(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 34 621 T2** 2006.03.02

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 729 251 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 34 621.4**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 102 666.3**
(96) Europäischer Anmeldetag: **22.02.1996**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.08.1996**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **20.04.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **02.03.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***H04L 7/033*** (2006.01)
H04L 7/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
3678395 24.02.1995 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, NL

(73) Patentinhaber:
Matsushita Electric Industrial Co., Ltd., Kadoma, Osaka, JP

(74) Vertreter:
Patent- und Rechtsanwälte Bardehle, Pagenberg, Dost, Altenburg, Geissler, 81679 München

(72) Erfinder:
Tanaka, Koichiro, Katano-shi, Osaka-fu, JP; Kimura, Tomohiro, Kawachinagano-shi, Osaka-fu, JP; Tatsuta, Akihiro, Narashi, Nara-ken, JP; Shiomi, Tomonori, Hirakata-shi, Osaka-fu, JP

(54) Bezeichnung: **Anordnung zur Datenwiedergabe mit Zeitabtastung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Datenrückgewinnungseinheit und genauer bezieht sie sich auf eine Datenrückgewinnungseinheit zum Abtasten eines Basisbandsignals und Konvertieren desselben zu Daten.

Beschreibung des technischen Hintergrunds

[0002] Im Allgemeinen wird ein Taktsignal benötigt, das einen vorgeschriebenen Zyklus und eine vorgeschriebene Phase hat, um ein Basisbandsignal in Daten zu konvertieren. Um ein solches Taktsignal zu erzeugen, wird im Allgemeinen eine Taktrückgewinnungsschaltung zum Rückgewinnen eines vorgeschriebenen Taktsignals aus dem Basisbandsignal verwendet.

[0003] Eine herkömmliche Datenrückgewinnungseinheit wird nun beschrieben. Fig. 14 ist ein Blockdiagramm, welches die herkömmliche Datenrückgewinnungseinheit zeigt. Mit Bezug auf Fig. 14 umfasst diese Datenrückgewinnungseinheit eine Taktkomponenten-Extraktionsschaltung **21**, eine Phasenvergleichsschaltung **22**, ein Tiefpassfilter **23**, einen spannungsgesteuerten Oszillator **24**, eine Phasenschiebungsschaltung **25**, einen Abtaster **26** und eine Bestimmungsschaltung **27**.

[0004] Die Taktkomponenten-Extraktionsschaltung **21**, die durch einen Nulldurchgangserkenner oder eine Quadratschaltung gebildet ist, extrahiert ein Signal, das eine Symbolratenkomponente hat, aus einem darin eingegebenen Basisbandsignal. Der spannungsgesteuerte Oszillator **24** erzeugt einen Takt zum Abtasten des Basisbandsignals zu einem vorgeschriebenen Timing in Übereinstimmung mit einer Steuerspannung. Die Phasenvergleichsschaltung **22** erkennt den Phasenunterschied zwischen dem Signal von der Taktkomponenten-Extraktionsschaltung **21** und dem Takt von dem spannungsgesteuerten Oszillator **24** und gibt ein Phasendifferenzsignal aus. Das Tiefpassfilter **23** extrahiert eine niederfrequente Komponente dieses Phasendifferenzsignals und stellt dieses dem spannungsgesteuerten Oszillator **24** als Steuerspannung bereit. Ein Takt, der in einer konstanten Phasenbeziehung zu dem Basisbandsignal ist, wird durch einen Phasenregelkreis (PLL) erhalten, der durch die Phasenvergleichsschaltung **22**, das Tiefpassfilter **23** und den spannungsgesteuerten Oszillator **24** gebildet ist. Die Phasenschiebeschaltung **25** passt die Phase dieses Takts an und stellt einen Abtasttakt dem Abtaster **26** zum Abtasten des Basisbandsignals zur Verfügung, wenn dessen Augenmusteröffnung maximiert ist. Der Abtaster **26** tastet das Basisbandsignal in Synchronisation mit dem Abtasttakt ab, der von der Phasenschiebeschaltung **25** bereitgestellt ist. Die Bestimmungsschaltung **27** bestimmt das Vorzeichen und die Amplitude des Basisbandsignals, das in dem Abtaster **26** abgetastet wird, und gibt Daten aus.

[0005] Wie hier oben beschrieben, benötigt die herkömmliche Datenrückgewinnungseinheit Information zu großen Zeitpunkten, zusätzlich zu der, die zur Bestimmung der Daten benötigt wird, um Nulldurchgänge des Basisbandsignals zu erkennen, das gesamte Basisbandsignal zu quadrieren und Ähnliches. In der herkömmlichen Datenrückgewinnungseinheit muss daher die Taktkomponenten-Extraktionsschaltung **21**, verglichen mit der Symbolrate, in nachteilhafter Weise mit einer höheren Frequenz betrieben werden,.

[0006] Weiter wird die Phasenschiebeschaltung **25** benötigt zum Abtasten des Basisbandsignals, wenn dessen Augenmusteröffnung maximiert ist, und die selbige muss angepasst werden, während das Augenmuster und die Fehlerrate beachtet werden.

[0007] Ein anderes Beispiel eines Empfängers ist im Dokument EP-A-0 558 118 offenbart. Dieses Dokument beschreibt ein Übertragungssystem, in welchem Datensymbole, die zu übertragen sind, in Gruppen unterteilt werden, und die Datensymbole einer Gruppe durch ein unterschiedliches Signalelement jeweils repräsentiert werden. Das übertragene Signal umfasst die Summe der verschiedenen Signalelemente, wie z.B. in Vierphasenkodierung. In einem entsprechenden Empfänger wird das empfangene Signal je Gruppe der Signalelemente zu verschiedenen Abtastzeitpunkten abgetastet und Entscheidungen über die übertragenen Symbolwerte werden in Antwort auf die Werte dieser Abtastungen gemacht. Der Abtastzeitpunkt wird mittels eines Fehlersignals angepasst, abhängig von einer Korrelation zwischen dem Wert des Abtastwerts der ersten Gruppe zu dem ersten Zeitpunkt und einem Maß für den erwarteten Wert des Abtastwerts der zweiten Gruppe zu dem zweiten Zeitpunkt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0008] Dementsprechend ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Datenrückgewinnungseinheit bereitzustellen, von der es nicht notwendig ist, sie mit einer Frequenz höher als eine Symbolrate zu betreiben, ohne Anpassung einer Phasenverschiebung.

[0009] Dies wird durch eine Datenrückgewinnungseinheit erreicht zum Rückgewinnen von Originaldaten aus einem Abtastwert, erhalten durch Abtasten eines Eingangssignals von einem Datenübertragungssystem, wie im unabhängigen Anspruch 1 defi-

niert. Weitere bevorzugte Ausführungsformen sind in den davon abhängigen Ansprüchen 2 bis 10 definiert.

[0010] Die vorhergehenden und andere Aufgaben, Eigenschaften, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden ersichtlicher werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung der vorliegenden Erfindung, wenn in Zusammenhang mit der beigefügten Zeichnung genommen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0011] Fig. 1 ist ein Blockdiagranm, welches die Struktur einer Datenrückgewinnungseinheit gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0012] Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur eines Datenrückgewinnungssystems von einem Modulationsteil zu einem Demodulationsteil, das vor der Datenrückgewinnungseinheit angeordnet ist, zeigt;

[0013] Fig. 3(a) bis Fig. 3(c) sind Wellenformdiagramme von Signalen von jeweiligen Teilen in dem Datenübertragungssystem, das in Fig. 2 gezeigt ist;

[0014] Fig. 4 veranschaulicht die Impulsantwort der Gesamtübertragungscharakteristik;

[0015] Fig. 5 ist angepasst, um Zustände von Abtastwerten nach Verschieben eines Abtasttakts von der optimalen Position zu veranschaulichen;

[0016] Fig. 6 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur einer Datenrückgewinnungseinheit gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0017] Fig. 7 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur einer Datenrückgewinnungseinheit gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0018] Fig. 8 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur einer Datenrückgewinnungseinheit gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0019] Fig. 9 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur einer Datenrückgewinnungseinheit gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0020] Fig. 10 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur einer Datenrückgewinnungseinheit gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0021] Fig. 11 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur einer Datenrückgewinnungseinheit gemäß einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0022] Fig. 12 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur einer Datenrückgewinnungseinheit gemäß einer achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0023] Fig. 13 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur einer Datenrückgewinnungseinheit gemäß einer neunten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt; und

[0024] Fig. 14 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur einer herkömmlichen Datenrückgewinnungseinheit zeigt.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

(Erste Ausführungsform)

[0025] Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur einer Datenrückgewinnungseinheit gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur eines Datenübertragungssystems von einem Modulationsteil **31** zu einem Demodulationsteil **33** zeigt, das vor der Datenrückgewinnungseinheit, die in Fig. 1 gezeigt ist, angeordnet ist. Fig. 3(a) bis Fig. 3(c) sind Wellenformdiagramme von Signalen von jeweiligen Teilen in Fig. 2.

[0026] Übertragungssymbole (siehe Fig. 3(a)), die dem Modulationsteil **31** in Fig. 2 eingegeben werden, werden in eine kontinuierliche Wellenform konvertiert durch Bandbegrenzung des Modulationsteils **31**, dann über eine Übertragungsleitung **32** übertragen, einer empfangsseitigen Bandbegrenzung in dem Demodulationsteil **33** unterworfen und der in Fig. 1 gezeigten Datenrückgewinnungseinheit bereitgestellt. Wenn ein Signal einer Basisbandbreite über die Übertragungsleitung **32** geführt wird, handhaben der Modulationsteil **31** und der Demodulationsteil **33** nur das Signal der Basisbandbreite. Wenn ein Signal einer Trägerbandbreite über die Übertragungsleitung **32** geführt wird, führt andererseits der Modulationsteil **31** Konversion von der Basisbandbreite auf die Trägerbandbreite durch, während der Demodulationsteil **32** die Konversion umgekehrt ausführt.

[0027] Im Allgemeinen haben die Gesamtübertragungseigenschaften des Modulationsteils **31**, der Übertragungsleitung **32** und des Demodulationsteils **33** die Impulsantwort eines in Fig. 4 dargestellten Filters mit vollem Roll-off, und daher hat die Ausgabe des Demodulationsteils **33** eine in Fig. 3(b) gezeigte kontinuierliche Wellenform. Daten können korrekt zurückgewonnen werden, indem diese kontinuierliche

Wellenform in Synchronisation mit einem Takt (siehe Fig. 3(c)) abgetastet wird, der das gleiche Timing wie das Übertragungssymbol hat, das in den Modulationsteil **31** eingegeben wird. Zum Zwecke der Vereinfachung werden zeitliche Unterschiede nach Durchgang durch den Modulationsteil, den Übertragungsteil **32** und den Demodulationsteil **33** vernachlässigt.

[0028] Mit Bezug auf Fig. 1 umfasst die Datenrückgewinnungseinheit gemäß dieser Ausführungsform einen Abtaster **1**, eine Entscheidungsschaltung **2** eine Verzögerungsschaltung **3**, einen Multiplizierer **4**, ein Tiefpassfilter **5** und einen spannungsgesteuerten Oszillator **6**.

[0029] Der Abtaster **1** tastet ein eingegebenes Basisbandsignal in Übereinstimmung mit einem Abtasttakt ab, der von dem spannungsgesteuerten Oszillator **6** bereitgestellt wird, und gibt einen Abtastwert S_n aus. Die Entscheidungsschaltung **2** bestimmt den Abtastwert S_n und gibt ein Datum d_n aus, das ein Schätzwert des Übertragungssymbols ist. Die Verzögerungsschaltung **3** verzögert die Daten d_n um einen Abtasttakt und gibt ein Datum d_{n-1} aus. Der Multiplizierer **4** multipliziert den Abtastwert S_n mit dem verzögerten Datum d_{n-1}. Das Tiefpassfilter **5** glättet die Ausgabe des Multiplizierers **4** und extrahiert dessen Gleichspannungskomponente. Der spannungsgesteuerte Oszillator **6** erzeugt den Abtasttakt, der eine veränderbare Frequenz gemäß dem Vorzeichen und der Amplitude der Gleichspannungskomponente hat.

[0030] Es wird nun der Grund im Detail beschrieben, warum das Basisbandsignal durch die in Fig. 1 gezeigte Struktur mit optimalem Timing abgetastet werden kann.

[0031] Mit Bezug auf Fig. 3(a) bis Fig. 3(c) ist der Abtasttakt bei der optimalen Position. Andererseits zeigt Fig. 5 Abtastwerte nach Verschiebung eines Abtasttakts weg von der optimalen Position. Wenn der Abtasttakt vorwärts auf der Zeitachse in Fig. 5 verschoben ist, sind Abtastwerte A und D größer als die Originalwerte in Fig. 3(b). Dies kommt daher, dass Daten X1 und X4, die A und D vorhergehen, positiv in Vorzeichen sind und das Abtast-Timing den vorhergehenden Daten näher kommt, so dass die Antwort der vorhergehenden Daten positiv ist, ähnlich zu der Polarität derselben. Andererseits ist bei E und F die Antwort der vorhergehenden Daten X5 und X6 negativ, ähnlich zu deren Vorzeichen und daher sind die Abtastwerte kleiner als die Originalwerte.

[0032] Wenn der Abtasttakt auf der Zeitachse in Fig. 5 zurückverschoben ist, sind andererseits Abtastwerte A und D kleiner als die Originalwerte in Fig. 3(b). Dies kommt daher, dass die Daten X1 und X4, die a und d vorhergehen, positiv in Vorzeichen sind und die Abtast-Timings von den vorhergehenden Daten separiert sind, so dass die Antwort von den vorhergehenden umgekehrt zu der Polarität derselben negativ ist. Andererseits ist bei e und f die Antwort von den vorhergehenden Daten X5 und X6 umgekehrt zum Vorzeichen derselben positiv, und daher sind die Abtastwerte größer als die Originalwerte.

