



(19) Republik  
Österreich  
Patentamt

(11) Nummer: AT 404 654 B

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1440/84

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> : 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,

- 5 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 Signallen 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 20 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 25 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 fehlt, sodaß eine entsprechende Korrektur vorgenommen werden kann.

Durch die Merkmale des Anspruches 2 ergibt sich bei der Übertragung eine klare Trennung der 35 Informationsdaten von den Redundanzdaten.

Besondere Vorteile im Hinblick auf die Korrektur von Fehlern ergibt sich durch die Merkmale des Anspruches 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 40 verwendet wird;

Fig. 2A und 2B vereinfachte Diagramme, in denen der Kodeaufbau bei einer Ausrührungsform 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 45 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 50 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 Fehlerkorrekturkodes, 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 nummeriert werden. Dar senkrechten Richtung

einer derartigen zweidimensionalen Anordnung wird ein erster Fehlerkorrekturkod C<sub>1</sub> beigelegt, während der horizontalen Richtung ein zweiter Fehlerkorrekturkod C<sub>2</sub> beigelegt wird. Beim Fehlerkorrekturkod C<sub>1</sub> handelt es sich um den Reed Solomon Kode über GF (2<sup>8</sup>) 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 geradzahligen Adressen im Block in der Blockadresse "0" und aus 16 Symbolen von ungeradzahligen Adressen im Block in der Blockadresse "1". Andererseits besteht eine andere Kodefolge aus 16 Symbolen von ungeradzahligen Adressen im Block in der Blockadresse "0" und aus 16 Symbolen von geradzahligen Adressen im Block in der Blockadresse "1". Paritätssymbole des Fehlerkorrekturkodes  
10 C<sub>1</sub> sind in den Adressen 30 und 31 in Block angeordnet. Diese Verschachtelung der beiden Blöcke erfolgt im Hinblick auf alle 128 Blöcke. Ein Beispiel einer H-Matrix des Fehlerkorrekturkodes C<sub>1</sub> ist unten dargestellt.

15

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

20

Dabei ist  $\alpha$  irgendein Element über GF (2<sup>8</sup>).

Unter der Annahme, daß die Matrix der Wiedergabedatenfolge von 32 Symbolen einschließlich von zwei Paritätssymbolen gleich V und die transponierte Matrix gleich V<sup>T</sup> ist, erfolgt die Dekodierung des Fehlerkorrekturkodes C<sub>1</sub> dadurch, daß mit der arithmetischen Operation H•V<sup>T</sup> 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 Fehlerkorrekturkod C<sub>1</sub> 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<sub>2</sub> wird aus 32 Symbolen gebildet, die aus jedem der vier Blöcke genommen werden. Bei diesem Fehlerkorrekturkod C<sub>2</sub> handelt es sich um den Reed Solomon Kode über GF (2<sup>8</sup>) 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<sub>2</sub> erfolgt, wobei die Paritätssymbole des Fehlerkorrekturkodes C<sub>2</sub>, die in 32 Blöcken sitzen, die Blockadressen "96" bis "127" besitzen. Die Paritätssymbole des Fehlerkorrekturkodes C<sub>1</sub>, die diese Paritätssymbole betreffen, sind in den Adressen 30 und 31 im Block angeordnet.

Der Fehlerkorrekturkod C<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> ist unten dargestellt.

45

50

55

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

15

Auf diese Weise sind beide Fehlerkorrekturkodes  $C_1$  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 Fehlerkorrekturkode  $C_1$  verwendet wird. Wenn andererseits Fehler abgetastet werden, wird ein Zeiger in die Kodefolge eingesetzt, wobei die Fehlerkorrektur dann unter Verwendung des Fehlerkorrekturkodes  $C_2$  erfolgt. Diese Fehlerkorrektur kann im Hinblick auf jede der Adressen 0 bis 29 im Block durchgeführt werden, so daß der Dekodervorgang 30-mal erfolgt. Wenn die Aufzeichnung auf einem Magnetband erfolgt, wird jeder Block der Reihe nach in Form von serielle Daten aufgezeichnet.

25 Fig. 2A und 2B zeigen einen praktischeren Kodeaufbau von einer Ausführungsform dieser Erfindung. Fig. 2A zeigt den Bereich der Blöcke mit den 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 ( $L_0 - L_{19}$ ) und ( $R_0 - R_{19}$ ) aufgezeichnet.

30 Die Kodierung der Fehlerkorrektur erfolgt sog daß 8 Bits als ein Symbol verwendet werden. Dazu wird ein Wort in die höherwertigen 8 Bits und die niedrigerwertigen 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 35 diesen Grund werden zugeordnete Paritätssymbole Q des Fehlerkorrekturkodes  $C_2$  sowie Paritätssymbole P des Fehlerkorrekturkodes  $C_1$  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.

