



(10) **DE 10 2016 002 504 B4** 2020.02.13

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 002 504.2**  
 (22) Anmeldetag: **02.03.2016**  
 (43) Offenlegungstag: **07.09.2017**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **13.02.2020**

(51) Int Cl.: **G08C 19/04** (2006.01)  
**G08C 15/06** (2006.01)  
**G08C 19/16** (2006.01)  
**H03K 17/968** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

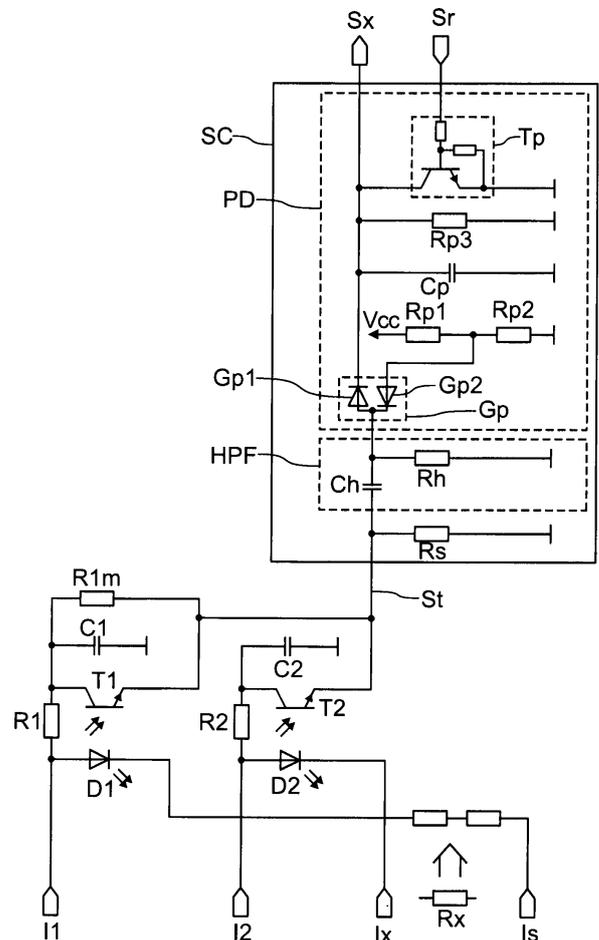
(73) Patentinhaber:  
**Diehl AKO Stiftung & Co. KG, 88239 Wangen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**GB 2 410 004 A**

(72) Erfinder:  
**Betiuk, Jakub, Lowicz, PL; Kot, Krzysztof, Wroclaw, PL; Siesicki, Michal, Wroclaw, PL**

(54) Bezeichnung: **Sensorschaltung mit mehreren optischen Sensoren**

(57) Hauptanspruch: Sensorschaltung mit mehreren optischen Sensoren, wobei die mehreren optischen Sensoren jeweils einen optischen Sender (Dn) und einen optischen Empfänger (Tn) aufweisen; der optische Sender (Dn) und der optische Empfänger (Tn) eines optischen Sensors jeweils mit einem spezifischen Steuersignaleingang (In) verbunden sind; die optischen Sender (Dn) der mehreren optischen Sensoren mit einem gemeinsamen Steuersignaleingang (Is) verbunden sind; die optischen Empfänger (Tn) der mehreren optischen Sensoren mit einem gemeinsamen Messsignalausgang (Sx) verbunden sind; und eine gemeinsame Signalaufbereitungsschaltung (SC) zwischen die optischen Empfänger (Tn) der mehreren optischen Sensoren und den gemeinsamen Messsignalausgang (Sx) geschaltet ist, dadurch gekennzeichnet, dass den optischen Empfängern (Tn) der mehreren optischen Sensoren jeweils ein Modulationswiderstand (Rnm) parallel geschaltet ist, wobei die Modulationswiderstände (Rnm) der mehreren optischen Sensoren zueinander unterschiedliche Widerstandswerte haben.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Sensorschaltung mit mehreren optischen Sensoren, insbesondere für eine berührungs- und/oder annäherungsempfindliche Bedieneinrichtung.