[0033] Abtastwerte B und C, welche nach vorne auf der Zeitachse verschoben sind, und b und c, welche rückwärts auf der Zeitachse verschoben sind, sind nur leicht von den Originalwerten verschoben. Dies kommt daher, dass die Antwort von vorhergehenden Daten und die von den nachfolgenden Daten sich gegenseitig auslöschen. Wenn man die Antwort von den vorhergehenden Daten allein betrachtet, so ist die Korrelation zwischen den Abtastwerten und den dazu vorhergehenden Daten positiv, wenn das Abtast-Timing nach vorne auf der Zeitachse verschoben ist, wie hierin oben beschrieben. Wenn das Abtast-Timing rückwärts auf der Zeitachse verschoben ist, ist andererseits die Korrelation zwischen den Abtastwerten und den dazu vorhergehenden Daten negativ. Auf der Basis der obigen Beschreibung wird nun der Grund beschrieben, warum das Abtast-Timing in der in Fig. 1 gezeigten Datenrückgewinnungseinheit optimiert ist.

[0034] Der Multiplizierer **4** multipliziert Abtastwerte mit Daten, die dazu vorhergehend sind, und das Tiefpassfilter **5** sammelt annähernd die Werte dieser Multiplikation, wobei als Folge die Korrelationswerte davon ausgegeben werden. Der spannungsgesteuerte Oszillator **6** hat solche Charakteristiken, dass die Frequenz reduziert ist, wenn die Steuerspannung erhöht wird, und umgekehrt. Wenn ein Abtast-Timing verfrüht ist, so ist die Korrelation positiv und daher wird die Steuerspannung erhöht, während die Abtastfrequenz reduziert wird. Demzufolge wird das Abtast-Timing verzögert. Wenn das Abtast-Timing spät ist, ist andererseits die Korrelation negativ und daher wird die Steuerspannung reduziert, während die Abtastfrequenz erhöht wird. Demzufolge wird das Abtast-Timing nach vorne gebracht. Folglich wird das Abtast-Timing so gesteuert, dass die Korrelation null ist, wodurch Abtastung zur optimalen Zeit erreicht wird.

[0035] Es wird nun bestätigt werden, dass das Vorzeichen und die Größe des Korrelationswerts die Richtung und die Größe der zeitlichen Verschiebung anzeigen.

[0036] Der Abtastwert S_n unter den in Fig. 5 gezeigten wird in der folgenden Gleichung (1) ausgedrückt:

$$S_n = k\{a_{n+1}h(t - T) + a_nh(t) + a_{n-1}(t + T)\} \quad (1)$$

wobei k die Gesamtamplitudenverstärkung des Modulationsteils **31**, des Übertragungsteils **32** und des Demodulationsteils **33** darstellt, h( ) die Impulsantwort der Gesamtübertragungscharakteristik des Modulationsteil **31**, des Übertragungsteils **32** und

des Demodulationsteils **33** darstellt, a_n Daten darstellt, die von dem Modulationsteil übertragen werden, a_{n+1} Daten darstellt, welche dazu nachfolgend sind, a_{n-1} Daten darstellt, die dazu vorhergehend sind, t eine vom optimalen Abtast-Timing verschobene Zeit darstellt und T die Länge eines Symbols darstellt.

[0037] Wenn Abtastung bei dem optimalen Timing ausgeführt wird, entspricht die Antwort benachbarter Daten einem Nullpunkt (einem Punkt, der von der Mitte um +1 Symbol verschoben ist) in der in Fig. 4 gezeigten Impulsantwort, und daher wird keine Interferenz zwischen den Daten verursacht. Interferenz von den benachbarten Daten wird erhöht mit Verschiebung von dem optimalen Timing. Dieser Zustand wird von der obigen Gleichung (1) erhalten. Mit Bezug auf die obige Gleichung (1) können h(t – T) und h(t + T) in den folgenden Gleichungen (2) bzw. (3) angenähert werden:

$$h(t - T) = h(-T) + h'(-T)t = ct \quad (2)$$

$$h(t + T) = h(T) + h'(T)t = -ct \quad (3)$$

worin h'( ) die erste Ableitung von h( ) darstellt, und c den Absolutwert eines ersten Differentialwerts darstellt zu einem Zeitpunkt, der um eine Symbollänge von der Mitte der Impulsantwort vorwärts oder rückwärts separiert ist.

[0038] In der obigen Gleichung (1) wird h(t), das der maximale Teil der Impulsantwort ist, durch h(t) = 1 angenähert, ungeachtet von t. Aufgrund dieser Annäherung wird S_n in der Gleichung (1) in der folgenden Gleichung (4) ausgedrückt:

$$S_n = k\{a_n + c(a_{n+1} - a_{n-1})t\} \quad (4)$$

[0039] Die Entscheidungsschaltung **2** gibt den Entscheidungswert d_n von S_n aus und die Verzögerungsschaltung **3** verzögert selbiges um eine Abtastung und gibt d_{n-1} aus. Der Multiplizierer **4** multipliziert S_n mit d_{n-1} und daher ist dessen Ausgabe in der folgenden Gleichung (5) ausgedrückt:

$$S_n d_{n-1} = ka_n d_{n-1} + kc(a_{n+1}d_{n-1} - a_{n-1}d_{n-1})t \quad (5)$$

[0040] Ein Timing-Fehlersignal der obigen Gleichung (5) wird durch das Tiefpassfilter **8** geführt, so dass dessen Niederfrequenzkomponente, d.h. ein Mittelwert, erhalten wird. Angenommen, dass übertragene Daten zufällig sind, so halten die Beziehungen der folgenden Gleichungen (6) und (7), wo < > Mittelwerte darstellen:

$$\langle a_n d_{n-1} \rangle = 0 \quad (6)$$

$$\langle a_{n+1} d_{n-1} \rangle = 0 \quad (7)$$

[0041] Mit den Beziehungen der obigen Gleichungen (6) und (7) wird der Mittelwert <e> der obigen Gleichung (5) in der folgenden Gleichung (8) ausgedrückt:

$$\langle e \rangle = -kc\langle a_{n-1}d_{n-1} \rangle t = kc\langle a_n d_n \rangle t \quad (8)$$

[0042] Die Korrelation zwischen a_n und d_n ist groß und $\langle a_n d_n \rangle$ in der obigen Gleichung (8) nimmt einen positiven Wert an, außer die Anzahl von Bestimmungsfehlern ist extrem groß, wobei <e> das Vorzeichen und die Größe der verschobenen Zeit t widerspiegelt.

[0043] Während die Korrelation zwischen dem Abtastwert und dem dazu vorhergehenden Datum in der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform erhalten wird, kann in alternativer Weise der Abtastwert verzögert werden, um die Korrelation zwischen dem Abtastwert und dazu nachfolgenden Daten zu erhalten. In diesem Fall wird die Steuerspannung reduziert, wenn das Abtast-Timing verfrüht ist, da die Korrelation negativ ist, während die Steuerspannung erhöht wird, wenn das Abtast-Timing verspätet ist, da die Korrelation positiv ist. Daher wird Abtastung zur optimalen Zeit verwirklicht durch Bereitstellen des spannungsgesteuerten Oszillators **6** mit solcher Eigenschaft, dass die Frequenz erhöht wird, wenn die Steuerspannung erhöht wird und umgekehrt.

(Zweite Ausführungsform)

[0044] Fig. 6 ist ein Blockdiagramm, welche die Struktur einer Datenrückgewinnungseinheit gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. In der oben erwähnten ersten Ausführungsform ist die Gleichung (8) nicht vollständig gültig, wenn das Übertragungssymbol nicht vollständig zufällig ist und die Bedingung $\langle a_n d_{n-1} \rangle = 0$ der Gleichung (6) nicht gültig ist. Die in Fig. 6 gezeigte Ausführungsform ist gebildet als eine Datenrückgewinnungseinheit, welche einem Übertragungssymbol entspricht, das nicht vollständig zufällig ist.

[0045] Mit Bezug auf Fig. 6 umfasst diese Datenrückgewinnungseinheit einen Abtaster **1**, eine Entscheidungsschaltung **2**, Multiplizierer **4** und **10**, Tiefpassfilter **5** und **11**, einen spannungsgesteuerten Oszillator **6**, Verzögerungsschaltungen **7** bis **9** und einen Subtrahierer **12**.

[0046] Der Abtaster **1** tastet ein eingegebenes Basisbandsignal in Übereinstimmung mit einem Abtasttakt ab, der von dem spannungsgesteuerten Oszillator **6** bereitgestellt wird, und gibt einen Abtastwert S_n aus. Die Entscheidungsschaltung **2** bestimmt den Abtastwert S_n, und gibt ein Datum d_n aus, das ein Schätzwert des Übertragungssymbols ist. Die Verzögerungsschaltung **7** verzögert das Datum d_n um einen Abtasttakt und gibt ein Datum d_{n-1} aus. Die Verzögerungsschaltung **8** verzögert das Datum d_{n-1} um

einen Abtasttakt und gibt ein Datum d_{n-2} aus. Die Verzögerungsschaltung **9** verzögert den Abtastwert S_n um einen Abtasttakt und gibt einen Abtastwert S_{n-1} aus. Der Multiplizierer **4** multipliziert den Abtastwert S_{n-1} mit dem Datum d_{n-2}. Das Tiefpassfilter **5** glättet die Ausgabe des Multiplizierers **4** und extrahiert dessen Gleichspannungskomponente. Der Multiplizierer **10** multipliziert den Abtastwert S_{n-1} mit dem Datum d_n. Das Tiefpassfilter **11** glättet die Ausgabe des Multiplizierers **10** und extrahiert dessen Gleichspannungskomponente. Der Subtrahierer **12** subtrahiert die Gleichspannungskomponente, die von dem Tiefpassfilter **11** ausgegeben wurde, von der, welche von dem Tiefpassfilter **5** ausgegeben wurde. Der spannungsgesteuerte Oszillator **6** erzeugt den Abtasttakt, der eine veränderbare Frequenz gemäß dem Vorzeichen und der Größe des von dem Subtrahierer **12** ausgegebenen Signals hat.

[0047] Der Grund dafür, warum das Basisbandsignal mit der in Fig. 6 gezeigten Struktur zum optimalen Timing abgetastet werden kann, wird nun im Detail beschrieben. Mit Bezug auf die erste Ausführungsform wurde beschrieben, dass die Korrelation zwischen dem Abtastwert und dem Datum, das diesem vorhergeht, positiv ist, wenn das Abtast-Timing vorwärts auf der Zeitachse verschoben ist und umgekehrt. Ähnlich kann abgeleitet werden, dass die Korrelation zwischen dem Abtastwert und einem Datum, das diesem nachfolgt, negativ ist, wenn das Abtast-Timing auf der Zeitachse nach vorne verschoben ist, und umgekehrt. Der Subtrahierer **12** subtrahiert die Korrelation zwischen einem Abtastwert und einem dazu nachfolgenden Datum von derjenigen zwischen dem Abtastwert und dem dazu vorhergehenden Datum, wobei dessen Ausgabe positiv ist, wenn das Abtast-Timing sich nach vorne verschiebt, und umgekehrt. Der spannungsgesteuerte Oszillator **6** wird durch die Ausgabe des Subtrahierers **12** gesteuert, wodurch Abtastung zur optimalen Zeit ähnlich zu der ersten Ausführungsform implementiert werden kann. Weiter kann der spannungsgesteuerte Oszillator **6** genauer gesteuert werden wegen der Differenz zwischen zwei Korrelationswerten.

(Dritte Ausführungsform)

[0048] Sämtliche der Multiplizierer **4** und **5**, der Tiefpassfilter **5** und **11** und des Subtrahierers **12**, die in Fig. 6 gezeigt sind, führen lineare Verarbeitung auf den Daten d_{n-2} und d_n aus. Alternativ kann der Subtrahierer zuerst das Datum d_n von dem Datum d_{n-2} subtrahieren, und dann werden ein Multiplizierer und ein Tiefpassfilter bereitgestellt. In diesem Fall hat die Datenrückgewinnungseinheit eine in Fig. 7 gezeigte Struktur, wobei die Anzahl der Multiplizierer und der Tiefpassfilter reduziert werden kann.

[0049] In einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die in Fig. 7 gezeigt ist, subtrahiert ein Subtrahierer **13** das Datum d_n von dem Datum d_{n-2}. Ein Multiplizierer **14** multipliziert die Ausgabe des Subtrahierers **13** mit einem Abtastwert S_{n-1}. Es wird mit Gleichungen bestätigt werden, dass der spannungsgesteuerte Oszillator **6** mit der in Fig. 7 gezeigten Struktur, verglichen mit der ersten Ausführungsform, genauer gesteuert werden kann.

[0050] Ähnlich zu der Ableitung der obigen Gleichung (4) ist der Abtastwert S_{n-1} in der folgenden Gleichung (9) ausgedrückt:

$$S_{n-1} = k\{a_{n-1} + c(a_n - a_{n-2})t\} \quad (9)$$

[0051] Der Multiplizierer **14** multipliziert diesen Abtastwert S_{n-1} mit der Datendifferenz $(d_{n-2} - d_n)$ und daher ist dessen Ausgabe in der folgenden Gleichung (10) ausgedrückt:

$$S_{n-1}(d_{n-2} - d_n) = ka_{n-1}(d_{n-2} - d_n) - kc(a_nd_n + a_{n-2}d_{n-2} - a_nd_{n-2} - a_{n-2}d_n)t \quad (10)$$

[0052] Ein Timing-Fehlersignal der obigen Gleichung (10) wird durch ein Tiefpassfilter **15** geführt, so dass dessen niederfrequente Komponente, d.h. ein Mittelwert, erhalten wird. Sogar wenn die übertragenen Daten nicht vollständig zufällig sind, gelten die Beziehungen der folgenden Gleichungen (11) und (12):

$$\langle a_{n-1}d_{n-2}\rangle = \langle a_{n-1}d_n\rangle \quad (11)$$

$$\langle a_nd_n\rangle = \langle a_{n-2}d_{n-2}\rangle >> \langle a_nd_{n-2}\rangle = \langle a_{n-2}d_n\rangle \quad (12)$$

[0053] Mit den Beziehungen der obigen Gleichungen (11) und (12) ist der Mittelwert <e> der Gleichung (10) in der folgenden Gleichung (13) ausgedrückt:

$$\langle e\rangle = -2kc\langle a_nd_n\rangle t \quad (13)$$

[0054] Die Korrelation zwischen a_n und d_n ist groß und $\langle a_nd_n\rangle$ in der Gleichung (13) nimmt einen positiven Wert an, außer die Anzahl von Bestimmungsfehlern ist extrem groß, <e> spiegelt das Vorzeichen und die Größe der verschobenen Zeit t wider.