40 45 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 geradzahligen Nummern, und ungeradzahligen Nummern in jedem Kanal einzuhalten. Dazu werden die Daten mit geradzahligen Nummern unter den Ton-PCM-Daten in den Blockadressen "16" - "63" (Fig. 2A) und die Daten mit ungeradzahligen Nummern unter den Ton-PCM-Daten in den Blockadressen "64" - "111" (Fig. 2B) angeordnet.

50 Nunmehr folgt ein Beispiel einer Kodefolge des Fehlerkorrekturkodes  $C_1$ , die in den Blockadressen "15" und "17" von Fig. 2A angeordnet ist.  
 (L<sub>0A</sub>, L<sub>0B</sub>, R<sub>48A</sub>, R<sub>48B</sub>, L<sub>96A</sub>, L<sub>96B</sub>, R<sub>144A</sub>, R<sub>144B</sub>, L<sub>192A</sub>,  
 55 L<sub>192B</sub>, R<sub>240A</sub>, R<sub>240B</sub>, L<sub>288A</sub>, L<sub>288B</sub>, R<sub>336A</sub>, R<sub>336B</sub>, L<sub>384A</sub>,  
 L<sub>384B</sub>, R<sub>432A</sub>, R<sub>432B</sub>, L<sub>480A</sub>, L<sub>480B</sub>, R<sub>528A</sub>, R<sub>528B</sub>, L<sub>576A</sub>,  
 L<sub>576B</sub>, R<sub>624A</sub>, R<sub>624B</sub>, L<sub>672A</sub>, L<sub>672B</sub>, P<sub>160</sub>, P<sub>161</sub>).

Aus diesem Beispiel ersieht man, daß im Kodeaufbau von Fig. 2 erstens zwei Symbole, die das selbe Wort bilden, in der selben Kodefolge des Fehlerrichtigungskodes  $C_1$  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 Fehlerrichtigungskode  $C_2$  korrigiert werden kann.

- 5 Da 15 Wörter in der selben Kodefolge des Fehlerrichtigungskodes  $C_1$  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 Fehlerrichtigungskode  $C_2$  ähnlich. Wenn wir beispielsweise die Symbole der Adresse 0 im Block betrachten, wird die Folge

10 des Fehlerrichtigungskodes  $C_2$  von den folgenden 32 Wörtern gebildet:

$L_{0A}, L_{4A}, L_{8A}, L_{12A}, L_{16A}, L_{20A}, L_{24A}, L_{28A}, L_{32A}, L_{36A},$   
 $L_{40A}, L_{44A}, R_{1A}, R_{5A}, R_{9A}, R_{13A}, R_{17A}, R_{21A}, R_{25A}, R_{29A},$   
 $R_{33A}, R_{37A}, R_{41A}, R_{45A}, Q_0, Q_4, Q_8, Q_{12}, Q_{16}, Q_{20}, Q_{24},$   
 $Q_{28}$ )

- 15 Weiters sind die Daten in den beiden Kanälen in den Kodefolgen des Fehlerrichtigungskodes  $C_1$ , 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 Blocksynchronisiersignal von 8 Bits (ein Symbol) wird vorangestellt, wobei eine Abschnittsadresse von 8 Bits und eine Blockadresse von 8 Bits hinzugefügt werden, worauf ein CRC-Kode (8 Bits) für die Fehlerabtastung dieser Abschnittsadresse und Blockadresse beigelegt 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 Fehlerrichtigungskodes  $C_2$ ) nach diesem CRC-Kode angeordnet. Zwei Paritätssymbole P des Fehlerrichtigungskodes  $C_1$  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° 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° sequentiell aufgezeichnet. Weiters werden die Subkodes der vier Blöcke, beispielsweise die Zeitkodes, 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° sequentiell aufgezeichnet. In Fig. 3B sind mit den Intervallen von jeweils 1,5° 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.

- 45 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-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 Fehlerrichtigungskode 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 Fehlerrichtigungskodes kodiert werden.

