BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Int. Cl.: H 03 k

DEUTSCHES PATENTAMT

Deutsche Kl.: 21 a1 - 36/20

PATENTSCHRIFT

1221672

Nummer: 1 221 672
Aktenzeichen: Z 8076 VIII a/21 a1
Anmeldetag: 18. Juni 1960
Auslegetag: 28. Juli 1966
Ausgabetag: 2. Februar 1967
Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

Analog-Digitalwandler mit einer die Winkelstellung einer Achse od. dgl. angebenden, codierte Skalenwerte tragenden Skaleneinrichtung

Patentiert für:
Zuse K. G.,
Bad Hersfeld, Große Industriestr. 19 u. 21

Als Erfinder benannt:
Dr. Konrad Zuse, Bad Hersfeld --

Es ist bekannt, Positionen von Konstruktionselementen, wie Zahlrädern, Wellen, Skalen usw., in codierter Form abzulesen. Es ist z. B., wie Fig. 1 zeigt, die Anzeige von acht Positionen (Elementarschritte) möglich, wenn dazu nach üblicher Methode drei Kanäle nebeneinander benutzt werden, welche als Skalenspuren aus Ja - Nein - Feldern senkrecht zur Skalenausdehnung bzw. Bewegungsrichtung von einer Ablesevorrichtung abgelesen werden. Die Ablesung im Fenster F kann dabei auf verschiedene Weise erfolgen, z. B. fotoelektrisch, durch mechanische Nocken od. dgl.

Es ist auch bereits bekannt, zur Einsparung von Kanälen sogenannte zyklische Code zu verwenden, bei denen im einfachsten Fall eine einzige Skalenspur aus Ja-Nein-Feldern vorgesehen ist, von denen jeweils mehrere in fester Position zueinander liegende, vorzugsweise in Richtung der Skalenausdehnung direkt aneinandergrenzende Felder gleichzeitig abgetastet werden und wobei die Ja-Nein-Werte auf der Skalenspur so verteilt sind, daß bei jeder Stellung der Abtastmittel zur Spur eine andere Ja-Nein-Kombination herausgelesen wird.

Fig. 2 zeigt ein einfaches Beispiel eines solchen zyklischen Codes für acht Positionen, bei dem nur noch ein Kanal erforderlich ist. Die Abtastung erfolgt durch Erfassung jeweils dreier nebeneinanderliegender Felder des gleichen Kanals innerhalb des Fensters F_0. Der Schlüssel ist dabei so aufgebaut, daß für jede der acht periodisch wiederkehrenden Positionen eine andere Kombination von drei Ja-Nein-Werten auftritt. Nachstehende Tabelle I zeigt die acht verschiedenen Ja-Nein-Wertkombinationen 0 bis 7, wobei ein schwarzes Feld mit L = Ja, ein weißes Feld mit 0 = Nein bezeichnet ist:

Tabelle I

0	000
1	00*L*
2	0*L*0
3	*L*0*L*
4	0*LL*
5	*LLL*
6	*LL*0
7	*L*00

Bei sehr langen, viele Positionen enthaltenden Skalen, führt das beschriebene Einkanalverfahren zu

sehr komplizierten Skaleneinteilungen, deren Entcodung schwer in einfache Gesetze zu fassen ist.

Gegenstand der Erfindung ist ein Analog-Digitalwandler mit einer die Winkelstellung einer Achse od. dgl. angebenden Skaleneinrichtung, auf der die Skalenwerte in codierter Form als Ja-Nein-Werte, insbesondere optisch als Schwarz-Weiß-Werte, direkt oder auf dem Umwege über eine fotografische Zwischenaufzeichnung indirekt abtastbar angebracht sind, derart ausgebildet, daß auf mindestens einer Skalenspur eine Feinteilung in Form eines sich innerhalb des Anzeigebereiches mehrfach wiederholenden zyklischen Codes und auf mindestens einer weiteren, in fester Zuordnung zu der ersten stehenden Skalenspur eine mit der Periode der ersten Skalenspur fortschreitende Grobteilung in Form eines nichtzyklischen Codes in solcher Anordnung der Codeelemente vorgesehen sind, daß in Abhängigkeit von der aus dem zyklischen Code abgelesenen Information die Auswahl und/oder Reihenfolge der aus dem nichtzyklischen Code zu lesenden Informationseinheiten bestimmt wird.

