

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

**PATENTSCHRIFT**

(19) **DD** (11) **250 598 A1**

4(51) G 06 K 9/00  
G 06 K 9/78

**AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN**

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

---

(21) WP G 06 K / 291 866 3 (22) 30.06.86 (44) 14.10.87

---

(71) VEB ZFT Mikroelektronik, Karl-Marx-Straße, Dresden, 8080, DD  
(72) Teinert, Holm, Dipl.-Ing.; Mansel, Jürgen, Dipl.-Ing., DD

---

(54) **Verfahren zur meßtechnischen Auswertung von Maßnoniusstrukturen**

---

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur meßtechnischen Auswertung von Maßnoniusstrukturen, das zur Qualitätskontrolle bei der Herstellung von Lateralstrukturen elektronischer Halbleiteranordnungen verwendet werden kann. Das Verfahren verbindet die Vorteile einer Noniusstruktur hinsichtlich der Reproduzierbarkeit ihrer Auswertung mit den Vorteilen eines objektiven, hinreichend genauen Meßverfahrens. Erfindungsgemäß werden die mittels Abtastung gewonnenen Kantensignale mit zwei vorgegebenen Schwellwerten verglichen, wobei nach Überschreiten eines zweiten Schwellwertes alle Kantensignale, die den ersten Schwellwert überschritten haben, als gültig erkannt werden. Außerdem wird die von einem Dreiecksgenerator erzeugte und einen geometrischen Ort eines gültigen Kantensignals repräsentierende Spannung übernommen und abgespeichert. Nach dem zweiten Überschreiten des zweiten Schwellwertes wird das Ende der Abtaststrecke bzw. der Noniusstruktur erkannt.

ISSN 0433-6461

8 Seiten

### **Erfindungsanspruch:**

Verfahren zur meßtechnischen Auswertung von Maßnoniusstrukturen, bei dem mit Hilfe einer Mikroskopoptik, eines Schwingspiegels und einer Spaltblende mit einem lichtelektrischen Wandler Signale in sich gegenüberliegenden Strukturelementen gewonnen werden, wobei als Kriterium bei der meßtechnischen Auswertung das Überschreiten von Schwellwerten verwendet wird, die Ablenkung des Schwingspiegels bei der Abtastung der Noniusstruktur mittels Dreiecksgenerator gesteuert wird und dabei die vom Dreiecksgenerator erzeugte Spannung den geometrischen Wert der Abtaststrecke repräsentiert, **gekennzeichnet dadurch**, daß die mittels Abtastung der Noniusstruktur gemessenen Kantensignale gleichzeitig mit zwei vorgegebenen Schwellwerten verglichen werden, daß nach Überschreiten des zweiten Schwellwertes alle Kantensignale, die den ersten Schwellwert überschritten haben, als gültig erkannt werden, daß weiterhin alle vom Dreiecksgenerator erzeugten Spannungswerte, die einen geometrischen Ort eines gültigen Kantensignals repräsentieren, übernommen und abgespeichert werden, daß nach dem zweiten Überschreiten des zweiten Schwellwertes das Ende der Abtaststrecke oder Noniusstruktur erkannt wird, wobei nur dann das zweite Überschreiten als gültig erkannt wird, wenn die Anzahl der gültigen Kantenpaare gleich einer gültigen Anzahl ist, daß eine Zeitdifferenz vorgegeben wird, innerhalb derer die Signale für den Anfang und das Ende eines Kantenpaares gewonnen werden, indem das Kantensignal nach Überschreiten des ersten Schwellwertes zu Beginn der vorgegebenen Zeitdifferenz mindestens einmal oder höchstens zweimal den ersten Schwellwert wieder unterschreitet, daß die Zeitdifferenz so vorgegeben wird, daß die Signale für den Kantenpaaranfang und das Kantenpaarende in Abhängigkeit von der Geometrie der Noniusstruktur von genau einem Paar gegenüberliegender Kanten stammen, daß zwischen den beiden Signalen für den Kantenpaaranfang und das Kantenpaarende zugeordneten Orten, die aus den vom Dreiecksgenerator erzeugten Spannungswerten ermittelt werden, eine Lagedifferenz gebildet wird, daß die Werte der einzelnen Lagedifferenzen abgespeichert werden und aus den zu einer Lagedifferenz gehörenden Wertepaar der Mittelwert gebildet und zwischengespeichert wird, daß für die minimale Lagerdifferenz der zugehörige Mittelwert mit dem Mittelwert verglichen wird, der der minimalen Lagerdifferenz der idealen Noniusstruktur entspricht und daß aus dem Unterschied zwischen beiden Werten die Differenz zwischen Soll- und Istmaß der Noniusstruktur genommen wird.