- Das vorgegebene Ton-PCM-Signal, das aus dem RAM 3 oder 4 ausgelesen wurde, wird an einen 55 Kodierer 7 der Fehlerrichtigungskode  $C_1$  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 beigefügt werden, die ein CRC-Kodierer 10 überträgt, liegen an der 5 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 beigefügt. Ein Ausgang der Additionsstufe 13 liegt über einen Aufzeichnungsverstärker 15 und einen rotierenden Wandler 16 an einem 10 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 Fehlerkorrekturkod C<sub>1</sub> wird unter Verwendung von 32 Symbolen dekodiert, die aus 15 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 Fehlerkorrekturkod C<sub>2</sub> 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 Fehlerkorrekturkod C<sub>2</sub> dekodiert wird, und um eine Löschkorrektur durchzuführen. Da die Abtastung 20 einzelnen 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. 25 5A und 5B hinsichtlich der folgenden drei Punkte: 1.): In jeder Kodefolge des Fehlerkorrekturkodes C<sub>1</sub> sind zwei Symbole enthalten, die das selbe Wort bilden. 2.): Das Ton-PCM-Signal, das in jeder Kodefolge des Fehlerkorrekturkodes C<sub>1</sub> und C<sub>2</sub> enthalten ist, enthält keine benachbarten Wörter. 3.): Das Ton-PCM-Signal, das in jeder Kodefolge des Fehlerkorrekturkodes C<sub>1</sub> und C<sub>2</sub> enthalten ist, enthält die Wörter in zwei 30 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<sub>1</sub> 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 35 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 geradzahligen Daten in 48 Blöcken mit den Blockadressen "16" - "63" angeordnet und die ungeradzahligen Daten in 48 Blöcken der Blockadressen "64" - "111" angeordnet, um die Aufzeichnungsstelle der geradzahligen PCM-Daten in jedem Kanal 40 von der Aufzeichnungsstelle der ungeradzahligen PCM-Daten zu trennen. Die PCM-Daten werden in jedem Block der Blockadressen "16" - "63" verteilt, wobei drei benachbarte Wörter in dieser geradzahligen Datenfolge als eine Einheit dienen, während die PCM-Daten in jedem Block der Blockadressen "64" - "111" verteilt werden, wobei drei benachbarte Wörter in dieser ungeradzahligen Datenfolge als eine Einheit dienen. Bei einem derartigen Aufbau sind drei Wörter in jedem Block einander benachbart, wobei die 45 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 50 jenem Randbereich schlecht, in dem die gleitende Berührung endet, wodurch die Fehlerrate erhöht wird. Aus diesem Grund werden zugeordnete Prüfkodesymbole Q des Fehlerkorrekturkodes C<sub>2</sub> sowie zugehörige Prüfkodesymbole P des Fehlerkorrekturkodes C<sub>1</sub> 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 Fehlerabtastkod C<sub>1</sub> ist ein Reed Solomon Kode über GF (2<sup>8</sup>) von (32, 30), wobei die Kodefolge 55 über zwei Blöcke verschachtelt ist, um die Fehler der Blockadressen sicher abtasten zu können. Beispielsweise wird der Fehlerabtastkod C<sub>1</sub> im Hinblick auf 30 Symbole (Q<sub>00</sub>, Q<sub>02</sub>, Q<sub>04</sub>, Q<sub>06</sub>, ..., Q<sub>028</sub>, Q<sub>01</sub>, Q<sub>03</sub>, ..., Q<sub>025</sub>, Q<sub>027</sub>, Q<sub>029</sub>) kodiert, die in den Blöcken in den entsprechenden geradzahligen Adressen der Blockadressen "0" und "1" sitzen, wobei die Prüfkodesymbole P<sub>01</sub> und P<sub>02</sub> beigefügt werden. Was die

Blockadressen 16 und 17 betrifft, wird gleichfalls eine Kodefolge des Fehlerabtastkodes  $C_1$  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 Fehlerabtastkodes  $C_1$  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 Fehlerabtastkodes  $C_1$  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 Fehlerkorrekturkod  $C_2$  korrigiert werden kann.

10 Zusätzlich werden die Daten in einem Kanal in die Daten von zwei Kanälen in der Kodefolge des Fehlerabtastkodes  $C_1$  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 Fehlerabtastkodes  $C_1$  ist unten dargestellt.

15

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

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 Fehlerabtastkodes  $C_1$  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 Fehlerkorrekturkod  $C_1$  ist an sich jener Code, mit dem ein einfacher Fehler korrigiert und ein zwei- oder mehrfacher Fehler abgetastet werden kann.

30 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 Fehlerkorrekturkod  $C_2$  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", "112", "16", "120", "24").

40 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 Fehlerkorrekturkod  $C_2$  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

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

Auf diese Weise sind beide Kodes  $C_1$  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 Fehlerkorrekturkode  $C_1$  verwendet wird. Wenn andererseits Fehler abgetastet werden, wird ein Zeiger in die Kodefolge eingesetzt, wobei die Fehlerkorrektur dann unter Verwendung des Fehlerkorrekturkodes  $C_2$  erfolgt. Diese Fehlerkorrektur wird im Hinblick auf jede der Adressen 0 bis 29 im Block durchgeführt, so daß der Dekodervorgang 30-mal erfolgt.

Fig. 7A und 7B zeigen ein weiteres Beispiel eines Kodeaufbaus jener Daten, die in einem Abschnitt aufgezeichnet 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 Fehlerkorrekturkodes  $C_2$  und die zugehörigen Paritätssymbole P des Fehlerkorrekturkodes  $C_1$  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 geradzahligen Nummern und die Symbole mit ungeradzahligen Nummern werden gesammelt in diesen beiden Bereichen der 49 Blöcke angeordnet und so verschachtelt, wie dies die Suffixe anzeigen.