**[0002]** Berührungs- und/oder annäherungsempfindliche Bedieneinrichtungen („Touch Control“) zum Beispiel für elektronische Haushaltsgeräte weisen in der Regel eine Anzahl entsprechender Bedienelemente auf. Die berührungs- und/oder annäherungsempfindlichen Bedienelemente arbeiten zum Beispiel nach einem optischen, kapazitiven, induktiven oder piezoelektrischen Funktionsprinzip. Im Fall von optischen Bedienelementen ist diesen eine Sensorschaltung mit optischen Sensoren zugeordnet. Bei optischen Sensoren besteht grundsätzlich die Gefahr einer fehlerhaften Signalauswertung durch Umgebungslicht (Sonnenlicht, künstliche Lichtquellen, etc.) und Übersprechen benachbarter Sensoren. Aus der GB 2 410 004 A ist eine Tastatur bekannt, bei der eine Betätigung der Tasten mit optischen Sensoren detektiert wird.

**[0003]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Sensorschaltung mit mehreren optischen Sensoren zu schaffen, die einfach aufgebaut ist und eine Signalauswertung mit geringer Fehlerquote ermöglicht.

**[0004]** Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Sensorschaltung mit mehreren optischen Sensoren mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Besonders bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0005]** Bei der erfindungsgemäßen Sensorschaltung mit mehreren optischen Sensoren weisen die mehreren optischen Sensoren jeweils einen optischen Sender und einen optischen Empfänger auf, sind der optische Sender und der optische Empfänger eines optischen Sensors jeweils mit einem spezifischen Steuersignaleingang verbunden, sind die optischen Sender der mehreren optischen Sensoren mit einem gemeinsamen Steuersignaleingang verbunden, sind die optischen Empfänger der mehreren optischen Sensoren mit einem gemeinsamen Messsignalausgang verbunden, und ist eine gemeinsame Signalaufbereitungsschaltung zwischen die optischen Empfänger der mehreren optischen Sensoren und den gemeinsamen Messsignalausgang geschaltet. Dabei ist den optischen Empfängern der mehreren optischen Sensoren jeweils ein Modulationswiderstand parallel geschaltet, wobei die Modulationswiderstände der mehreren optischen Sensoren zueinander unterschiedliche Widerstandswerte haben.

**[0006]** Durch die Verwendung der gemeinsamen Signalaufbereitungsschaltung können die Messsignale

anschließend einfacher bzw. durch eine einfachere Auswertungseinrichtung ausgewertet werden. Da eine gemeinsame Signalaufbereitungsschaltung für die optischen Empfänger der mehreren optischen Sensoren benutzt wird, kann die Sensorschaltung einfacher und mit einer geringeren Anzahl an Bauteilen aufgebaut werden.

**[0007]** Durch die Verwendung spezifischer Steuersignaleingänge für die optischen Sensoren können die optischen Sensoren einzeln und unabhängig voneinander angesteuert werden. So ist es auf einfache Weise möglich, die z.B. nacheinander von den optischen Empfängern der optischen Sensoren erzeugten Messsignale sicher voneinander zu trennen und einzeln auszuwerten. Durch die Auswertung der Messsignale jeweils nur eines optischen Sensors zu einer bestimmten Zeit kann eine Beeinflussung der Auswertung durch ein Übersprechen ("Cross-Talk") zwischen benachbarten optischen Sensoren vermieden werden. Als Folge davon kann vorzugsweise auch auf zusätzliche Maßnahmen wie beispielsweise Sensorrahmen verzichtet werden.

**[0008]** Die Sensorschaltung der Erfindung kann unter Beibehaltung der erforderlichen Sicherheitsstandards für mehrere Bedienelemente mit einer kleineren Anzahl an aktiven und passiven Bauelementen als herkömmliche Sensorschaltungen aufgebaut werden. Außerdem können durch die erfindungsgemäße Sensorschaltung vorzugsweise Prozessoren mit einer kleineren Anzahl an ADC-Kanälen und/oder einer kleineren Anzahl an GPIO (General Purpose Input/Output) - Kontaktstiften verwendet werden.

**[0009]** Die Sensorschaltung weist wenigstens einen ersten optischen Sensor und einen zweiten optischen Sensor auf. Die Anzahl der optischen Sensoren ist grundsätzlich beliebig und kann insbesondere auch größer als zwei sein. Die optischen Sensoren weisen jeweils einen optischen Sender, vorzugsweise einen IR (Infrarot) - Sender, bevorzugt in Form einer Photodiode, und einen optischen Empfänger, vorzugsweise einen IR-Empfänger, bevorzugt in Form eines Phototransistors, auf.

