



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **101 29 331.3**
(22) Anmeldetag: **19.06.2001**
(43) Offenlegungstag: **02.01.2003**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.03.2016**

(51) Int Cl.: **H04L 27/26 (2006.01)**
H04L 5/06 (2006.01)
H04M 11/06 (2006.01)
H04B 3/50 (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:
Lantiq Deutschland GmbH, 85579 Neubiberg, DE

(74) Vertreter:
Kraus & Weisert Patentanwälte PartGmbH, 80539 München, DE

(72) Erfinder:
Sträußnigg, Dietmar, Dr., Villach, AT

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	37 02 215	C2
DE	41 24 836	C2
DE	41 24 834	A1
DE	198 58 106	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Schaltungsanordnung für Datenstromsender bei diskreten Mehrfachtonsystemen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Übertragen eines analogen Datenstroms (101) von einem Datenstromsender zu einem Datenstromempfänger, wobei Einschwingvorgänge durch den Datenstromsender bei einem Senden des analogen Datenstroms (101) unterdrückt werden, mit den Schritten:

a) Eingeben von zu übertragenden Daten (123) in eine Dateneingabeeinrichtung (201) eines Datenstromsenders;
b) Kodieren zu übertragenden Daten (123) in einer Kodierungseinrichtung (202), um kodierte Daten bereitzustellen;
c) Zusammenfassen der kodierten Daten in kodierte Datenblöcke (125);

d) Transformieren der kodierten Datenblöcke (125) in mindestens ein diskretes Mehrfachtonsymbol (208) in einer Rücktransformationseinrichtung (203);

e) Extrahieren von mindestens einem Filteranfangswert (126a–126n; u₀, u₁) aus dem mindestens einen diskreten Mehrfachtonsymbol (208) in einer Extraktionseinrichtung (127),

e1) wobei als Filteranfangswerte (126a–126n; u₀, u₁) jeweils die ersten Datenwerte eines diskreten Mehrfachtonsymbols (208) bereitgestellt werden; und

e2) wobei ein Extrahieren von mindestens einem Filteranfangswert (126a–126n) aus dem mindestens einen diskreten Mehrfachtonsymbol (208) in der Extraktionseinrichtung (127) nach jedem übertragenen diskreten Mehrfachtonsymbol (208) durchgeführt wird;

f) Weitergeben des mindestens einen Filteranfangswerts (126a–126n; u₀, u₁) von der Extraktionseinrichtung (127) zu einer Speicherwertbestimmungseinrichtung (128);

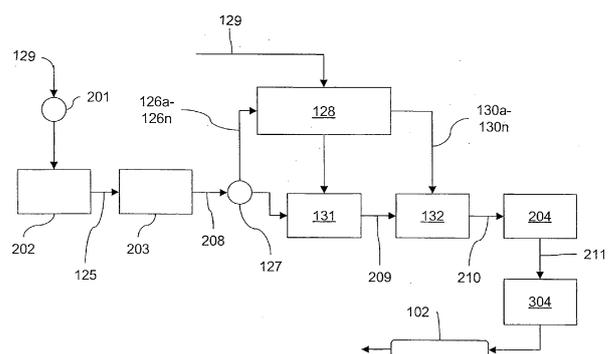
g) Anlegen eines Rahmensynchronisationssignals (129) an die Speicherwertbestimmungseinrichtung (128);

h) Bestimmen mindestens eines Speicherwerts (130a–130n; e-1, e-2) für mindestens eine Filterungseinrichtung (131, 132), welche Filterkoeffizienten (b₀, b₁, a₁) aufweist, in der Speicherwertbestimmungseinrichtung (128) in Abhängigkeit von dem mindestens einen Filteranfangswert (126a–126n; u₀, u₁) und dem Rahmensynchronisationssignal (129),

wobei die Speicherwerte (130a–130n; e-1, e-2) in der Speicherwertbestimmungseinrichtung (128) aus den Filteranfangswerten (126a–126n; u₀, u₁) und den Filterkoeffizienten (b₀, b₁, a₁) entsprechend einer Filtertopologie nach folgender Beziehung bestimmt werden:

$$e-1 = (1 - b_0) \cdot u_0$$

...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Übertragen eines analogen Datenstroms von einem Datenstromsender zu einem Datenstromempfänger, und betrifft insbesondere ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung eines Datenstromsenders in diskreten Mehrfachtonsystemen, bei welchen Einschwingvorgänge im Datenstromsender durch Bestimmen von Speicherwerten für senderseitige Filterungseinrichtungen unterdrückt werden.

[0002] Üblicherweise wird für eine asymmetrische Datenstromübertragung über gewöhnliche Telefonleitungen ein Mehrfachton-Verfahren (DMT, Discrete Multitone, diskrete Multitonmodulation) eingesetzt, wobei gewöhnliche Telefonleitungen in herkömmlicher als asymmetrische digitale Teilnehmerleitungen (ADSL = Asymmetric Digital Subscriber Line) ausgebildet sind.

[0003] Ein wesentlicher Vorteil von ADSL-Übertragungstechniken besteht darin, dass herkömmliche Kabelnetze für eine Übertragung verwendet werden können, wobei üblicherweise miteinander verdrehte Kupfer-Doppeladern eingesetzt werden.

[0004] Digitale Hochgeschwindigkeits-Teilnehmerleitungen nach dem Stand der Technik sind siehe beispielsweise in der Publikation „High-speed digital subscriber lines, IEEE Journal Sel. Ar. In Comm., Vol. 9, No. 6, August 1991“ beschrieben.

[0005] Unter den Übertragungsverfahren mit einer hohen Datenrate auf der Basis von digitalen Teilnehmerleitungen (DSL = Digital Subscriber Line) sind mehrere VDSL-(Very High Data Rate DSL = hochdatenratige DSL-)Anordnungen bekannt, wobei hierfür z. B. Verfahren wie CAP (Carrierless Amplitude/Phase), DWMT (Discrete Wavelet Multitone), SLC (Single Line Code) und DMT (Discrete Multitone) einsetzbar sind. Bei dem DMT-Verfahren wird das Sendesignal aus mehrfachen sinusförmigen bzw. kosinusförmigen Signalen bereitgestellt, wobei jedes einzelne sinusförmige bzw. kosinusförmige Signal sowohl in der Amplitude als auch in der Phase modulierbar ist. Die somit erhaltenen mehrfachen modulierten Signalen werden als quadraturamplitudenmodulierte Signale (QAM = Quadrature Amplitude Modulation) bereitgestellt.

[0006] In Fig. 4 ist ein herkömmlicher Datenstromsender gezeigt, in welchen über eine Dateneingabe-einrichtung **201** zu übertragende Daten **123** eingegeben werden. Die zu übertragenden Daten **123** werden einer Kodierungseinrichtung **202** zugeführt, in welcher die Daten zunächst kodiert und anschließend zu kodierten Datenblöcken **125** zusammengefasst werden, wobei je nach Stufigkeit eine vorgebbare Anzahl von zu übertragenden Bits einer komplexen Zahl

zugeordnet werden. Schließlich werden die von der Kodierungseinrichtung **202** ausgegebenen, kodierten Datenblöcke **125** einer Rücktransformationseinrichtung **203** zugeführt.

[0007] In herkömmlicher Weise transformiert die Rücktransformationseinrichtung **203** mittels einer inversen schnellen Fourier-Transformation (IFFT = Inverse Fast Fourier Transformation) die im Frequenzbereich vorliegenden Daten in den Zeitbereich, wobei aus $N/2$ komplexen Zahlen unmittelbar N Abastwerte eines Sendersignals erzeugt werden, wobei alle N Abastwerte im Folgenden als ein diskretes Multitonsymbol (DMT-Symbol; DMT = Discrete Multitone) bezeichnet wird. Hierbei können die komplexen Zahlen als Amplitudenwerte von innerhalb eines Datenblocks auszusendenden Kosinus- und Sinusschwingungen (Realteil und Imaginärteil) bereitgestellt werden, wobei die Frequenzen gemäß der Beziehung:

$$f_i = i \cdot \frac{1}{T} \quad i = 1, 2, \dots, N/2$$

äquidistant verteilt sind. Hierbei bezeichnet T eine Zeitdauer für eine Übertragung eines diskreten Mehrfachtonsymbols und N eine Anzahl von Abastwerten für ein diskretes Mehrfachtonsymbol. Beispielsweise setzen herkömmliche ADSL-DMT-Verfahren in einem „Downstream“-Modus, d. h. bei einer Datenübertragung von mindestens einer Vermittlungsstelle zu mindestens einem Teilnehmer, 256 Töne ein, welche jeweils als Sinustöne in Betrag und Phase modulierbar sind. Die Grundfrequenz beträgt hierbei 4,3 kHz und der Frequenzabstand zwischen aufeinanderfolgenden Tönen beträgt ebenfalls 4,3 kHz. Somit wird ein Frequenzspektrum von 4,3 kHz (Grundfrequenz) bis $(4,3 \text{ kHz} + 256 \times 4,3 \text{ kHz}) = 1,1 \text{ MHz}$ übertragen. Jedes DMT-Symbol ist somit durch einen in Betrag und Phase modulierbaren Sinuston dargestellt, wobei üblicherweise pro Symbol maximal 15 Bit als komplexe Zahl dargestellt werden. Bei einer Übertragung eines derart ausgebildeten Mehrfachtonsignals tritt jedoch das Problem auf, dass durch den Übertragungskanal, der beispielsweise als eine verdrehte Kupfer-Doppeldrahtleitung ausgebildet sein kann, Einschwingvorgänge herbeigeführt werden, welche nach beispielsweise M Abastwerten abgeklungen sind.