Eine ähnliche Fehlerkorrekturcodierung, wie bei der vorherigen Ausführungsform, erfolgt im Hinblick auf die Symbole die so angeordnet sind, wie dies Fig. 7 zeigt. Das bedeutet, daß die  $C_2$ -Kodefolge aufgestellt wird, wobei die Symbole bei jedem vierten Symbol unter jenen Symbolen herausgegriffen werden, die in horizontaler Richtung angeordnet sind. Vier Paritätssymbole Q werden im Hinblick auf diese 12 Symbole erzeugt und den Kodefolgen 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 Fehlerabtastkodes, beispielsweise CRC-Kodes, als Fehlerkorrekturkode  $C_1$  verwendet werden, anstatt daß Kodes über GF ( $2^8$ ), beispielsweise der Reed Solomon Kode oder ähnliches, verwendet werden.

Weiters kann mit dem Fehlerkorrekturkode  $C_1$  nicht nur die Fehlerabtastung sondern auch eine Fehlerkorrektur durchgeführt werden. Dieser Fehlerkorrekturkode  $C_1$  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 Digitalinformation, 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 Fehlerabtastkode 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 Fehlerabtastkode nicht für jene Kodefolge des zweiten Fehlerkorrekturkodes, wobei er nur eine Vielzahl von Mustern (die Zahl der Blöcke, in denen der erste Fehlerabtastkode 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.

20

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.

25

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.

30

4. Fehlerkorrekturverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die digitalen Informationsdaten entsprechenden Signale in Datenwortsegmenten ( $L_{0A}, L_{0B}, \dots$ ) untergliederte Datenworte bilden, wobei die Datenwortsegmente eines bestimmten Datenwertes derart bestimmten Matrixelementen der Matrix zugeordnet sind, daß bei der Bildung der ersten Redundanzdaten (P) entsprechenden Signale jeweils sämtliche Datenwortsegmente ( $L_{0A}, L_{0B}, \dots$ ) eines Datenwertes aufeinanderfolgend nacheinander erfaßt werden.