Hierzu 4 Seiten Zeichnungen

### **Anwendungsgebiet der Erfindung**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur meßtechnischen Auswertung von Maßnoniusstrukturen, die zur Qualitätskontrolle bei der Herstellung von Lateralstrukturen elektronischer Halbleiteranordnungen, insbesondere integrierten Schaltkreisen verwendet werden.

### **Charakteristik der bekannten technischen Lösungen**

Im Einsatz befindliche Maßnoniusstrukturen, welche eine einfache, schnelle und relativ sichere Feststellung der Istgröße von Strukturbreiten zulassen, werden gegenwärtig hauptsächlich visuell ausgewertet. Das für das erreichte Istmaß gültige Kriterium der Kantenfluchtung bei einander gegenüberstehenden Strukturelementen, wird dadurch erreicht, daß entweder mittels eines geeigneten Meßokulars am verwendeten Mikroskop ein parallel zu den Strukturkanten ausgerichteter Meßstrich oder ein auf einem Bildschirm erzeugter und verschiebbarer Fluchtungsstrich über das mittels Videokamera aufgenommene Bild der Noniusstruktur gelegt wird, wie das in Proceedings of SPIE vol. 334, 1982, ausgeführt wird.

Die Größe des Istmaßes in hergestellten Strukturen wird aus der Stellung des Strukturelementpaares, dessen Kantenfluchtungen, in der Folge der Paare einander gegenüberstehender Strukturelemente der Noniusstruktur abgelesen, deren Abstand bzw. Strukturbreite charakteristisch abgestuft wird.

Die Genauigkeit des Verfahrens ist zum einen durch das Inkrement der Maßabstufung und zum anderen durch die subjektive Arbeitsqualität der eingesetzten Arbeitskraft begrenzt.

## Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist ein Verfahren zur meßtechnischen Auswertung von Maßnoniusstrukturen, mit dem eine wesentliche Verbesserung der Qualitätskontrolle und damit eine Ausbeuteerhöhung erreicht wird und die Herstellungskosten von integrierten Schaltkreisen gesenkt werden.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur meßtechnischen Auswertung von Maßnoniusstrukturen zu schaffen, welches die Vorteile einer Noniusstruktur hinsichtlich der Reproduzierbarkeit ihrer Auswertung mit den Vorteilen eines objektiven, hinreichend genauen und schnellen Meßverfahrens verbindet.

Zur Lösung der Aufgabe wird von einer bekannten Vorrichtung zur meßtechnischen Erfassung von Strukturbreiten ausgegangen, bei der die Noniusstruktur in ihrer gesamten Breite senkrecht zur Abtastrichtung auf mindestens eine Spaltblende, hinter der sich mindestens ein lichtelektrischer Wandler befindet, abgebildet wird und durch Bildverschiebung eine zeitsynchrone Signalgewinnung von der einander gegenüberstehenden Reihen der in Breite und Abstand abgestuften Strukturelemente erfolgt. Die Ablenkung des Schwingungspiegels wird bei der Abtastung der Noniusstruktur mittels Dreiecksgenerator gesteuert. Die vom Dreiecksgenerator erzeugte Spannung repräsentiert den Wert der Abtaststrecke, d. h. den Wert der relativen Verschiebung des Bildes der Noniusstruktur gegenüber dem Meßspalt des Sensors.

Erfindungsgemäß werden die mittels Abtastung der Noniusstruktur gewonnenen Kantensignale gleichzeitig mit zwei vorgegebenen Schwellwerten verglichen, wobei nach Überschreiten eines zweiten Schwellwertes alle Kantensignale, die den ersten Schwellwert überschritten haben, als gültig erkannt werden. Außerdem werden alle vom Dreiecksgenerator erzeugten Spannungswerte, die einen geometrischen Ort eines gültigen Kantensignals repräsentieren, übernommen und abgespeichert. Nach dem zweiten Überschreiten des zweiten Schwellwertes wird das Ende der Abtaststrecke bzw. der Noniusstruktur erkannt, wobei nur dann das zweite Überschreiten als gültig erkannt wird, wenn die Anzahl der gültigen Kantenpaare gleich einer gültigen Sollzahl ist. Beginn und Ende der Abtaststrecke stimmen mit Beginn und Ende der Noniusstruktur überein.

