



Republik
Österreich
Patentamt

(11) Nummer: **AT 404 654 B**

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1440/84

(51) Int.Cl.⁶ : **H03M 13/00**

(22) Anmeldetag: 30. 4.1984

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 5.1998

(45) Ausgabetag: 25. 1.1999

(30) Priorität:

30. 4.1983 JP 58-77260 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:

EP 481508 EP 481528 EP 93969A EP 481518
EP 535058 GB 2061575C

(73) Patentinhaber:

SONY CORPORATION
TOKIO (JP).

(54) FEHLERKORREKTURVERFAHREN

AT 404 654 B

Die Erfindung bezieht sich auf ein Fehlerkorrekturverfahren für digitalen Informationsdaten entsprechenden Signalen, bei dem mehreren Blöcken von Informationsdaten entsprechende Signale in einer Matrix abgespeichert werden, pro Matrix ersten Redundanzdaten entsprechende Signale erzeugt werden, die blockorientiert gebildet werden, pro Matrix zweiten Redundanzdaten entsprechende Signale erzeugt werden, die blockübergreifend gebildet werden, die in der Matrix gespeicherten Signale blockweise seriell mit jeweils einem Block zugeordneten Blockadressen übertragen wird und empfangsseitig aus den Informationsdaten entsprechenden Signalen und den ersten und zweiten Redundanzdaten entsprechenden Signalen Codefolgen zur Fehlererkennung und -korrektur ermittelt werden

Es ist bereits ein Verfahren zur Durchführung der Fehlerkorrektur in den Längs- und Querrichtungen von digitalen Informationsdaten bekannt, die entsprechend einer Matrix angeordnet sind. Als ein Verfahren zur Übertragung dieser Codes je Spalte und zur Decodierung dieses Codes auf der Aufnahmeseite ist ein Verfahren in Betracht gezogen worden, gemäß dem die Fehlerermittlung durch einen ersten Fehlerdetektorcode je Spalte durchgeführt wird. Dabei wird als Ergebnis dieser Maßnahme ein Zeiger erzeugt. Die Daten und der Zeiger der jeweiligen Spalte werden in einem Speicher gespeichert. Sodann wird die Fehlerkorrektur je Zeile mittels eines zweiten Fehlerkorrekturcodes durchgeführt, und zwar unter Bezugnahme auf diesen Zeiger.

Aus der DE-OS 30 40 004 ist ein Fehlerkorrekturverfahren unter Verwendung einer Matrixanordnung der Informationsdaten bekannt. Entsprechend dem bekannten Fehlerkorrekturverfahren werden erste Redundanzdaten gebildet, während zweite Redundanzdaten blockübergreifend gebildet werden. Die Matrix wird blockweise seriell übertragen. Empfangsseitig werden aus den Informationsdaten und den ersten und zweiten Redundanzdaten Codefolgen ermittelt, welche die Erkennung und ggfs. Die Korrektur eines Fehlers gestalten. Nachteilig bei dem bekannten Verfahren ist jedoch, daß der Ausfall eines gesamten Datenblocks als solcher zwar mittels der zweiten Redundanzdaten erkannt wird, jedoch nicht ermittelt werden kann, welcher Block im Empfangssignal fehlt und in den empfangsseitigen Speicher nicht gespeichert wurde. Das Fehlen eines vollständigen Blocks ist z. B. die Konsequenz einer fehlerhaft dekodierten Blockadresse.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Fehlerkorrekturfähigkeit zu verbessern, wenn eine fehlerhafte Blockadresse dekodiert und daraufhin der zugehörige Block empfangsseitig nicht gespeichert wurde.

Erfindungsgemäß wird dies bei einem Fehlerkorrekturverfahren der eingangs erwähnten Art dadurch erreicht, daß die den ersten Redundanzdaten entsprechenden Signale aus den Informationsdaten entsprechenden Signalen mindestens zweier benachbarter Blöcke gebildet werden.

Durch diese Maßnahmen ist sichergestellt, daß ermittelt werden kann welcher Block im Empfangssignal zug fehlt, sodaß eine entsprechende Korrektur vorgenommen werden kann.

Durch die Merkmale des Anspruchs 2 ergibt sich bei der Übertragung eine klare Trennung der Informationsdaten von den Redundanzdaten.

Besondere Vorteile im Hinblick auf die Korrektur von Fehlern ergibt sich durch die Merkmale des Anspruchs 3 und 4.

Die Erfindung wird nun an Hand der beiliegenden Zeichnungen beschrieben, in denen zeigt:

Fig. 1 ein vereinfachtes Diagramm, das für die Beschreibung eines Kodeaufbaus dieser Erfindung verwendet wird;

Fig. 2A und 2B vereinfachte Diagramme, in denen der Kodeaufbau bei einer Ausführungsform in jenem Fall dargestellt ist, bei dem diese Erfindung für die Aufzeichnung von zweikanaligen Ton-PCM-Signalen mit einem rotierenden Kopf verwendet wird;

Fig. 3A und 3B vereinfachte Diagramme, in denen Datenformate von Aufzeichnungsdaten gemäß einer Ausführungsform dieser Erfindung dargestellt sind;

Fig. 4 das Blockdiagramm einer Ausführungsform dieser Erfindung;

Fig. 5A und 5B vereinfachte Diagramme, die für die Beschreibung eines anderen Beispiels eines Kodeaufbaus verwendet werden, auf den diese Erfindung angewandt wird;

Fig. 6A und 6B vereinfachte Diagramme, die für die Beschreibung eines weiteren Beispiels eines Kodeaufbaus verwendet werden, auf den diese Erfindung angewandt wird; und

Fig. 7A und 7B vereinfachte Diagramme, die für die Beschreibung eines noch weiteren Beispiels eines Kodeaufbaus verwendet werden, auf den diese Erfindung angewandt wird.

Eine Ausführungsform dieser Erfindung ist darauf gerichtet, eine Ton-PCM-Signal mit einem rotierenden Kopf auf einem Magnetband aufzuzeichnen. Fig. 1 zeigt einen Kodeaufbau des Ton-PCM-Signals und der redundanten Daten der Fehlerkorrekturcodes, die in einem Abschnitt aufgezeichnet werden, der mit einer einmaligen Abtastung des rotierenden Kopfs ausgebildet wird.

In Fig. 1 ist in einem Block jede Reihe in der Senkrechten enthalten, wobei in horizontaler Richtung 128 Blöcke angeordnet sind, die mit den Blockadressen 0 bis 127 numeriert werden. Dar senkrechten Richtung

einer derartigen zweidimensionalen Anordnung wird ein erster Fehlerkorrekturcode C_1 beigefügt, während der horizontalen Richtung ein zweiter Fehlerkorrekturcode C_2 beigefügt wird. Beim Fehlerkorrekturcode C_1 handelt es sich um den Reed Solomon Kode über $GF(2^8)$ von $(32, 30)$, wobei diese Kodefolge über zwei Blöcke verschachtelt ist.

- 5 Wie Fig. 1 hinsichtlich von zwei benachbarten Blöcken als Beispiel zeigt, besteht eine Kodefolge aus 16 Symbolen von geradzahligten Adressen im Block in der Blockadresse "0" und aus 16 Symbolen von ungeradzahligten Adressen im Block in der Blockadresse "1". Andererseits besteht eine andere Kodefolge aus 16 Symbolen von ungeradzahligten Adressen im Block in der Blockadresse "0" und aus 16 Symbolen von geradzahligten Adressen im Block in der Blockadresse "1". Paritätssymbole des Fehlerkorrekturkodes C_1 sind in den Adressen 30 und 31 im Block angeordnet. Diese Verschachtelung der beiden Blöcke erfolgt im Hinblick auf alle 128 Blöcke. Ein Beispiel einer H-Matrix des Fehlerkorrekturkodes C_1 ist unten dargestellt.

$$15 \quad H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \alpha^{31} & \alpha^{30} & \alpha^{29} & \dots & \alpha^3 & \alpha^2 & \alpha & 1 \end{bmatrix}$$

20

Dabei ist α irgendein Element über $GF(2^8)$.

- Unter der Annahme, daß die Matrix der Wiedergabedatenfolge von 32 Symbolen einschließlich von zwei Paritätssymbolen gleich V und die transponierte Matrix gleich V^T ist, erfolgt die Dekodierung des Fehlerkorrekturkodes C_1 dadurch, daß mit der arithmetischen Operation $H \cdot V^T$ zwei Syndrome gebildet werden. Wenn diese beiden Syndrome gleich 0 sind, bedeutet dies, daß kein Fehler abgetastet wird, anderenfalls bedeutet dies, daß Fehler abgetastet werden. Der Fehlerkorrekturcode C_1 ist jener Code, mit dem ein einfacher Fehler korrigiert und ein zwei- oder mehrfacher Fehler abgetastet werden kann.