35

Hiezu 10 Blatt Zeichnungen

40

45

50

55

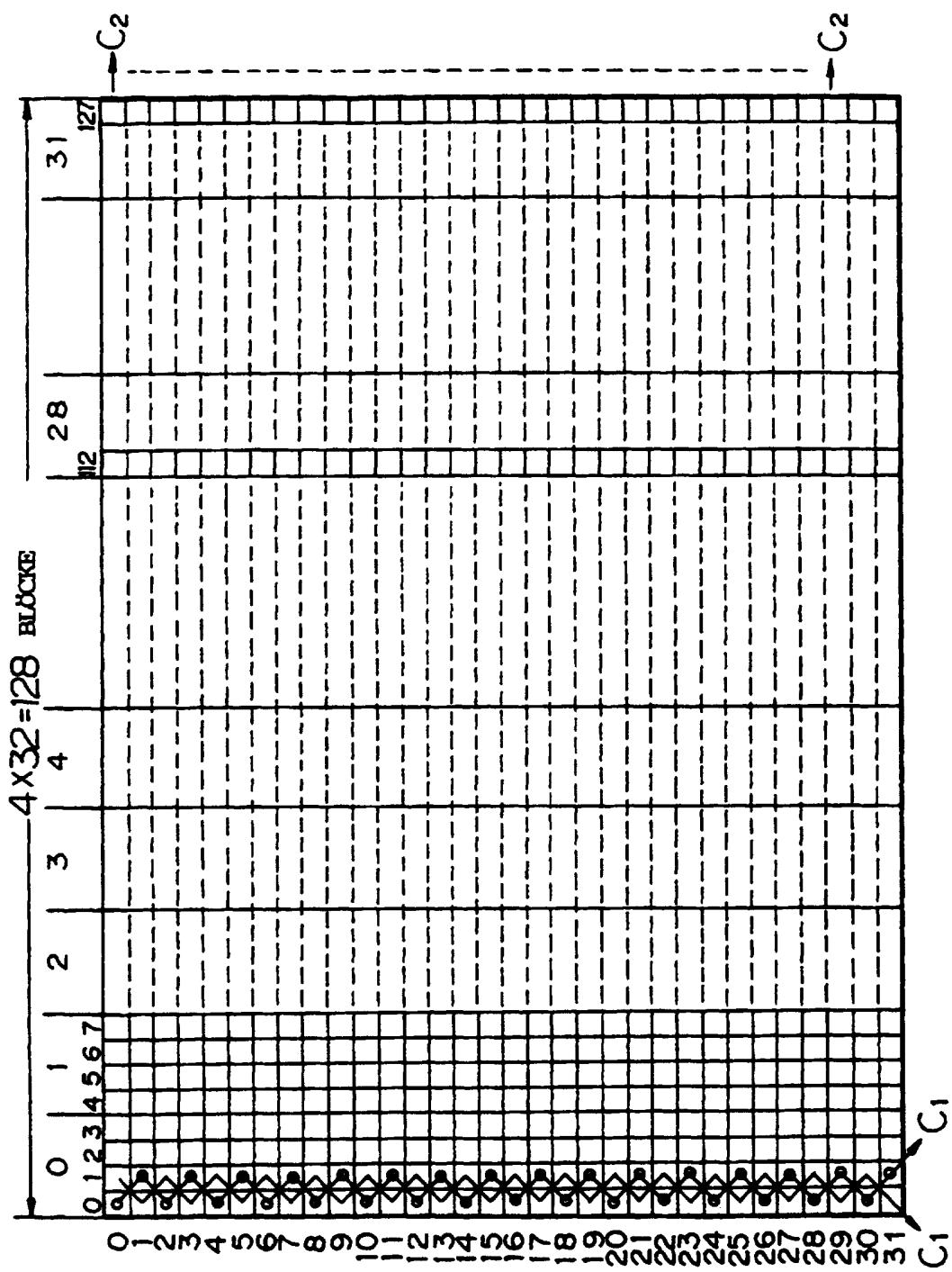
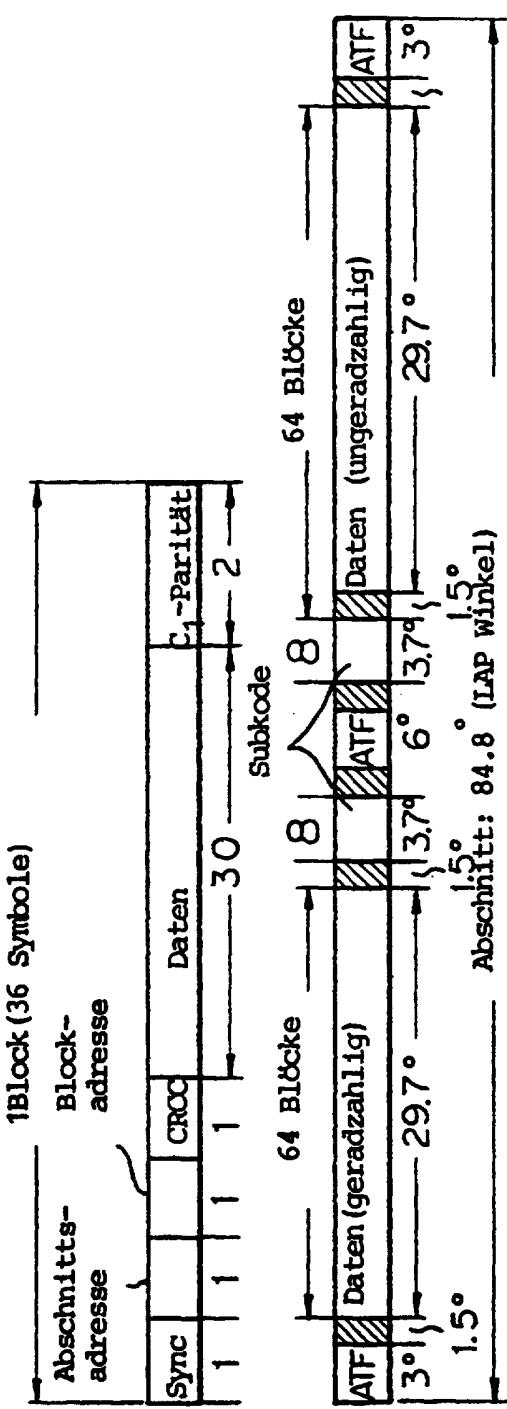