Während der Abtastung wird eine Zeitdifferenz vorgegeben, innerhalb derer das Kantenpaarende dadurch ermittelt wird, daß nach Überschreiten des ersten Schwellwertes zu Beginn der Zeitdifferenz das Kantensignal mindestens einmal oder höchstens zweimal den ersten Schwellwert wieder unterschreiten muß.

Zwischen den den beiden Signalen für den Kantenpaaranfang und das Kantenpaarende zugeordneten Orten, repräsentiert durch die vom Dreiecksgenerator erzeugte Spannung, wird eine Lagedifferenz gebildet, wobei die Zeitdifferenz so vorgegeben wird, daß in Abhängigkeit von der Geometrie der Noniusstruktur immer genau ein Paar gültiger Kanten aufgenommen wird, das von gegenüberliegenden Kanten gebildet wird.

Die Werte der einzelnen Lagedifferenzen werden abgespeichert und aus dem zu einer Lagedifferenz zugehörigen Wertepaar der Mittelwert gebildet. Der der minimalen Lagedifferenz zugehörige Mittelwert wird mit dem Mittelwert, der der minimalen Lagedifferenz der idealen Noniusstruktur entspricht, verglichen. Aus der Abweichung zwischen beiden Werten wird die Differenz zwischen Soll- und Istmaß der Noniusstruktur gewonnen.

## Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Die zugehörigen Zeichnungen zeigen

Fig. 1: eine ideale sowie eine verfälschte Noniusstruktur,

Fig. 2: die Abtastsignale der idealen und verfälschten Noniusstruktur,

Fig. 3: die Organisationsstruktur des Daten- und Steuerflusses des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 4: die Blockschaltung einer geeigneten Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens und

Fig. 5: den Ablaufplan der Abarbeitung der Verfahrensschritte

Fig. 1 zeigt eine typische Noniusstruktur 31 und eine praktisch realisierte und typisch maßlich verfälschte Noniusstruktur 31. Zu den weiterhin gezeigten Spaltblenden 32 und 33, die entlang der Abtastbahn relativ zum Bild der Noniusstruktur 31 verschoben werden, gehört ein gemeinsamer lichtelektrischer Wandler.

Figur 2 zeigt wie in Bildabtastrichtung Extremwerte des photoelektrischen Signals, d. h. des Abtastsignals, an relevanten Strukturkanten der Noniusstruktur 31 erkannt werden. Dabei ist der Ort des Auftretens des Kantensignals dadurch registrierbar, daß das Kantensignal zum Öffnen einer Torschaltung benutzt wird, so daß der zum Ort des Auftretens gehörende Wert der Bildverschiebung in einen Speicher eingeschrieben werden kann.

Zur Kennzeichnung des Beginns und Endes der Bildabtastrichtung und der Gültigkeit der Kantensignale sind die Schwellwerte SW 1 und SW 2 vorgegeben.

Entsprechend der vorgegebenen Noniusstruktur treten zählbare Wertpaare für die zu registrierende Bildverschiebung auf, die entlang der x-Achse angebbar sind.

In Figur 3 ist die Organisationsstruktur des Daten- und Steuerflusses des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt mit einer Meßvorrichtung 1, dem Parameterregister 2, den Vergleichsmodulen 3 und 4 für den ersten und zweiten Schwellwert, dem Kantenpaarzähler 5, der Ablaufsteuereinheit 11, den Registern 6; 7 für die Werte der Abtaststrecke des Kantenpaaranfangs  $X_a$  und des Kantenpaarendes  $X_e$ , dem Berechnungsmodul 8 für die mittlere Position des Kantenpaares  $\bar{X}$  und den Abstand zwischen den Kanten des Kantenpaares zueinander  $n_x$ , einem Zeitgeber 9 und dem Verarbeitungs- und Ausgabemodul 10. Die Wege des Datenflusses sind durch breite Pfeile und die steuerungstechnischen Abhängigkeiten durch einfache Pfeile dargestellt. Diese Struktur ist auch die Grundlage für eine schaltungstechnische Realisierung dieses Verfahrens, wie sie in Figur 4 mit der Blockschaltung einer geeigneten Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens vorgeschlagen wird.

