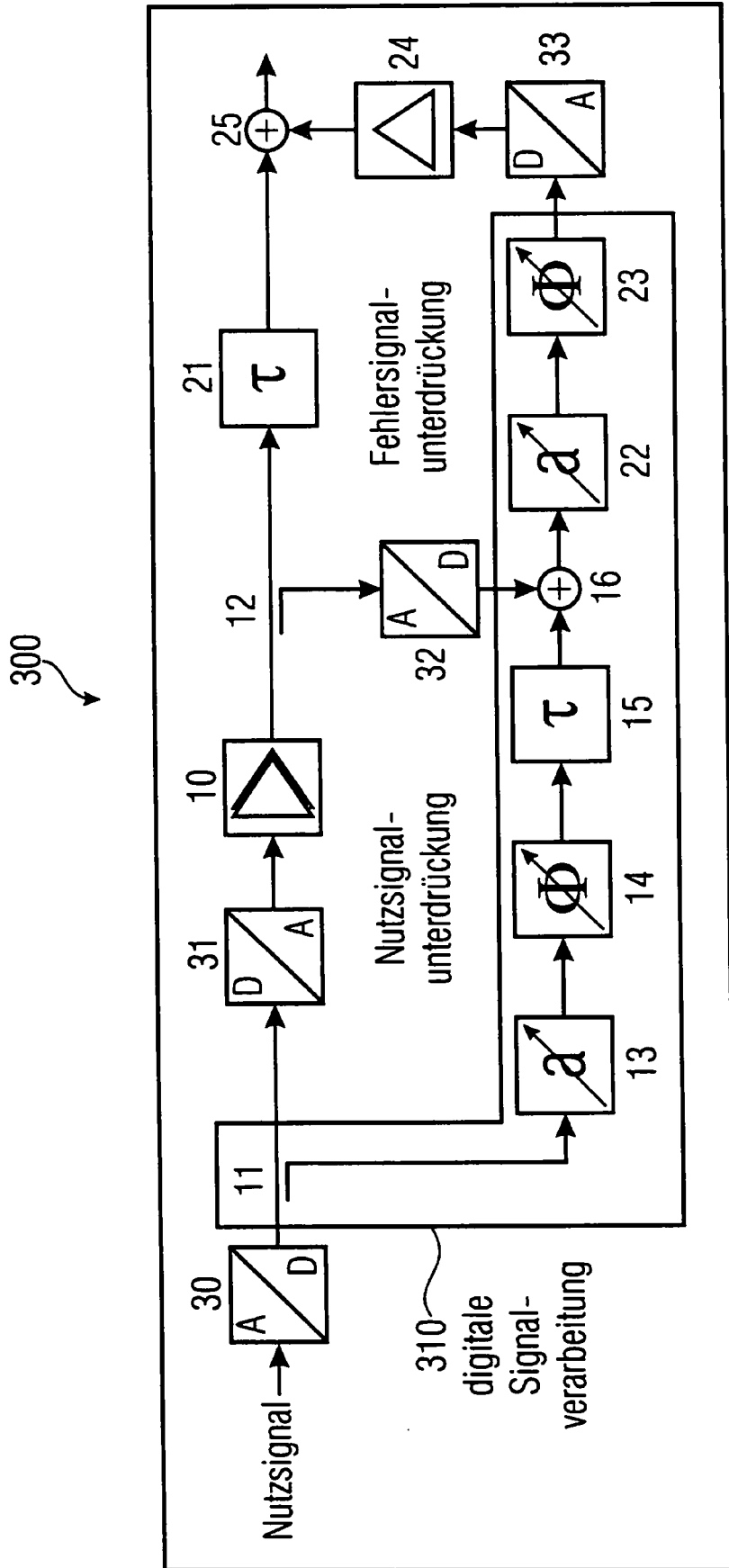
Anhängende Zeichnungen



FIGUR 1