- Zusätzlich werden die 128 Blöcke in 32 Abschnitte eingeteilt, von denen jeder aus vier Blöcken besteht. Die Kodefolge des zweiten Fehlerkorrekturkodes C_2 wird aus 32 Symbolen gebildet, die aus jedem der vier Blöcke genommen werden. Bei diesem Fehlerkorrekturcode C_2 handelt es sich um den Reed Solomon Kode über $GF(2^8)$ von $(32, 24)$, wobei 8 Paritätssymbole im Hinblick auf insgesamt 24 Symbole der Blöcke in jedem vierten Block (z.B. die Blockadressen "0", "4", "8", ..., "88" und "92") unter jenen 96 Blöcken gebildet werden, die die Blockadressen "0" bis "95" besitzen. Diese Paritätssymbole sind den Adressen jedes vierten Blocks zugeordnet (z.B. den Blockadressen "96", "100", "104", ..., "120" und "124").

- Das bedeutet, daß die Verschachtelung der vier Blöcke hinsichtlich des Fehlerkorrekturkodes C_2 erfolgt, wobei die Paritätssymbole des Fehlerkorrekturkodes C_2 , die in 32 Blöcken sitzen, die Blockadressen "96" bis "127" besitzen. Die Paritätssymbole des Fehlerkorrekturkodes C_1 , die diese Paritätssymbole betreffen, sind in den Adressen 30 und 31 im Block angeordnet.

- Der Fehlerkorrekturcode C_2 ist jener Kode, mit dem ein vierfacher Fehler korrigiert werden kann. Wenn die Löschkorrektur unter Verwendung eines Zeigers durchgeführt wird, kann ein achtfacher Fehler korrigiert werden. Ein Beispiel der H-Matrix des Fehlerkorrekturkodes C_2 ist unten dargestellt.

45

50

55

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \alpha^{29} & \alpha^{28} & \alpha^{27} & \dots & \alpha^3 & \alpha^2 & \alpha & 1 \\ . & . & . & \dots & \alpha^6 & \alpha^4 & \alpha^2 & 1 \\ . & . & . & \dots & \alpha^9 & \alpha^6 & \alpha^3 & 1 \\ . & . & . & \dots & \alpha^{12} & \alpha^8 & \alpha^4 & 1 \\ . & . & . & \dots & \alpha^{15} & \alpha^{10} & \alpha^5 & 1 \\ . & . & . & \dots & \alpha^{18} & \alpha^{12} & \alpha^6 & 1 \\ . & . & . & \dots & \alpha^{21} & \alpha^{14} & \alpha^7 & 1 \end{bmatrix}$$

Auf diese Weise sind beide Fehlerkorrekturcodes C_1 und C_2 gleich lang, wobei sie aus 32 Symbolen bestehen, wodurch der Aufbau der Schaltkreise vereinfacht werden kann. Zusätzlich wird beim Dekodieren die Fehlerabtastung einfach durchgeführt, wenn der Fehlerkorrekturcode C_1 verwendet wird. Wenn andererseits Fehler abgetastet werden, wird ein Zeiger in die Kodefolge eingesetzt, wobei die Fehlerkorrektur dann unter Verwendung des Fehlerkorrekturcodes C_2 erfolgt. Diese Fehlerkorrektur kann im Hinblick auf jede der Adressen 0 bis 29 im Block durchgeführt werden, so daß der Dekodiervorgang 30-mal erfolgt. Wenn die Aufzeichnung auf einem Magnetband erfolgt, wird jeder Block der Reihe nach in Form von serielle Daten aufgezeichnet.

Fig. 2A und 2B zeigen einen praktischeren Kodaufbau von einer Ausführungsform dieser Erfindung. Fig. 2A zeigt den Bereich der Blöcke mit dem Blockadressen "0" bis "63" unter 128 Blöcken, während Fig. 2B den Abschnitt der Blöcke mit den Blockadressen "64" bis "127" zeigt. In Fig. 2 ist mit L und R ein Ton-PCM-Signal in jedem Kanal der zweikanaligen Tonsignale gekennzeichnet. Beispielsweise wird eine Abtastfrequenz f_s von 48 kHz verwendet, wobei ein Abtastwert in 16 Bits umgesetzt wird. Im Hinblick auf beide Kanäle werden zu diesem Zeitpunkt, die Daten von insgesamt 1440 Wörtern in einem Abschnitt mit (L_0 - L_{719}) und (R_0 - R_{719}) aufgezeichnet.

Die Kodierung der Fehlerkorrektur erfolgt so, daß 8 Bits als ein Symbol verwendet werden. Dazu wird ein Wort in die höherwertigen 8 Bits und die niederwertigen 8 Bits geteilt, wobei diese den Suffix A und B erhalten. In einem Abschnitt sind daher die Ton-PCM-Daten von 2880 Symbolen enthalten, wobei diese Symbole in 96 Blöcke eingeteilt sind, von denen jeder aus 30 Symbolen besteht. Zusätzlich werden sie Block für Block in Übereinstimmung mit den Blockadressen "0", "1", "2",..... sequentiell aufgezeichnet. Bei Bandgeräten mit einem rotierenden Kopf sind die Berührungsbedingungen zwischen dem rotierenden Kopf und dem Magnetband in jenem Randbereich, in dem die gleitende Berührung beginnt, sowie in jenem Randbereich schlecht, in den die gleitende Berührung endet, wodurch die Fehlerrate erhöht wird. Aus diesen Grund werden zugeordnete Paritätssymbole Q des Fehlerkorrekturcodes C_2 sowie Paritätssymbole P des Fehlerkorrekturcodes C_1 jeweils in Blöcken mit den Blockadressen "0" - "15" sowie in Blöcken mit den Blockadressen "112" - "127" angeordnet, die diesen Randbereichen entsprechen. Die Ton-PCM-Daten und die zugehörigen Paritätssymbole P sind in den Blöcken der Blockadressen "16" - "111" angeordnet, die dem Mittelbereich entsprechen.

Wenn ein Wort infolge von Fehlern bei der Aufzeichnung und der Wiedergabe nicht korrigiert werden kann, wird es mit den richtigen Wörtern interpoliert, die zeitlich vor und nach einem solchen Wort angeordnet sind. Um eine derartige Interpolation wirkungsvoll durchzuführen, ist es wünschenswert, einen bestimmten Abstand zwischen den Aufzeichnungsstellen der PCM-Daten mit geradzahlgigen Nummern, und ungeradzahlgigen Nummern in jedem Kanal einzuhalten. Dazu werden die Daten mit geradzahlgigen Nummern unter den Ton-PCM-Daten in den Blockadressen "16" - "63" (Fig. 2A) und die Daten mit ungeradzahlgigen Nummern unter den Ton-PCM-Daten in den Blockadressen "64" - "111" (Fig. 2B) angeordnet.

Nunmehr folgt ein Beispiel einer Kodefolge des Fehlerkorrekturcodes C_1 , die in den Blockadressen "15" und "17" von Fig. 2A angeordnet ist.

(L0A, L0B, R48A, R48B, L96A, L96B, R144A, R144B, L192A, L192B, R240A, R240B, L288A, L288B, R336A, R336B, L384A, L384B, R432A, R432B, L480A, L480B, R528A, R528B, L576A, L576B, R624A, R624B, L672A, L672B, P160, P161).

Aus diesem Beispiel ersieht man, daß im Kodeaufbau von Fig. 2 erstens zwei Symbole, die das selbe Wort bilden, in der selben Kodefolge des Fehlerkorrekturkodes C_1 enthalten sind. Dies geschieht deshalb, da die Interpolation unter Verwendung von 15 Wörtern erfolgt, wenn diese Kodefolge als Fehler abgetastet wird und daher nicht mit dem Fehlerkorrekturkode C_2 korrigiert werden kann.