Fig. I

Fig. 2A

48 BLOCKE									
16 BLOCKE					32 BLOCKE				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q00	Q1	Q02	Q03	Q04	Q05	Q06	Q07	Q08	Q09
Q00	Q15	Q0A	Q0B	Q48A	L48A	L48B	L96A	R96A	R96B
Q00	Q16	Q0A	Q0B	Q48A	L48A	L48B	L96A	R96A	R96B
Q00	Q17	Q0A	Q0B	Q48A	L48A	L48B	L96B	L96A	L96B
Q00	Q18	Q0A	Q0B	Q48A	L48A	L48B	R144A	L144A	R144B
Q00	Q19	Q0A	Q0B	Q48A	L48A	L48B	R192A	R192A	R192B
Q00	Q20	Q0A	Q0B	Q48A	L48A	L48B	R192B	L192B	R192B
Q00	Q21	Q0A	Q0B	Q48A	L48A	L48B	R240A	L240A	R240B
Q00	Q22	Q0A	Q0B	Q48A	L48A	L48B	R240B	R240B	R240B
Q00	Q23	Q0A	Q0B	Q48A	L48A	L48B	R288A	R288A	R288B
Q00	Q24	Q0A	Q0B	Q48A	L48A	L48B	R288B	L288B	R288B
Q00	Q25	Q0A	Q0B	Q48A	L48A	L48B	R336A	L336A	R336B
Q00	Q26	Q0A	Q0B	Q48A	L48A	L48B	R336B	R336B	R336B
Q00	Q27	Q0A	Q0B	Q48A	L48A	L48B	R384A	R384A	R384B
Q00	Q28	Q0A	Q0B	Q48A	L48A	L48B	R384B	L384B	R384B
Q00	Q29	Q0A	Q0B	Q48A	L48A	L48B	R432A	L432A	R432B
Q00	Q30	Q0A	Q0B	Q48A	L48A	L48B	R480A	R480A	R480B
P00	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P160	P170	P171
P00	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P171	P161	P162
P00	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P172	P162	P163
P00	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P173	P163	P164
P00	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P174	P164	P165
P00	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P175	P165	P166
P00	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P176	P166	P167
P00	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P177	P167	P168
P00	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P178	P168	P169
P00	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P179	P169	P170
P00	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P180	P170	P171