[0008] In der Sendereinrichtung werden nach einer inversen schnellen Fourier-Transformation (IFFT = Inverse Fast Fourier Transformation) die letzten M Abastwerte eines DMT-Symbols an einen Blockanfang angehängt, wobei die Beziehung gilt: $M < N$. Durch diese zyklische Erweiterung (zyklischer Präfix) kann dem Datenstromempfänger ein periodisches Signal vorgetäuscht werden, wenn der durch den Übertragungskanal verursachte Einschwingvorgang nach M Abastwerten abgeklungen ist, wobei eine gegenseitige Störung unterschiedlicher DMT-Symbole, d.

h. eine Intersymbolinterferenz (ISI) vermieden werden kann.

[0009] Dadurch lässt sich in herkömmlichen Verfahren ein Entzerrungsaufwand in einer Entzerrungseinrichtung, welche in dem Datenstromempfänger angeordnet ist, beträchtlich verringern, da nach einer Demodulation des empfangenden analogen Datenstroms **101** im Datenstromempfänger nur eine einfache Korrektur mit dem inversen Frequenzgang des Übertragungskanals in der Korrektureinrichtung **112** vorgenommen werden muss.

[0010] Ein wesentlicher Nachteil einer Datenübertragung nach dem ADSL-Verfahren über Kupferleitungen, bei dem Mehrfachtonsignale übertragen werden, besteht darin, dass lange Einschwingvorgänge auftreten. In herkömmlicher Weise wird daher der zyklische Präfix erweitert, um dem Datenstromempfänger ein periodisches Signal zu liefern. Im Verhältnis zu der DMT-Symbollänge N muss der zyklische Präfix jedoch klein gehalten werden, d. h. es muss die Beziehung gelten:

$$M \ll N,$$

da andernfalls in nachteiliger Weise eine Reduzierung der Übertragungskapazität auftritt.

[0011] Bei dem ADSL-Standard wird für eine Datenübertragung von einem Teilnehmer zu einer Vermittlung beispielsweise eine DMT-Symbollänge von $N = 64$ und ein Wert eines zyklischen Präfix von $M = 4$ bereitgestellt. Um einen Einschwingvorgang auf den zyklischen Präfix zu begrenzen, wird bei dem bekannten Verfahren in der Vorverarbeitungseinrichtung, die in dem Datenstromempfänger angeordnet ist, eine spezielle Entzerrungseinrichtung für den Zeitbereich (TDEQ = Time Domain Equalizer) in Form eines adaptiven Transversalfilters bereitgestellt, welches mit einer Abtastrate F_s arbeitet (beispielsweise 276 kHz in der Vermittlungsstelle bei ADSL).

[0012] Durch die notwendige Beschränkung der Länge des zyklischen Präfix auf beispielsweise $M = 4$, wie oben erwähnt, wird bei herkömmlichen Verfahren zum Übertragen eines analogen Datenstroms **101** eine Übertragungsgüte in nachteiliger Weise verschlechtert, da auch bei einem Einsatz einer Entzerrungseinrichtung in dem Datenstromempfänger eine erhebliche Intersymbolinterferenz (ISI) vorhanden ist.

[0013] In nachteiliger Weise enthält ein üblicher Übertragungskanal weiterhin Hoch- und Tiefpässe, um den zu übertragenden analogen Datenstrom in seiner Bandbreite zu begrenzen, und um ein Außenbandrauschen bei Analog-Digital- und Digital-Analog-Umsetzern, welche beispielsweise als Sigma-Delta-Wandler ausgebildet sein können, zu unterdrücken.

[0014] Insbesondere ist es nachteilig, dass bei einer Anregung von Tiefpässen mit DMT-Signalen Einschwingvorgänge auftreten, die in einem Frequenzbereich beträchtliche spektrale Anteile oberhalb des vorgesehenen Übertragungssignalbands aufweisen. Bei einer Abtastrate F_s von beispielsweise 276 kHz ergeben sich durch Faltprodukte im Übertragungssignalband spektrale Anteile, welche von der in dem Datenstromempfänger angeordneten Entzerrungseinrichtung nicht eliminiert werden können. In nachteiliger Weise sind diese Faltprodukte als Störsignale im Übertragungssignalband enthalten, wodurch eine Übertragungsgüte verschlechtert wird.

[0015] Ein im Zeitbereich erzeugtes Mehrfachtonsignal wird gemäß **Fig. 4** anschließend in Form von DMT-Symbolen übertragen. Zur Bereitstellung eines analogen Sendersignals **211** wird ein Analog-Digital-Umsetzer für eine Umsetzung von einem digitalen Mehrfachtonsignal **303** in das analoge Sendersignal **211** bereitgestellt.

[0016] Ein weiterer bekannter Datenstromsender ist in **Fig. 5** dargestellt, wobei hier zusätzlich zu den in **Fig. 4** veranschaulichten Komponenten eine erste Filterungseinrichtung **131'** und eine zweite Filterungseinrichtung **132'** zwischen der Rücktransformationseinrichtung **203** und dem Digital-Analog-Umsetzer **204** angeordnet sind.

[0017] **Fig. 5** verdeutlicht, dass ein typischer Übertragungskanal Hoch- und Tiefpässe für eine Bandbegrenzung von Kanalübertragungssignalen enthält. Wie in **Fig. 5** gezeigt, wird das diskrete Mehrfachtonsymbol (DMT-Symbol) **208** in der ersten Filterungseinrichtung **131'** hochpassgefiltert, um ein gefiltertes diskretes Mehrfachtonsymbol **209'** zu erhalten. Dieses gefilterte diskrete Mehrfachtonsymbol **209'** wird in der zweiten Filterungseinrichtung **132'** tiefpassgefiltert. Die zur Bandbegrenzung eingesetzten Filterungseinrichtungen **131'** und **132'** weisen den Nachteil auf, dass bei einer Anregung mit DMT-Symbolen Einschwingvorgänge auftreten, die eine Datenübertragungsrate begrenzen. Insbesondere dann, wenn Tiefpassfilter als Filterungseinrichtungen **131'** bzw. **132'** eingesetzt werden, treten im Frequenzbereich des Signalbandes wesentliche spektrale Anteile auf, die sich insbesondere bei einem kurzen zyklischen Präfix auswirken. Das von der zweiten Filterungseinrichtung **132'** ausgegebene Zeitsignal wird schließlich, nach einer Digital-Analog-Umsetzung in einem Digital-Analog-Umsetzer übertragen, wobei unzureichend eingegrenzte Einschwingvorgänge auftreten.

[0018] Aus der DE 198 58 106 A1 ist es bekannt, zur Reduzierung von „Zwischensymbolstörungen“ von Präfixen Gebrauch zu machen, die verlängert oder gegeneinander versetzt werden.

[0019] Aus der DE 41 24 836 A1 ist ein Tastfrequenzenunterscheidendes(Hochpass-)Filter als IIR-Filter realisiert, das synchron zum Symboltakt jeweils neu initialisiert wird, wobei eine Filtereinschwingzeit Null erreicht werden kann. Dieses Filter dient insbesondere zur FSK-Demodulation. Details solcher Filter sind beispielsweise in der DE 41 24 834 A1 beschrieben.

[0020] Es ist somit eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Übertragen eines analogen Datenstroms von einem Datenstromsender zu einem Datenstromempfänger bereitzustellen, bei welchem Einschwingvorgänge durch Maßnahmen im Datenstromsender unterdrückt werden.

[0021] Diese Aufgabe wird durch das im Patentanspruch 1 angegebene Verfahren sowie durch eine Schaltungsanordnung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 11 gelöst.

[0022] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0023] Der Kern der Erfindung besteht darin, dass Einschwingvorgänge senderseitig dadurch unterdrückt werden, dass mindestens ein Filteranfangswert aus mindestens einem diskreten Mehrfachtonsymbol abgeleitet wird, um einer Speicherwertbestimmungseinrichtung zugeführt zu werden, welche wiederum mindestens eine im Datenstromsender angeordnete Filtereinrichtung mit Speicherwerten derart beaufschlagt, dass ein Ausbilden von Einschwingvorgängen verhindert wird.

[0024] Es ist somit ein Vorteil der vorliegenden Erfindung, dass durch eine Unterdrückung von Einschwingvorgängen eine Datenübertragungsrate optimiert wird.

[0025] Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass der Datenstromempfänger vereinfacht und kostengünstig ausgelegt werden kann, da im Datenstromempfänger dann lediglich Filtermaßnahmen geringerer Komplexität zur Reduzierung von Einschwingvorgängen bereitgestellt werden müssen.

[0026] Noch ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass in einem Übertragungskanal vorhandene Tiefpässe nur zu geringen spektralen Anteilen innerhalb des Signalbandes führen.

[0027] Der wesentliche Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass bei dem erfindungsgemäßen Verfahren bei einer sequenziellen Übertragung von diskreten Mehrfachtonsymbolen ein Ausbilden von Einschwingvorgängen bereits senderseitig verhindert wird.