- 5 Da 15 Wörter in der selben Kodefolge des Fehlerkorrekturkodes C_1 enthalten sind, erfolgt zweitens die Verschachtelung so, daß sie die benachbarten Wörter nicht enthält. Wie bereits oben erwähnt, erfolgt die Verschachtelung so, daß die Wörter, die um 48 Wörter von einander getrennt sind, in jedem Kanal enthalten sind, wodurch das Interpolationsvermögen verbessert wird. Dies ist auch beim Fehlerkorrekturkode C_2 ähnlich. Wenn wir beispielsweise die Symbole der Adresse 0 im Block betrachten, wird die Folge

10 des Fehlerkorrekturkodes C_2 von den folgenden 32 Wörtern gebildet:

L_{0A}, L_{4A}, L_{8A}, L_{12A}, L_{16A}, L_{20A}, L_{24A}, L_{28A}, L_{32A}, L_{36A},
L_{40A}, L_{44A}, R_{1A}, R_{5A}, R_{9A}, R_{13A}, R_{17A}, R_{21A}, R_{25A}, R_{29A},
R_{33A}, R_{37A}, R_{41A}, R_{45A}, Q₀, Q₄, Q₈, Q₁₂, Q₁₆, Q₂₀, Q₂₄,
Q₂₈)

- 15 Weiters sind die Daten in den beiden Kanälen in den Kodefolgen des Fehlerkorrekturkodes C_1 , bzw. C_2 enthalten, so daß deren Anzahl so gleich wie nur möglich ist. Dies erfolgt deshalb, um eine Fehlerkonzentration in Kanal auf einer Seite zu verhindern.

Jeder Block besitzt ein Datenformat, das Fig. 3A zeigt. Ein Blocksynchronisierungssignal von 8 Bits (ein Symbol) wird vorangestellt, wobei eine Abschnittsadresse von 8 Bits und eine Blockadresse von 8 Bits

20 hinzugefügt werden, worauf ein CRC-Kode (8 Bits) für die Fehlerabtastung dieser Abschnittsadresse und Blockadresse beigefügt wird. Ein MSB der Blockadresse wird dazu verwendet, um die Blockadresse der Daten von der Blockadresse des Subkodes zu unterscheiden. Weiters werden die Daten von 30 Symbolen (Tondaten oder Paritätssymbole Q des Fehlerkorrekturkodes C_2) nach diesem CRC-Kode angeordnet. Zwei Paritätssymbole P des Fehlerkorrekturkodes C_1 sind im letzten Teil vorgesehen.

25 Andererseits besitzen die Daten von einem Abschnitt, der mit dem rotierenden Kopf ausgebildet wird, das in Fig. 3B gezeigte Datenformat. Bei dieser Ausführungsform wird ein Abschnitt mit dem rotierenden Kopf schräg auf dem Magnetband ausgebildet, das um $84,8^\circ$ um eine Bandführungstrommel mit einem Durchmesser von 30 mm geschlungen ist. Pilotsignale ATF für eine automatische Spurverfolgung werden in jedem Intervall von 3° in beiden Endbereichen und im Mittelbereich dieses Abschnitts aufgezeichnet. Der

30 Grund für die Aufzeichnung der Pilotsignale in drei Bereichen liegt darin, eine Gefahr zu vermeiden, die darin besteht, daß die Pilotsignale infolge eines Signalausfalls nicht wiedergegeben werden können. Ein Nachlauffehler wird infolge des Wiedergabeausgangs dieser Pilotsignale ATF abgetastet, wobei ein piezoelektrisches Bauelement, das den rotierenden Kopf trägt, auf Grund dieser Abtastung angesteuert und dadurch der Nachlauffehler beseitigt wird.

35 Zusätzlich werden die Daten der Blockadressen "0" bis "63" von Fig. 2A in einem Bereich von $29,7^\circ$ sequentiell aufgezeichnet. Weiters werden die Subcodes der vier Blöcke, beispielsweise die Zeitcodes, die Anzeigedaten und ähnliches, zweimal vor und nach den Pilotsignal ATF im Mittelteil eingeschrieben. Die Daten der Blockadressen "64" bis "127" von Fig. 2B werden in einem Bereich von $29,7^\circ$ sequentiell aufgezeichnet. In Fig. 3B sind mit den Intervallen von jeweils $1,5^\circ$ in den schraffierten Teilen die

40 Zwischenblocklücken bezeichnet, in denen keine Daten aufgezeichnet werden, wobei in diesen Intervallen Impulssignale mit einer konstanten Frequenz aufgezeichnet sind.

Fig. 4 zeigt den Aufbau einer Aufzeichnungsstufe gemäß einer Ausführungsform dieser Erfindung, bei der ein analoges Tonsignal an einem Eingang liegt, der mit der Bezugsziffer 1 bezeichnet ist. Dieses analoge Tonsignal wird in einem A/D-Umsetzer 2 digitalisiert. Bei zweikanaligen Tonsignalen sind zwei A/D-

45 Umsetzer erforderlich. Das Ton-PCM Signal des A/D-Umsetzers 2 wird als Dateneingang an die Speicher mit direktem Zugriff (RAM) 3 und 4 gelegt. Jeder der RAM 3 und 4 besitzt eine Speicherkapazität, die die Daten der Einheit (2880 Symbole beim obigen Beispiel) speichern kann, von der der Fehlerkorrekturkode kodiert wird.

Ein Adressengenerator 5 und ein Zeitgenerator 6 sind hinsichtlich der RAM 3 und 4 vorgesehen, wobei

50 die RAM 3 und RAM 4 so gesteuert werden, daß sie die Daten auf einer Byte-Basis schreiben und lesen. Der Grund dafür, warum zwei RAM 3 und 4 vorgesehen sind, liegt darin, daß das Eingangs-Ton-PCM-Signal in einen RAM geschrieben und das Ton-PCM-Signal vom anderen RAM ausgelesen wird, wodurch die Fehlerkorrekturkodes kodiert werden.

Das vorgegebene Ton-PCM-Signal, das aus dem RAM 3 oder 4 ausgelesen wurde, wird an einen

55 Kodierer 7 der Fehlerkorrekturkode C_1 und C_2 gelegt, wobei die entsprechenden Paritätssymbole ausgebildet werden. Diese Paritätssymbole werden in einen der beiden RAM 3 und 4 eingeschrieben. Nachdem die Ausbildung der Paritätssymbole beendet ist, werden die Daten, die diese Paritätssymbole enthalten, aus dem RAM 3 oder 4 für jeden Block ausgelesen und an einen Parallel/Serien-Umsetzer 8 gelegt, wo sie in

serielle Daten umgesetzt werden.

Die Ausgangsdaten des Parallel/Serien-Umsetzers 8 werden an eine Additionsstufe 9 gelegt. Die Blockadresse und die Abschnittsadresse, die von einem Blockadressen- und Abschnittsadressen-Generator 11 erzeugt und denen die CRC-Kodes beigelegt werden, die ein CRC-Kodierer 10 überträgt, liegen an der Additionsstufe 9. Ein Ausgang dieser Additionsstufe 9 liegt an einem Kanalkodierer 12 und wird einer Kanalkodierung unterworfen. Weiters werden ein Ausgangssignal des Kodierers 12 und das Blocksynchronisiersignal von einem Synchrongenerator 14 in einer Additionsstufe 13 beigelegt. Ein Ausgang der Additionsstufe 13 liegt über einen Aufzeichnungsverstärker 15 und einen rotierenden Wandler 16 an einem rotierenden Kopf 17. Auf diese Weise wird das Tonsignal mit diesem rotierenden Kopf 17 auf dem Magnetband aufgezeichnet.

Obwohl es hier nicht gezeigt wird, erfolgt die Verarbeitung des Signals, das mit dem rotierenden Kopf 17 vom Magnetband wiedergegeben wurde, dadurch, daß die Wiedergabedaten im RAM gesichert werden. Die Wiedergabedaten eines Abschnitts werden in den RAM auf Grund der wiedergegebenen Blockadressen eingeschrieben. Der Fehlerkorrekturcode C_1 wird unter Verwendung von 32 Symbolen dekodiert, die aus diesem RAM ausgelesen werden und in zwei benachbarten Blöcken vorhanden sind. Der Zeiger, den man bei dieser Dekodierung erhält, wird im Speicher gesichert. Daraufhin wird der Fehlerkorrekturcode C_2 unter Verwendung von 32 Symbolen dekodiert, die aus dem RAM ausgelesen werden. Der oben erwähnte Zeiger wird für eine Prüfung verwendet, ob die erhaltene Fehlerstelle richtig oder unrichtig ist, wenn der Fehlerkorrekturcode C_2 dekodiert wird, und um eine Löschkorrektur durchzuführen. Da die Abtastung einzeln erfolgt, um festzustellen, ob die wiedergegebene Blockadresse richtig oder falsch ist, werden bei dieser Ausführungsform die Daten in diesem Block nicht in den RAM geschrieben, sondern weggeworfen, wenn die wiedergegebene Blockadresse falsch ist.