Fig. 3 zeigt einen Ausschnitt aus einer Skala mit drei Skalenspuren Sk_0, Sk_1 und Sk_2, von denen die unterste, Sk_0, nach einem 5stelligen zyklischen Code mit einer 20stelligen Periode aufgebaut ist. Nachstehende Tabelle II zeigt den zyklischen Code für die den dezimalen Einerstellen zugeordneten Ja-Nein-Wert-Kombinationen, wobei den Ziffern 0 bis 9 ab-

wechselnd zwei verschiedene Codekombinationen zugeordnet sind:

Tabelle II

0	*LLLLL*
1	*LLLL*0
2	*LLL*00
3	*LL*000
4	*L*0000
5	00000
6	0000*L*
7	000*LL*
8	00*LL*0
9	0*LL*0*L*
0	*LL*0*LL*
1	*L*0*LL*0
2	0*LL*00
3	*LL*00*L*
4	*L*00*L*0
5	00*L*00
6	0*L*00*L*
7	*L*00*LL*
8	00*LLL*
9	0*LLLL*

Die beiden höheren Dezimalziffern der im Ablesefenster F_1 in Fig. 3 abgelesenen dreistelligen Zahl sind durch zwei je vier Felder umfassende, im folgenden noch näher zu beschreibende Blöcke in Sk_1 und Sk_2 enthalten. Den dabei gewählten Code, der an sich beliebig ist, zeigt die folgende Tabelle:

Tabelle III

0 : 00 / 00	5 : 0*L* / 0*L*
1 : 00 / 0*L*	6 : 0*L* / *L*0
2 : 00 / *L*0	7 : 0*L* / *LL*
3 : 00 / *LL*	8 : *L*0 / 00
4 : 0*L* / 00	9 : *L*0 / 0*L*

Infolge der fortlaufenden Codierung in Skalenrichtung ist die zyklisch abwechselnde Lage der Blöcke zueinander bedingt; jeweils während zweier Ableseeinheiten der untersten Skala liegt der eine, beispielsweise dem Zehner zugeordnete Block innerhalb des Fensters vor dem anderen Block, der beispielsweise dem Hunderter zugeordnet ist. Die Information darüber, welche Schwarz-Weiß-Felder bei der jeweiligen Stellung des Fensters den abzulesenden Blöcken zugeordnet sind und wie die beiden innerhalb des Fensters erscheinenden Blöcke der Zehner- und Hunderter-Stelle zuzuordnen sind, wird aus der zu diesem Zweck auf 20 Positionen ausgedehnten zyklischen Codierung der untersten, der Einerstelle zugeordneten Skalenteilung entnommen.