**[0010]** In der Sensorschaltung ist den optischen Empfängern der mehreren optischen Sensoren jeweils ein Modulationswiderstand parallel geschaltet, wobei die Modulationswiderstände der mehreren optischen Sensoren zueinander unterschiedliche Widerstandswerte haben. Auf diese Weise können die von den optischen Empfängern erzeugten Messsignale einfach moduliert und im Ergebnis einfach voneinander unterschieden werden.

**[0011]** In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist die gemeinsame Signalaufbereitungsschaltung eine Spitzenwertdetektorschaltung auf.

**[0012]** Diese Spitzenwertdetektorschaltung weist vorzugsweise zusätzlich eine aktive Reset-Schaltung zum Zurücksetzen des Ausgangssignals der Spitzenwertdetektorschaltung und damit der gemeinsamen Signalaufbereitungsschaltung auf. Die aktive Reset-Schaltung ist bevorzugt als Transistorschaltung ausgestaltet.

**[0013]** In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist die gemeinsame Signalaufbereitungsschaltung eine Hochpassfilterschaltung auf. Die Grenzfrequenz dieser Hochpassfilterschaltung liegt bevorzugt unterhalb einer PWM-Frequenz eines an den gemeinsamen Steuersignaleingang angelegten PWM-Steuersignals für die optischen Sensoren. Die Hochpassfilterschaltung kann vorzugsweise in einer einfachen Ausführungsform aus einer Kapazität und einem Widerstand aufgebaut sein. Die Verwendung der Hochpassfilterschaltung kann einen Einfluss von Umgebungslicht auf die von den optischen Empfängern der optischen Sensoren erzeugten Messsignale vermindern.

**[0014]** In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist den optischen Empfängern der mehreren optischen Sensoren jeweils eine Tiefpassfilterschaltung zugeordnet. Falls zum Beispiel Kontaktstifte eines Mikroprozessors zum Ansteuern der optischen Sensoren über die Steuersignaleingänge verwendet werden, so können die relativ hohen Innenwiderstände an diesen Kontaktstiften einen Spannungsabfall mit der PWM-Frequenz des gemeinsamen Steuersignaleingangs erzeugen. Durch die Tiefpassfilterschaltungen kann ein Einfluss solcher Spannungsabfälle auf die von den optischen Sensoren erzeugten Messsignale reduziert werden.

**[0015]** In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist eine Aktivierung der optischen Sender der mehreren optischen Sensoren über die spezifischen Steuersignaleingänge und den gemeinsamen Steuersignaleingang separat voneinander modulierbar.

**[0016]** In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die spezifischen Steuersignaleingänge der mehreren optischen Sensoren jeweils mit einem ADC-Kanal eines Mikrocontrollers verbunden. In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung sind die spezifischen Steuersignaleingänge der mehreren optischen Sensoren jeweils mit einem Ausgang eines Multiplexers oder eines Schieberegisters verbunden.

**[0017]** In weiteren einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die optischen Sender der mehreren optischen Sensoren mit einem gemeinsamen Fehlersignalausgang verbunden.

**[0018]** Gegenstand der Erfindung ist auch eine Bedieneinrichtung mit mehreren berührungs- und/oder

annäherungsempfindlichen Bedienelementen, die eine oben beschriebene Sensorschaltung der Erfindung aufweist. Diese Bedieneinrichtung ist insbesondere in elektronischen Haushaltsgeräten wie beispielsweise Kochfeldern, Herden, Mikrowellenöfen, Spülmaschinen, Wäschebehandlungsgeräten, Kühl- und/oder Gefriergeräten und dergleichen vorteilhaft einsetzbar.

**[0019]** Gegenstand der Erfindung ist zudem ein Verfahren zum Betreiben einer oben beschriebenen Sensorschaltung mit mehreren optischen Sensoren der Erfindung, bei welchem die optischen Sender der mehreren optischen Sensoren über die spezifischen Steuersignaleingänge und den gemeinsamen Steuersignaleingang nacheinander aktiviert werden und die von den Empfängern der mehreren optischen Sensoren erzeugten Messsignale von der gemeinsamen Signalaufbereitungsschaltung aufbereitet und dann ausgewertet werden.

**[0020]** In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird vor jeder Aktivierungsschleife der optischen Sender der mehreren optischen Sensoren eine Test-Routine der optischen Sensoren ausgeführt.