Fig. 5A und 5B zeigen ein anderes Beispiel eines Kodeaufbaus jener Daten, die in einem Abschnitt aufgezeichnet werden sollen. Auf ähnliche Weise, wie oben beschrieben, erfolgt der Kodeaufbau von Fig. 5A und 5B hinsichtlich der folgenden drei Punkte: 1.): In jeder Kodefolge des Fehlerkorrekturkodes C_1 sind zwei Symbole enthalten, die das selbe Wort bilden. 2.): Das Ton-PCM-Signal, das in jeder Kodefolge des Fehlerkorrekturkodes C_1 und C_2 enthalten ist, enthält keine benachbarten Wörter. 3.): Das Ton-PCM-Signal, das in jeder Kodefolge des Fehlerkorrekturkodes C_1 und C_2 enthalten ist, enthält die Wörter in zwei Kanälen, so daß deren Anzahl so gleich wie nur möglich ist. Weiters wird bei diesem Kodeaufbau, zum Unterschied vom Kodeaufbau von Fig. 2, das Ton-PCM-Signal verteilt, das in zwei benachbarten Blöcken angeordnet ist, da die Daten in den Stellen von einander beabstandet sind. Zusätzlich werden die Paritätssymbole des Fehlerkorrekturkodes C_1 in jedem der beiden benachbarten Blöcke gesammelt. Weiters sind die beiden Symbole, die im selben Wort des Ton-PCM-Signals enthalten sind, im selben Block enthalten. Mit einem derartigen Aufbau ist es möglich, die Anzahl der Wörter herabzusetzen, die infolge eines Impulsfehlers verfälscht werden, der in beiden Blöcken auftritt.

Fig. 6A und 6B zeigen ein weiteres Beispiel eines Kodeaufbaus jener Daten, die in einem Abschnitt aufgezeichnet werden. Bei diesem Beispiel von Fig. 6 werden die geradzahigen Daten in 48 Blöcken mit den Blockadressen "16" - "63" angeordnet und die ungeradzahigen Daten in 48 Blöcken der Blockadressen "64" - "111" angeordnet, um die Aufzeichnungsstelle der geradzahigen PCM-Daten in jedem Kanal von der Aufzeichnungsstelle der ungeradzahigen PCM-Daten zu trennen. Die PCM-Daten werden in jedem Block der Blockadressen "16" - "63" verteilt, wobei drei benachbarte Wörter in dieser geradzahigen Datenfolge als eine Einheit dienen, während die PCM-Daten in jedem Block der Blockadressen "64" - "111" verteilt werden, wobei drei benachbarte Wörter in dieser ungeradzahigen Datenfolge als eine Einheit dienen. Bei einem derartigen Aufbau sind drei Wörter in jedem Block einander benachbart, wobei die Gruppen, von denen jede aus drei Wörtern besteht, von einander beabstandet sein können.

Bei Bandgeräten mit einem rotierenden Kopf sind die Berührungsbedingungen zwischen dem rotierenden Kopf und dem Magnetband in jenem Randbereich, in dem die gleitende Berührung beginnt, sowie in jenem Randbereich schlecht, in dem die gleitende Berührung endet, wodurch die Fehlerrate erhöht wird. Aus diesem Grund werden zugeordnete Prüfkodesymbole Q des Fehlerkorrekturkodes C_2 sowie zugehörige Prüfkodesymbole P des Fehlerkorrekturkodes C_1 jeweils in Blöcken mit den Blockadressen "0" - "15" (Fig. 6A) sowie in Blöcken mit den Blockadressen "112" - "127" (Fig. 6B) angeordnet, die diesen Randbereichen entsprechen. Die Ton-PCM-Daten und die zugehörigen Prüfkodesymbole P sind in den Blöcken der Blockadressen "16" - "111" angeordnet, die dem Mittelbereich entsprechen.

Der Fehlerabstastkode C_1 ist ein Reed Solomon Kode über $GF(2^8)$ von (32, 30), wobei die Kodefolge über zwei Blöcke verschachtelt ist, um die Fehler der Blockadressen sicher abtasten zu können. Beispielsweise wird der Fehlerabstastkode C_1 im Hinblick auf 30 Symbole ($Q_{00}, Q_{02}, Q_{04}, Q_{05}, \dots, Q_{028}, Q_{01}, Q_{03}, \dots, Q_{025}, Q_{027}, Q_{029}$) kodiert, die in den Blöcken in den entsprechenden geradzahigen Adressen der Blockadressen "0" und "1" sitzen, wobei die Prüfkodesymbole P_{01} und P_{02} beigelegt werden. Was die

Blockadressen 16 und 17 betrifft, wird gleichfalls eine Kodefolge des Fehlerabtestkodes C_1 ähnlich aus 32 Symbolen ($L_{0A}, L_{0B}, L_{2A}, L_{2B}, \dots, L_{290A}, L_{290B}, L_{292A}, L_{292B}, \dots, L_{580A}, L_{580B}, P_{160}, P_{161}$) gebildet, die in den entsprechenden geradzahligen Adressen in den Blöcken sitzt. Zusätzlich wird eine Kodefolge des Fehlerabtestkodes C_1 mit 32 Symbolen ($R_{0A}, R_{0B}, \dots, R_{290A}, R_{290B}, \dots, R_{580A}, R_{580B}, P_{170}, P_{171}$) gebildet, die in den ungeradzahligen Adressen in den Blöcken der Blockadressen "16" und "17" sitzt.

Aus diesem Beispiel ersieht man, daß im Kodeaufbau von Fig. 6 zwei Symbole, die das selbe Wort bilden, in der selben Kodefolge des Fehlerabtestkodes C_1 enthalten sind. Dies geschieht deshalb, da das Fehlerwort einfach mit 15 Wörtern interpoliert wird, wenn diese Kodefolge als Fehler abgetastet wird und daher nicht mit dem Fehlerkorrekturkode C_2 korrigiert werden kann.

Zusätzlich werden die Daten in einem Kanal in die Daten von zwei Kanälen in der Kodefolge des Fehlerabtestkodes C_1 konzentriert. Da die Symbole der einander entsprechenden Symbolnummern in den beiden Kanälen abwechselnd aufgezeichnet werden, wird es nur selten vorkommen, daß die Fehler bei der Aufzeichnung in lediglich einem Kanal konzentrisch auftreten.

Ein Beispiel einer H-Matrix des Fehlerabtestkodes C_1 ist unten dargestellt.

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \alpha^{31} & \alpha^{30} & \alpha^{29} & \dots & \alpha^3 & \alpha^2 & \alpha & 1 \end{bmatrix}$$

Unter der Annahme, daß die Matrix der Wiedergabedatenfolge von 32 Symbolen einschließlich von zwei Paritätssymbolen gleich V und die transponierte Matrix gleich V^T ist, erfolgt die Dekodierung des Fehlerabtestkodes C_1 dadurch, daß mit der arithmetischen Operation $H \cdot V^T$ zwei Syndrome gebildet werden. Wenn diese beiden Syndrome gleich 0 sind, bedeutet dies, daß kein Fehler abgetastet wird, anderenfalls bedeutet dies, daß Fehler abgetastet werden. Der Fehlerkorrekturkode C_1 ist an sich jener Code, mit dem ein einfacher Fehler korrigiert und ein zwei- oder mehrfacher Fehler abgetastet werden kann.

Zusätzlich werden die 128 Blöcke in 32 Abschnitte eingeteilt, von denen jeder aus vier Blöcken besteht. Die Kodefolge des zweiten Fehlerkorrekturkodes C_2 wird aus 32 Symbolen gebildet, die aus jedem der vier Blöcke genommen werden. Bei diesem Fehlerkorrekturkode C_2 handelt es sich um den Reed Solomon Kode über $GF(2^8)$ von (32, 24), wobei 8 Prüfkodesymbole im Hinblick auf insgesamt 24 Symbole der Blöcke in jeden vierten Block (z.B. die Blockadressen "16", "20", "24", ..., "104", "108") unter jenen 96 Blöcken gebildet werden, die die Blockadressen "16" bis "111" besitzen. Diese Prüfkodesymbole sind den Adressen jedes vierten Blocks zugeordnet (z.B. den Blockadressen "0", "4", "8", "12", "16", "20", "24").

Das bedeutet, daß die Verschachtelung der vier Blöcke hinsichtlich des Fehlerkorrekturkodes C_2 erfolgt, wobei die Prüfkodesymbole des Fehlerkorrekturkodes C_2 , die in 32 Blöcken sitzen, die Blockadressen "0" bis "15" und "112" bis "127" besitzen. Die Prüfkodesymbole des Fehlerkorrekturkodes C_1 , die diese Prüfkodesymbole betreffen, sind in den Adressen 30 und 31 im Block angeordnet.