Fig. 4 zeigt eine entsprechende Entschlüsselungseinrichtung. Man hat die Fotozellen *Pz* 1 bis *Pz* 15 in einer Anordnung gemäß Fig. 4a, welche durch die vom Ablesefenster abgebildeten Schwarz-Weiß-Felder belichtet werden. *Pz* 1 bis *Pz* 5 wirken zunächst auf eine Wahlpyramide Wp_0 mit 20 Ausgängen 0 ... 9 und 0′ ... 9′, welche die Einerziffern nach Tabelle II entschlüsselt. Die Ausgänge der Wahlpyramide Wp_0 schalten dazu zunächst die Ziffernleitungen Z_0, 0 bis 9, für die Einerziffern und ferner vier Steuerleitungen Sl_1, Sl_2, Sl_3 und Sl_4. Sl_1 ist dabei das »Gerade-ungerade«-Kriterium, welches die Phasenlage der Blöcke in bezug auf das Fenster bestimmt. Bei »gerade« sind über die Schaltereinrichtung S_1 die Fotozellen *Pz***6**, *Pz***7**, *Pz***8**, *Pz***9** und *Pz***11**, *Pz***12**, *Pz***13**, *Pz***14** eingeschaltet, bei »ungerade« *Pz***7**, *Pz***8**, *Pz***9**, *Pz***10** und *Pz***12**, *Pz***13**, *Pz***14**, *Pz***15**. Die Steuerleitung Sl_2 bestimmt die zyklische Vertauschung der Fotozellengruppe zu den Ziffern Z_2 (Hunderter) bzw. Z_1 (Zehner). Dadurch werden die Wahlpyramiden Wp_1 und Wp_2 gesteuert, die die Entschlüsselung der Tetradenblöcke gemäß Tabelle III bewirken. Sl_3 bewirkt über die Schaltereinrichtung S_2 die Erniedrigung der Ziffern Z_1 um Eins, falls der durch das Fenster erfaßte Block für Z_1 bereits im nächsten Bereich liegt, Z_1 also um Eins zu hoch abgelesen wird. Bei der Ziffer Z_2 ist eine derartige Umschaltung nur dann erforderlich, wenn die Ziffern $Z_1 = 9$ ist. Dies wird durch die Steuerleitung Sl_4 über das Konjunktionsglied K_1 und die Schaltereinrichtung S_3 bewirkt.

Ein weiteres Beispiel einer Anordnung gemäß der Erfindung zeigen Fig. 5 und 6. Darin wird die Lösung der Aufgabe gezeigt, in einem Theodoliten eine Kreisteilung in Neugraden mit Neu-Sekundengenauigkeit ablesen zu können. Zu diesem Zweck ist die Gesamtablesung auf zwei Skaleneinrichtungen mit je einem Ablesefenster verteilt, von denen eines die Grobablesung auf 20^c (Neuminuten) und das andere die Feinablesung auf 1^{cc} (Neusekunde) Genauigkeit vornimmt. 400^g (Neugrade) auf 1 Sekunde genau abzulesen, erfordert eine Skaleneinteilung von insgesamt 4 000 000 Positionen. Diese sind nun auf zwei Ablesefenster F_2 und F_3 verteilt, so daß noch 2000 Positionen je Fenster zur Anzeige gebracht werden müssen. Beide Ableseeinheiten sind mechanisch durch ein Übersetzungsgetriebe 1 : 2000 miteinander verbunden. Die Ablesung erfolgt in Anlehnung an das in Fig. 4 gezeigte Verfahren, wobei in beiden Ablesefenstern insgesamt je vier Kanäle *a* bis *d* in horizontaler Richtung abgelesen werden. Jeweils der unterste Kanal *d* von F_2 und F_3 der Fig. 5 und 6 entspricht der Feinteilung und ist zyklisch codiert. Im folgenden sei zuerst an Hand von Fig. 5 die Ablesung der ersten Skaleneinrichtung beschrieben, die eine 400-Grad-Teilung auf 20 Minuten Genauigkeit entlang einer Skalenteilung von 2000 Positionen vornimmt.

Tabelle IV

m)		n) Sp	
0	000*LL*		56789
20	00*LL*0		45678
40	0*LL*00		34567
60	*LL*000		23456
80	*L*000*L*		12345

Tabelle IV, m) zeigt den zyklischen Code der untersten Skala *d*, die die Minutenteilung in Sprüngen zu je 20 Minuten enthält. Tabelle IV, n) zeigt die Information für die drei anderen Kanäle *a*, *b*, *c*, wie deren Felder innerhalb der Spalten *Sp* **1** bis *Sp***9** des Ablese-

fensters F_2 abgelesen werden müssen. So müßten beispielsweise in der gezeichneten Stellung, die in *d* laut Tabelle IV, m) eine Null anzeigt, gemäß Tabelle IV, n) zur Entschlüsselung die Felder der Spalten 56789 des Ablesefensters in den Kanälen *a*, *b*, *c* abgelesen werden. Bei einer Stellung 40° müßten dann laut Tabelle IV, n) die Spalten 34567 abgelesen werden.