Die in Figur 4 abgebildete Blockschaltung enthält für die Meßvorrichtung 1 einen photoelektrischen Wandler 12, einen Wandler 13, der ein der Abtaststrecke proportionales, analoges Spannungssignal erzeugt, und einen Analog-Digital-Wandler 14, der den analogen Spannungswert für die Wegstrecke in ein digitales Datenwort umsetzt. Das Berechnungsmodul 8 wird durch zwei Volladderbaugruppen 15 und 16 und zwei getorte Treiberblöcke 17 und 18 repräsentiert. Das Parometerregister 2 wird durch zwei Einstellregler 19 und 20 für die Eingabe der Gültigkeitsschwellwerte SW 1 und SW 2, durch einen Vorwahlschalterblock 21, und ein regelbares RC-Glied 22 zur Vorwahl des maximalen zeitlichen Kantenabstandes bei entsprechender Abtastgeschwindigkeit realisiert. Die Steuereinheit 11 beinhaltet ein Flipflop 23, zwei Impulssteller 24 und 26, sowie Verknüpfungslogik 25; 27 und 28. Der Kantenpaarzähler 5 vereint einen binären Kantenzähler 29 und einen Komparator 30. Der Zeitgeber 9 ist als Monoflop ausgeführt.

Die Funktionsweise der Schaltung kann mit Hilfe des in Fig. 5 dargestellten Ablaufplanes der Abarbeitung der Verfahrensschritte erklärt werden. Es ist gleichfalls möglich, Teile der elektronischen Schaltung bzw. die gesamte Schaltung durch einen Mikrorechner zu ersetzen. Dann muß das Programm entsprechend dem Ablaufplan nach Fig. 5 strukturiert werden und die Prozeßwerte durch geeignete Meßvorrichtung und Wandler, wie sie zum Beispiel im LEM vorhanden sind, dem Rechner zugeführt werden.

Nachfolgend soll die Arbeitsweise insbesondere der zeitliche und logische Ablauf näher erläutert werden.

Mit dem Startimpuls von der Verarbeitungs- und Ausgabereinheit 10 werden das Flipflop 23 und der Kantenzähler 29 zurückgesetzt und somit die Schaltung in den Ausgangszustand versetzt. Jetzt beginnt die Abtastung der Noniusstruktur 31.

Dabei wird das analoge Spannungssignal  $\phi$  vom photoelektrischen Wandler 12 mit dem Schwellwert SW2 im Vergleichsmodul 4 verglichen. Wird der Schwellwert SW2 überschritten, d. h. bei Erkennen des Anfangs der Noniusstruktur, wird das Flipflop 23 gesetzt. Damit wird gekennzeichnet, daß es sich in der folgenden Auswertung um die Abtaststrecke handelt. Gleichzeitig wird der Kantenzähler 29 durch Aufheben des Rücksetzsignals freigegeben, um die folgenden Kantenpaare zu zählen. Zur Verarbeitungseinheit 10 gelangen noch keine Signale, weil der binäre Kantenzähler 29 auf Null steht und die Aufgabebore 17 und 18 geschlossen sind. Nun werden die Kantenpaare der eigentlichen Noniusstruktur 31 erwartet. Das Überschreiten des Schwellwertes SW 1 im Vergleichsmodul 3, welches dem Anfang des ersten Kantenpaares entspricht, führt zum Setzen des Monoflops, d. h. der Zeitgeber 9 wird gestartet. Durch das UND-Glied der Verknüpfungslogik 25 wird gewährleistet, daß der Zeitgeber 9 nur einmal gestartet werden kann solange, wie er sich im Ausgangszustand befindet. Die Anstiegsflanke des Monoflops wird gleichzeitig über den Impulssteller 26 als Einschreibimpuls für das Register 6 und als Zählimpuls für den binären Kantenzähler 29 genutzt. Damit werden der Wert der Abtaststrecke  $X_a$  für den Kantenpaaranfang abgespeichert und die Kantenpaare gezählt. Der Zählimpuls wird dem Kantenpaarzähler über das UND-Glied der Verknüpfungslogik 27 zugeführt, um ein Zählen nur innerhalb der Abtaststrecke zu erlauben, d. h. der Strukturanfang wurde erkannt und die Kantensollzahl ist noch nicht erreicht. Durch die Auswahl des RL-Gliedes 22 wird die Haltezeit des Monoflops so gewählt, daß sie größer ist als die größte Abtastzeit zwischen zwei zusammengehörenden Kanten, welche sich unmittelbar aus der Abtastgeschwindigkeit und der Geometrie der Noniusstruktur 31 ergeben.