Der Fehlerkorrekturkode C_2 ist jener Code, mit dem ein vierfacher Fehler korrigiert werden kann. Wenn die Löschkorrektur unter Verwendung eines Zeigers durchgeführt wird, kann ein achtfacher Fehler korrigiert werden. Ein Beispiel der H-Matrix des Fehlerkorrekturkodes C_2 ist unten dargestellt.

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \alpha^{29} & \alpha^{28} & \alpha^{27} & \dots & \alpha^3 & \alpha^2 & \alpha & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \alpha^6 & \alpha^4 & \alpha^2 & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \alpha^9 & \alpha^6 & \alpha^3 & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \alpha^{12} & \alpha^8 & \alpha^4 & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \alpha^{15} & \alpha^{10} & \alpha^5 & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \alpha^{18} & \alpha^{12} & \alpha^6 & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \alpha^{21} & \alpha^{14} & \alpha^7 & 1 \end{bmatrix}$$

15 Auf diese Weise sind beide Codes C_1 und C_2 gleich lang, wobei sie aus 32 Symbolen bestehen, wodurch der Aufbau der Schaltkreise vereinfacht werden kann. Zusätzlich wird beim Dekodieren die Fehlerabastung einfach durchgeführt, wenn der Fehlerkorrekturcode C_1 verwendet wird. Wenn andererseits Fehler abgetastet werden, wird ein Zeiger in die Kodefolge eingesetzt, wobei die Fehlerkorrektur dann unter Verwendung
20 des Fehlerkorrekturcodes C_2 erfolgt. Diese Fehlerkorrektur wird im Hinblick auf jede der Adressen 0 bis 29 im Block durchgeführt, so daß der Dekodiervorgang 30-mal erfolgt.

Fig. 7A und 7B zeigen ein weiteres Beispiel eines Kodeaufbaus jener Daten, die in einem Abschnitt aufzeichnet werden sollen. Beim Beispiel von Fig. 7 sind die Ton-PCM-Daten und die zugehörigen Paritätssymbole in 48 Blöcken der Blockadressen "0" bis "47" unter 128 Blöcken angeordnet, wie dies 7A zeigt, wobei die Paritätssymbole Q des Fehlerkorrekturcodes C₂ und die zugehörigen Paritätssymbole P des Fehlerkorrekturcodes C₁ in 32 Blöcken der Blockadressen "48" bis "79" angeordnet sind, wie dies Fig. 7B zeigt, wobei die Ton-PCM-Daten und die zugehörigen Paritätssymbole in 48 Blöcken der Blockadressen "80" bis "127" angeordnet sind. Die Symbole mit geradzahligem Nummern und die Symbole mit ungeradzahligem Nummern werden gesammelt in diesen beiden Bereichen der 49 Blöcke angeordnet und so verschachtelt, wie dies die Suffixe anzeigen.

Eine ähnliche Fehlerkorrekturkodierung, wie bei der vorherigen Ausführungsform, erfolgt im Hinblick auf die Symbole die so angeordnet sind, wie dies Fig. 7 zeigt. Das bedeutet, daß die C₂-Koderefolge aufgestellt wird, wobei die Symbole bei jedem vierten Symbol unter jenen Symbolen herausgegriffen werden, die in horizontaler Richtung angeordnet sind. Vier Paritätsymbole Q werden im Hinblick auf diese 12 Symbole erzeugt und den Koderefolgen bei jeder vierten Folge fortlaufend geliefert. Dadurch wird eine Matrix gebildet, die 64 (Daten- 48 + Paritäts- 16) Blöcke auf einer Seite besitzt, d.h. insgesamt 128 Blöcke.

Weiters wird beispielsweise die Kodefolge aufgestellt, bei der nur die Tondaten im linken Kanal oder nur die Tondaten im rechten Kanal nacheinander im Hinblick auf die beiden Blöcke in den am weitesten links liegenden Stellen herausgegriffen werden. Daraufhin werden zwei Paritätssymbole P_{10} , P_{11} , P_{20} , und P_{21} jeweils im Hinblick auf diese 30 Symbole erzeugt. Diese Symbole werden jeweils an die gezeigten Stellen eingesetzt. Alle vier Paritätssymbole dieser Paritätssymbole werden für zwei Blöcke zusätzlich zu den Teilen der Paritätssymbole Q geliefert.

Auf diese Weise erfolgt eine Aufbereitung der Fehlerabtastung mit der Parität von 1216 Symbolen im Hinblick auf die Daten von 2880 Symbolen, worauf eine Übertragung unter Verwendung von 4906 Symbolen durchgeführt wird, die als Ganzes einen Rahmen bilden.

Bei dieser Erfindung können Fehlerabstastcodes, beispielsweise CRC-Kodes, als Fehlerkorrekturcode C_1 verwendet werden, anstatt daß Codes über $GF(2^b)$, beispielsweise der Reed Solomon Code oder ähnliches, verwendet werden.

Weiters kann mit dem Fehlerkorrekturcode C_1 nicht nur die Fehlerabastung sondern auch eine Fehlerkorrektur durchgeführt werden. Dieser Fehlerkorrekturcode C_1 kann so verschachtelt sein, daß er in einer Vielzahl von Blöcken mit Ausnahme von zwei Blöcken auftritt. Mit dieser Verschachtelung Kann die Anzahl jener Fälle vermindert werden, bei denen bei der Durchführung einer Fehlerkorrektur eine Fehlerkorrektur unmöglich wird.

Weiters kann diese Erfindung auch auf Fälle angewandt werden, bei denen eine andere Digitalinfor-
55 mation, beispielsweise ein digitales Videosignal und ähnliches, wie auch ein digitales Tonsignal übertragen
wird. Weiters ist ersichtlich, daß die Erfindung auch auf Fälle angewandt werden kann, bei denen ein
Magnetplattengerät oder ähnliches verwendet wird, bei dem es sich nicht um ein Gerät mit einem
rotierenden Magnetkopf handelt.

Da die Verschachtelung einer Vielzahl von Blöcken im Hinblick auf den ersten Fehlerabtakode erfolgt, ist eine sichere Abtastung möglich, daß die Daten des Blocks in die Blockadresse eines falschen Speichers eingeschrieben werden, wobei es möglich ist, Verschachtelungsfehler zu verhindern, so daß die Dekodierung des zweiten Fehlerkorrekturkodes falsch wird. Zusätzlich unterscheidet sich der Zeiger durch den ersten Fehlerabtakode nicht für jene Kodefolge des zweiten Fehlerkorrekturkodes, wobei er nur eine Vielzahl von Mustern (die Zahl der Blöcke, in denen der erste Fehlerabtakode auftritt) besitzt. Damit ist es möglich, unter Verwendung eines Zeigers eine Löschkorrektur leicht durchzuführen.

Patentansprüche

10

1. Fehlerkorrekturverfahren für digitalen Informationsdaten entsprechende Signale, bei dem mehreren Blöcken von Informationsdaten entsprechende Signale in einer Matrix abgespeichert werden, pro Matrix ersten Redundanzdaten (P) entsprechende Signale erzeugt werden, die blockorientiert gebildet werden, pro Matrix zweiten Redundanzdaten (Q) entsprechende Signale erzeugt werden, die blockübergreifend gebildet werden, die in der Matrix gespeicherten Signale blockweise seriell mit jeweils einem Block zugeordneten Blockadressen übertragen werden und empfangsseitig aus den Informationsdaten entsprechenden Signalen und den ersten und zweiten Redundanzdaten (P,Q) entsprechenden Signalen Codefolgen (C1, C2) zur Fehlererkennung und -korrektur ermittelt werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß die den ersten Redundanzdaten (P) entsprechenden Signale aus den Informationsdaten entsprechenden Signalen mindestens zweier benachbarter Blöcke gebildet werden.
2. Fehlerkorrekturverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die den zweiten Redundanzdaten (Q) entsprechenden Signale blockweise seriell mit jeweils einem Block zugeordneten Blockadressen vor und/oder nach den Blöcken, die Informationsdaten enthalten, übertragen werden.
3. Fehlerkorrekturverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die digitalen Informationsdaten entsprechenden Signale Datenworte eines digitalen Zweikanalaudiosignals darstellen, wobei zur Erzeugung der ersten und zweiten Redundanzdaten (P, Q) entsprechenden Signale jeweils gleichviele Datenworte eines ersten und eines zweiten Audiokanals (L, R) Verwendung finden, um die Konzentration von Fehlern in einem der Audiokanäle (L, R) zu verhindern.
4. Fehlerkorrekturverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die digitalen Informationsdaten entsprechenden Signale in Datenwortsegmenten (L_{0A} , L_{0B} , ...) untergliederte Datenworte bilden, wobei die Datenwortsegmente eines bestimmten Datenwortes derart bestimmten Matrixelementen der Matrix zugeordnet sind, daß bei der Bildung der ersten Redundanzdaten (P) entsprechenden Signalen jeweils sämtliche Datenwortsegmente (L_{0A} , L_{0B} , ...) eines Datenwortes aufeinanderfolgend nacheinander erfaßt werden.