(Vierte Ausführungsform)

[0055] In jeder der ersten bis dritten Ausführungsformen wird die Position des Abtasttakts durch die Korrelation zwischen dem Abtastwert des Basisbandsignals und den dazu benachbarten Daten kontrolliert. Wenn der Korrelationswert zwischen einem Fehler, der in einem Basisbandsignal enthalten ist und dazu benachbartem/benachbarten Daten verwendet wird, kann andererseits die Position des Abtasttakts genauer kontrolliert werden.

[0056] Fig. 8 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur einer Datenrückgewinnungseinheit gemäß

einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Mit Bezug auf Fig. 8 umfasst diese Datenrückgewinnungseinheit einen Abtaster **1**, eine Entscheidungsschaltung **2**, eine Verzögerungsschaltung **3**, einen Multiplizierer **4**, ein Tiefpassfilter **5**, einen spannungsgesteuerten Oszillator **6**, einen Konstantenmultiplizierer **16** und einen Subtrahierer **17**.

[0057] Der Abtaster **1** tastet ein eingegebenes Basisbandsignal in Übereinstimmung mit einem Abtasttakt ab, der von dem spannungsgesteuerten Oszillator **6** bereitgestellt wird, und gibt einen Abtastwert S_n aus. Die Entscheidungsschaltung **2** bestimmt den Abtastwert S_n und gibt ein Datum d_n aus, das ein Schätzwert des Übertragungssymbols ist. Die Verzögerungsschaltung **3** verzögert das Datum d_n um einen Abtasttakt und gibt ein Datum d_{n-1} aus. Der Konstantenmultiplizierer **16** multipliziert das Datum d_n mit einer Konstanten α und gibt αd_n aus. Der Subtrahierer **17** subtrahiert αd_n von dem Abtastwert S_n. Der Multiplizierer **4** multipliziert die Ausgabe des Subtrahierers **17** mit dem verzögerten Datum d_{n-1}. Das Tiefpassfilter glättet die Ausgabe des Multiplizierers **4** und extrahiert dessen Gleichspannungskomponente. Der spannungsgesteuerte Oszillator **6** erzeugt den Abtasttakt, der eine veränderbare Frequenz hat gemäß dem Vorzeichen und der Größe der Gleichspannungskomponente.

[0058] Der Grund, warum das Basisbandsignal mit der in Fig. 8 gezeigten Struktur mit dem optimalen Timing abgetastet werden kann, wird nun im Detail beschrieben. Die grundlegende Struktur ist identisch zu der in Fig. 1 gezeigten Struktur, welche mit Bezug auf die erste Ausführungsform veranschaulicht wurde, und daher wird ein Teil, der sich von dieser Struktur unterscheidet, mit einer Gleichung beschrieben.

[0059] Der Subtrahierer **17** subtrahiert αd_n von dem Abtastwert S_n, während der Multiplizierer **4** die Ausgabe des Subtrahierers **17** mit dem verzögerten Datum d_{n-1} multipliziert, und daher ist die Ausgabe des Multiplizierers **17** in der folgenden Gleichung (14) ausgedrückt:

$$(S_n - \alpha d_n)d_{n-1} = (ka_n - \alpha d_n)d_{n-1} + kc(a_{n+1}d_{n-1} - a_{n-1}d_{n-1})t \quad (14)$$

[0060] Der von dem Tiefpassfilter **5** ausgegebene Korrelationswert ist in der Gleichung (8) ausgedrückt, ähnlich zu der ersten Ausführungsform. Wenn man die Gleichung (14) mit der Gleichung (5) der ersten Ausführungsform vergleicht, so ist der Ausdruck ka_nd_{n-1} mit $(ka_n - \alpha d_n)d_{n-1}$ ersetzt. Dieser Ausdruck, der ohne Bedeutung für die verschobene Zeit t des Abtast-Timings ist, wird bevorzugterweise minimiert, um die verschobene Zeit zu erkennen, um selbige zur Steuerung zu verwenden.

[0061] Solange nicht die Anzahl an Bestimmungsfehlern extrem groß ist, kann d_n als gleich zu a_n betrachtet werden und daher kann der Absolutwert dieses Ausdrucks reduziert werden, indem die Multiplikationskonstante α auf einen Wert gesetzt wird, der nahe der Gesamtverstärkung k ist.

(Fünfte Ausführungsform)

[0062] Fig. 9 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur einer Datenrückgewinnungseinheit gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Mit Bezug auf Fig. 9 umfasst diese Datenrückgewinnungseinheit einen Abtaster **1**, eine Entscheidungsschaltung **2**, einen spannungsgesteuerten Oszillator **6**, Verzögerungsschaltungen **7** bis **9**, einen Subtrahierer **13**, einen Multiplizierer **14**, ein Tiefpassfilter **15**, einen Konstantenmultiplizierer **16** und einen Subtrahierer **17**.

[0063] Der Abtaster **1** tastet ein eingegebenes Basisbandsignal in Übereinstimmung mit einem Abtasttakt ab, der von dem spannungsgesteuerten Oszillator **6** bereitgestellt wird, und gibt einen Abtastwert S_n aus. Die Entscheidungsschaltung **2** bestimmt den Abtastwert S_n und gibt ein Datum d_n aus, das ein Schätzwert des Übertragungssymbols ist. Die Verzögerungsschaltung **7** verzögert das Datum d_n um einen Abtasttakt und gibt das Datum d_{n-1} aus. Die Verzögerungsschaltung **8** verzögert das Datum d_{n-1} um einen Abtasttakt und gibt ein Datum d_{n-2} aus. Der Subtrahierer **13** subtrahiert das Datum d_n von dem Datum d_{n-2} und gibt $d_{n-2} - d_n$ aus. Der Konstantenmultiplizierer **16** multipliziert das Datum d_n mit einer Konstanten α und gibt αd_n aus. Der Subtrahierer **17** subtrahiert αd_n von dem Abtastwert S_n und gibt $S_n - \alpha d_n$ aus. Die Verzögerungsschaltung **9** verzögert $S_n - \alpha d_n$ um einen Abtasttakt und gibt $S_{n-1} - \alpha d_{n-1}$ aus. Der Multiplizierer **14** multipliziert $S_{n-1} - \alpha d_{n-1}$ mit $d_{n-2} - d_n$. Das Tiefpassfilter **15** glättet die Ausgabe des Multiplizierers **14** und extrahiert dessen Gleichspannungskomponente. Der spannungsgesteuerte Oszillator **6** erzeugt den Abtasttakt, der eine veränderbare Frequenz hat, gemäß dem Vorzeichen und der Größe der Gleichspannungskomponente.

[0064] Der Grund, warum das Basisbandsignal zu dem optimalen Zeitpunkt durch die in Fig. 9 gezeigte Struktur abgetastet werden kann, wird nun im Detail beschrieben. Die grundlegende Struktur ist identisch zu der in Fig. 7 gezeigten, die mit Bezug auf die dritte Ausführungsform veranschaulicht wurde, und daher wird ein sich unterscheidender Teil mit einer Gleichung beschrieben.

[0065] Die Ausgabe des Multiplizierers **14**, der $S_{n-1} - \alpha d_{n-1}$ mit $d_{n-2} - d_n$ multipliziert, ist in der folgenden Gleichung (15) ausgedrückt:

$$(S_{n-1} - \alpha d_{n-1})(d_{n-2} - d_n) = (ka_{n-1} - \alpha d_{n-1})(d_{n-2} - d_n) - kc(a_nd_n + a_{n-2}d_{n-2} - a_nd_{n-2} - a_{n-2}d_n)t \quad (15)$$

[0066] Der von dem Tiefpassfilter **15** ausgegebene Korrelationswert ist in der Gleichung (13) ausgedrückt, ähnlich zu der dritten Ausführungsform.

[0067] Wenn man die Gleichung (15) mit der obigen Gleichung (10) der dritten Ausführungsform vergleicht, so ist der Ausdruck $ka_{n-1}(d_{n-2} - d_n)$ ersetzt durch $(ka_{n-1} - \alpha d_{n-1})(d_{n-2} - d_n)$. Dieser Ausdruck, der ohne Bedeutung für die verschobene Zeit t des Abtast-Timings ist, wird bevorzugterweise minimiert, um die verschobene Zeit zu erkennen und selbige zur Steuerung zu verwenden. Solange nicht die Anzahl an Bestimmungsfehlern extrem groß ist, kann d_n als gleich zu a_n betrachtet werden, und daher kann der Absolutwert dieses Ausdrucks reduziert werden durch Wählen der Multiplikationskonstanten α zu einem Wert, der nahe der Gesamtverstärkung k ist.

(Sechste Ausführungsform)

[0068] Jede der vierten und fünften Ausführungsformen ist angepasst, die Position des Abtasttakts durch die Korrelation zwischen einem Fehler, der in dem Basisbandsignal enthalten ist, und dem/den dazu benachbarten Daten zu kontrollieren. Alternativ kann die Korrelation zwischen einen Fehler, der in einem Basisbandsignal enthalten ist, und einem Abtastwert eines Basisbandsignals, der dazu benachbart ist, verwendet werden. Daher wird die Beziehung zwischen dem Korrelationswert und der Abtasttaktverschiebung beibehalten, sogar wenn die Trägerrückgewinnung eines Trägerübertragungssystems so unvollständig ist, dass das Basisbandsignal mit einem anderen Basisbandsignal gemischt ist, wobei die Position des Abtasttakts korrekt kontrolliert werden kann.

[0069] Fig. 10 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur einer Datenrückgewinnungseinheit gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Mit Bezug auf Fig. 10 umfasst diese Datenrückgewinnungseinheit einen Abtaster **1**, eine Entscheidungsschaltung **2**, eine Verzögerungsschaltung **3**, einen Multiplizierer **4**, ein Tiefpassfilter **5**, einen spannungsgesteuerten Oszillator **6**, einen Konstantenmultiplizierer **16** und einen Subtrahierer **17**.

[0070] Der Abtaster **1** tastet ein eingegebenes Basisbandsignal in Übereinstimmung mit einem Abtasttakt ab, der von dem spannungsgesteuerten Oszillator **6** bereitgestellt wird, und gibt einen Abtastwert S_n aus. Die Entscheidungsschaltung **2** bestimmt den Abtastwert S_n und gibt ein Datum d_n aus, das ein Schätzwert des Übertragungssymbols ist. Der Konstantenmultiplizierer **16** multipliziert das Datum d_n mit einer Konstanten α und gibt αd_n aus. Der Subtrahierer **17** subtrahiert αd_n von dem Abtastwert S_n. Die Verzögerungsschaltung **3** verzögert den Abtastwert S_n um einen Abtasttakt und gibt einen Abtastwert S_{n-1} aus. Der Multiplizierer **4** multipliziert die Ausgabe des Subtrahierers **17** mit dem verzögerten Abtastwert S_{n-1}. Das Tiefpassfilter **5** glättet die Ausgabe des Multiplizierers **4** und extrahiert dessen Gleichspannungskomponente. Der spannungsgesteuerte Oszillator **6** erzeugt den Abtasttakt, der eine veränderbare Frequenz hat, gemäß dem Vorzeichen und der Größe der Gleichspannungskomponente.

[0071] Der Grund, warum das Basisbandsignal mit dem optimalen Timing durch die in Fig. 10 gezeigte Struktur abgetastet werden kann, wird nun im Detail beschrieben. Die grundlegende Struktur ist identisch mit der in Fig. 8 gezeigten, die mit Bezug auf die vierte Ausführungsform veranschaulicht wurde, außer dass das in den Multiplizierer eingegebene Datum mit einem Abtastwert ersetzt ist, und daher ist der Korrelationswert, der von dem Tiefpassfilter **5** ausgegeben wird, ähnlich zu dem der obigen Gleichung (8), und in der folgenden Gleichung (16) ausgedrückt:

$$\langle e \rangle = -k^2 c \langle a_n^2 \rangle t \qquad (16)$$

[0072] Daher wird verstanden werden, dass die Gleichung (16) das Vorzeichen und die Größe der verschobenen Zeit t widerspiegelt.

(Siebte Ausführungsform)

[0073] Fig. 11 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur einer Datenrückgewinnungseinheit gemäß einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Mit Bezug auf Fig. 11 umfasst diese Datenrückgewinnungseinheit einen Abtaster **1**, eine Entscheidungsschaltung **2**, einen spannungsgesteuerten Oszillator **6**, Verzögerungsschaltungen **7** bis **9**, einen Subtrahierer **13**, einen Multiplizierer **14**, ein Tiefpassfilter **15**, einen Konstantenmultiplizierer **16** und einen Subtrahierer **17**.

[0074] Der Abtaster **1** tastet ein eingegebenes Basisbandsignal in Übereinstimmung mit einem Abtasttakt ab, der von dem spannungsgesteuerten Oszillator **6** bereitgestellt wird, und gibt einen Abtastwert S_n aus. Die Entscheidungsschaltung **2** bestimmt den Abtastwert S_n und gibt ein Datum d_n aus, das ein Schätzwert des Übertragungssymbols ist. Die Verzögerungsschaltung **7** verzögert den Abtastwert S_n um einen Abtasttakt und gibt einen Abtastwert S_{n-1} aus. Die Verzögerungsschaltung **8** verzögert den Abtastwert S_{n-1} um einen Abtasttakt und gibt einen Abtastwert S_{n-2} aus. Der Subtrahierer **13** subtrahiert den Abtastwert S_n von dem Abtastwert S_{n-2} und gibt $S_{n-2} - S_n$ aus. Der Konstantenmultiplizierer **16** multipliziert das Datum d_n mit einer Konstanten α und gibt αd_n aus. Der Subtrahierer **17** subtrahiert αd_n von dem Abtastwert S_n und gibt $S_n - \alpha d_n$ aus. Die Verzögerungsschaltung **9** verzögert $S_n - \alpha d_n$ um einen Abtasttakt und gibt $S_{n-1} - \alpha d_{n-1}$ aus. Der Multiplizierer **14** multipliziert $S_{n-1} - \alpha d_{n-1}$ mit $S_{n-2} - S_n$. Das Tiefpassfilter **15** glättet die Ausgabe des Multiplizierers **14** und extrahiert

dessen Gleichspannungskomponente. Der spannungsgesteuerte Oszillator **6** erzeugt den Abtasttakt, der eine veränderbare Frequenz hat, gemäß dem Vorzeichen und der Größe der Gleichspannungskomponente.