Tabelle V

0	000*LL*
1	00*L*0*L*
2	0*L*00*L*
3	*L*000*L*
4	00*LL*0
5	0*L*0*L*0
6	*L*00*L*0
7	0*LL*00
8	*L*0*L*00
9	*LL*000

Tabelle V zeigt einen 2-aus-5-Code, nach dem die Zeilen *a*, *b*, *c* im Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung verschlüsselt sind. Der relativ große Aufwand an Ablesefeldern ist durch die Verwendung des 2-aus-5-Codes bedingt, der jedoch den Vorteil der Ablesekontrolle zur Vermeidung von Ablesefehlern bietet.

F i g. 6 zeigt das Ablesefenster F_3 der zweiten Skaleneinrichtung zum Feinablesen der 20-Minuten-Sprünge von F_2 der F i g. 5 auf 1 Sekunde Genauigkeit, wofür wiederum eine Skaleneinteilung von 2000 Positionen nötig ist.

Tabelle VI

p)	0	000*LL*	q) Sp 56789
	1	00*LL*0	45678
	2	0*LL*00	34567
	3	*LL*000	23456
	4	*L*000*L*	12345
	5	000*LL*	Sp 56789
	6	00*LL*0	45678
	7	0*LL*00	34567
	8	*LL*000	23456
	9	*L*000*L*	12345

Tabelle VI, p) zeigt die zyklische Codierung von Kanal *d*; Tabelle VI, q) die Information für die Kanäle *a*, *b*, *c* in den Ablesefensterspalten *Sp*1 bis *Sp*9 in Analogie an das in F i g. 5 für die Ablesung der ersten Skaleneinrichtung beschriebene Verfahren.

Die Kanäle *d* dieser beiden Skaleneinrichtungen enthalten denselben zyklischen Code. Während jedoch in der ersten Skaleneinrichtung für die Minutenanzeige in Sprüngen zu je 20° gemäß F i g. 5 nur fünf Positionen je Periode nötig sind, erfordert die Ablesung der Sekunden in der zweiten Skaleneinrichtung deren zehn je Periode. Laut Tabelle VI, p) wiederholt sich daher dieser zyklische Code innerhalb der Ziffern 0 bis 9 einmal.

Wie Tabelle VII zeigt, wird jedoch die Information, ob es sich bei der Ablesung in Kanal *d* beispielsweise um die Ziffern 7 oder 2 handelt, die gemäß Tabelle VI in ihrer zyklischen Codierung identisch sind, aus dem Kanal *a* entnommen, der jeweils innerhalb der Ziffern 5 bis 9 dann noch die gestrichelt eingerahmten Felder als Ja-Werte enthält.

Tabelle VII

Kanal *a*

0 ∧ (0 . . . 4)°	00	0	*LL*
0 ∧ (5 . . . 9)°	*LL*	*L*	*LL*
1 ∧ (0 . . . 4)°	00	*L*	0*L*
1 ∧ (5 . . . 9)°	*LL*	*L*	0*L*

Die Kanäle *b*, *c* enthalten den 2-aus-5-Code und sind daher in der Richtigkeit der Ablesung kontrollierbar.

In F i g. 7 und 8 werden Ausführungsbeispiele der Gestaltung des Ablesefensters für Skaleneinrichtungen gemäß der Erfindung gezeigt. Jeweils der unterste Kanal enthält eine zyklische Codierung. Bei Verwendung von nur zwei Kanälen zur Anzeige einer 3stelligen Zahl ist in F i g. 7 dargestellt, wie das Ablesefenster dann zweckmäßig ausgeführt wird. In F i g. 8 ist jeder Dezimalstelle ein Kanal zugeordnet.