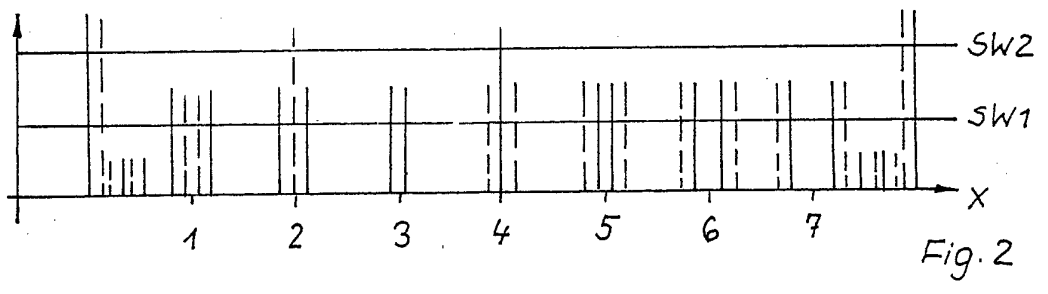
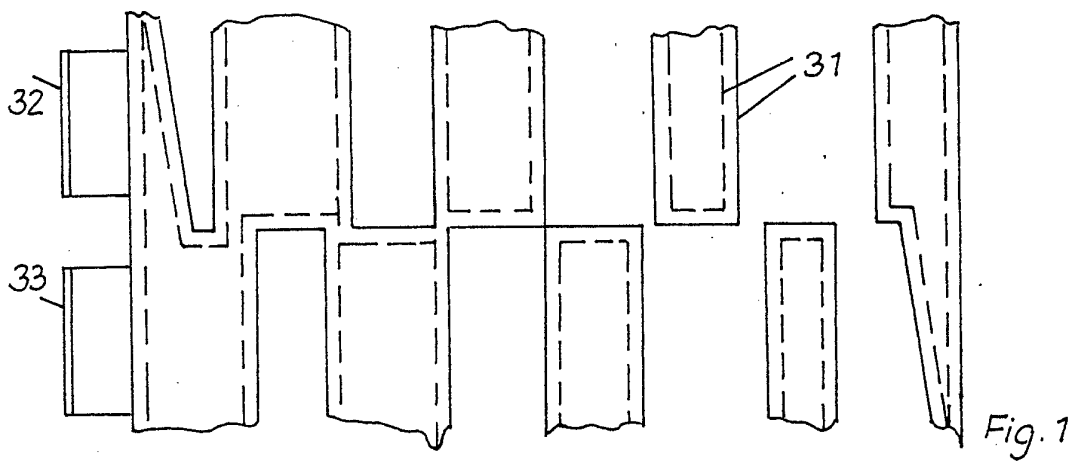
Weil die Kantensignale keine idealen Nadelimpulse sind, kann ein Kantenpaar als zwei Signale auftreten oder auch zu einem Signal verschmelzen. Für das Ende eines Kantenpaares ist somit das Ende des letzten innerhalb der Haltezeit des Monoflop 9 auftretenden gültigen, d. h.  $\Phi$ , SW 1, Signals maßgebend. Deshalb wird jede abfallende Flanke vom Vergleichsmodul 3, d. h. jedes Unterschreiten des Schwellwertes SW 1, durch den Impulssteller 24 zu einem Einschreibimpuls für das Register 7 geformt. Selbiges wird somit immer mit dem letzten gültigen Wert  $X_a$  der Abtaststrecke, welcher dem Kantenpaarende entspricht, geladen. Dementsprechend werden die in den Volladderbaugruppen 15 und 16 ständig berechneten Werte für den Mittelwert des Kantenpaares  $\bar{X}$  und den Abstand der Kanten zueinander erst dann dem Verarbeitungsmodul zugeführt, wenn die größtmögliche Abtastzeit abgelaufen ist.

Das wird durch die über Logikschaltung der Verknüpfungslogik 28 gesteuerten, getorten Treiber erreicht.