25

30

35

Hiezu 10 Blatt Zeichnungen

40

45

50

55

Fig. 1

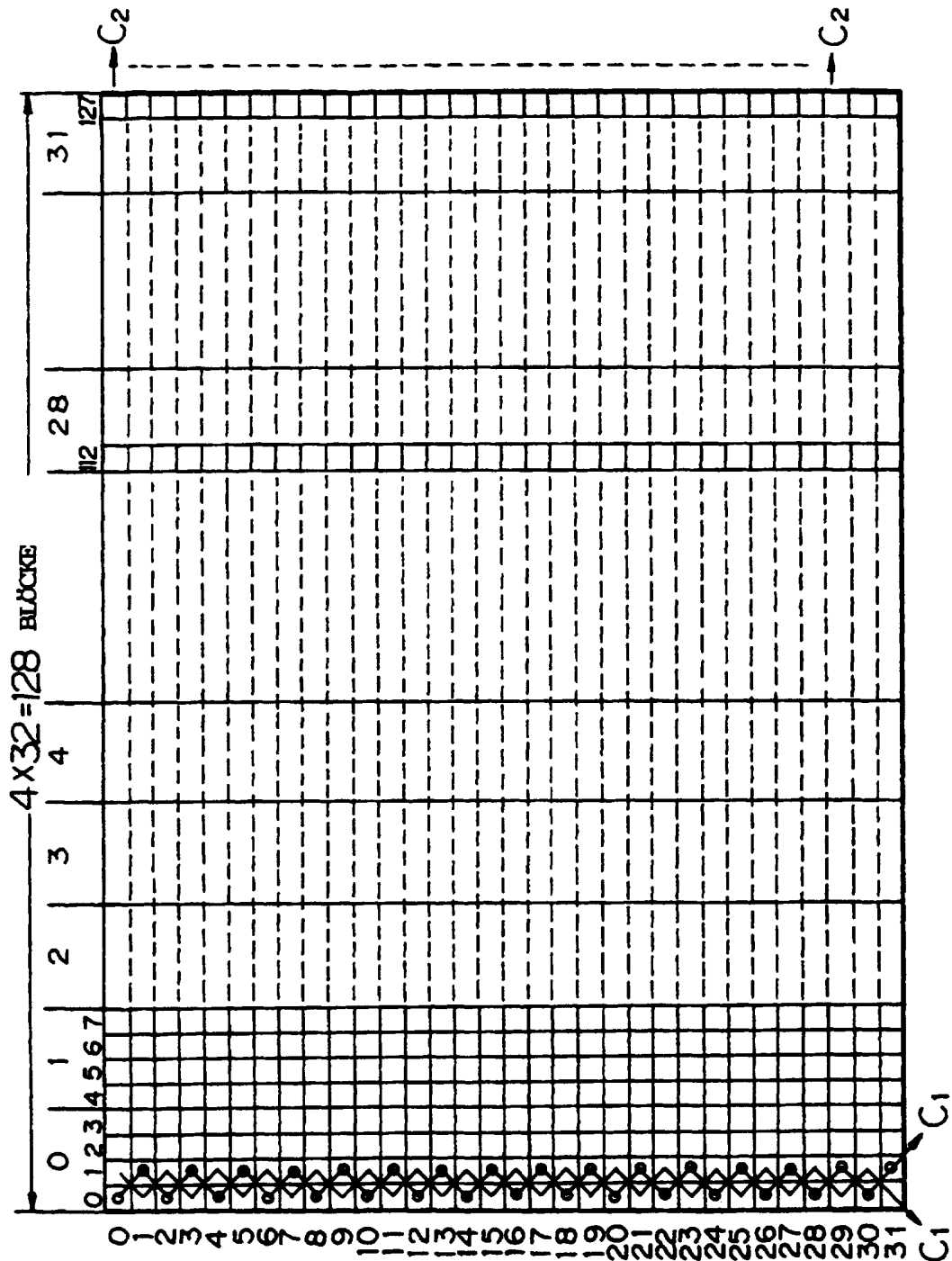


Fig. 2A

[illegible]

Fig. 2B

48 BLÖCKE										16 BLÖCKE					
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
	R 1A	L 1A	R 3A	L 3A	R 5A					R 47A	L 47A	Q 16	Q 17		Q 31
	L 1B	R 1B	L 3B								R 47B				
	L 49A	R 49A		R 51A						L 95A					
	R 49B	L 49B	R 51B								L 95B				
	R 97A	L 97A		L 99A						R 143A					
	L 97B	R 97B	L 99B								R 143B				
	L 145A	R 145A		R 147A						L 191A					
	R 145B	L 145B	R 147B								L 191B				
	R 193A	L 193A		L 195A						R 239A					
	L 193B	R 193B	L 195B								R 239B				
	L 241A	R 241A		R 243A						L 287A					
	R 241B	L 241B	R 243B								L 287B				
	R 289A	L 289A		L 291A						R 335A					
	L 289B	R 289B	L 291B								R 335B				
	L 337A	R 337A		R 339A						L 383A					
	R 337B	L 337B	R 339B								L 383B				
	R 385A	L 385A		L 387A						R 431A					
	L 385B	R 385B	L 387B								R 431B				
	L 433A	R 433A		R 435A						L 479A					
	R 433B	L 433B	R 435B								L 479B				
	R 481A	L 481A		L 483A						R 527A					
	L 481B	R 481B	L 483B								R 527B				
	L 529A	R 529A		R 531A						L 575A					
	R 529B	L 529B	R 531B								L 575B				
	R 577A	L 577A		L 579A						R 623A					
	L 577B	R 577B	L 579B								R 623B				
	L 625A	R 625A		R 627A						L 671A					
	R 625B	L 625B	R 627B								L 671B				
	R 673A	L 673A		L 675A						R 719A					
	L 673B	R 673B	L 675B								R 719B				
	P 640	P 650		P 670						P 1100					
	P 651	P 641	P 671								P 1101				P 1271