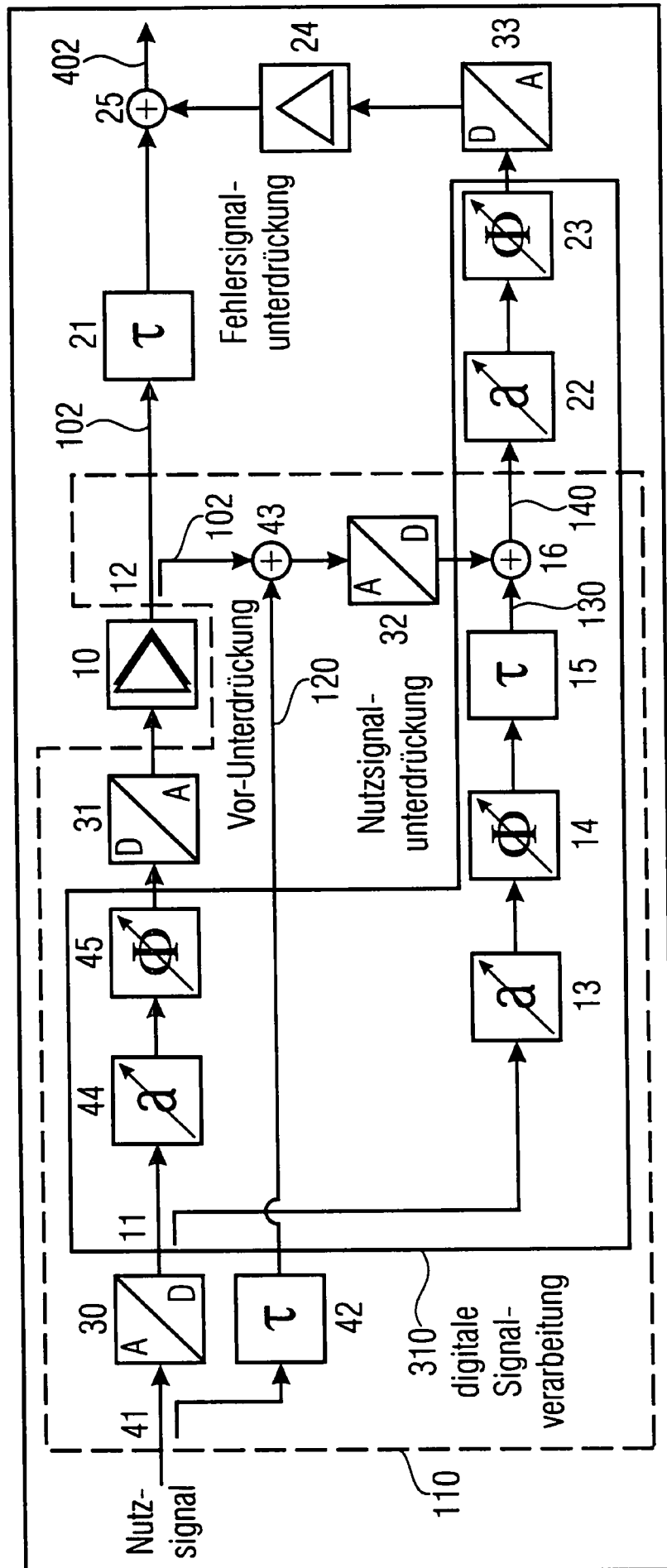


FIGUR 2



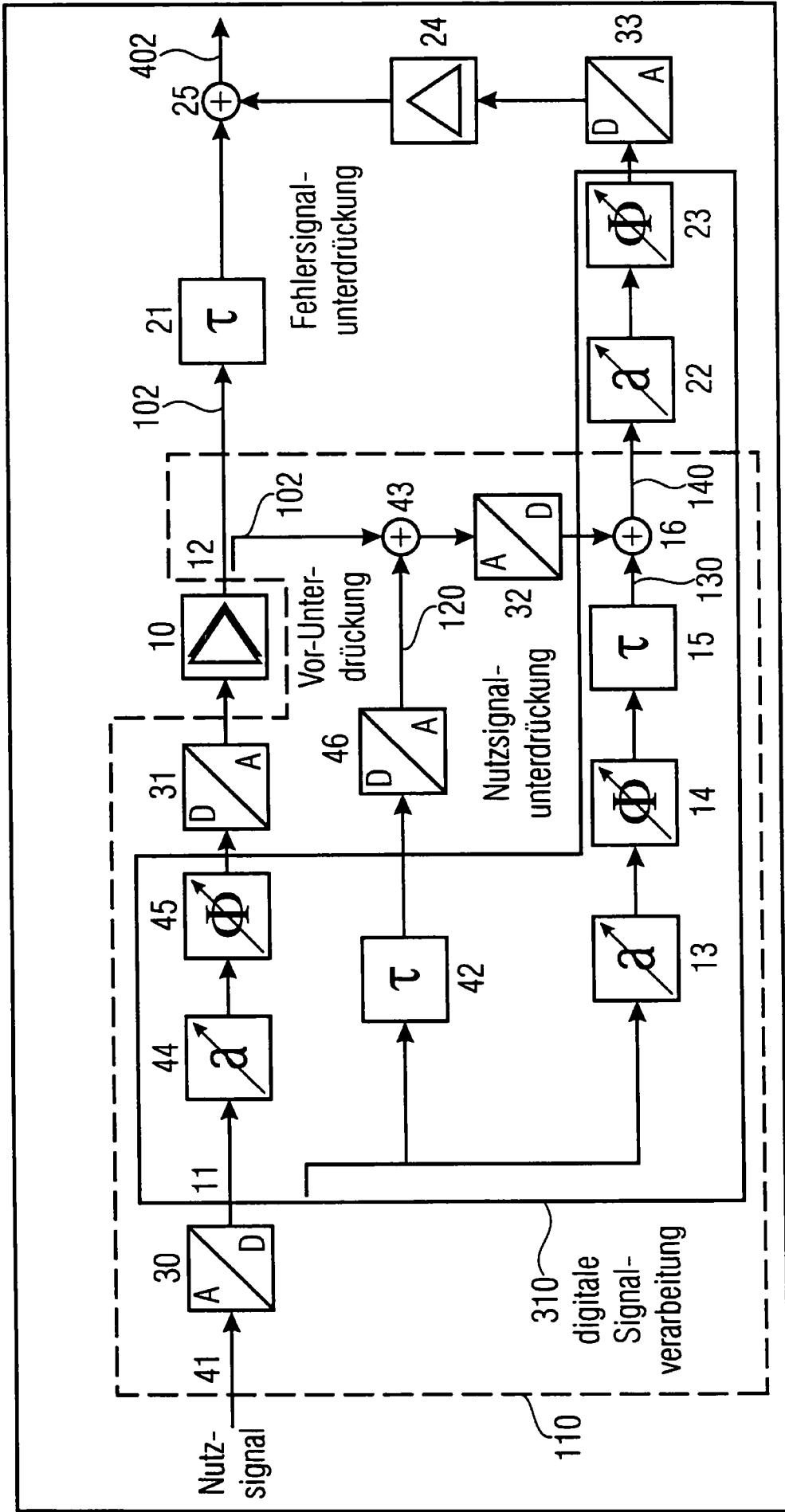