F i g. 9 zeigt die Codierung einer 6stelligen Zahl in fünf Kanälen. Der unterste Kanal ist zyklisch codiert, und in den vier oberen Kanälen sind nebeneinanderliegende Tetraden enthalten, und jeweils fünf davon befinden sich innerhalb des Ablesefensters und werden bezüglich ihrer Reihenfolge in Anlehnung an das in den F i g. 4, 5, 6 beschriebene Verfahren abgelesen.

Ist es erwünscht, die Ablesung nicht parallel mit Hilfe von beispielsweise den Ablesefeldern zugeordneten Fotozellen vorzunehmen, sondern mit Hilfe einer in F i g. 11 gezeigten optischen, in Zeilenrichtung abtastenden Ableseeinrichtung (Serienablenkung), so ist es vorteilhaft, nach F i g. 10 das Ablesefenster *F* auch für den untersten Kanal gleich breit wie für die oberen Kanäle zu machen.

Patentansprüche:

1. Analog-Digitalwandler mit einer die Winkelstellung einer Achse od. dgl. angebenden Skaleneinrichtung, auf der die Skalenwerte in codierter Form als Ja-Nein-Werte, insbesondere optisch als Schwarz-Weiß-Werte, direkt oder auf dem Umwege über eine fotografische Zwischenaufzeichnung indirekt abtastbar angebracht sind, dadurch gekennzeichnet, daß auf mindestens einer Skalenspur eine Feinteilung in Form eines sich innerhalb des Anzeigebereiches mehrfach wiederholenden zyklischen Codes und auf mindestens einer weiteren, in fester Zuordnung zu der ersten stehenden Skalenspur eine mit der Periode der ersten Skalenspur fortschreitende Grobteilung in Form eines nichtzyklischen Codes in solcher Anordnung der Codeelemente vorgesehen sind, daß in Abhängigkeit von der aus dem zyklischen Code

abgelesenen Information die Auswahl und/oder Reihenfolge der aus dem nichtzyklischen Code zu lesenden Informationseinheiten bestimmt wird.

2. Analog-Digitalwandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Auswahl der aus dem nichtzyklischen Code abzulesenden Einheiten ein »Gerade-ungerade«-Kriterium vorgesehen ist.

3. Analog-Digitalwandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorgesehen sind, die den Wert der im nichtzyklischen Code abgelesenen Zahl dann um Eins vermindern, wenn durch die Auswahlmittel bereits der nächsthöhere Stellenwert im nichtzyklischen Code abgelesen wird.

4. Analog-Digitalwandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß den nichtzyklisch codierten Skalenspuren weitere Informationen zugeteilt werden, die die Zahl der unterscheidbaren Positionen des gegebenen zyklischen Codes erhöhen.

5. Analog-Digitalwandler mit einer extrem hohen Anzahl von zur Anzeige zu bringenden Positionen, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Skaleneinrichtungen nach Anspruch 1 in festem Übersetzungsverhältnis miteinander gekuppelt sind.

6. Analog-Digitalwandler nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Skaleneinrichtungen vorgesehen sind, die in einem Theodoliten eine 400^g (Neugrade) Kreisteilung mit insgesamt 4 000 000 oder 2 000 000 Positionen zur Anzeige bringen.

7. Analog-Digitalwandler nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß in der ersten Skaleneinrichtung eine Grobablesung auf 20^c (Neuminuten) Genauigkeit und in der zweiten Skaleneinrichtung eine Feinablesung auf 1^{cc} oder 2^{cc} (Neusekunden) Genauigkeit vorgesehen ist, wobei die Skaleneinrichtung für Grobablesung 2000 Positionen und die Skaleneinrichtung für Feinablesung auf 1^{cc} 2000 Positionen bzw. auf 2^{cc} 1000 Positionen zur Anzeige bringen (F i g. 5 und 6).

8. Analog-Digitalwandler nach Anspruch 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß der für die unterste Skalenspur (*d*) einer jeden Skaleneinrichtung vorgesehene zyklische Code für fünf Positionen ausgelegt ist (F i g. 5 und 6).