**[0021]** Obige sowie weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten, nicht-einschränkenden Ausführungsbeispiels anhand der beiliegenden Zeichnungen besser verständlich. Darin zeigen, zum Teil schematisch:

**Fig. 1** ein Blockschaltbild einer Sensorschaltung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

**Fig. 2** ein Ablaufdiagramm einer beispielhaften Test-Routine für die Hochpassfilterschaltung der Sensorschaltung von **Fig. 1**;

**Fig. 3** ein Ablaufdiagramm einer beispielhaften weiteren Test-Routine für die Hochpassfilterschaltung der Sensorschaltung von **Fig. 1**;

**Fig. 4** ein Ablaufdiagramm eines ersten Teils einer beispielhaften Signalerfassungsroutine für die Sensorschaltung von **Fig. 1**; und

**Fig. 5** ein Ablaufdiagramm eines zweiten Teils einer beispielhaften Signalerfassungsroutine für die Sensorschaltung von **Fig. 1**.

**[0022]** **Fig. 1** zeigt eine Sensorschaltung mit zwei optischen Sensoren für eine Bedieneinrichtung mit zwei berührungs- und/oder annäherungsempfindlichen Bedienelementen. Die in **Fig. 1** gezeigte Schaltungsanordnung kann vom Fachmann jedoch problemlos auf eine größere Anzahl optischer Sensoren erweitert werden.

**[0023]** Der erste optische Sensor weist eine IR-Photodiode als ersten optischen Sender **D1** und einen IR-

Phototransistor als ersten optischen Empfänger **T1** auf, und der zweite optische Sensor weist eine IR-Photodiode als zweiten optischen Sender **D2** und einen IR-Phototransistor als zweiten optischen Empfänger **T2** auf. Die optischen Sender **D1**, **D2** sind jeweils einerseits mit einem spezifischen Steuersignaleingang **I1**, **I2** und andererseits mit einem gemeinsamen Steuersignaleingang **Is** verbunden. Über die Steuersignaleingänge **I1**, **I2**, die beispielsweise mit GPIO-Kontakten eines Mikrocontrollers (nicht dargestellt) oder einem Schieberegister verbunden sind, werden die optischen Sender **D1**, **D2** vorzugsweise nacheinander getaktet aktiviert. Über den gemeinsamen Steuersignaleingang **Is** wird den optischen Sendern **D1**, **D2** beispielsweise ein PWM-Steuersignal („Pulsweitenmodulation“) zugeführt.

**[0024]** Das PWM-Steuersignal ist allen optischen Sensoren gemeinsam. Ein aktivierter spezifischer Steuersignaleingang **In** aktiviert den entsprechenden optischen Sensor mit seiner optischen Diode **Dn** und seinem optischen Empfänger **Tn**, ein deaktivierter spezifischer Steuersignaleingang **In** (hoher Impedanzzustand) deaktiviert den entsprechenden optischen Sensor. Falls ein Schieberegister für die spezifischen Steuersignaleingänge **In** verwendet wird, kann der hohe Impedanzzustand ggf. schwierig zu erreichen sein, weshalb in diesem Fall zwischen die spezifischen Steuersignaleingänge **In** und die optischen Sender **Dn** vorzugsweise jeweils eine kleine Schottky-Diode geschaltet werden kann.

**[0025]** Außerdem sind die optischen Sender **D1**, **D2** mit einem gemeinsamen Fehlersignalausgang **Ix** verbunden, der beispielsweise mit einem ADC-Kanal eines Mikrocontrollers (nicht dargestellt) verbunden ist. Zusätzlich ist ein gemeinsamer Shunt-Widerstand **Rx** vorgesehen. Falls das Fehlersignal am Fehlersignalausgang **Ix** bei aktiviertem optischem Sender **D1**, **D2** von einem vorbestimmten Wert abweicht, kann daraus auf eine Fehlfunktion des jeweiligen optischen Senders **D1**, **D2** geschlossen werden.

**[0026]** Jedem optischen Sensor ist zudem eine Tiefpassfilterschaltung bestehend aus einer Kapazität **Cn** und einem Widerstand **Rn** zugeordnet. Falls zum Beispiel für die spezifischen Steuersignaleingänge **In** ein Mikrocontroller verwendet wird, so sind die Innenwiderstände seiner Anschlüsse üblicherweise relativ hoch, was zu einem Spannungsabfall mit der Frequenz des PWM-Steuersignals führen kann. Um einen Einfluss dieses Verhaltens zu vermindern, können bevorzugt diese Tiefpassfilterschaltungen eingesetzt werden.