[0028] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Übertragen eines analogen Datenstroms von einem

Datenstromsender zu einem Datenstromempfänger weist im Wesentlichen die folgenden Schritte auf:

- a) Eingeben von zu übertragenden Daten in eine Dateneingabeeinrichtung eines Datenstromsenders;
- b) Kodieren der zu übertragenden Daten in einer Kodierungseinrichtung, um kodierte Daten bereitzustellen;
- c) Zusammenfassen der kodierten Daten in Datenblöcken, wobei je nach einer Stufigkeit eine vorgebbare Anzahl von zu übertragenden Bits einer komplexen Zahl zugeordnet werden;
- d) Transformieren der kodierten Datenblöcke in mindestens ein diskretes Mehrfachtonsymbol in einer Transformationseinrichtung, wobei die Transformationseinrichtung eine Rücktransformation von einem Frequenzbereich in einen Zeitbereich darstellt, wie sie beispielsweise durch eine inverse schnelle Fourier-Transformation (IFFT = Inverse Fast Fourier Transformation) bereitgestellt wird;
- e) Extrahieren von mindestens einem Filteranfangswert aus dem mindestens einen diskreten Mehrfachtonsymbol in einer Extraktionseinrichtung, wobei eine einer Filterordnung entsprechende Anzahl von Signalendwerten des Mehrfachtonsymbols bereitgestellt werden;
- f) Weitergeben des mindestens einen Filteranfangswerts von der Extraktionseinrichtung zu einer Speicherwertbestimmungseinrichtung;
- g) Anlegen eines Rahmensynchronisationssignals an die Speicherwertbestimmungseinrichtung, um eine Rahmensynchronisation bei einer Übertragung von DMT-Symbolen bereitzustellen;
- h) Bestimmen mindestens eines Speicherwerts für mindestens eine Filterungseinrichtung in der Speicherwertbestimmungseinrichtung;
- i) Anlegen des mindestens einen Speicherwerts an die mindestens eine Filterungseinrichtung;
- j) Anlegen des mindestens einen diskreten Mehrfachtonsymbols an eine erste Filterungseinrichtung der mindestens einen Filterungseinrichtung, um ein gefiltertes diskretes Mehrfachtonsymbol bereitzustellen;
- k) Weitergeben des gefilterten diskreten Mehrfachtonsymbols an eine zweite Filterungseinrichtung der mindestens einen Filterungseinrichtung, die mit dem mindestens einen, in der Speicherwertbestimmungseinrichtung bestimmten Speicherwert beaufschlagt ist, um ein einschwingkompensiertes diskretes Mehrfachtonsymbol bereitzustellen;
- l) Umsetzen des einschwingkompensierten diskreten Mehrfachtonsymbols in ein analoges Sendersignal in einem Digital-Analog-Umsetzer; und
- m) Senden des analogen Sendersignals über einen Übertragungskanal, wobei das Sendersignal durch eine Leitungstreibeinrichtung verstärkbar ist.

[0029] In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des jeweiligen Gegenstandes der Erfindung.

[0030] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung werden die zu übertragenden Daten als digitale Datenwerte bereitgestellt.

[0031] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird in den Datenblöcken eine vorgebbare Anzahl von zu übertragenden Bits zu jeweils einer komplexen Zahl zusammengefasst.

[0032] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird die mindestens eine komplexe Zahl als mindestens eine Kosinusschwingung entsprechend einem Realteil und als mindestens eine Sinusschwingung entsprechend einem Imaginärteil übertragen, wobei die Frequenzen der Kosinus- und Sinusschwingungen äquidistant verteilt sind.

[0033] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung werden als Filteranfangswerte jeweils die ersten Datenwerte eines DMT-Symbols bereitgestellt. Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird zum Transformieren der kodierten Datenblöcke in mindestens ein diskretes Mehrfachtonsymbol in der Transformationseinrichtung eine inverse schnelle Fourier-Transformation bereitgestellt.

[0034] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung werden Speicherwerte $e-1$, $e-2$ in der Speicherwertbestimmungseinrichtung aus Filteranfangswerten u_0 , u_1 und Filterkoeffizienten b_0 , b_1 , a_1 beispielsweise nach folgender Beziehung bestimmt:

$$e-1 = (1 - b_0) \cdot u_0$$

$$e-2 = u_1 \cdot (1 - b_0) + u_0 \cdot (a_1 - b_1),$$

wobei die obige Beziehung für ein spezifisches digitales Filter zweiter Ordnung mit vorgegebenem Speicherwert beispielhaft angegeben ist.

[0035] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird eine der Filterordnung n der Filterungseinrichtung entsprechende Anzahl von Speicherwerten aus einer entsprechenden Anzahl von Filteranfangswerten in der Speicherwertbestimmungseinrichtung bestimmt.

[0036] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird das analoge Sendersignal in den Übertragungskanal mittels einer Leitungstreibereinrichtung getrieben.

[0037] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung werden die in der Speicherwertbestimmungseinrichtung bestimmten Speicherwerte entweder der ersten Filterungseinrichtung oder der zweiten Filterungseinrichtung zugeführt.

[0038] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung werden die in der Speicherwertbestimmungseinrichtung bestimmten Speicherwerte sowohl der ersten Filterungseinrichtung als auch der zweiten Filterungseinrichtung zugeführt.

[0039] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung werden die ersten beiden Datenwerte u_0 , u_1 des diskreten Mehrfachtonsymbols einschließlich eines Präfix zur Bestimmung zweier Speicherwerte $e-1$, $e-2$ bereitgestellt, wenn eine Filterordnung zwei beträgt. Vorteilhafterweise wird bei einer höheren Filterordnung als zwei eine entsprechend höhere Anzahl an Datenwerten bereitgestellt.

[0040] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird ein Extrahieren von mindestens einem Filteranfangswert aus dem mindestens einen diskreten Mehrfachtonsymbol in einer Extraktionseinrichtung nach jedem übertragenen Mehrfachtonsymbol bereitgestellt.

[0041] Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zur Übertragung eines analogen Datenstroms weist weiterhin auf:

- a) eine Dateneingabeeinrichtung zur Eingabe von zu übertragenden Daten;
- b) eine Kodierungseinrichtung zur Kodierung der zu übertragenden Daten und zur anschließenden Zusammenfassung in kodierte Datenblöcke;
- c) eine Transformationseinrichtung zur Transformation der kodierten Datenblöcke in mindestens ein diskretes Mehrfachtonsymbol, wobei die von der Transformationseinrichtung bereitgestellte Transformation eine Rücktransformation von dem Frequenzbereich in den Zeitbereich darstellt, und invers zu der im Datenstromempfänger bereitgestellten Transformation arbeitet;
- d) eine Extraktionseinrichtung zur Extraktion von mindestens einem Filteranfangswert aus mindestens einem diskreten Mehrfachtonsymbol, wobei als Filteranfangswerte jeweils die ersten Datenwerte eines diskreten Mehrfachtonsymbols bereitgestellt werden; und wobei ein Extrahieren von mindestens einem Filteranfangswert (**126a–126n**) aus dem mindestens einen diskreten Mehrfachtonsymbol (**208**) in der Extraktionseinrichtung (**127**) nach jedem übertragenen diskreten Mehrfachtonsymbol (**208**) durchgeführt wird;
- e) eine Speicherwertbestimmungseinrichtung zur Bestimmung mindestens eines Speicherwerts

und zum Anlegen des Speicherwerts an mindestens eine Filterungseinrichtung in Abhängigkeit von dem mindestens einen Filteranfangswert und einem an die Speicherwertbestimmungseinrichtung angelegten Rahmensynchronisationssignal, welches eine Synchronisation mit dem Rahmenformat des Mehrfachtonsymbols bereitstellt;

f) einen Digital-Analog-Umsetzer zur Umsetzung eines an die mindestens eine Filterungseinrichtung angelegten und durch die mindestens eine Filterungseinrichtung einschwingkompensierten diskreten Mehrfachtonsymbols in ein analoges Sendersignal, wobei die mindestens eine Filterungseinrichtung (131, 132) eine erste Filterungseinrichtung (131) und eine zweite Filterungseinrichtung (132) umfasst, wobei die erste Filterungseinrichtung (131) eingerichtet ist, das diskrete Mehrfachtonsymbol zu filtern und ein gefiltertes diskretes Mehrfachtonsymbol (209) bereitzustellen, und wobei die zweite Filterungseinrichtung (132) eingerichtet ist, mit dem mindestens einen in der Speicherwertbestimmungseinrichtung (128) bestimmten Speicherwert (130a–130n; e-1, e-2) beaufschlagt zu werden und das gefilterte diskrete Mehrfachtonsymbol (209) zu filtern, um das einschwingkompensierte diskrete Mehrfachtonsymbol (210) bereitzustellen; und

g) einen Übertragungskanal zur Übertragung des analogen Sendersignals, wobei vor einer Übertragung eine Verstärkung des zu übertragenden analogen Sendersignals bereitgestellt werden kann.

[0042] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

[0043] Fig. 1 eine Schaltungsanordnung zur Übertragung eines analogen Datenstroms von einem Datenstromsender zu einem Datenstromempfänger, wobei Einschwingvorgänge unterdrückt werden, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0044] Fig. 2a ein Blockbild einer Übertragungsstrecke für Mehrfachtonsymbole mit Datenstromsender, Übertragungskanal und Datenstromempfänger;

[0045] Fig. 2b schematisch einen Aufbau eines Mehrfachtonsymbols mit zyklischem Präfix;

[0046] Fig. 3 die in Fig. 2a veranschaulichte Übertragungsanordnung zum Übertragen eines analogen Datenstroms in größerem Detail als eine Gesamtstrecke;

[0047] Fig. 4 eine Detailanordnung eines Datenstromsenders ohne Filtereinrichtungen nach dem Stand der Technik;

[0048] Fig. 5 ein Blockbild eines herkömmlichen Datenstromsenders mit einer ersten Filterungseinrichtung und einer zweiten Filterungseinrichtung; und

[0049] Fig. 6 eine Filterungseinrichtung zweiter Ordnung, die mit Speicherwerten aus einer Speicherwertbestimmungseinrichtung beaufschlagt wird, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0050] In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Komponenten oder Schritte.

[0051] Fig. 2a zeigt ein prinzipielles Blockbild einer Anordnung zum Übertragen eines analogen Datenstroms nach dem DMT-Verfahren, wobei der Datenstromsender 214, der Übertragungskanal 102 und der Datenstromempfänger 215 veranschaulicht sind.

[0052] Datenstromsender 214 und Datenstromempfänger 215 bestehen aus getrennt identifizierbaren Blöcken, welche im Folgenden kurz beschrieben werden. Eine Dateneingabeeinrichtung 201 dient zur Eingabe von zu übertragenden Daten, wobei die eingegebenen Daten an eine Kodierungseinrichtung 202 weitergegeben werden. In der Kodierungseinrichtung 202 wird der Datenstrom entsprechend einem herkömmlichen Verfahren dekodiert und einer Rücktransformationseinrichtung 203 zugeführt.