[0075] Der Grund, warum das Basisbandsignal mit dem optimalen Timing durch die in Fig. 11 gezeigte Struktur abgetastet werden kann, wird nun im Detail beschrieben. Die grundlegende Struktur ist identisch mit der in Fig. 9 gezeigten, die mit Bezug auf die fünfte Ausführungsform veranschaulicht wurde, außer dass das in den Multiplizierer eingegebene Datum mit einem Abtastwert ersetzt ist, und daher ist der Korrelationswert, der von dem Tiefpassfilter **15** ausgegeben wird, ähnlich zu dem der obigen Gleichung (13), und in der folgenden Gleichung (17) ausgedrückt:

$$<e> = -2k^2c<a_n^2>t \quad (17)$$

[0076] Daher wird verstanden werden, dass die Gleichung (17) das Vorzeichen und die Größe der verschobenen Zeit t ausdrückt.

(Achte Ausführungsform)

[0077] In der in Fig. 11 gezeigten Ausführungsform wird, um $S_{n-1} - \alpha d_{n-1}$ zu erhalten, das dem Multiplizierer **14** bereitzustellen ist, zuerst $S_n - \alpha d_n$ durch den Konstantenmultiplizierer **16** und den Subtrahierer **17** erzeugt und durch die Verzögerungsschaltung **9** verzögert. Alternativ kann $S_{n-1} - \alpha d_{n-1}$ erhalten werden durch Anwenden des Konstantenmultiplizierers **16** und des Subtrahierers **17** auf S_{n-1}, das von der Verzögerungsschaltung **7** ausgegeben wird. Fig. 12 zeigt diese Struktur als eine achte Ausführungsform. Wenn die in Fig. 12 gezeigte Struktur verwendet wird, kann die in Fig. 11 gezeigte Verzögerungsschaltung **9** weggelassen werden.

(Neunte Ausführungsform)

[0078] Fig. 13 ist ein Blockdiagramm, welches die Struktur einer Datenrückgewinnungseinheit gemäß einer neunten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. In der neunten Ausführungsform ist die Basisbandsignaleingabe der in Fig. 12 gezeigten achten Ausführungsform auf zwei erweitert.

[0079] Mit Bezug auf Fig. 13 sind Abtaster **1a** und **1b**, Entscheidungsschaltung **2a** und **2b**, Verzögerungsschaltung **7a** und **7b**, Verzögerungsschaltung **8a** und **8b**, Subtrahierer **13a** und **13b**, Multiplizierer **14a** und **14b**, Konstantenmultiplizierer **16a** und **16b** und Subtrahierer **17a** und **17b** jeweils identisch in Struktur zu dem Abtaster **1**, der Entscheidungsschaltung **2**, der Verzögerungsschaltung **7**, der Verzögerungsschaltung **8**, dem Subtrahierer **13**, dem Multiplizierer **14**, dem Konstantenmultiplizierer **16** und dem Subtrahierer **17** der achten Ausführungsform (Fig. 12), und daher wird eine redundante Beschreibung weggelassen. Die in Fig. 13 gezeigte Datenrückgewinnungseinheit umfasst weiterhin einen spannungsgesteuerten Oszillator **6**, ein Tiefpassfilter **15** und einen Addierer **18**.

[0080] Der Abtaster **1a** tastet ein eingegebenes erstes Basisbandsignal in Übereinstimmung mit einem Abtasttakt ab, der von dem spannungsgesteuerten Oszillator **6** bereitgestellt wird. Die nachfolgenden Operationen bis zu dem Multiplizierer **14a** sind identisch mit denen der achten Ausführungsform. Der Abtaster **1b** tastet ein eingegebenes zweites Basisbandsignal in Übereinstimmung mit einem Abtasttakt ab, der von dem spannungsgesteuerten Oszillator **6** bereitgestellt wird. Die nachfolgenden Operationen bis zu dem Multiplizierer **14b** sind identisch mit denen der achten Ausführungsform. Der Addierer **18** addiert Timing-Fehlersignale auf, die von den Multiplizierern **14a** und **14b** jeweils miteinander ausgegeben werden. Das Tiefpassfilter **15** extrahiert eine niederfrequente Komponente aus dem Ergebnis der Addition und stellt eine Steuerspannung dem spannungsgesteuerten Oszillator **6** bereit. Der spannungsgesteuerte Oszillator **6** gibt den Takt aus, der eine Frequenz hat, die von der Steuerspannung abhängt und stellt selbigen den Abtastern **1a** und **1b** als den Abtasttakt bereit.

[0081] In der neunten Ausführungsform weisen beide der Timing-Fehlersignale, die von zwei Basisbandeingängen erhalten wurden (beide Achsen erhalten in Demodulation z.B. eines QPSK-Signals), zum Kontrollieren des Abtast-Timings auf. Daher ist der Betrag der Störung des Abtast-Timings, hervorgerufen durch in den Basisbandsignalen enthaltenen Rauschens, verglichen mit dem Fall des Verwendens nur eines Basisbandsignals reduziert.

[0082] Es ist offensichtlich, dass das Basisbandsignal auch auf wenigstens zwei erweitert werden kann in jeder der ersten bis siebten Ausführungsformen, ähnlich zu dem Fall der neunten Ausführungsform.

[0083] In jeder der ersten bis neunten Ausführungsformen kann der Abtaster durch einen A/D-Konverter implementiert werden. Wenn das Basisbandsignal durch solch einen A/D-Konverter in ein digitales Signal konvertiert wird, können die nachfolgenden Verzögerungsschaltungen einfach durch ein Flipflop oder Ähnliches implementiert werden, während die arithmetische Schaltung, wie der Subtrahierer, auch durch eine digitale Schaltung implementiert werden können, wobei eine Datenrückgewinnungseinheit erhalten werden kann, die zur Integration geeignet ist.

Patentansprüche

1. Datenrückgewinnungseinheit zum Rückgewin-

nen von Originaldaten aus einem Abtastwert, erhalten durch Abtasten eines Eingangssignals von einem Datenübertragungssystem, welches einen Modulationsteil (**31**), einen Übertragungspfad (**32**) und einen Demodulationsteil (**33**) beinhaltet, wo die Gesamtübertragungscharakteristik des Modulationsteils (**31**), des Übertragungspfads (**32**) und des Demodulationsteils (**33**) nur eine Art von Impulsantwort hat, wobei die Datenrückgewinnungseinheit umfasst:
Takterzeugungsmittel (**6**) zum Erzeugen eines Abtasttakts;
einen Abtaster (**1**) zum Abtasten des Eingangssignals in Übereinstimmung mit dem Abtasttakt, um einen ersten Abtastwert auszugeben;
eine Entscheidungsschaltung (**2**) zum, basierend auf dem ersten Abtastwert ausgegeben von dem Abtaster, Ausgeben eines ersten Schätzwerts eines Übertragungssymbols als die Originaldaten; und eines der Mittel (**3** bis **5**, **7** bis **18**) zum:
Berechnen eines ersten Korrelationswerts basierend auf dem ersten Abtastwert und einem zweiten Schätzwert, der erhalten wird durch Verschieben des ersten Schätzwerts um ein Symbol auf der Zeitachse, wobei der erste Korrelationswert eine Richtung repräsentiert, in welcher das Abtast-Timing verschoben wird;
Berechnen eines zweiten Korrelationswerts basierend auf einem Wert, der erhalten wird durch Subtrahieren eines konstanten Vielfachen des ersten Schätzwerts von dem ersten Abtastwert und einem zweiten Schätzwert, der erhalten wird durch Verschieben des ersten Schätzwerts um ein Symbol auf der Zeitachse, wobei der zweite Korrelationswert eine Richtung repräsentiert, in welcher das Abtast-Timing verschoben wird; oder
Berechnen eines dritten Korrelationswerts basierend auf einem Wert, der erhalten wird durch Subtrahieren eines konstanten Vielfachen des ersten Schätzwerts von dem ersten Abtastwert und einem zweiten Abtastwert, der erhalten wird durch Verschieben des ersten Abtastwerts um ein Symbol auf der Zeitachse, wobei der dritte Korrelationswert eine Richtung repräsentiert, in welcher das Abtast-Timing verschoben wird,
worin die Takterzeugungsmittel eine Phase des Abtasttakts anpassen in Übereinstimmung mit einer Polarität des jeweiligen ersten, zweiten oder dritten Korrelationswerts.

2. Datenrückgewinnungseinheit nach Anspruch 1, worin
die Entscheidungsschaltung (**2**) den ersten Schätzwert (d_n) als die Originaldaten ausgibt durch Bestimmen des ersten Abtastwerts (S_n), und
das Mittel zum Berechnen entweder des ersten, zweiten oder dritten Korrelationswerts beinhaltet:
eine Verzögerungsschaltung (**3**) zum Ausgeben des zweiten Schätzwerts (d_{n-1}) durch Verschieben des ersten Schätzwertes (d_n) um ein Symbol auf der Zeitachse;
einen Multiplizierer (**4**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens des ersten Abtastwerts (S_n), ausgegeben von dem Abtaster (**1**), mit dem zweiten Schätzwert (d_{n-1}), ausgegeben von der Verzögerungsschaltung (**3**); und
ein Tiefpassfilter (**5**) zum Durchleiten einer niederfrequenten Komponente der Ausgabe des Multiplizierers, um die niederfrequente Komponente als den ersten Korrelationswert auszugeben.

3. Datenrückgewinnungseinheit nach Anspruch 1, worin
die Entscheidungsschaltung (**2**) den ersten Schätzwert (d_n) als die Originaldaten ausgibt durch Bestimmen des ersten Abtastwerts (S_n) und
das Mittel zum Berechnen entweder des ersten, zweiten oder dritten Korrelationswerts beinhaltet:
eine erste Verzögerungsschaltung (**7**) zum Ausgeben eines zweiten Schätzwerts (d_{n-1}) durch Verschieben des ersten Schätzwerts (d_n) um ein Symbol auf der Zeitachse;
eine zweite Verzögerungsschaltung (**8**) zum Ausgeben eines dritten Schätzwerts (d_{n-2}) durch Verschieben des zweiten Schätzwertes (d_{n-1}), ausgegeben von der ersten Verzögerungsschaltung (**7**), um ein Symbol auf der Zeitachse;
eine dritte Verzögerungsschaltung (**9**) zum Ausgeben eines zweiten Abtastwerts (S_{n-1}) durch Verschieben des ersten Abtastwerts (S_n), ausgegeben von dem Abtaster (**1**), um ein Symbol auf der Zeitachse;
einen ersten Multiplizierer (**4**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens des zweiten Abtastwerts (S_{n-1}), ausgegeben von der dritten Verzögerungsschaltung (**9**), mit dem dritten Schätzwert (d_{n-2}), ausgegeben von der zweiten Verzögerungsschaltung (**8**);
einen zweiten Multiplizierer (**10**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens des zweiten Abtastwerts (S_{n-1}), ausgegeben von der dritten Verzögerungsschaltung (**9**), mit dem ersten Schätzwert (d_n), ausgegeben von der Entscheidungsschaltung (**2**),
ein erstes Tiefpassfilter (**5**) zum Durchleiten einer niederfrequenten Komponente der Ausgabe des ersten Multiplizierers (**4**);
ein zweites Tiefpassfilter (**11**) zum Durchleiten einer niederfrequenten Komponente der Ausgabe des zweiten Multiplizierers (**10**); und
einen Subtrahierer (**12**) zum Ausgeben, als den ersten Korrelationswert, eines Ergebnisses des Subtrahierens einer dc-Komponente, welche von dem zweiten Tiefpassfilter (**11**) ausgegeben wird, von einer dc-Komponente, welche von dem ersten Tiefpassfilter (**5**) ausgegeben wird.

4. Datenrückgewinnungseinheit nach Anspruch 1, worin
die Entscheidungsschaltung (**2**) den ersten Schätzwert (d_n) als die Originaldaten ausgibt durch Bestimmen des ersten Abtastwerts (S_n), und
das Mittel zum Berechnen entweder des ersten,

zweiten oder dritten Korrelationswerts beinhaltet:
eine erste Verzögerungsschaltung (**7**) zum Ausgeben eines zweiten Schätzwerts (d_{n-1}) durch Verschieben des ersten Schätzwerts (d_n) um ein Symbol auf der Zeitachse;
eine zweite Verzögerungsschaltung (**8**) zum Ausgeben eines dritten Schätzwerts (d_{n-2}) durch Verschieben des zweiten Schätzwerts (d_{n-1}), ausgegeben von der ersten Verzögerungsschaltung (**7**), um ein Symbol auf der Zeitachse;
eine dritte Verzögerungsschaltung (**9**) zum Ausgeben eines zweiten Abtastwerts (S_{n-1}) durch Verschieben des ersten Abtastwerts (S_n), ausgegeben von dem Abtaster (**1**), um ein Symbol auf der Zeitachse;
einen Subtrahierer (**13**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Subtrahierens des ersten Schätzwerts (d_n) von dem dritten Schätzwert (d_{n-2});
einen Multiplizierer (**14**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens des zweiten Abtastwerts (S_{n-1}), ausgegeben von der dritten Verzögerungsschaltung (**9**) mit der Ausgabe des Subtrahierers (**13**); und
ein Tiefpassfilter (**15**) zum Durchleiten einer niederfrequenten Komponente der Ausgabe des Multiplizierers (**14**); und Ausgeben der niederfrequenten Komponente als dem ersten Korrelationswert.

5. Datenrückgewinnungseinheit nach Anspruch 1, worin
die Entscheidungsschaltung (**2**) den ersten Schätzwert (d_n) als die Originaldaten ausgibt durch Bestimmen des ersten Abtastwerts (S_n), und
das Mittel zum Berechnen entweder des ersten, zweiten oder dritten Korrelationswerts beinhaltet:
eine Verzögerungsschaltung (**3**) zum Ausgeben des zweiten Schätzwerts (d_{n-1}) durch Verschieben des ersten Schätzwerts (d_n) um ein Symbol auf der Zeitachse;
einen Konstantenmultiplizierer (**16**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens des ersten Schätzwerts (d_n) mit einer Konstanten (α),
einen Subtrahierer (**17**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Subtrahierens der Ausgabe des Konstantenmultiplizierers (α d_n) von dem ersten Abtastwert (S_n);
einen Multiplizierer (**4**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens der Ausgabe des Subtrahierers (**17**) mit dem zweiten Schätzwert (d_{n-1}), ausgegeben von der Verzögerungsschaltung (**3**); und
ein Tiefpassfilter (**5**) zum Durchleiten einer niederfrequenten Komponente der Ausgabe des Multiplizierers (**4**), und Ausgeben der niederfrequenten Komponente als dem zweiten Korrelationswert.