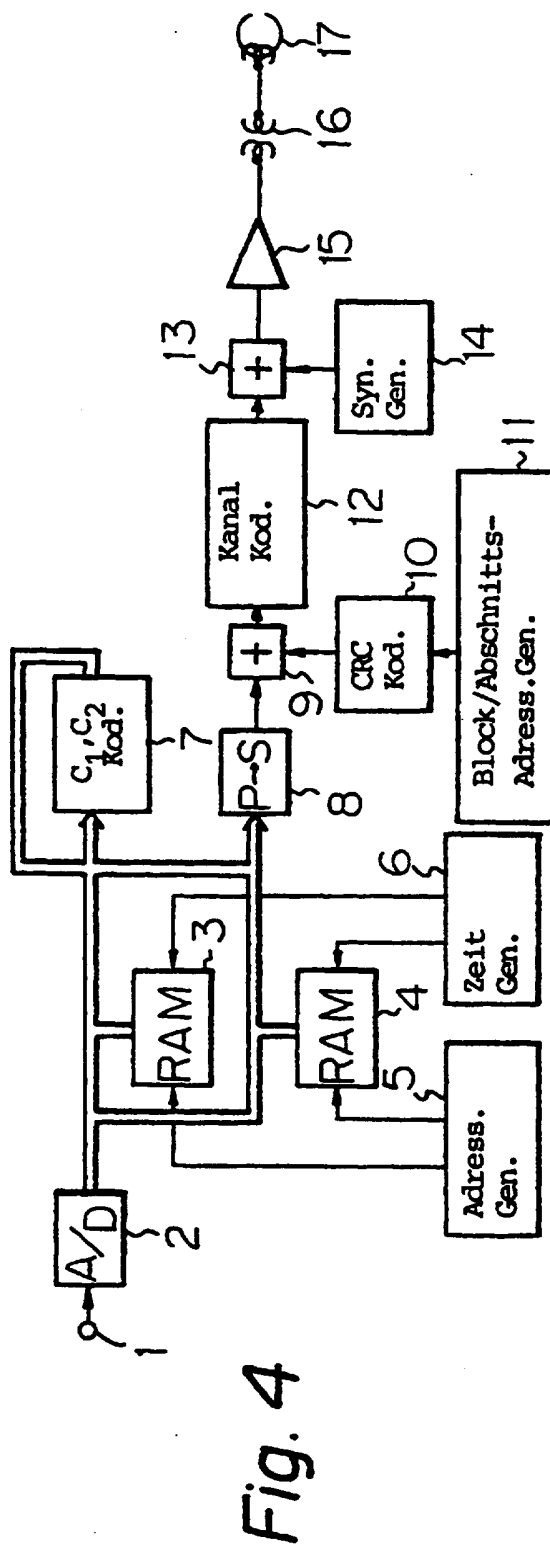
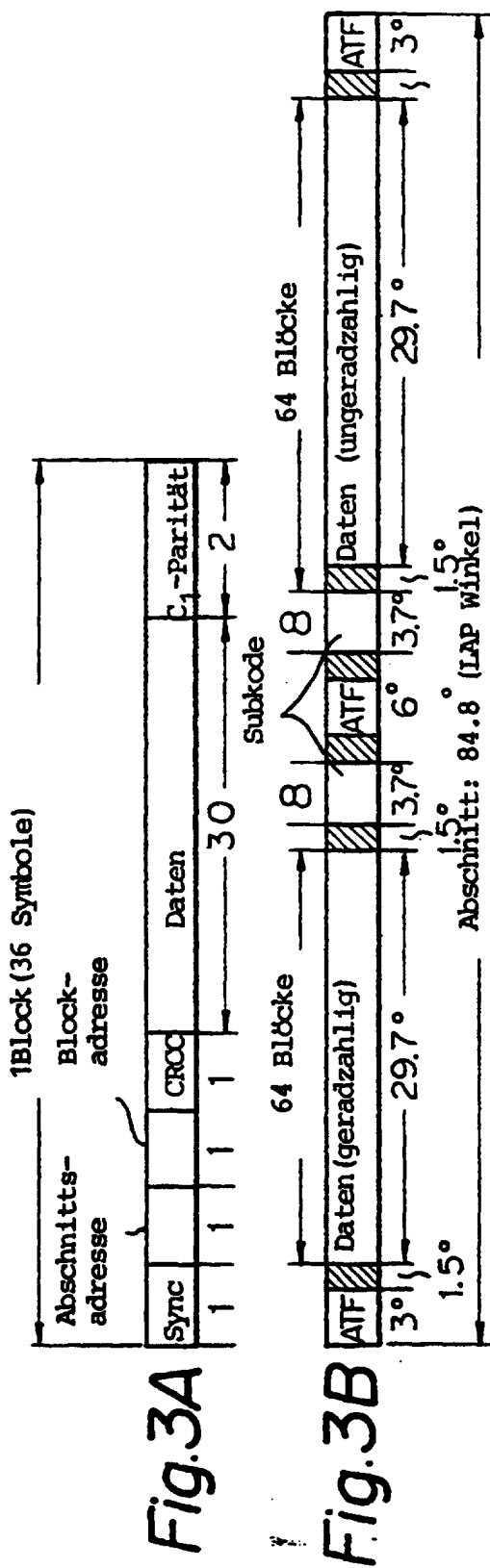


Fig.5A

16 BLÖCKE																48 BLÖCKE							
0																16	17	18	19	20	21	22	23
Q 00	Q 01	Q 02	Q 03	Q 04	Q 05	Q 06	Q 07	Q 08	Q 09	Q 10	Q 11	Q 12	Q 13	Q 14	Q 15	L 0 A	L 48 A	L 2 A	L 50 A	L 4 A			
																R 0 A	R 48 A	R 2 A	R 50 A	R 4 A			
																L 0 B	L 48 B						
																R 0 B	R 48 B						
																L 96 A	L 144 A	L 98 A	L 146 A	L 100 A	L 148 A		
																R 96 A	R 144 A						
																L 96 B	L 144 B						
																R 96 B	R 144 B						
																L 192 A	L 240 A	L 194 A	L 242 A	L 196 A	L 244 A		
																R 192 A	R 240 A						
																L 192 B	L 240 B						
																R 192 B	R 240 B						
																L 288 A	L 336 A	L 290 A	L 338 A	L 292 A	L 340 A		
																R 288 A	R 336 A						
																L 288 B	L 336 B						
																R 288 B	R 336 B						
																L 384 A	L 432 A	L 386 A	L 434 A	L 388 A	L 436 A		
																R 384 A	R 432 A						
																L 384 B	L 432 B						
																R 384 B	R 432 B						
																L 480 A	L 528 A	L 482 A	L 530 A	L 484 A	L 532 A		
																R 480 A	R 528 A						
																L 480 B	L 528 B						
																R 480 B	R 528 B						
																L 576 A	L 624 A	L 578 A	L 626 A	L 580 A	L 628 A		
																R 576 A	R 624 A						
																L 576 B	L 624 B						
																R 576 B	R 624 B	R 578 B	R 626 B	R 580 B	R 628 B		
																L 672 A	L 720 A	L 674 A		L 676 A			
																R 672 A	R 720 A			R 676 A			
																L 672 B	L 720 B	L 674 B		L 676 B			
																R 672 B	R 720 B			R 676 B			

Fig.5B

48 BLÖCKE																16 BLÖCKE			
64	65	66	67	68	69	110	111	112	113	127									
R 1A	R 49A	R 3A	R 51A	R 5A	R 53A		R 47A	R 95A	Q 112Q	Q 113Q									
L 1A	L 49A	L 3A	L 51A	L 5A	L 53A		L 47A	L 95A	Q 1131	Q 1121									
R 1B	R 49B						R 47B	R 95B											
L 1B	L 49B						L 47B	L 95B											
R 97A	R 145A	R 99A	R 147A	R 101A	R 149A		R 143A	R 191A											
L 97A	L 145A						L 143A	L 191A											
R 97B	R 145B						R 143B	R 191B											
L 97B	L 145B						L 143B	L 191B											
R 193A	R 241A	R 195A	R 243A	R 197A	R 245A		R 239A	R 287A											
L 193A	L 241A						L 239A	L 287A											
R 193B	R 241B						R 239B	R 287B											
L 193B	L 241B						L 239B	L 287B											
R 289A	R 337A	R 291A	R 339A	R 293A	R 341A		R 335A	R 383A											
L 289A	L 337A						L 335A	L 383A											
R 289B	R 337B						R 335B	R 383B											
L 289B	L 337B						L 335B	L 383B											
R 385A	R 433A	R 387A	R 435A	R 389A	R 437A		R 431A	R 479A											
L 385A	L 433A						L 431A	L 479A											
R 385B	R 433B						R 431B	R 479B											
L 385B	L 433B						L 431B	L 479B											
R 481A	R 529A	R 483A	R 531A	R 485A	R 533A		R 527A	R 575A											
L 481A	L 529A						L 527A	L 575A											
R 481B	R 529B						R 527B	R 575B											
L 481B	L 529B						L 527B	L 575B											
R 577A	R 625A	R 579A	R 627A	R 581A	R 629A		R 623A	R 671A											
L 577A	L 625A						L 623A	L 671A											
R 577B	R 625B						R 623B	R 671B											
L 577B	L 625B	L 579B	L 627B	L 581B	L 629B		L 623B	L 671B											
R 673A	P 650	R 675A		R 677A			R 719A	P 1110											
L 673A	P 640	L 675A		L 677A			L 719A	P 1100											
R 673B	P 651	R 675B		R 677B			R 719B	P 1111											
L 673B	P 641	L 675B		L 677B			L 719B	P 1101											