[0053] Die Rücktransformationseinrichtung 203 stellt eine Transformation von den im Frequenzbereich vorliegenden Daten in Daten bereit, die im Zeitbereich vorliegen. Die Rücktransformationseinrichtung 203 kann beispielsweise durch eine Einrichtung bereitgestellt werden, in welcher eine inverse schnelle Fourier-Transformation (IFFT = Inverse Fast Fourier Transformation) durchgeführt wird.

[0054] Es sei darauf hingewiesen, dass die in der Rücktransformationseinrichtung 203 durchgeführte Transformation von dem Frequenzbereich in den Zeitbereich eine zu derjenigen Transformation inverse Transformation darstellt, welche die Transformationseinrichtung 110 ausführt.

[0055] Schließlich erfolgt eine Umsetzung des von der Rücktransformationseinrichtung 203 ausgehenden digitalen Datenstroms in einen analogen Datenstrom mittels eines Digital-Analog-Umsetzers 204. Der nunmehr im Zeitbereich vorliegende, analoge Datenstrom wird einem Übertragungskanal 102 zugeführt, welcher die oben beschriebene Datenübertragung bereitstellt, wobei bei einer Übertragung eine Bandpass-, Hochpass- und/oder Tiefpass-Filterung sowie eine Beaufschlagung des analogen Datenstroms 101 mit Rauschen vorhanden sein kann. Der analoge Datenstrom 101 wird weiter dem in dem Datenstromempfänger 215 angeordneten Analog-Di-

gital-Umsetzer **104** zugeführt, welcher den empfangenen analogen Datenstrom **101** in einen digitalen Datenstrom **103** umsetzt, wobei der umgesetzte digitale Datenstrom **103** der Transformationseinrichtung **110** zugeführt wird.

[0056] Nach einer zu der in der Rücktransformationseinrichtung **203** inversen Transformation von dem Frequenzbereich in den Zeitbereich erfolgt nach einem Durchlaufen des transformierten Datenstroms durch eine Korrekturereinrichtung (nicht gezeigt) und eine Bestimmungseinrichtung (nicht gezeigt) eine Dekodierung in der Dekodierungseinrichtung **117**. Der dekodierte Datenstrom wird schließlich über die Datenausgabereinrichtung **119** ausgegeben.

[0057] In **Fig. 2b** ist ein Schema eines diskreten Mehrfachtonsymbols gezeigt, wobei der zu übertragende analoge Datenstrom als eine Sequenz von Mehrfachtonsymbolen bereitgestellt wird. Vor einer Weitergabe der in der Rücktransformationseinrichtung **203** transformierten Daten an den Digital-Analog-Umsetzer **204** werden die letzten M Abtastwerte eines Mehrfachtonsymbols an den Blockanfang nochmals angehängt, wodurch ein zyklischer Präfix definiert ist und wobei gilt:

$$M < N$$

[0058] Auf diese Weise kann einem Datenstromempfänger ein periodisches Signal vorgetäuscht werden, wenn der durch den Übertragungskanal verursachte Einschwingvorgang nach M Abtastwerten abgeklungen ist, d. h., es tritt keine Intersymbolinterferenz (ISI) auf.

[0059] Wie in **Fig. 2b** gezeigt, weist das ursprüngliche Mehrfachtonsymbol eine Länge von N Abtastwerten, beispielsweise $N = 64$ auf, während beispielsweise die letzten vier Werte als ein zyklischer Präfix **212** an den DMT-Symbolanfang **205** gesetzt werden, wobei gilt:

$$M = 4.$$

[0060] Die Gesamtlänge eines Mehrfachtonsymbols **208** beträgt nun mit den an den Symbolanfang **205** angehängten DMT-Symbolendwerten **213** $M + N$ von dem Präfixanfang **207** bis zu dem DMT-Symbolende **206**.

[0061] Es sei darauf hingewiesen, dass die Anzahl der zyklisch den Symbolanfang **205** angehängten DMT-Symbolendwerte **213** möglichst gering gehalten werden muss, d. h. $M \ll N$, um eine möglichst geringe Reduzierung der Übertragungskapazität und -güte zu erhalten.

[0062] In einem weiteren Beispiel besteht ein Mehrfachtonsymbol **208** aus 256 komplexen Zahlen, was

bedeutet, dass 512 Zeitproben (Real- und Imaginärteil) als ein periodisches Signal übertragen werden müssen. In diesem Beispiel berechnet sich, wenn eine Anzahl von 32 DMT-Symbolendwerten **213** als zyklischer Präfix **212** an den Symbolanfang kopiert werden, eine Gesamtlänge der zu übertragenden Zeitprobe zu 544, was bei einer maximalen Tonfrequenz eines DMT-Signals von 2,208 MHz eine Abtastdauer T_A von $544 \times 10^{-6} / 2,208$ Sekunden bzw. 0,25 ms ergibt, wobei sich die Symbolübertragungsfrequenz aus $f_{\text{DMT}} = 1/T_A \approx 4$ kHz berechnet.

[0063] **Fig. 1** zeigt ein Blockbild eines Datenstromsenders, in welchem eine erste Filterungseinrichtung **131** und eine zweite Filterungseinrichtung **132** mit Speicherwerten **130a–130n** derart vorgeladen werden, dass eine Unterdrückung von Einschwingvorgängen bereits senderseitig bereitgestellt wird. Zu übertragende Daten **123** werden in die Dateneingabeeinrichtung **201** eingegeben, in einer Kodierungseinrichtung **202** kodiert und zu kodierten Datenblöcken **125** zusammengefasst, wie obenstehend beschrieben.

[0064] Die kodierten Datenblöcke **125** werden der Rücktransformationseinrichtung **203** zugeführt, welche durch eine inverse Transformation von einem Frequenzbereich in einen Zeitbereich einen digitalen Datenstrom in Form von diskreten Mehrfachtonsymbolen (DMT-Symbolen) **208** bereitstellt.

[0065] Der DMT-Symboldatenstrom **208** wird über eine Extraktionseinrichtung **127** der ersten Filtereinrichtung **131** zugeführt. In der Extraktionseinrichtung **127** erfolgt eine Extraktion von Filteranfangswerten **126a–126n**, wobei sich die Anzahl der extrahierten Filteranfangswerte n nach der Ordnung der ersten Filterungseinrichtung **131** und/oder der zweiten Filterungseinrichtung **132** richtet. Wird beispielsweise, wie untenstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 6** beschrieben werden wird, ein Filter zweiter Ordnung eingesetzt, so werden zwei Filteranfangswerte **126a** und **126b** in der Extraktionseinrichtung **127** extrahiert, wobei, wie bereits obenstehend ausgeführt, die ersten beiden Datenwerte eines Mehrfachtonsymbols einschließlich des zyklischen Präfix, wie in **Fig. 2b** veranschaulicht, weitergegeben werden.

[0066] Die Filteranfangswerte **126a–126n** werden der Speicherwertbestimmungseinrichtung **128** zugeführt, wobei die Speicherwertbestimmungseinrichtung weiterhin ein Rahmensynchronisationssignal **129** zur Synchronisation bezüglich einer Übertragung des zu übertragenden Datenstroms in Form von Mehrfachtonsymbolen synchronisieren.

[0067] Es sei darauf hingewiesen, dass, obwohl in dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beispielhaft Filter zweiter Ordnung dargestellt sind, Filter einer davon unterschied-

lichen Ordnungszahl eingesetzt werden können. Bei dem hier veranschaulichten und untenstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 6** näher beschriebene Filter zweiter Ordnung werden in der Speicherwertberechnungseinrichtung **128** Speicherwerte **130a–130n** entsprechend der folgenden Formel berechnet, wobei die für ein Filter zweiter Ordnung bereitgestellten Filteranfangswerte mit u_0 und u_1 bezeichnet werden, während die bereitgestellten Speicherwerte als $e-1$ und $e-2$ bezeichnet werden:

$$e-1 = (1 - b_0) \cdot u_0$$

$$e-2 = u_1 \cdot (1 - b_0) + u_0 \cdot (a_1 - b_1)$$

wobei zweite Filterkoeffizienten mit b_0 und b_1 bezeichnet sind, während erste Filterkoeffizienten mit a_1 bezeichnet sind.

[0068] Die Filterkoeffizienten entsprechen dem in **Fig. 6** gezeigten rekursiven Filter zweiter Ordnung. Die berechneten Speicherwerte $e-1$, $e-2$ bzw. **130a–130n** (für eine beliebige Filterordnung n) werden schließlich der ersten Filterungseinrichtung **131** und der zweiten Filterungseinrichtung **132** zugeführt. Diese Speicherwerte werden zum Vorladen der ersten Filterungseinrichtung **131** und/oder der zweiten Filterungseinrichtung **132** bereitgestellt, um somit Einschwingvorgänge dadurch zu reduzieren, dass die Speicherwerte $e-1$ und $e-2$ in eine Berechnung der Ausgangswerte der Filtereinrichtung eingehen, wie unter Bezugnahme auf **Fig. 6** beschrieben werden wird.

[0069] In dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel kann eine erste Filterungseinrichtung **131** durch ein Hochpassfilter bereitgestellt werden, während die zweite Filterungseinrichtung **132** durch ein Tiefpassfilter bereitgestellt werden kann. Insbesondere dann, wenn Tiefpassfilter mit DMT-Symbolen angeregt werden, treten Einschwingvorgänge auf, die im Frequenzbereich beträchtliche spektrale Anteile oberhalb des eigentlichen Übertragungsbands aufweisen.

[0070] Durch das erfindungsgemäße Vorladen der Speicher der Filterungseinrichtung **132** mit Speicherwerten $e-1$ und $e-2$ werden diese Einschwingvorgänge wesentlich reduziert. Während die erste Filterungseinrichtung **131** das diskrete Mehrfachtonsymbol **208** in ein gefiltertes diskretes Mehrfachtonsymbol **209** umsetzt, wird durch eine weitere Filterung mit der erfindungsgemäßen, vorgeladenen zweiten Filterungseinrichtung **132** aus dem gefilterten diskreten Mehrfachtonsymbol **209** ein einschwingkompensiertes diskretes Mehrfachtonsymbol **210** erzeugt, welches anschließend, wie bereits unter Bezugnahme auf die **Fig. 4** und **Fig. 5** beschrieben, einem herkömmlichen Digital-Analog-Umsetzer **204** zugeführt wird.