6. Datenrückgewinnungseinheit nach Anspruch 1, worin
die Entscheidungsschaltung (**2**) den ersten Schätzwert (d_n) als die Originaldaten ausgibt durch Bestimmen des ersten Abtastwerts (S_n), und
das Mittel zum Berechnen entweder des ersten, zweiten oder dritten Korrelationswerts beinhaltet:
eine erste Verzögerungsschaltung (**7**) zum Ausgeben eines zweiten Schätzwerts (d_{n-1}) durch Verschieben des ersten Schätzwerts (d_n) um ein Symbol auf der Zeitachse;
eine zweite Verzögerungsschaltung (**8**) zum Ausgeben eines dritten Schätzwerts (d_{n-2}) durch Verschieben des zweiten Schätzwerts (d_{n-1}), ausgegeben von der ersten Verzögerungsschaltung (**7**), um ein Symbol auf der Zeitachse;
einen ersten Subtrahierer (**13**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Subtrahierens des ersten Schätzwerts (d_n), ausgegeben von der Entscheidungsschaltung (**2**), von dem dritten Schätzwert (d_{n-2}), ausgegeben von der zweiten Verzögerungsschaltung (**8**);
einen Konstantenmultiplizierer (**16**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens des ersten Schätzwerts (d_n) mit einer Konstanten (α),
einen zweiten Subtrahierer (**17**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Subtrahierens der Ausgabe (α d_n) des Konstantenmultiplizierers (**16**) von dem ersten Abtastwert (S_n);
eine dritte Verzögerungsschaltung (**9**) zum Verschieben der Ausgabe (S_n-α d_n) des zweiten Subtrahierers um ein Symbol auf der Zeitachse;
einen Multiplizierer (**14**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens der Ausgabe der dritten Verzögerungsschaltung (**9**) mit der Ausgabe des ersten Subtrahierers (**13**); und
ein Tiefpassfilter (**15**) zum Durchleiten einer niederfrequenten Komponente der Ausgabe des Multiplizierers (**14**), und Ausgeben der niederfrequenten Komponente als dem zweiten Korrelationswert.

7. Datenrückgewinnungseinheit nach Anspruch 1, worin
die Entscheidungsschaltung (**2**) den ersten Schätzwert (d_n) als die Originaldaten ausgibt durch Bestimmen des ersten Abtastwerts (S_n), und
das Mittel zum Berechnen entweder des ersten, zweiten oder dritten Korrelationswerts beinhaltet:
eine Verzögerungsschaltung (**3**) zum Ausgeben des zweiten Abtastwerts (S_{n-1}) durch Verschieben des ersten Abtastwerts (S_n) um ein Symbol auf der Zeitachse;
einen Konstantenmultiplizierer (**16**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens des ersten Schätzwerts (d_n) mit einer Konstanten (α),
einen Subtrahierer (**17**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Subtrahierens der Ausgabe des Konstantenmultiplizierers (α d_n) von dem ersten Abtastwert (S_n);
einen Multiplizierer (**4**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens der Ausgabe des Subtrahierers (**17**) mit dem zweiten Abtastwert (S_{n-1}), ausgegeben von der Verzögerungsschaltung (**3**); und
ein Tiefpassfilter (**5**) zum Durchleiten einer niederfrequenten Komponente der Ausgabe des Multiplizierers (**4**), und Ausgeben der niederfrequenten Komponente als dem dritten Korrelationswert.

8. Datenrückgewinnungseinheit nach Anspruch 1, worin
die Entscheidungsschaltung (**2**) den ersten Schätzwert (d_n) als die Originaldaten ausgibt durch Bestimmen des ersten Abtastwerts (S_n), und
das Mittel zum Berechnen entweder des ersten, zweiten oder dritten Korrelationswerts beinhaltet:
eine erste Verzögerungsschaltung (**7**) zum Ausgeben eines zweiten Abtastwerts (S_{n-1}) durch Verschieben des ersten Abtastwerts (S_n) um ein Symbol auf der Zeitachse;
eine zweite Verzögerungsschaltung (**8**) zum Ausgeben eines dritten Abtastwerts (S_{n-2}) durch Verschieben des zweiten Abtastwerts (S_{n-1}), ausgegeben von der ersten Verzögerungsschaltung (**7**), um ein Symbol auf der Zeitachse;
einen ersten Subtrahierer (**13**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Subtrahierens des ersten Abtastwerts (S_n) von dem dritten Abtastwert (S_{n-2});
einen Konstantenmultiplizierer (**16**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens des ersten Schätzwerts (d_n) mit einer Konstanten (α),
einen zweiten Subtrahierer (**17**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Subtrahierens der Ausgabe (α d_n) des Konstantenmultiplizierers (**16**) von dem ersten Abtastwert (S_n);
eine dritte Verzögerungsschaltung (**9**) zum Verschieben der Ausgabe des zweiten Subtrahierers (**17**) um ein Symbol auf der Zeitachse; einen Multiplizierer (**14**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens der Ausgabe der dritten Verzögerungsschaltung (**9**) mit der Ausgabe des ersten Subtrahierers (**13**); und
ein Tiefpassfilter (**15**) zum Durchleiten einer niederfrequenten Komponente der Ausgabe des Multiplizierers (**14**), und Ausgeben der niederfrequenten Komponente als dem dritten Korrelationswert.

9. Datenrückgewinnungseinheit nach Anspruch 1, worin
die Entscheidungsschaltung (**2**) den ersten Schätzwert (d_{n-1}) als die Originaldaten ausgibt durch Bestimmen des zweiten Abtastwerts (S_{n-1}), erhalten durch Verschieben des ersten Abtastwerts (S_n) um ein Symbol auf der Zeitachse,
das Mittel zum Berechnen entweder des ersten, zweiten oder dritten Korrelationswerts beinhaltet:
eine erste Verzögerungsschaltung (**7**) zum Ausgeben eines zweiten Abtastwerts (S_{n-1}) durch Verschieben des ersten Abtastwerts (S_n) um ein Symbol auf der Zeitachse;
eine zweite Verzögerungsschaltung (**8**) zum Ausgeben eines dritten Abtastwerts (S_{n-2}) durch Verschieben des zweiten Abtastwerts (S_{n-1}), ausgegeben von der ersten Verzögerungsschaltung (**7**), um ein Symbol auf der Zeitachse;
einen ersten Subtrahierer (**13**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Subtrahierens des ersten Abtastwerts (S_n) von dem dritten Abtastwert (S_{n-2});
einen Konstantenmultiplizierer (**16**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens des ersten Schätzwerts (d_{n-1}) mit einer Konstanten (α),
einen zweiten Subtrahierer (**17**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Subtrahierens der Ausgabe (α d_{n-1}) des Konstantenmultiplizierers (**16**) von dem zweiten Abtastwert (S_{n-1});
einen Multiplizierer (**14**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens der Ausgabe des zweiten Subtrahierers (**17**) mit der Ausgabe des ersten Subtrahierers (**13**); und
ein Tiefpassfilter (**15**) zum Durchleiten einer niederfrequenten Komponente der Ausgabe des Multiplizierers (**14**), und Ausgeben der niederfrequenten Komponente als dem dritten Korrelationswert.

10. Datenrückgewinnungseinheit nach Anspruch 1, worin
der Abtaster umfasst:
einen ersten Abtaster (**1a**) zum Ausgeben des ersten Abtastwerts durch Abtasten eines ersten Basisbandsignals;
einen zweiten Abtaster (**1b**) zum Ausgeben eines vierten Abtastwerts durch Abtasten eines zweiten Basisbandsignals;
die Entscheidungsschaltung umfasst:
eine erste Entscheidungsschaltung (**2a**) zum Ausgeben des ersten Schätzwerts als erste Originaldaten durch Bestimmen des zweiten Abtastwerts, erhalten durch Verschieben des ersten Abtastwerts um ein Symbol auf der Zeitachse; und
eine zweite Entscheidungsschaltung (**2b**) zum Ausgeben des zweiten Schätzwerts als zweite Originaldaten durch Bestimmen eines fünften Abtastwerts erhalten durch Verschieben des vierten Abtastwerts um ein Symbol auf der Zeitachse, und
das Mittel zum Berechnen entweder des ersten, zweiten oder dritten Korrelationswerts beinhaltet:
eine erste Verzögerungsschaltung (**7a**) zum Ausgeben eines zweiten Abtastwerts durch Verschieben des ersten Abtastwerts um ein Symbol auf der Zeitachse;
eine zweite Verzögerungsschaltung (**8a**) zum Ausgeben eines dritten Abtastwerts durch Verschieben des zweiten Abtastwerts, ausgegeben von der ersten Verzögerungsschaltung (**7a**), um ein Symbol auf der Zeitachse;
einen ersten Subtrahierer (**13a**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Subtrahierens des ersten Abtastwerts von dem dritten Abtastwert;
einen ersten Konstantenmultiplizierer (**16a**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens des ersten Schätzwerts mit einer Konstanten,
einen zweiten Subtrahierer (**17a**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Subtrahierens der Ausgabe des ersten Konstantenmultiplizierers von dem ersten Abtastwert;
einen ersten Multiplizierer (**14a**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens der Ausgabe des zweiten Subtrahierers (**17a**) und der Ausgabe des ersten Subtrahierers (**13a**)

eine dritte Verzögerungsschaltung (**7b**) zum Ausgeben eines fünften Abtastwerts durch Verschieben des vierten Abtastwerts um ein Symbol auf der Zeitachse;
eine vierte Verzögerungsschaltung (**8b**) zum Ausgeben eines sechsten Abtastwerts durch Verschieben des fünften Abtastwerts, ausgegeben von der dritten Verzögerungsschaltung (**7b**), um ein Symbol auf der Zeitachse;
einen dritten Subtrahierer (**13b**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Subtrahierens des vierten Abtastwerts von dem sechsten Abtastwert;
einen Konstantenmultiplizierer (**16b**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens des zweiten Schätzwertes mit einer Konstanten;
einen vierten Subtrahierer (**14b**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Subtrahierens der Ausgabe des zweiten Konstantenmultiplizierers von dem fünften Abtastwerts;
einen zweiten Multiplizierer (**14b**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Multiplizierens der Ausgabe des vierten Subtrahierers (**17b**) und der Ausgabe des dritten Subtrahierers (**13b**);
einen Addierer (**18**) zum Ausgeben eines Ergebnisses des Addierens der Ausgabe des ersten Multiplizierers (**14a**) zu der Ausgabe des zweiten Multiplizierers (**14b**); und
ein Tiefpassfilter (**15**) zum Durchleiten einer niederfrequenten Komponente der Ausgabe des Addierers (**18**), und Ausgeben der niederfrequenten Komponente als dem dritten Korrelationswert.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

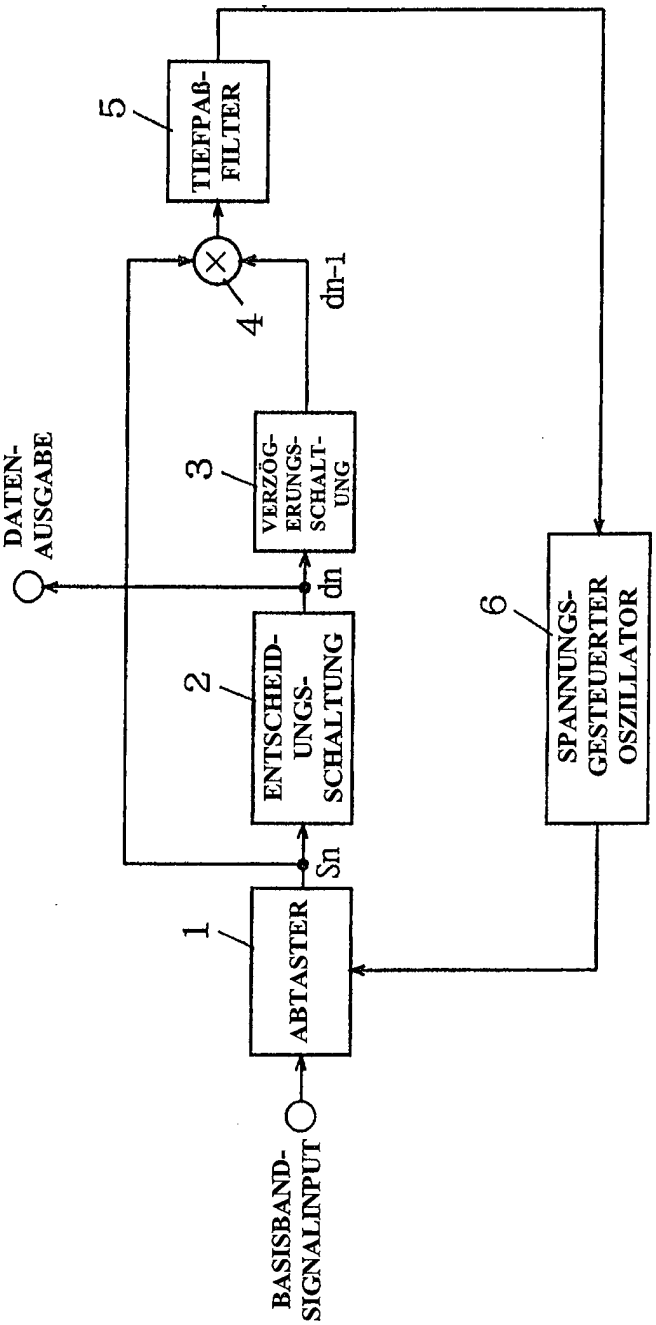


FIG. 2


ÜBERTRAGUNGS-SYMBOLE
31
MODULAT-IONSTEIL
32
ÜBERTRAG-UNGS-LEITUNG
33
DEMODULA-TIONSTEIL
BASISBANDSIGNAL (ZUR DATENRÜCK-GEWINNUNGS-EINHEIT)