Fig. 2B



*Fig. 3A*

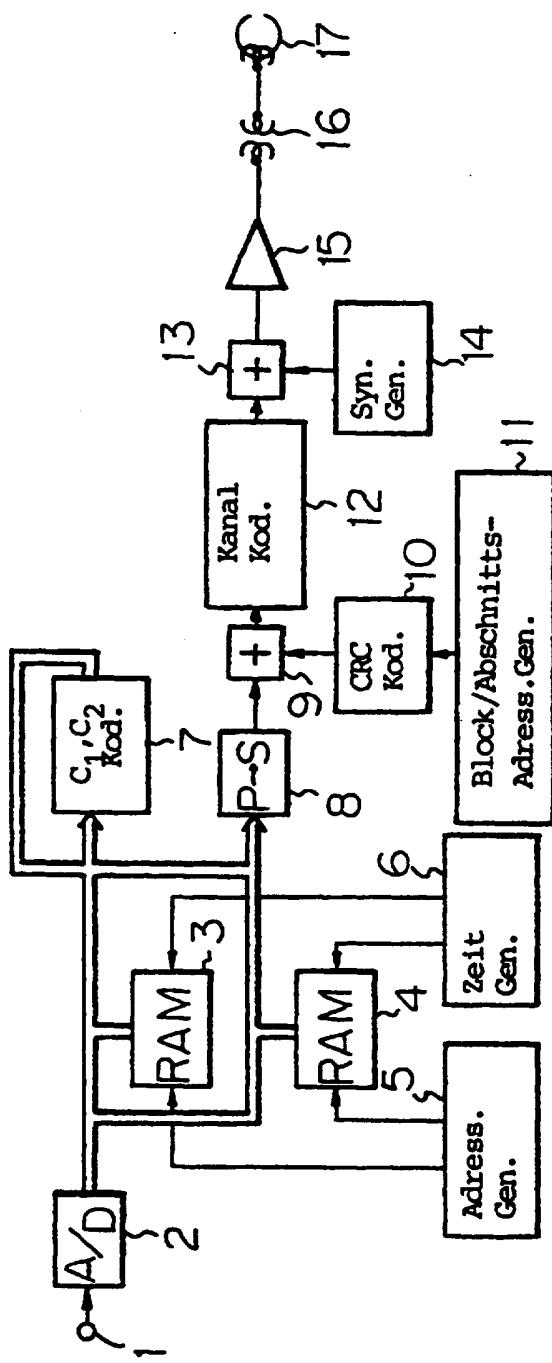


Fig. 4

Fig. 5A

		48 Blöcke															
		16 Blöcke								---	62	63					
		0	1	16	17	18	19	20	21	---	62	63					
0	00	0	10	L 0 A	L 48 A	L 2 A	L 50 A	L 4 A			L 46 A	L 94 A					
0	01	0	01	R 0 A	R 48 A	R 2 A	R 50 A	R 4 A			R 46 A	R 94 A					
0	02	0	12	L 0 B	R 48 B						L 46 B	L 94 B					
0	03	0	03	R 0 B	R 48 B						R 46 B	R 94 B					
0	04	0	14	L 96 A	L 144 A	L 98 A	L 146 A	L 100 A	L 148 A		L 142 A	L 190 A					
0	05	0	05	R 96 A	R 144 A						R 142 A	R 190 A					
0	06	0	16	96 B	L 144 B						L 142 B	L 190 B					
0	07	0	07	R 96 B	R 144 B						R 142 B	R 190 B					
0	08	0	18	L 192 A	L 240 A	L 194 A	L 242 A	L 196 A	L 244 A		L 238 A	L 286 A					
0	09	0	09	R 192 A	R 240 A						R 238 A	R 286 A					
0	10	0	10	192 B	L 240 B						L 238 B	L 286 B					
0	11	0	11	R 192 B	R 240 B						R 238 B	R 286 B					
0	12	0	12	L 288 A	L 336 A	L 290 A	L 338 A	L 292 A	L 340 A		L 334 A	L 382 A					
0	13	0	013	R 288 A	R 336 A						R 334 A	R 382 A					
0	14	0	114	288 B	L 336 B						L 334 B	L 382 B					
0	15	0	015	R 288 B	R 336 B						R 334 B	R 382 B					
0	16	0	116	L 384 A	L 432 A	L 386 A	L 434 A	L 388 A	L 436 A		L 430 A	L 478 A					
0	17	0	017	R 384 A	R 432 A						R 430 A	R 478 A					
0	18	0	118	384 B	L 432 B						L 430 B	L 478 B					
0	19	0	019	R 384 B	R 432 B						R 430 B	R 478 B					
0	20	0	120	L 480 A	L 528 A	L 482 A	L 530 A	L 484 A	L 532 A		L 526 A	L 574 A					
0	21	0	021	R 480 A	R 528 A						R 526 A	R 574 A					
0	22	0	122	480 B	L 528 B						L 526 B	R 574 B					
0	23	0	023	R 480 B	R 528 B						L 622 A	L 670 A					
0	24	0	124	L 576 A	L 624 A	L 578 A	L 626 A	L 580 A	L 628 A		L 622 B	L 670 B					
0	25	0	025	R 576 A	R 624 A						R 622 B	R 670 B					
0	26	0	126	L 576 B	R 624 B						L 622 B	L 670 B					
0	27	0	027	R 576 B	R 624 B	R 578 B	R 626 B	R 580 B	R 628 B		R 622 B	R 670 B					
0	28	P	10	L 672 A	P 170	L 674 A					L 718 A	P 630					
0	29	P	00	R 672 A	P 160	R 674 A					R 718 A	P 620					
0	30	P	11	L 672 B	P 171	L 674 B					L 718 B	P 631					
0	31	P	01	R 672 B	P 161	R 674 B					R 718 B	P 621					