[0071] Das durch eine in dem Digital-Analog-Umsetzer **204** durchgeführte Digital-Analog-Umsetzung erhaltene analoge Sendersignal **211** wird schließlich einer Leitungstreibereinrichtung **304** zugeführt, in der eine Verstärkung des analogen Datenstroms und/oder ein Treiben des analogen Datenstroms in den Übertragungskanal **102** erfolgt.

[0072] **Fig. 6** zeigt ein rekursives Filter zweiter Ordnung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Während sich die Nummern als Bezugszeichen auf eine beliebige Filterordnung beziehen, entsprechen die Filteranfangswerte u_0 und u_1 einem Filter zweiter Ordnung, die der Speicherwertbestimmungseinrichtung **128** wie unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben, zugeführt werden.

[0073] Weiterhin wird der Speicherwertbestimmungseinrichtung **128** ein Rahmensynchronisationssignal **129**, wie obenstehend erläutert, zugeführt. z^{-1} bedeutet jeweils ein Verzögerungselement gemäß einer z -Transformation, während die ersten Filterkoeffizienten mit a_1 und a_2 und die zweiten Filterkoeffizienten mit b_0 , b_1 und b_2 bezeichnet sind.

[0074] In dem in **Fig. 6** gezeigten rekursiven Filter zweiter Ordnung sind drei Summationseinrichtungen **606** bereitgestellt, um das über einen Filtereingangsanschluss **601** zugeführte, mit den zweiten Filterkoeffizienten **605a**, **605b** und **605c** gewichtete diskrete Mehrfachtonsymbol **208** mit dem durch die ersten Filterkoeffizienten a_1 und a_2 gewichteten einschwingkompensierten diskreten Mehrfachtonsignal **210** zu überlagern, wobei durch die rekursive Anordnung des Filters die ersten Filterkoeffizienten a_1 und a_2 mit negativem Vorzeichen versehen sind. Das einschwingkompensierte, diskrete Mehrfachtonsymbol wird über einen Filterausgangsanschluss **602** ausgegeben.

[0075] Mit den durch die Speicherwertbestimmungseinrichtung **128** bestimmten Speicherwerten, die in die Speicherelemente (z^{-1}) des Filters zweiter Ordnung eingeschrieben werden, ergibt sich eine Bestimmung von Filterausgangswerten y_k gemäß den folgenden Gleichungen:

$$y_k = b_0 \cdot u_k + e_{k-1}$$

$$e_{k-1} = -y_k \cdot a_1 + b_1 \cdot u_k + e_{k-2}$$

$$e_{k-2} = -y_k \cdot a_2 + b_2 \cdot u_k$$

wobei erkennbar ist, dass die Speicherinhalte e_{k-1} und e_{k-2} in die Berechnung der Ausgangswerte des Filters eingehen.

[0076] Die erste Filterungseinrichtung **131** und die zweite Filterungseinrichtung **132** können weiterhin als eine Einheit in einer Anordnung eines rekursiven Filters ausgebildet sein, wobei dieser Filtereinheit

einmal Speicherwerte **130a–130n** von der Speicherwertbestimmungseinrichtung **128** zugeführt werden.

[0077] Weiterhin kann die in dem in **Fig. 1** beschriebenen Ausführungsbeispiel dargestellte Filteranordnung, bei welcher die erste Filterungseinrichtung **131** als ein Hochpassfilter ausgebildet ist, während die zweite Filterungseinrichtung **132** als ein Tiefpassfilter ausgebildet ist, umgekehrt werden, so dass die erste Filterungseinrichtung **131** auf die zweite Filterungseinrichtung **132** folgend angeordnet ist.

[0078] Bezüglich der in den **Fig. 4** und **Fig. 5** dargestellten Schaltungsanordnungen von herkömmlichen Datenstromsendern wird auf die Beschreibungseinleitung verwiesen.

[0079] Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend an Hand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

Bezugszeichenliste

101	Analoger Datenstrom	123	Zu übertragende Daten
102	Übertragungskanal	125	Kodierte Datenblöcke
103	Digitaler Datenstrom	126a–126n, u0, u1	Filteranfangswerte
104	Analog-Digital-Umsetzer	127	Extraktionseinrichtung
105	Entzerrungseinrichtung	128	Speicherwertbestimmungseinrichtung
106	Entzerrter digitaler Datenstrom	129	Rahmensynchronisationssignal
107	Dezimationseinrichtung	130a–130n, e-1, e-2	Speicherwerte
108	Abtastrate	131, 131'	Erste Filterungseinrichtung
109	Dezimierter entzerrter digitaler Datenstrom	132, 132'	Zweite Filterungseinrichtung
110	Transformationseinrichtung	201	Dateneingabeeinrichtung
111a–111n	Transformationssignale	202	Kodierungseinrichtung
112	Korrekturereinrichtung	203	Rücktransformationseinrichtung
113a–113n	Korrigierte Transformationssignale	204	Digital-Analog-Umsetzer
114	Betragssignal	205	DMT-Symbolanfang
115	Phasensignal	206	DMT-Symbolende
116	Bestimmungseinrichtung	207	Präfixanfang
117	Dekodierungseinrichtung	208	Diskretes Mehrfachtonsymbol („discrete multi tone“, DMT-Symbol)
118	Dekodierter Datenstrom	209, 209'	Gefiltertes diskretes Mehrfachton-Symbol (DMT-Symbol)
119	Datenausgabeeinrichtung	210	Einschwingkompensiertes, diskretes Mehrfachton-Symbol (DMT-Symbol)
120	Symbolrate	211	Analoges Sendersignal
121	Überlagerungseinrichtung	212	Präfix
122	Rauschsignal	213	DMT-Symbolendwerte
		214	Datenstromsender
		215	Datenstromempfänger
		301	Vorverarbeitungseinrichtung
		302	Vorverarbeiteter digitaler Datenstrom
		303	Mehrfachtonsignal
		304	Leitungstreibereinrichtung
		601	Filtereingangsanschluss
		602	Filterausgangsanschluss
		603a–603n	Filterspeicherelemente (n: Filterordnung)
		604a–604n, a1, a2	Erste Filterkoeffizienten

605a–605m, b0, b1, b2 Zweite Filterkoeffizienten ($m = n + 1$)
606 Summationseinrichtungen

$$e-2 = u1 \cdot (1 - b0) + u0 \cdot (a1 - b1);$$

i) Anlegen des mindestens einen Speicherwerts (**130a–130n**; e-1, e-2) an die mindestens eine Filterungseinrichtung (**131, 132**);

j) Anlegen des mindestens einen diskreten Mehrfachtonsymbols (**208**) an eine erste Filterungseinrichtung (**131**) der mindestens einen Filterungseinrichtung, um ein gefiltertes diskretes Mehrfachtonsymbol (**209**) bereitzustellen;

k) Weitergeben des gefilterten diskreten Mehrfachtonsymbols (**209**) an eine zweite Filterungseinrichtung (**132**) der mindestens einen Filterungseinrichtung, die mit dem mindestens einen, in der Speicherwertbestimmungseinrichtung (**128**) bestimmten Speicherwert (**130a–130n**; e-1, e-2) beaufschlagt ist, um ein einschwingkompensiertes diskretes Mehrfachtonsymbol (**210**) bereitzustellen;

l) Umsetzen des einschwingkompensierten diskreten Mehrfachtonsymbols (**210**) in ein analoges Sendersignal (**211**) in einem Digital-Analog-Umsetzer (**204**); und

m) Senden des analogen Sendersignals (**211**) über einen Übertragungskanal (**102**).

Patentansprüche

1. Verfahren zum Übertragen eines analogen Datenstroms (**101**) von einem Datenstromsender zu einem Datenstromempfänger, wobei Einschwingvorgänge durch den Datenstromsender bei einem Senden des analogen Datenstroms (**101**) unterdrückt werden, mit den Schritten:

a) Eingeben von zu übertragenden Daten (**123**) in eine Dateneingabeeinrichtung (**201**) eines Datenstromsenders;

b) Kodieren zu übertragenden Daten (**123**) in einer Kodierungseinrichtung (**202**), um kodierte Daten bereitzustellen;

c) Zusammenfassen der kodierten Daten in kodierte Datenblöcke (**125**);

d) Transformieren der kodierten Datenblöcke (**125**) in mindestens ein diskretes Mehrfachtonsymbol (**208**) in einer Rücktransformationseinrichtung (**203**);

e) Extrahieren von mindestens einem Filteranfangswert (**126a–126n**; u_0, u_1) aus dem mindestens einen diskreten Mehrfachtonsymbol (**208**) in einer Extraktionseinrichtung (**127**),

e1) wobei als Filteranfangswerte (**126a–126n**; u_0, u_1) jeweils die ersten Datenwerte eines diskreten Mehrfachtonsymbols (**208**) bereitgestellt werden; und

e2) wobei ein Extrahieren von mindestens einem Filteranfangswert (**126a–126n**) aus dem mindestens einen diskreten Mehrfachtonsymbol (**208**) in der Extraktionseinrichtung (**127**) nach jedem übertragenen diskreten Mehrfachtonsymbol (**208**) durchgeführt wird;

f) Weitergeben des mindestens einen Filteranfangswerts (**126a–126n**; u_0, u_1) von der Extraktionseinrichtung (**127**) zu einer Speicherwertbestimmungseinrichtung (**128**);

g) Anlegen eines Rahmensynchronisationssignals (**129**) an die Speicherwertbestimmungseinrichtung (**128**);

h) Bestimmen mindestens eines Speicherwerts (**130a–130n**; e-1, e-2) für mindestens eine Filterungseinrichtung (**131, 132**), welche Filterkoeffizienten (b_0, b_1, a_1) aufweist, in der Speicherwertbestimmungseinrichtung (**128**) in Abhängigkeit von dem mindestens einen Filteranfangswert (**126a–126n**; u_0, u_1) und dem Rahmensynchronisationssignal (**129**),