0 1 2 3 4 5 10 15 16 21 29 30 31

Fig. 6A

16 BLÖCKE																48 BLÖCKE								63		
0																15	16	17	18	19	20	21	62			
0	Q 00	Q 01														L 0A	L 292A	L 6A	L 298A	L 12A	L 304A	L 138A	L 430A			
1	Q 10	Q 11														R 0A	R 292A									
2	Q 02	Q 03														L 0B	L 292B	L 6B	L 298B	L 12B	L 304B	L 138B	L 430B			
3	Q 12	Q 13														R 0B	R 292B									
4	Q 04	Q 05														L 2A	L 432A	L 8A	L 438A	L 14A	L 444A	L 140A	L 570A			
5	Q 14	Q 15														R 2A	R 432A									
	Q 06	Q 07														L 2B	L 432B	L 8B	L 438B	L 14B	L 444B	L 140B	L 570B			
	Q 16	Q 17														R 2B	R 432B									
	Q 08	Q 09														L 4A	L 434A	L 10A	L 440A	L 16A	L 446A	L 142A	L 572A			
	Q 18	Q 19														R 4A	R 434A									
10	Q 010	Q 011														L 4B	L 434B	L 10B	L 440B	L 16B	L 446B	L 142B	L 572B			
	Q 110	Q 111														R 4B	R 434B									
	Q 012	Q 013														L 144A	L 436A	L 150A	L 442A	L 156A	L 448A	L 282A	L 574A			
	Q 112	Q 113														R 144A	R 436A									
	Q 014	Q 015														L 144B	L 436B	L 150B	L 442B	L 156B	L 448B	L 282B	L 574B			
15	Q 114	Q 115														R 144B	R 436B									
	Q 016	Q 017														L 146A	L 576A	L 152A	L 582A	L 158A	L 588A	L 284A	L 714A			
	Q 116	Q 117														R 146A	R 576A									
	Q 018	Q 019														L 146B	L 576B	L 152B	L 582B	L 158B	L 588B	L 284B	L 714B			
	Q 118	Q 019														R 146B	R 576B									
	Q 020	Q 021														L 148A	L 578A	L 154A	L 584A	L 160A	L 590A	L 286A	L 716A			
21	Q 120	Q 121														R 148A	R 578A									
	Q 022	Q 023														L 148B	L 578B	L 154B	L 584B	L 160B	L 590B	L 286B	L 716B			
	Q 122	Q 123														R 148B	R 578B									
	Q 024	Q 025														L 288A	L 580A	L 294A	L 586A	L 300A	L 592A	L 426A	L 718A			
	Q 124	Q 125														R 288A	R 580A									
	Q 026	Q 027														L 288B	L 580B	L 294B	L 586B	L 300B	L 592B	L 426B	L 718B			
	Q 126	Q 127														R 288B	R 580B									
	Q 028	P 01														L 290A	P 160	L 296A		L 302A		L 428A	P			
29	Q 128	P 11														R 290A	P 170					L 428B				
30	Q 029	P 02														L 290B	P 161	L 296B		L 302B						
31	Q 129	P 12														R 290B	P 171									

Fig. 6B

48 BLÖCKE										16 BLÖCKE			
64	65	66	67	68	69	110	111	112	113	127			
L 1A	L 293A	L 7A	L 299A	L 13A	L 305A	L 139A	L 431A						
R 1A	R 293A												
L 1B	L 293B	L 7B	L 299B	L 13B	L 305B	L 139B	L 431B						
R 1B	R 293B												
L 3A	L 433A	L 9A	L 439A	L 15A	L 445A	L 141A	L 571A						
R 3A	R 433A												
L 3B	L 433B	L 9B	L 439B	L 15B	L 445B	L 141B	L 571B						
R 3B	R 433B												
L 5A	L 435A	L 11A	L 441A	L 17A	L 447A	L 143A	L 573A						
R 5A	R 435A												
L 5B	L 435B	L 11B	L 441B	L 17B	L 447B	L 143B	L 573B						
R 5B	R 435B												
L 145A	L 437A	L 151A	L 443A	L 157A	L 449A	L 283A	L 575A						
R 145A	R 437A												
L 145B	L 437B	L 151B	L 443B	L 157B	L 449B	L 283B	L 575B						
R 145B	R 437B												
L 147A	L 577A	L 153A	L 583A	L 159A	L 589A	L 285A	L 715A						
R 147A	R 577A												
L 147B	L 577B	L 153B	L 583B	L 159B	L 589B	L 285B	L 715B						
R 147B	R 577B												
L 149A	L 579A	L 155A	L 585A	L 161A	L 591A	L 287A	L 717A						
R 149A	R 579A												
L 149B	L 579B	L 155B	L 585B	L 161B	L 591B	L 287B	L 717B						
R 149B	R 579B												
L 289A	L 581A	L 295A	L 587A	L 301A	L 593A	L 427A	L 719A						
R 289A	R 581A												
L 289B	L 581B	L 295B	L 587B	L 301B	L 593B	L 427B	L 719B						
R 289B	R 581B												
L 291A	P 640	L 297A		L 303A		L 429A	P		P				
R 291A	P 650												
L 291B	P 641	L 297B	P	L 303B		L 429B							
R 291B	P 651												

Q

Fig. 7A

48 BLÖCKE								
	0	1	2	3	4	5	46	47
1	L 0 A	L 292 A	L 6 A	L 298 A	L 12 A	L 304 A	L 138 A	L 430 A
2	R 0 A	R 292 A						
3	L 0 B	L 292 B	L 6 B	L 298 B	L 12 B	L 304 B	L 138 B	L 430 B
4	R 0 B	R 292 B						
5	L 2 A	L 432 A	L 8 A	L 438 A	L 14 A	L 444 A	L 140 A	L 570 A
6	R 2 A	R 432 A						
7	L 2 B	L 432 B	L 8 B	L 438 B	L 14 B	L 444 B	L 140 B	L 570 B
8	R 2 B	R 432 B						
9	L 4 A	L 434 A	L 10 A	L 440 A	L 16 A	L 446 A	L 142 A	L 572 A
10	R 4 A	R 434 A						
11	L 4 B	L 434 B	L 10 B	L 440 B	L 16 B	L 446 B	L 142 B	L 572 B
12	R 4 B	R 434 B						
13	L 144 A	L 436 A	L 150 A	L 442 A	L 156 A	L 448 A	L 282 A	L 574 A
14	R 144 A	R 436 A						
15	L 144 B	L 436 B	L 150 B	L 442 B	L 156 B	L 448 B	L 282 B	L 574 B
16	R 144 B	R 436 B						
17	L 146 A	L 576 A	L 152 A	L 582 A	L 158 A	L 588 A	L 284 A	L 714 A
18	R 146 A	R 576 A						
19	L 146 B	L 576 B	L 152 B	L 582 B	L 158 B	L 588 B	L 284 B	L 714 B
20	R 146 B	R 576 B						
21	L 148 A	L 578 A	L 154 A	L 584 A	L 160 A	L 590 A	L 286 A	L 716 A
22	R 148 A	R 578 A						
23	L 148 B	L 578 B	L 154 B	L 584 B	L 160 B	L 590 B	L 286 B	L 716 B
24	R 148 B	R 578 B						
25	L 288 A	L 580 A	L 274 A	L 586 A	L 300 A	L 592 A	L 426 A	L 718 A
26	R 288 A	R 580 A						
27	L 288 B	L 580 B	L 274 B	L 586 B	L 300 B	L 592 B	L 426 B	L 718 B
28	R 288 B	R 580 B						
29	L 290 A	P 10	L 276 A		L 302 A		L 428 A	
30	R 290 A	P 20		P		P		P
31	L 290 B	P 11	L 276 B		L 302 B		L 428 B	
32	R 290 B	P 21						

Fig. 7B

32 BLÖCKE		48 BLÖCKE					
48	49	80	81	82	83	126	127
Q490	Q4916	R1A L1A	R293A L293A	R7A	R299A	R139A	R431A
Q491	Q4917	R1B L1B	R293B L293B	R7B	R299B	R139B	R431B
Q492	Q4918	R3A L3A	R433A L433A	R9A	R439A	R141A	R571A
Q493	Q4919	R3B L3B	R433B L433B	R9B	R439B	R141B	R571B
Q494	Q4920	R5A L5A	R435A L435A	R11A	R441A	R143A	R573A
Q495	Q4921	R5B L5B	R435B L435B	R11B	R441B	R143B	R573B
Q496	Q4922	R145A L145A	R437A L437A	R151A	R443A	R283A	R575A
Q497	Q4923	R145B L145B	R437B L437B	R151B	R443B	R283B	R575B
Q498	Q4924	R147A L147A	R577A L577A	R153A	R583A	R285A	R715A
Q499	Q4925	R147B L147B	R577B L577B	R153B	R583B	R285B	R715B
Q4910	Q4926	R149A L149A	R579A L579A	R155A	R585A	R287A	R717A
Q4911	Q4927	R149B L149B	R579B L579B	R155B	R585B	R287B	R717B
Q4912	Q4928	R289A L289A	R581A L581A	R295A	R587A	R427A	R719A
Q4913	Q4929	R289B L289B	R581B L581B	R295B	R587B	R427B	R719B
Q4914	P	R291A L291A	P	R297A	P	R429A	P
Q4915		R291B L291B		R297B		R429B	