In der Volladderbaugruppe 15 wird durch Addition der Werte  $X_a + X_e$  der doppelte Mittelwert der Kantenpaarposition ermittelt, die Division durch zwei erfolgt durch Verdrahtung. Jeder Datenleitung wird ein um eine Stelle niedrigerer Wert zugeordnet und die Leitung mit der Wertigkeit  $2^n$  wird nicht herausgeführt.

Der Abstand der Kanten zueinander wird durch Addition des Wertes für das Kantenpaarende  $X_e$  und des negierten Wertes für Kantenpaaranfang  $X_a$  in der Volladderbaugruppe 16 berechnet. Das Ergebnis ist um den Betrag 1 kleiner als die mathematische Differenz, das kann im Verarbeitungsmodul 10 berücksichtigt werden. Der Komparator 30 vergleicht die Ist-Kanten-Zahl des Kantenzählers 29 mit der Sollkantenanzahl, die am Vorwahlschalterblock 21 eingestellt wurde und gibt das Signal zur Beendigung der Auswertung, wenn die Sollzahl erreicht ist.

Damit beginnt das Verarbeitungs- und Ausgabemodul mit der Auswertung und Anzeige und der Kantenpaarzähler ist über das UND-Glied der Verknüpfungslogik 27 blockiert.



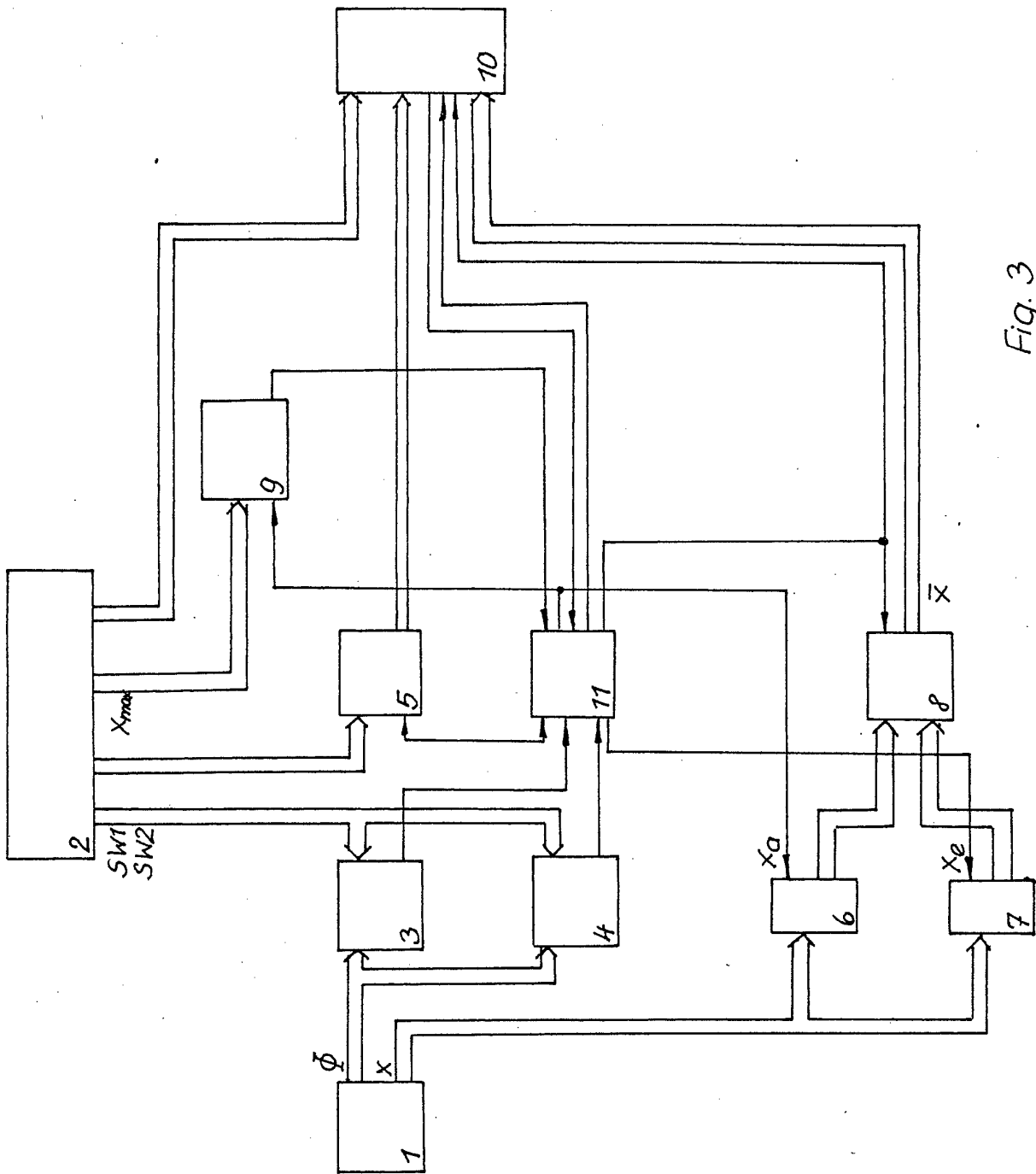


Fig. 3

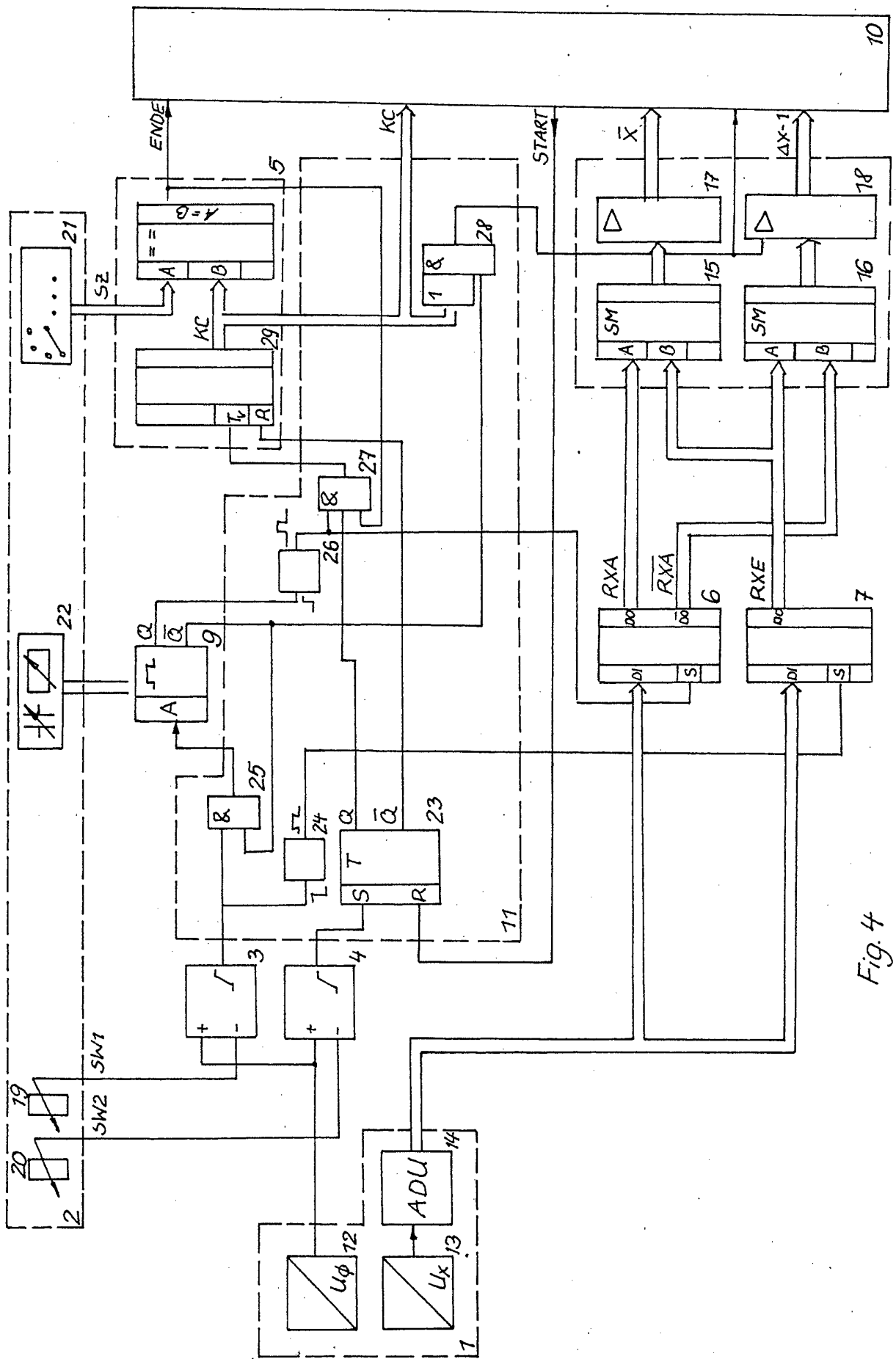


Fig. 4

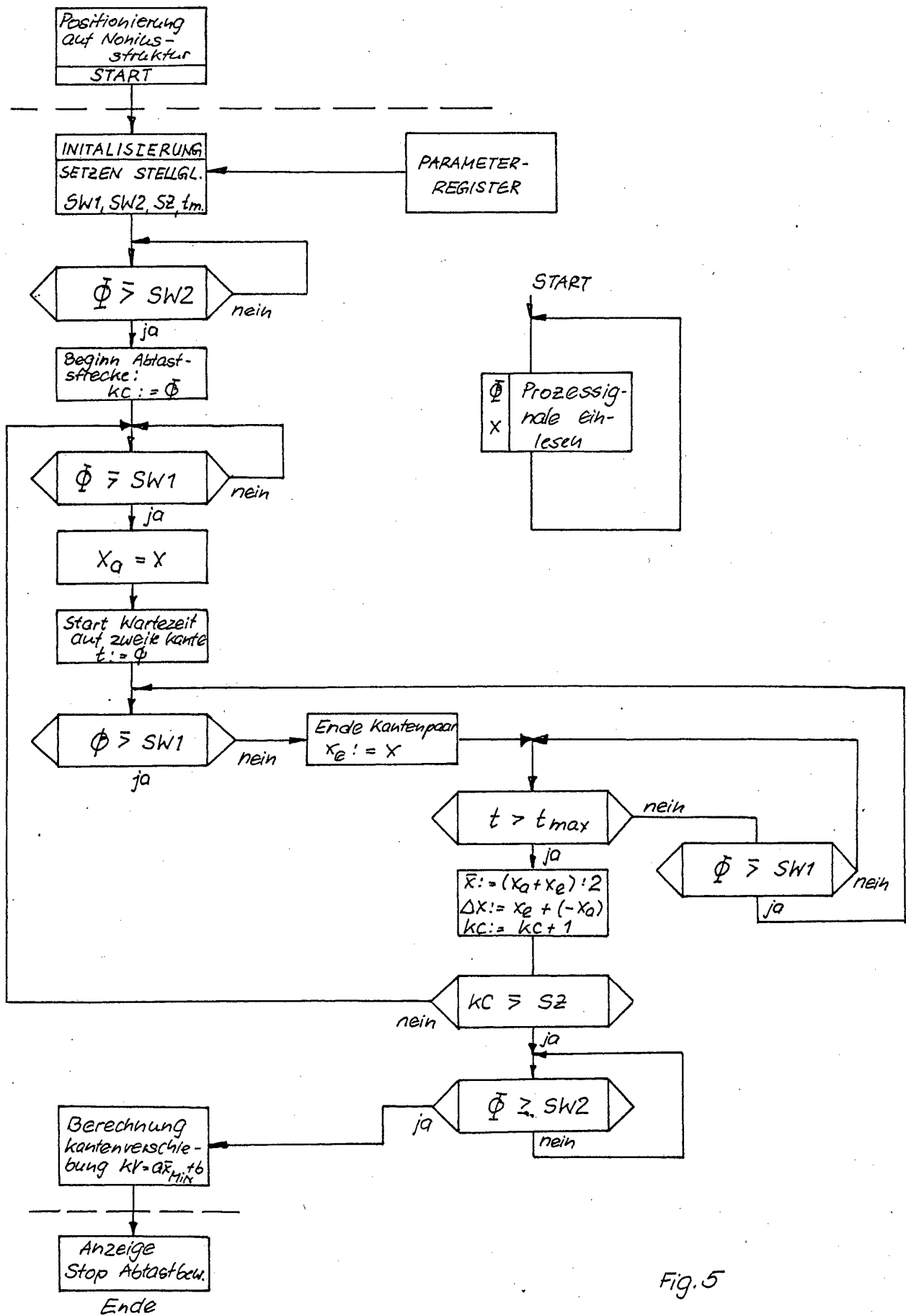


Fig. 5