wobei die Speicherwerte (**130a–130n**; e-1, e-2) in der Speicherwertbestimmungseinrichtung (**128**) aus den Filteranfangswerten (**126a–126n**; u_0, u_1) und den Filterkoeffizienten (b_0, b_1, a_1) entsprechend einer Filtertopologie nach folgender Beziehung bestimmt werden:

$$e-1 = (1 - b_0) \cdot u_0$$

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zu übertragenden Daten (**123**) als digitale Datenwerte bereitgestellt werden.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den kodierten Datenblöcken (**125**) eine vorgebbare Anzahl von zu übertragenden Bits zu jeweils einer komplexen Zahl zusammengefasst wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine komplexe Zahl als mindestens eine Kosinusschwingung entsprechend dem Realteil und als mindestens eine Sinusschwingung entsprechend dem Imaginärteil übertragen wird, wobei die Frequenzen der Kosinus- und Sinusschwingungen äquidistant verteilt sind.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Transformieren der kodierten Datenblöcke (**125**) in mindestens ein diskretes Mehrfachtonsymbol (**208**) in der Rücktransformationseinrichtung (**203**) eine inverse schnelle Fourier-Transformation bereitgestellt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine der Filterordnung n der Filterungseinrichtung (**131, 132**) entsprechende Anzahl von Speicherwerten (**130a–130n**) aus einer entsprechenden Anzahl von Filteranfangswerten (**126a–126n**) in der Speicherwertbestimmungseinrichtung (**128**) bestimmt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das analoge Sendersignal (211) in den Übertragungskanal (102) mittels einer Leitungstreibereinrichtung (304) getrieben wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in der Speicherwertbestimmungseinrichtung (128) bestimmten Speicherwerte (130a–130n) mindestens einer der ersten Filterungseinrichtung (131) und der zweiten Filterungseinrichtung (132) zugeführt werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine einer Filterordnung entsprechende Anzahl von Datenwerten (u_0, u_1) des diskreten Mehrfachtonsymbols (208) einschließlich eines Präfix (212) zur Bestimmung von Speicherwerten ($e-1, e-2$) bereitgestellt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Transformieren der kodierten Datenblöcke (125) in mindestens ein diskretes Mehrfachtonsymbol (208) in der Rücktransformationseinrichtung (203) eine Wavelet-Transformation bereitgestellt wird.

11. Schaltungsanordnung zur Übertragung eines analogen Datenstroms (101), mit:

a) einer Dateneingabeeinrichtung (201) zur Eingabe von zu übertragenden Daten (123);

b) einer Kodierungseinrichtung (202) zur Kodierung der zu übertragenden Daten (123) und zur anschließenden Zusammenfassung in kodierte Datenblöcke (125);

c) einer Rücktransformationseinrichtung (203) zur Transformation der kodierten Datenblöcke (125) in mindestens ein diskretes Mehrfachtonsymbol (208);

d) einer Extraktionseinrichtung (127) zur Extraktion von mindestens einem Filteranfangswert (126a–126n; u_0, u_1) aus dem mindestens einen diskreten Mehrfachtonsymbol (208),

wobei als Filteranfangswerte (126a–126n; u_0, u_1) jeweils die ersten Datenwerte eines diskreten Mehrfachtonsymbols (208) bereitgestellt werden; und wobei ein Extrahieren von mindestens einem Filteranfangswert (126a–126n) aus dem mindestens einen diskreten Mehrfachtonsymbol (208) in der Extraktionseinrichtung (127) nach jedem übertragenen diskreten Mehrfachtonsymbol (208) durchgeführt wird;

e) einer Speicherwertbestimmungseinrichtung (128) zur Bestimmung mindestens eines Speicherwerts (130a–130n; $e-1, e-2$), und zum Anlegen des Speicherwerts (130a–130n; $e-1, e-2$) an mindestens eine Filterungseinrichtung (131, 132), welche Filterkoeffizienten (b_0, b_1, a_1) aufweist, in Abhängigkeit von dem mindestens einen Filteranfangswert (126a–126n; u_0, u_1) und einem an die Speicherwertbestimmungseinrichtung (128) angelegten Rahmensynchronisationssignal (129),

wobei die Speicherwerte (130a–130n; $e-1, e-2$) in der Speicherwertbestimmungseinrichtung (128) aus den Filteranfangswerten (126a–126n; u_0, u_1) und den Filterkoeffizienten (b_0, b_1, a_1) entsprechend einer Filtertopologie nach folgender Beziehung bestimmt werden:

$$e-1 = (1 - b_0) \cdot u_0$$

$$e-2 = u_1 \cdot (1 - b_0) + u_0 \cdot (a_1 - b_1);$$

f) einem Digital-Analog-Umsetzer (204) zur Umsetzung eines an die mindestens eine Filterungseinrichtung angelegten und durch die mindestens eine Filterungseinrichtung (131, 132) einschwingkompensierten diskreten Mehrfachtonsymbols (210) in ein analoges Sendersignal (211), wobei die mindestens eine Filterungseinrichtung (131, 132) eine erste Filterungseinrichtung (131) und eine zweite Filterungseinrichtung (132) umfasst, wobei die erste Filterungseinrichtung (131) eingerichtet ist, das diskrete Mehrfachtonsymbol zu filtern und ein gefiltertes diskretes Mehrfachtonsymbol (209) bereitzustellen, und wobei die zweite Filterungseinrichtung (132) eingerichtet ist, mit dem mindestens einen in der Speicherwertbestimmungseinrichtung (128) bestimmten Speicherwert (130a–130n; $e-1, e-2$) beaufschlagt zu werden und das gefilterte diskrete Mehrfachtonsymbol (209) zu filtern, um das einschwingkompensierte diskrete Mehrfachtonsymbol (210) bereitzustellen; und m) einem Übertragungskanal (102) zur Übertragung des analogen Sendersignals (211).

12. Schaltungsanordnung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Filterungseinrichtung (131) als ein Hochpassfilter ausgebildet ist.

13. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 und 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Filterungseinrichtung (132) als ein Tiefpassfilter ausgebildet ist.

14. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Filterungseinrichtung (131, 132) als ein Bandpassfilter ausgebildet ist.

15. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Leitungstreibereinrichtung (304) zum Treiben des analogen Sendersignals (211) an den Übertragungskanal (102) senderseitig angeschlossen ist.

16. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Filterungseinrichtung (131) und die zweite Filterungseinrichtung (132) als eine Einheit in der Anordnung eines rekursiven Filters ausgebildet sind.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