9. Analog-Digitalwandler nach Anspruch 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in jeder Skaleneinrichtung außer der untersten zyklisch codierten Skalenspur (*d*) drei weitere Skalenspuren (*a*, *b*, *c*) vorgesehen sind (F i g. 5 und 6).

10. Analog-Digitalwandler nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß in der ersten Skaleneinrichtung alle drei weiteren Skalenspuren (*a*, *b*, *c*) je einen 2-aus-5-Code enthalten (F i g. 5).

11. Analog-Digitalwandler nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß in der zweiten Skaleneinrichtung nur die beiden der untersten Skalenspur nächstfolgenden Skalenspuren (*b*, *c*) einen 2-aus-5-Code enthalten (F i g. 6).

12. Analog-Digitalwandler nach Anspruch 9 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß in der zweiten Skaleneinrichtung die oberste Skalenspur (*a*) außer einer beliebigen Codierung weitere Informationen enthält, die den nach Anspruch 9 auf fünf Positionen ausgelegten zyklischen Code der untersten Skalenspur (*d*) auf zehn Positionen erweitern (F i g. 6).

13. Analog-Digitalwandler nach Anspruch 10 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß die in den drei nichtzyklisch codierten Skalenspuren (*g*, *b*, *c*) abgelesenen fünf Felder immer in einem Block von fünf nebeneinanderliegenden senkrechten Spalten enthalten sind (F i g. 5 und 6).

14. Analog-Digitalwandler nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die abgelesenen 15 Felder der drei oberen Skalenspuren (*a*, *b*, *c*) in einem 27 Felder dieser oberen Skalenspuren erfassenden Ablesefenster (F_2, F_3) enthalten sind (F i g. 5 und 6).

15. Analog-Digitalwandler nach Anspruch 8 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Ablesefenster (F_2, F_3) in der untersten Skalenspur (*d*) fünf Felder und in den drei oberen Skalenspuren (*a*, *b*, *c*) je neun Felder erfaßt (F i g. 5 und 6).

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

609 607/351 7. 66 Bundesdruckerei Berlin

Nummer: **1 221 672**
Int. Cl.: **H 03 k**
Deutsche Kl.: **21 a1 - 36/20**
Auslegetag: 28. Juli 1966

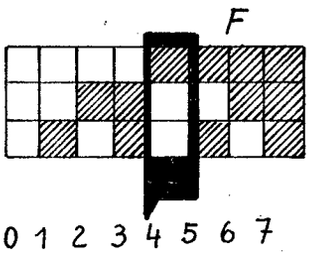


Fig. 1

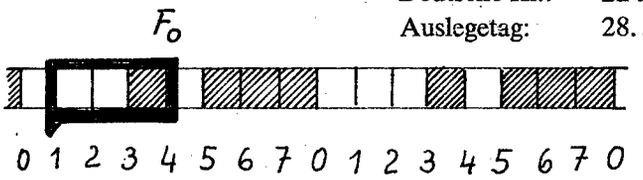


Fig. 2

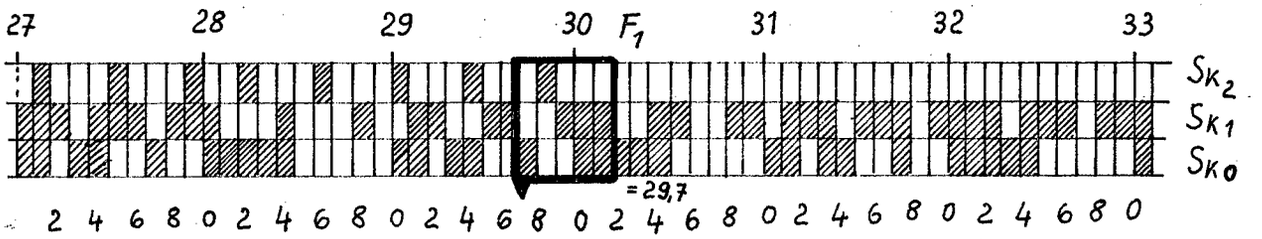
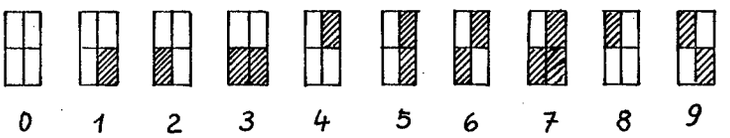
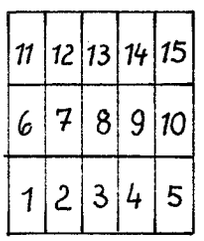