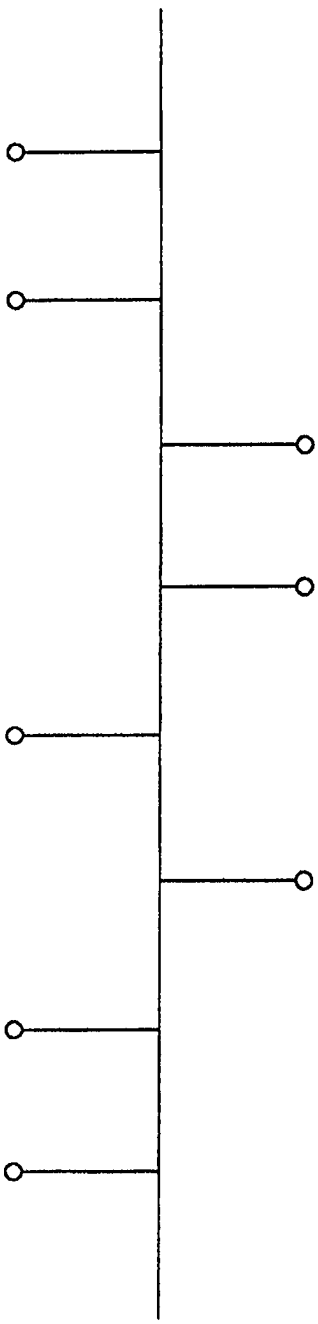


FIG. 3(a)

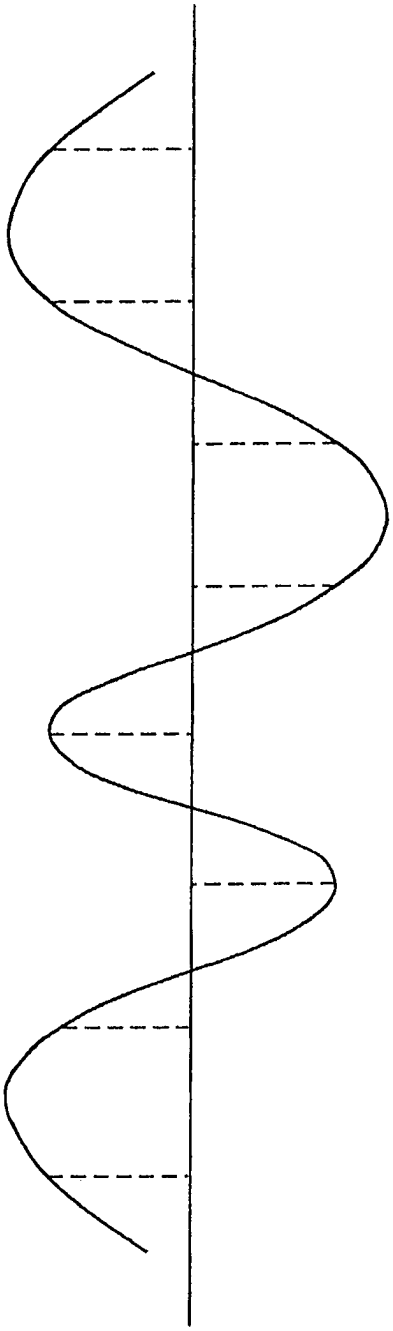


FIG. 3(b)



FIG. 3(c)

FIG. 4

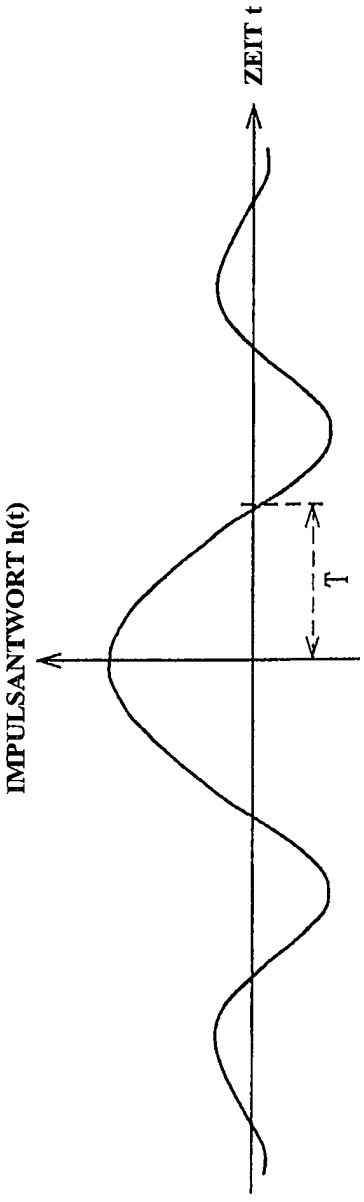


FIG. 5

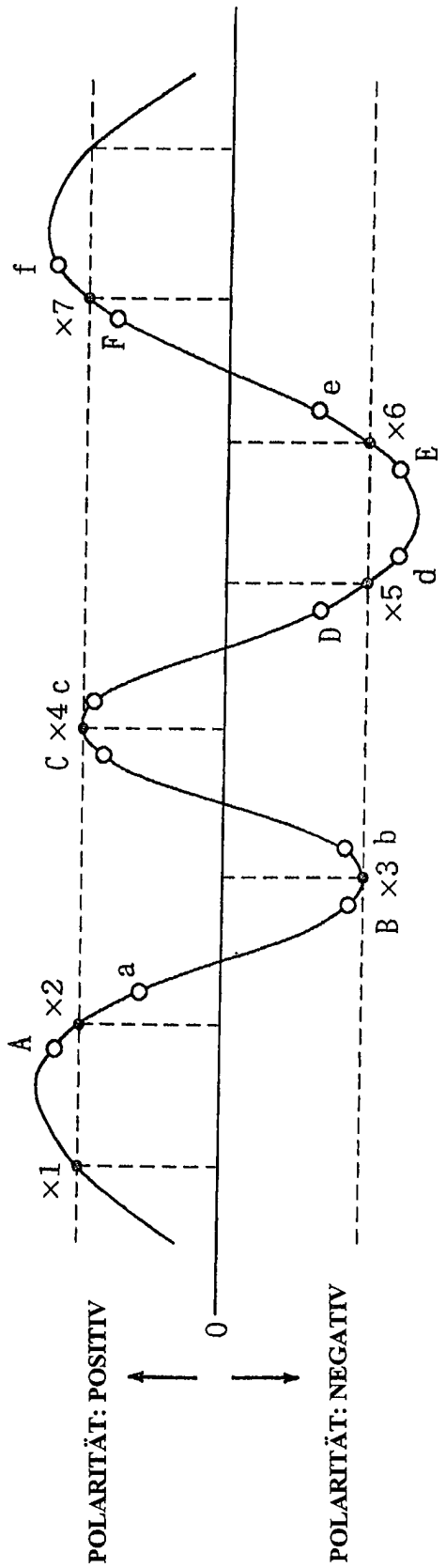

f
×7
F
e
×6
E
d
×5
D
C ×4 c
B ×3 b
a
A
×2
×1
0
POLARITÄT: POSITIV
POLARITÄT: NEGATIV

FIG. 6

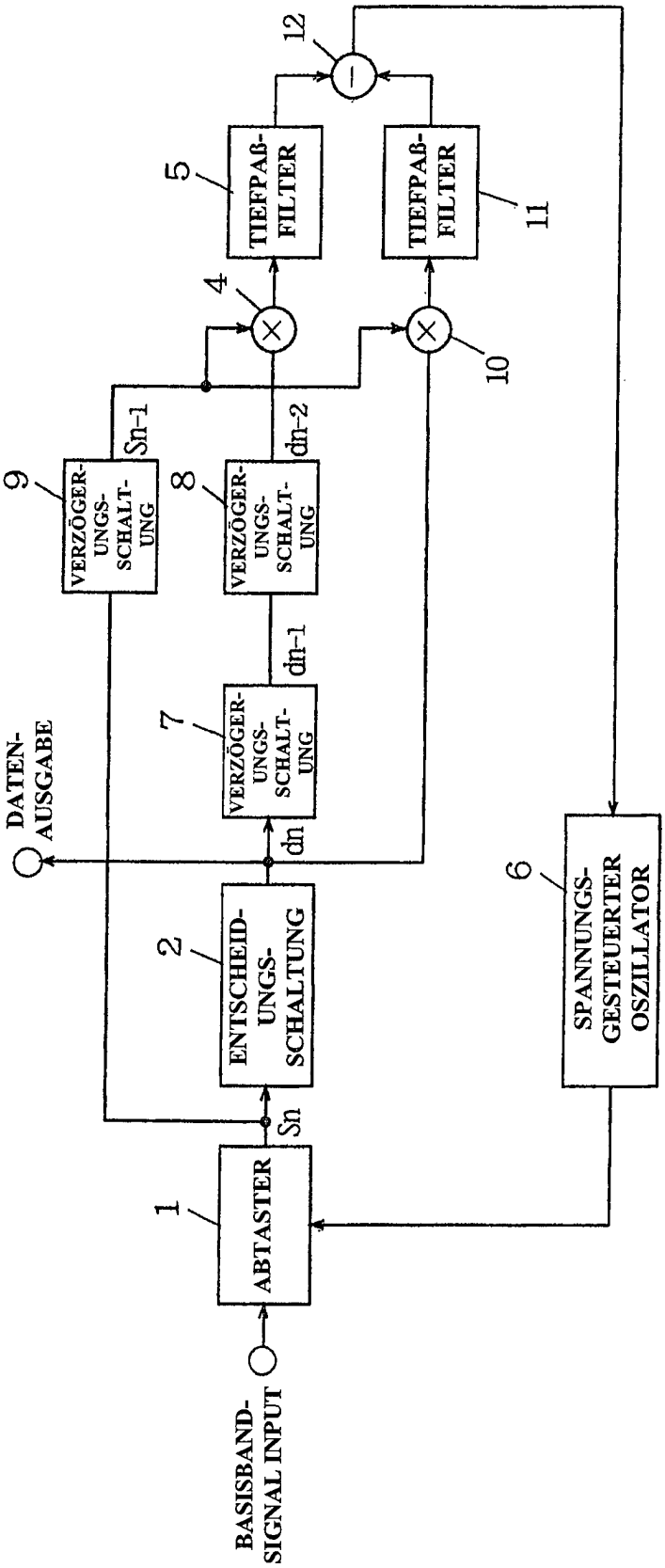

BASISBAND-SIGNAL INPUT
ABTASTER
1
Sn
ENTSCHEID-UNGS-SCHALTUNG
2
DATEN-AUSGABE
dn
VERZÖGER-UNGS-SCHALT-UNG
7
dn-1
VERZÖGER-UNGS-SCHALT-UNG
8
dn-2
VERZÖGER-UNGS-SCHALT-UNG
9
Sn-1
4
TIEFPAß-FILTER
5
12
TIEFPAß-FILTER
11
10
SPANNUNGS-GESTEUERTER OSZILLATOR
6

FIG. 7

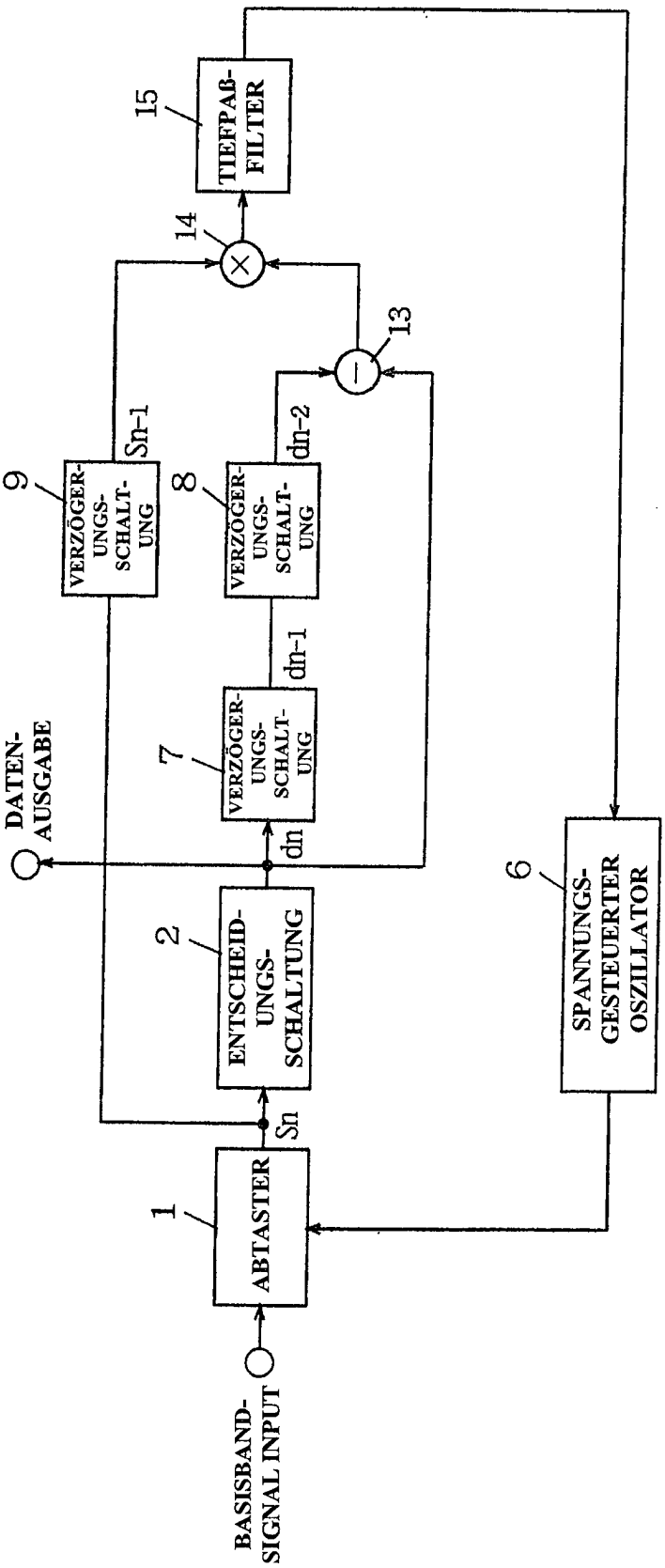

BASISBAND-SIGNAL INPUT
1
ABTASTER
Sn
2
ENTSCHEID-UNGS-SCHALTUNG
dn
DATEN-AUSGABE
7
VERZÖGER-UNGS-SCHALT-UNG
dn-1
8
VERZÖGER-UNGS-SCHALT-UNG
dn-2
9
VERZÖGER-UNGS-SCHALT-UNG
Sn-1
13
14
15
TIEFPAß-FILTER
6
SPANNUNGS-GESTEUERTER OSZILLATOR