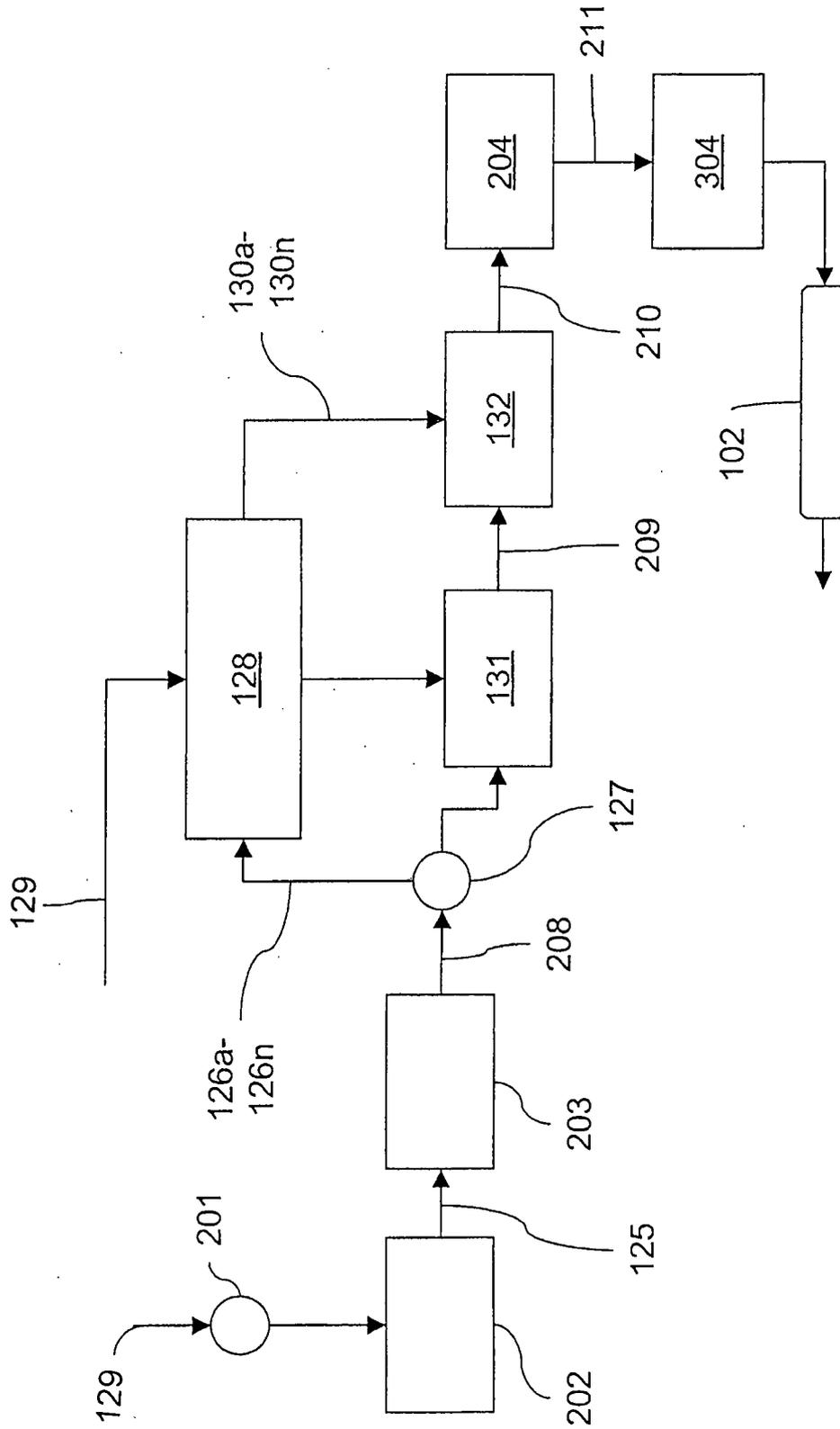


FIG 1

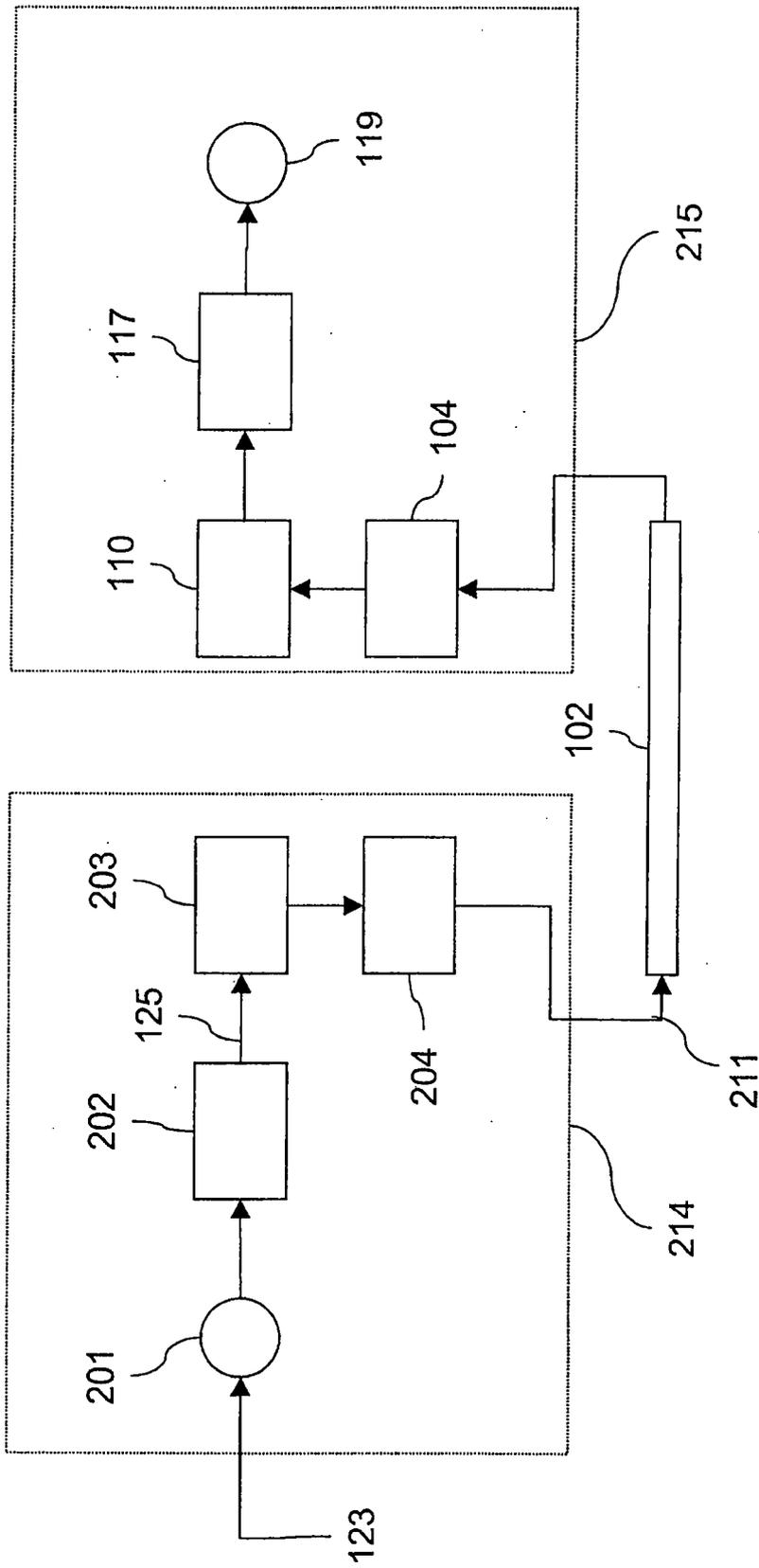


FIG 2a

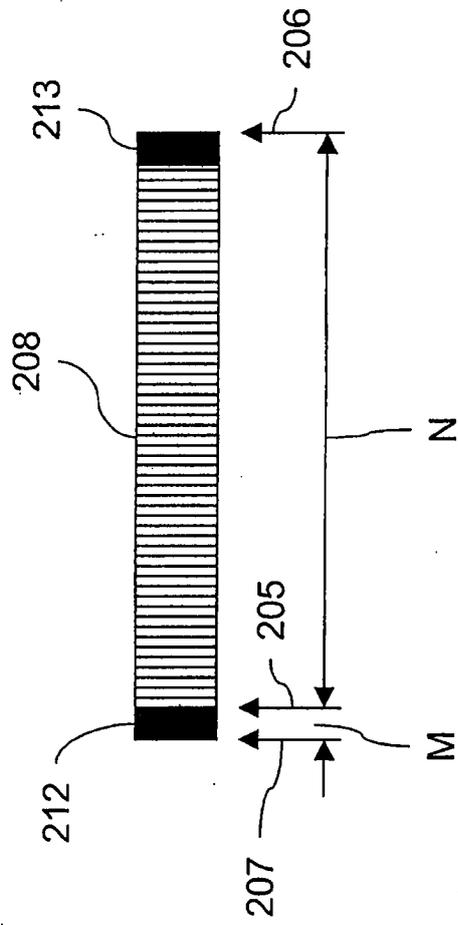


FIG 2b

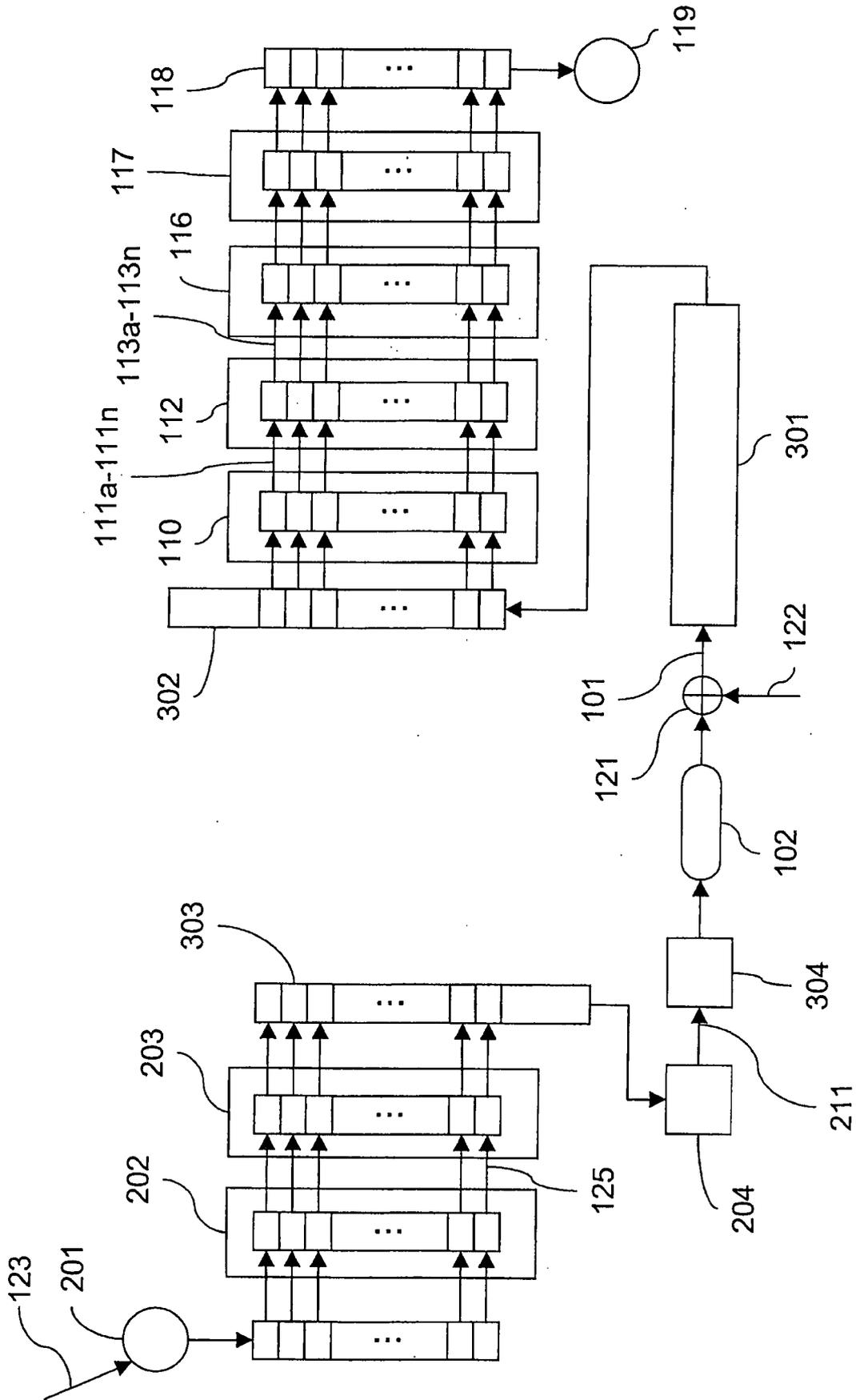