Fig. 3





Pz Fig. 4a

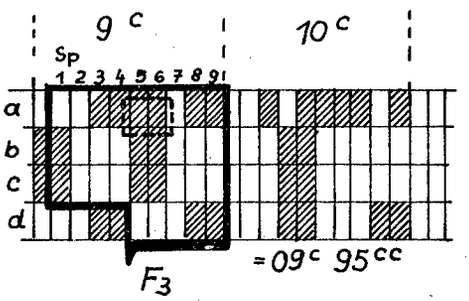


Fig. 6

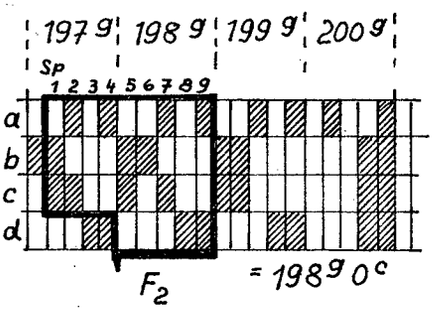


Fig. 5

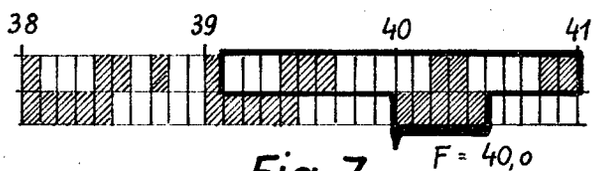


Fig. 7

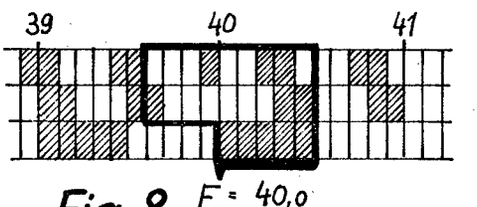


Fig. 8

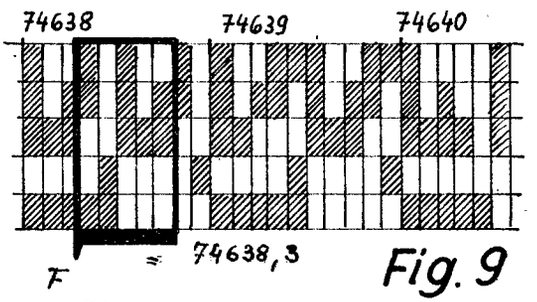


Fig. 9

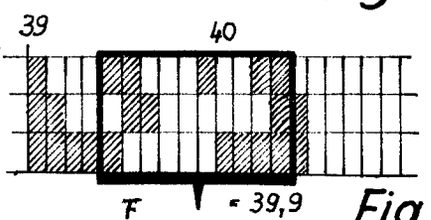


Fig. 10

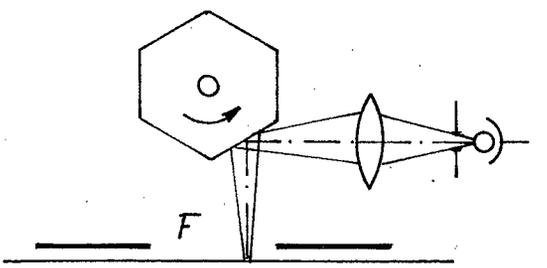


Fig. 11

Nummer: **1 221 672**
Int. Cl.: **H 03 k**
Deutsche Kl.: **21 a1 - 36/20**
Auslegetag: 28. Juli 1966