FIGUR 3

400

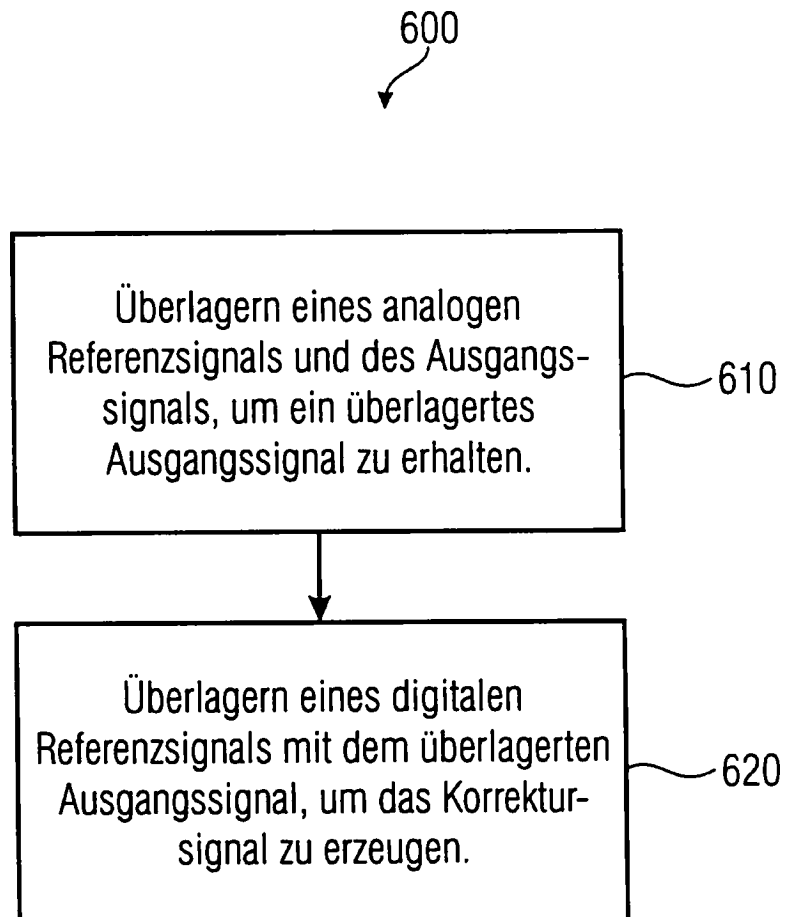


FIGUR 4

500



FIGUR 5



FIGUR 6