FIG 3

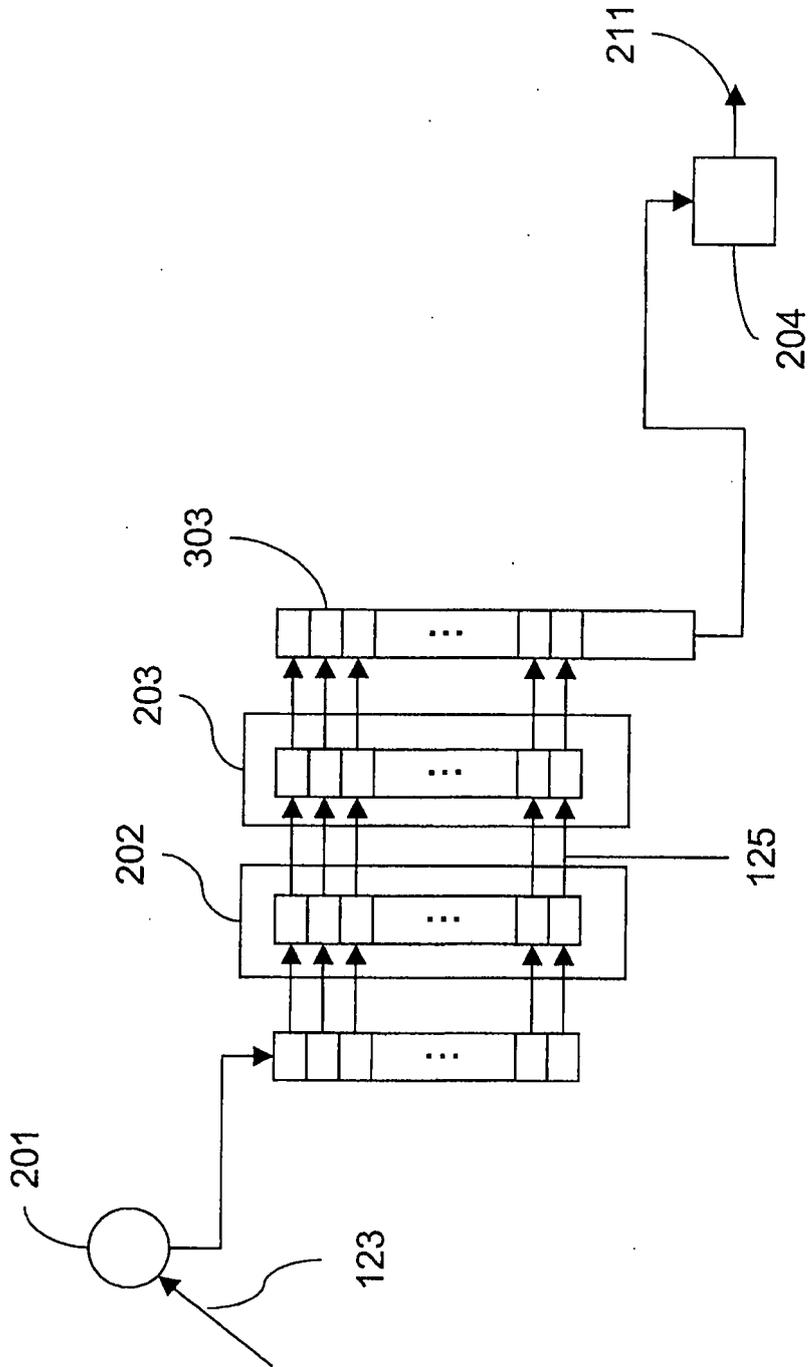


FIG 4
STAND DER TECHNIK

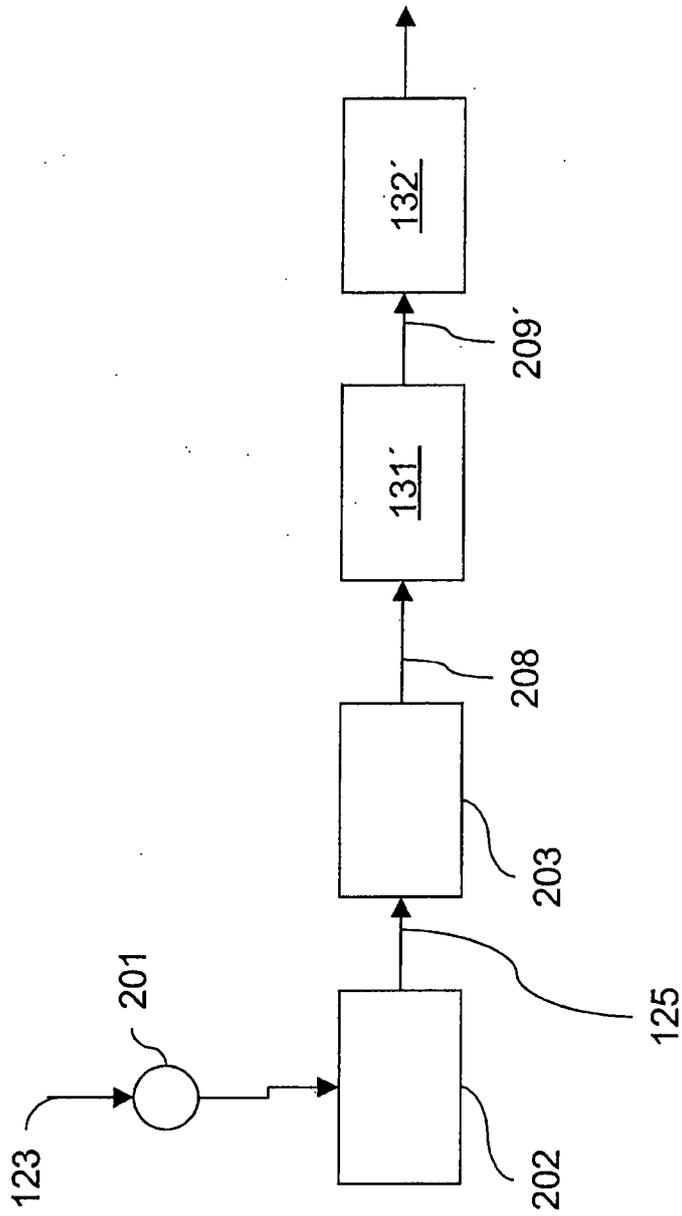


FIG 5
STAND DER TECHNIK

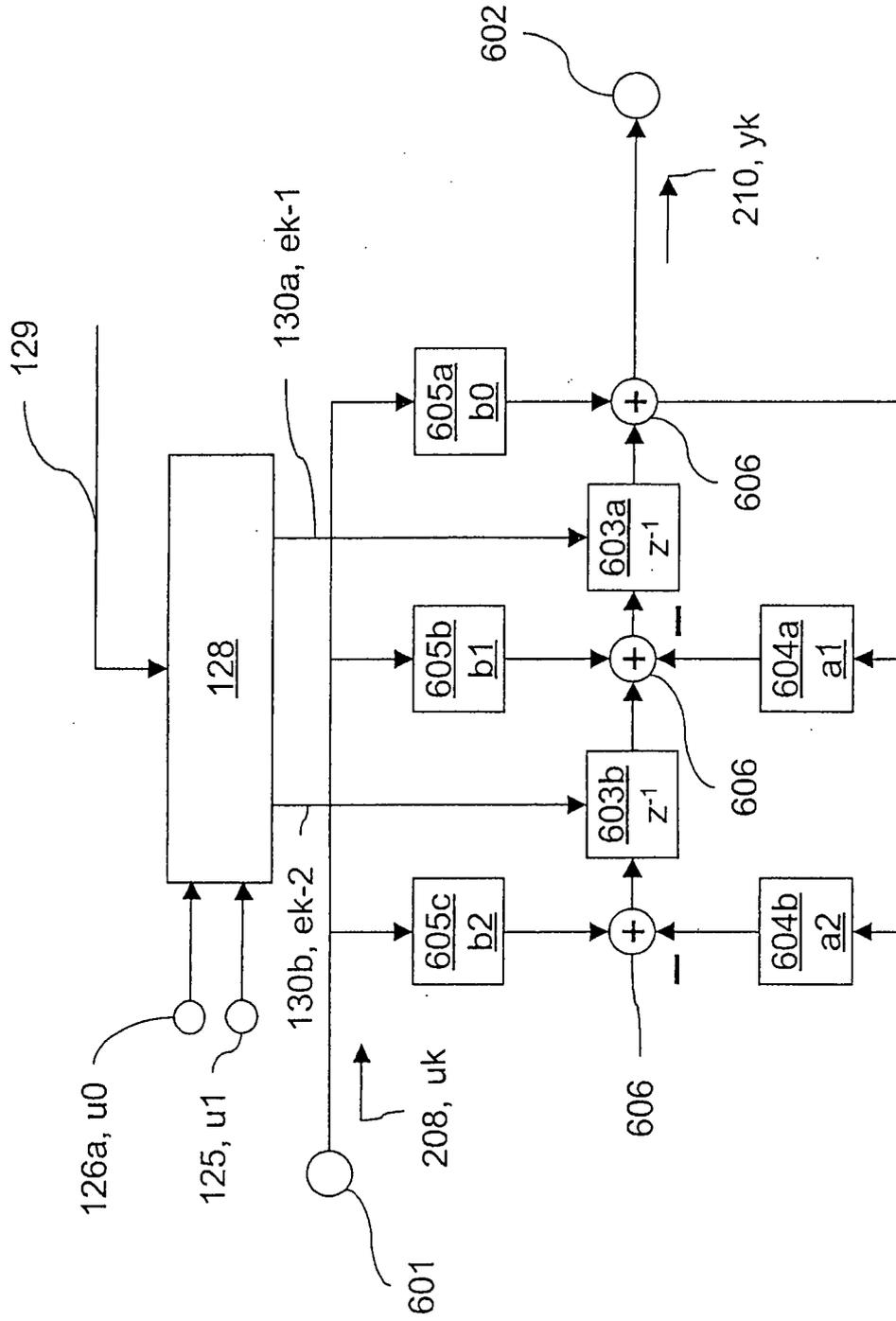


FIG 6