FIG. 8

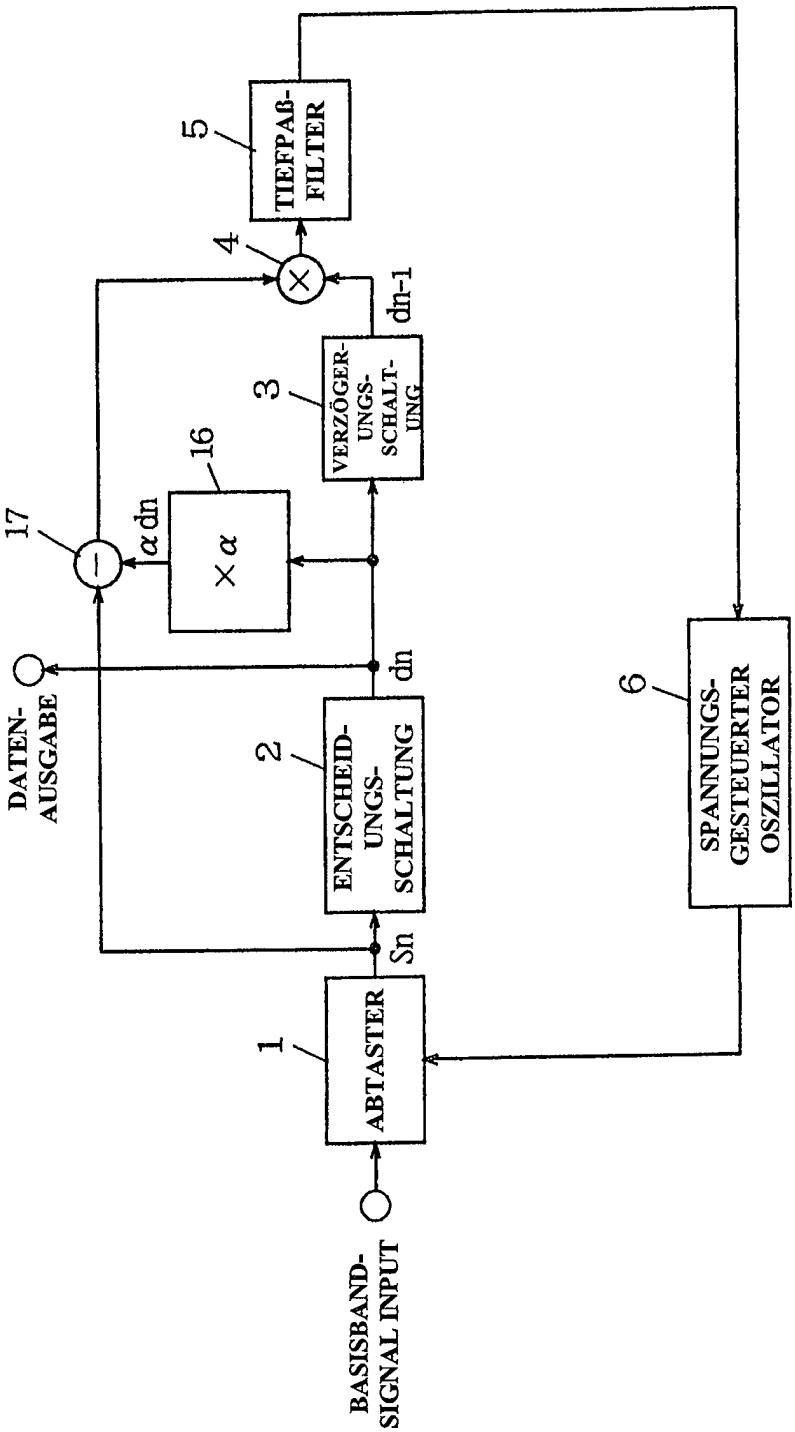

BASISBAND-SIGNAL INPUT
1
ABTASTER
Sn
2
ENTSCHEID-UNGS-SCHALTUNG
dn
DATEN-AUSGABE
3
VERZÖGER-UNGS-SCHALT-UNG
dn-1
4
5
TIEFPAß-FILTER
6
SPANNUNGS-GESTEUERTER OSZILLATOR
16
× α
α dn
17
−

FIG. 9

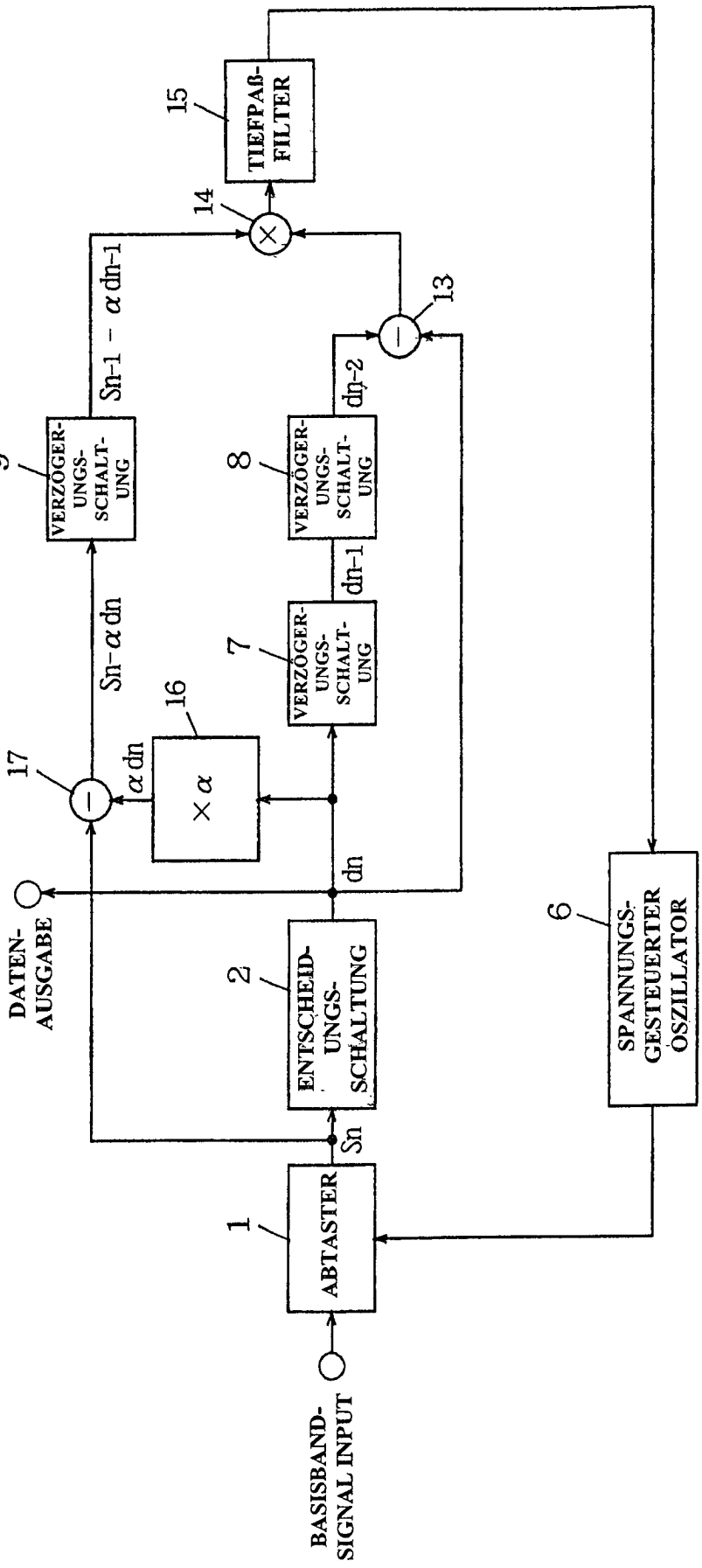

BASISBAND-SIGNAL INPUT
ABTASTER
1
Sn
ENTSCHEID-UNGS-SCHALTUNG
2
DATEN-AUSGABE
dn
SPANNUNGS-GESTEUERTER ÖSZILLATOR
6
VERZÖGER-UNGS-SCHALT-UNG
7
VERZÖGER-UNGS-SCHALT-UNG
8
VERZÖGER-UNGS-SCHALT-UNG
9
TIEFPAß-FILTER
15
16
× α
α dn
17
Sn - α dn
Sn-1 - α dn-1
14
13
dn-1
dn-2

FIG. 10

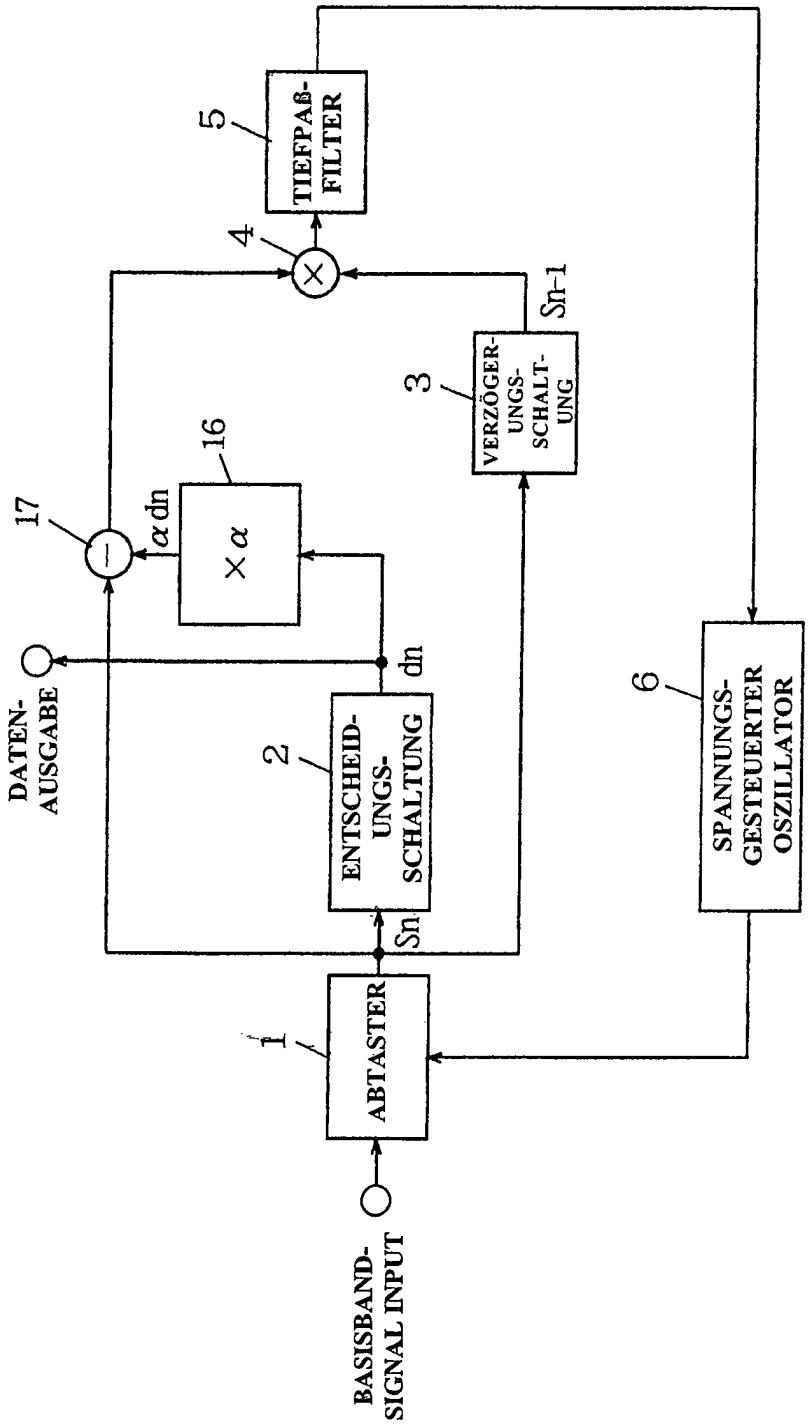

BASISBAND-SIGNAL INPUT
1
ABTASTER
Sn
2
ENTSCHEID-UNGS-SCHALTUNG
dn
DATEN-AUSGABE
6
SPANNUNGS-GESTEUERTER OSZILLATOR
3
VERZÖGER-UNGS-SCHALT-UNG
Sn-1
4
5
TIEFPAß-FILTER
16
× α
α dn
17