**Fig. 5B**

Fig. 6A

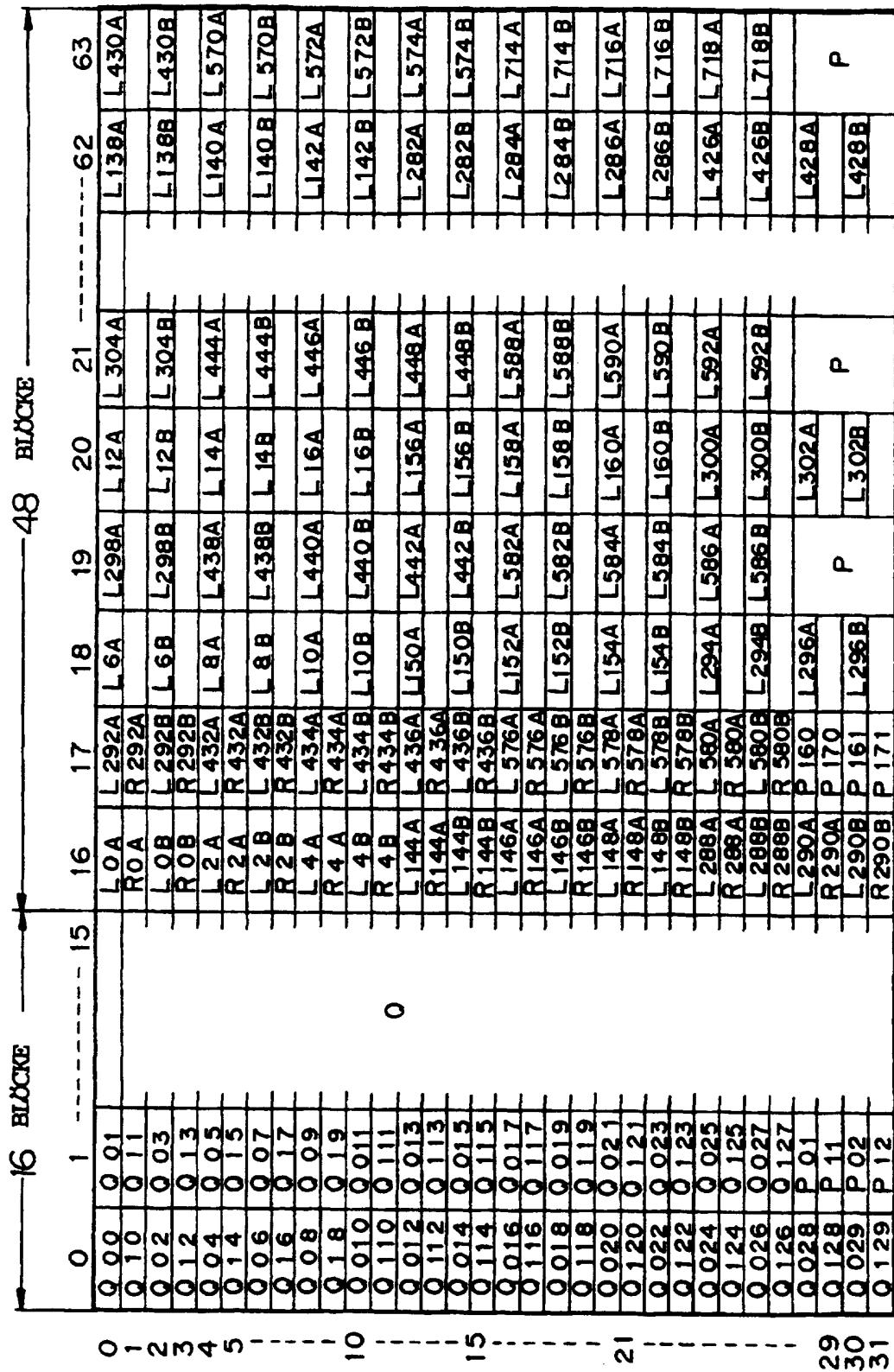


Fig. 6B

	48 BLÖCKE				16 BLÖCKE							
	64	65	66	67	68	69	110	111	112	113	114	127
O	L 1A	L 293A	L 7A	L 299A	L 13A	L 305A	L 139A	L 431A				
1	R 1A	R 293A										
2	I 1B	L 293B	L 7B	L 299B	L 13B	L 305B	L 139B	L 431B				
3	R 1B	R 293B										
4	L 3A	L 433A	L 9A	L 439A	L 15A	L 445A	L 141A	L 571A				
5	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										
10	L 5B	L 435B	L 11B	L 441B	L 17B	L 447B	L 143B	L 573B				
-	R 5B	R 435B										
-	L 145A	R 437A	L 151A	L 443A	L 157A	L 449A	L 283A	L 575A				
-	R 145A	R 437A										
-	L 145B	R 437B	L 151B	L 443B	L 157B	L 449B	L 283B	L 575B				
15	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										
29	L 291A	P 640	L 297A		L 303A	P	L 429A	P				
30	R 291A	P 650			L 303B		L 429B					
31	L 291B	P 641	L 297B		P							
	R 291B	P 651										

Q

P

## Fig. 7A

	48 BLÖCKE							
	0	1	2	3	4	5	46	47
1	L0A	L292A	L6A	L298A	L12A	L304A		
2	ROA	R292A					L138A	L430A
3	LOB	L292B	L6B	L298B	L12B	L304B		
4	ROB	R292B					L138B	L430B
5	L2A	L432A	L8A	L438A	L14A	L444A		
6	R2A	R432A					L140A	L570A
7	L2B	L432B	L8B	L438B	L14B	L444B		
8	R2B	R432B					L140B	L570B
9	L4A	L434A	L10A	L440A	L16A	L446A		
10	R4A	R434A					L142A	L572A
11	L4B	L434B	L10B	L440B	L16B	L446B		
12	R4B	R434B					L142B	L572B
13	L144A	L436A	L150A	L442A	L156A	L448A		
14	R144A	R436A					L282A	L574A
15	L144B	L436B	L150B	L442B	L156B	L448B		
16	R144B	R436B					L282B	L574B
17	L146A	L576A	L152A	L582A	L158A	L588A		
18	R146A	R576A					L284A	L714A
19	L146B	L576B	L152B	L582B	L158B	L588B		
20	R146B	R576B					L284B	L714B
21	L148A	L578A	L154A	L584A	L160A	L590A		
22	R148A	R578A					L286A	L716A
23	L148B	L578B	L154B	L584B	L160B	L590B		
24	R148B	R578B					L286B	L716B
25	L288A	L580A	L274A	L586A	L300A	L592A		
26	R288A	R580A					L426A	L718A
27	L288B	L580B	L274B	L586B	L300B	L592B		
28	R288B	R580B					L426B	L718B
29	L290A	P10	L276A		L302A			
30	R290A	P20		P		P	L428A	
31	L290B	P11	L276B		L302B			
32	R290B	P21					L428B	P

Fig. 7B

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