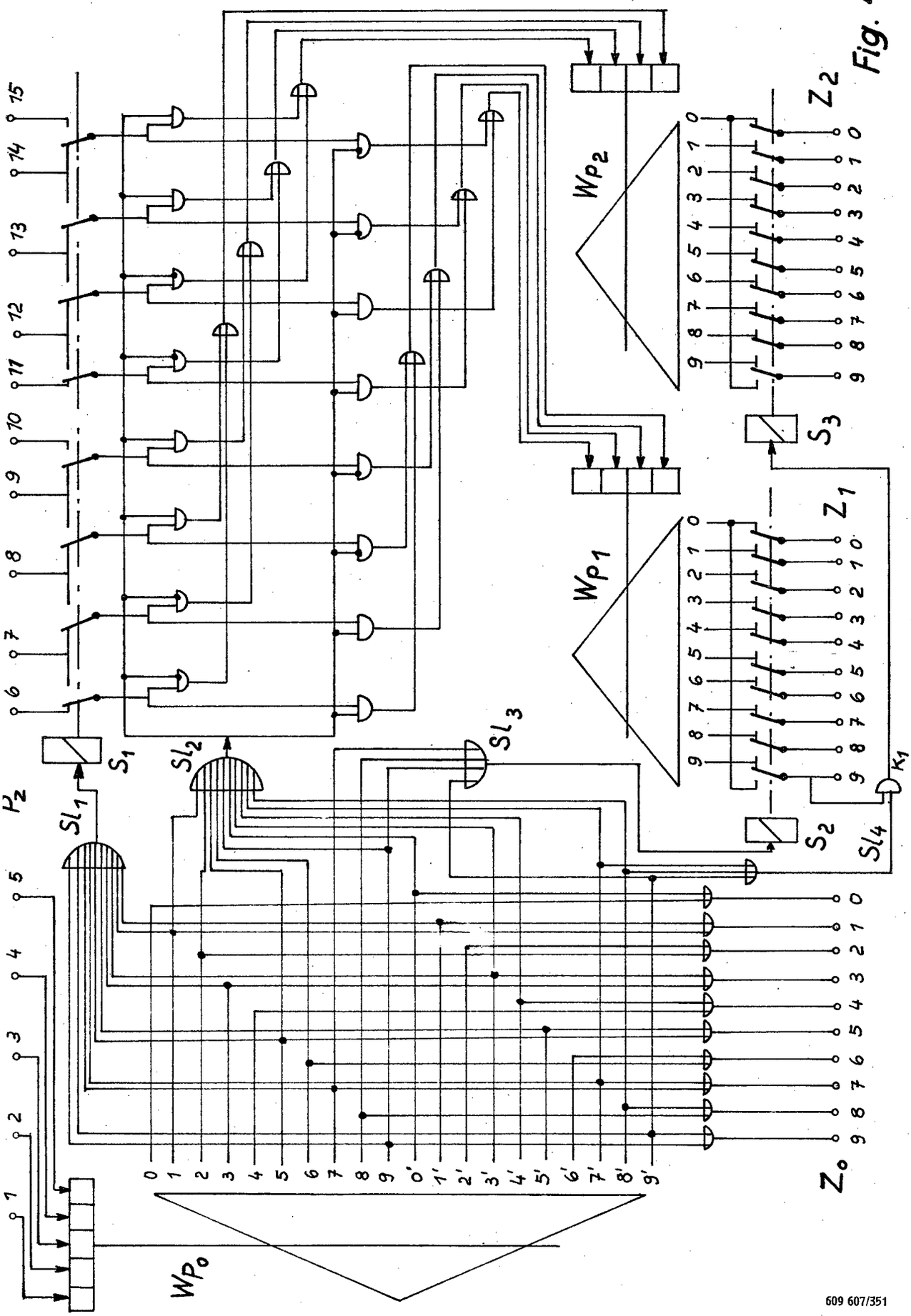


Fig. 4