FIG. 11

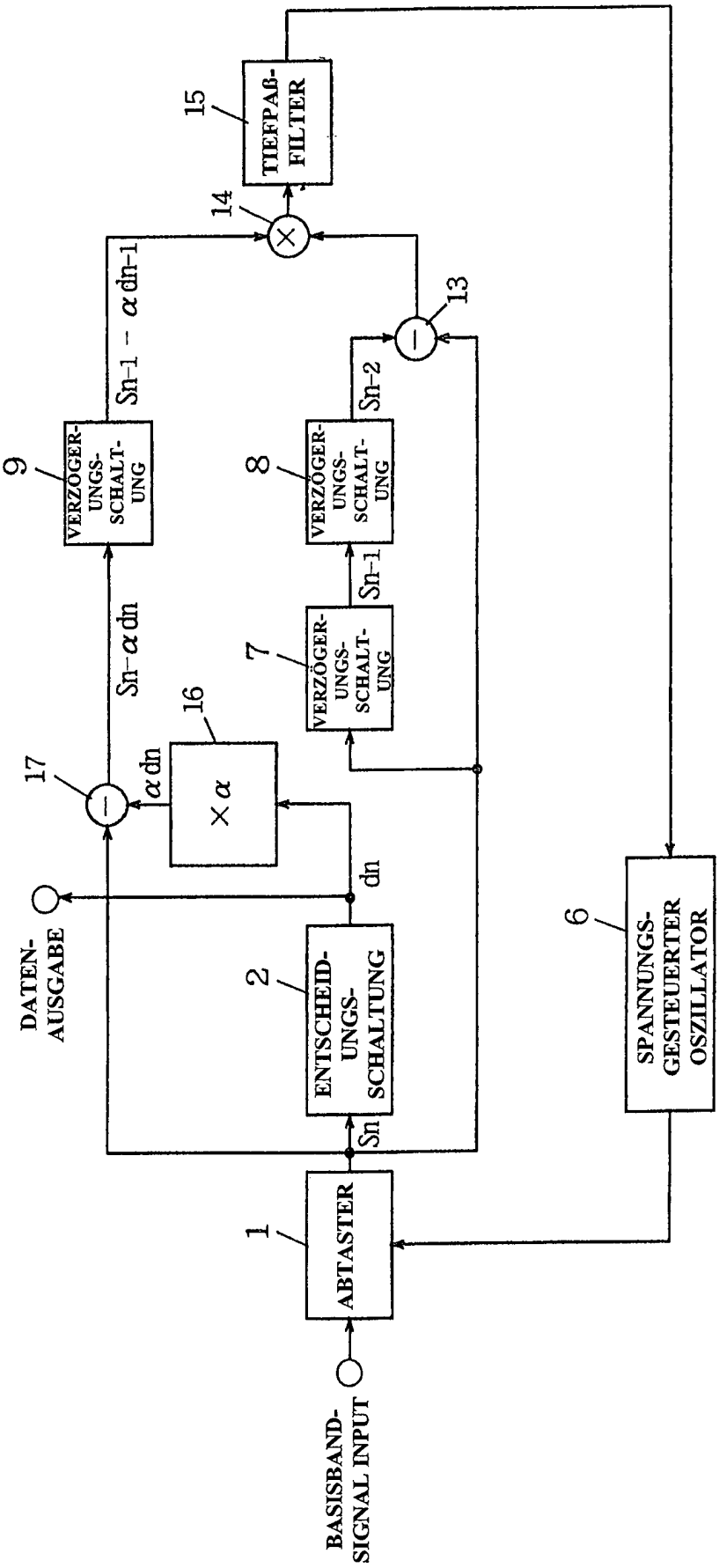

BASISBAND-SIGNAL INPUT
1
ABTASTER
Sn
2
ENTSCHEID-UNGS-SCHALTUNG
DATEN-AUSGABE
dn
6
SPANNUNGS-GESTEUERTER OSZILLATOR
17
16
α dn
× α
Sn−α dn
7
VERZÖGER-UNGS-SCHALT-UNG
Sn-1
8
VERZÖGER-UNGS-SCHALT-UNG
Sn-2
13
9
VERZÖGER-UNGS-SCHALT-UNG
Sn-1 − α dn-1
14
15
TIEFPAß-FILTER

FIG. 12

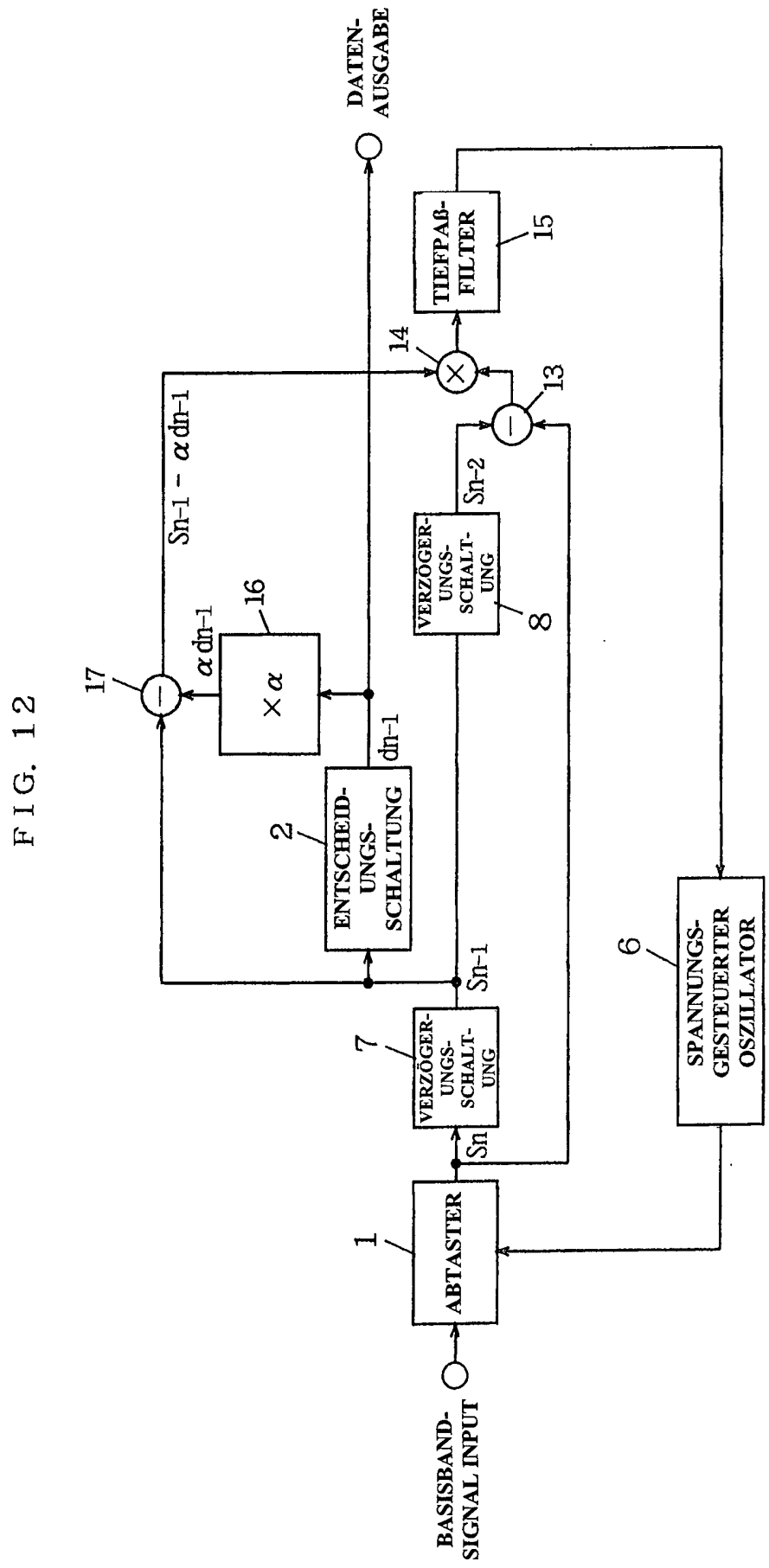

BASISBAND-SIGNAL INPUT
DATEN-AUSGABE
ABTASTER
1
ENTSCHEIDUNGS-SCHALTUNG
2
SPANNUNGS-GESTEUERTER OSZILLATOR
6
VERZÖGERUNGS-SCHALTUNG
7
VERZÖGERUNGS-SCHALTUNG
8
TIEFPAß-FILTER
15
16
17
Sn
Sn-1
Sn-2
dn-1
α dn-1
Sn-1 - α dn-1
×α

FIG. 13

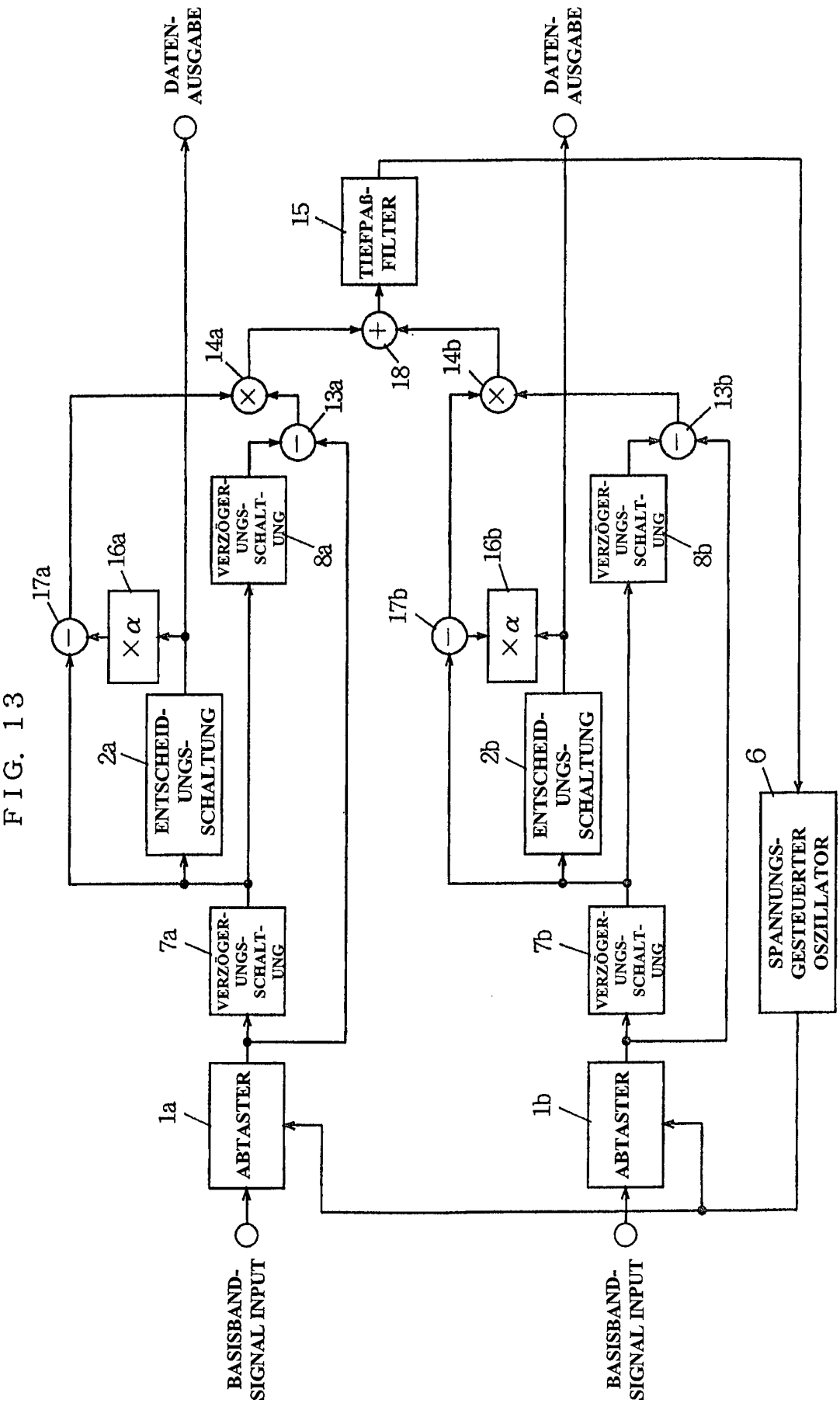
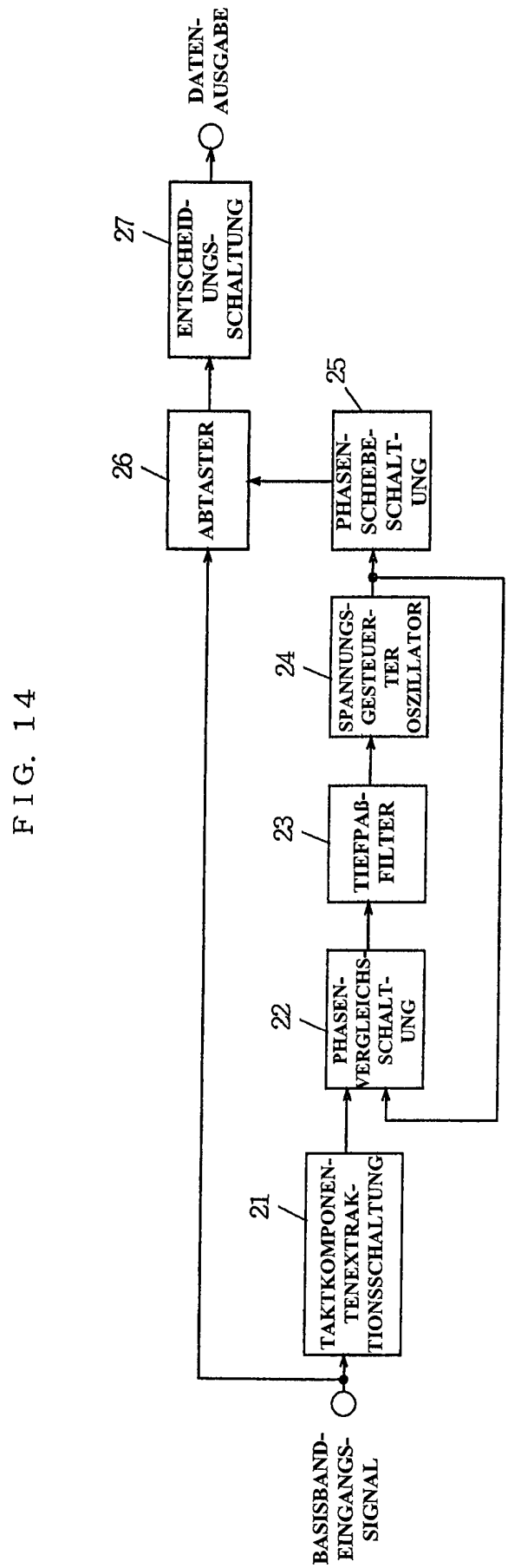

DATEN-AUSGABE
DATEN-AUSGABE
15
TIEFPAß-FILTER
18
14a
14b
13a
13b
16a
16b
17a
17b
× α
× α
VERZÖGER-UNGS-SCHALT-UNG
8a
8b
2a
2b
ENTSCHEID-UNGS-SCHALTUNG
7a
7b
1a
1b
ABTASTER
6
SPANNUNGS-GESTEUERTER OSZILLATOR
BASISBAND-SIGNAL INPUT
BASISBAND-SIGNAL INPUT

FIG. 14


BASISBAND-EINGANGS-SIGNAL
21
TAKTKOMPONENTENEXTRAKTIONSSCHALTUNG
22
PHASENVERGLEICHSSCHALTUNG
23
TIEFPAß-FILTER
24
SPANNUNGSGESTEUERTER OSZILLATOR
25
PHASENSCHIEBESCHALTUNG
26
ABTASTER
27
ENTSCHEIDUNGSSCHALTUNG
DATEN-AUSGABE