**[0027]** Ferner ist vorzugsweise jedem optischen Sensor ein Modulationswiderstand **Rnm** zugeordnet (in **Fig. 1** ist nur ein solcher Modulationswiderstand **R1m** für den ersten optischen Sensor gezeigt). Diese Modulationswiderstände **Rnm** sind insbesondere

bei der Verwendung eines Multiplexers oder Schieberegisters an den spezifischen Steuersignaleingängen **In** von Vorteil, um den geforderten Sicherheitsstandard einzuhalten. Die Modulationswiderstände **Rnm** der optischen Sensoren haben zueinander leicht unterschiedliche Widerstandswerte, sodass die von den optischen Empfängern **Tn** der optischen Sensoren erzeugten Messsignale ebenfalls leicht unterschiedliche Messwerte haben („Modulation“).

**[0028]** Die optischen Empfänger **Tn** der mehreren optischen Sensoren sind mit einer gemeinsamen Messsignalleitung **St** verbunden. Diese gemeinsame Messsignalleitung **St** ist mit einem gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** verbunden, der zum Beispiel mit einem ADC-Kanal eines Mikrocontrollers verbunden werden kann.

**[0029]** Wie in **Fig. 1** veranschaulicht, ist zwischen die mehreren optischen Sensoren und diesen gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** eine gemeinsame Signalaufbereitungsschaltung **SC** geschaltet. Aufbau und Funktionsweise dieser gemeinsamen Signalaufbereitungsschaltung **SC** werden nun näher erläutert.

**[0030]** Die gemeinsame Signalaufbereitungsschaltung **SC** weist einen Widerstand **Rs** auf. Dieser Widerstand **Rs** ist vorgesehen, um das in Form eines Stroms vorliegende Messsignal eines optischen Empfängers **Tn** in eine zu diesem Strom proportionale Spannung umzuwandeln. Der Widerstandswert dieses Widerstands **Rs** ist an die  $t$  der jeweiligen optischen Empfänger **Tn**, insbesondere an deren Empfindlichkeit und deren Dunkelstrom anzupassen. Die mit Hilfe dieses Widerstands **Rs** erzeugte Spannung sollte einerseits so niedrig wie möglich sein, aber andererseits für die weitere Signalaufbereitung einen Spannungswert von etwa 0,6 bis 0,8 V nicht unterschreiten.

**[0031]** Der Widerstand **Rs** kann auch - zum Beispiel in Reihe mit den Modulationswiderständen **Rnm** - für eine Test-Routine zum Prüfen der Funktionsfähigkeit der optischen Sensoren genutzt werden.

**[0032]** Das Signal dieses Widerstands **Rs** wird dann einer Hochpassfilterschaltung **HPF** der gemeinsamen Signalaufbereitungsschaltung **PD** zugeleitet. Die Hochpassfilterschaltung **HPF** ist in einer einfachen Ausführungsform zum Beispiel aus einer Kapazität **Ch** und einem Widerstand **Rh** als ein Filter erster Ordnung aufgebaut. Die Grenzfrequenz dieser Hochpassfilterschaltung **HPF** liegt beispielsweise weit entfernt von 120 Hz (das Doppelte der Frequenz der US-Netzspannung), sollte aber andererseits unterhalb der PWM-Frequenz des PWM-Steuersignals am gemeinsamen Steuersignaleingang **Is** liegen.

**[0033]** Die gemeinsame Signalaufbereitungsschaltung **SC** der Sensorschaltung von **Fig. 1** weist zudem

eine Spitzenwertdetektorschaltung **PD** auf, der der Hochpassfilterschaltung **HPF** nachgeschaltet ist. Diese Spitzenwertdetektorschaltung **PD** weist insbesondere einen Spitzenwertdetektor auf, der in einer einfachen Ausführungsform aus einer ersten Diode **Gp1** einer Diodenschaltung **Gp**, einer Kapazität **Cp** und einem Widerstand **Rp3** aufgebaut ist. In komplexeren Ausführungsformen kann dieser Spitzenwertdetektor zudem einen Komparator aufweisen. Die Kapazität **Cp** und der Widerstand **Rp3** sind an den jeweiligen Anwendungsfall, insbesondere an die jeweiligen optischen Sensoren anzupassen. Die Kapazität **Cp** und der Widerstand **Rp3** sind für die Reaktionszeit des Spitzenwertdetektors maßgebend.

**[0034]** Die Spitzenwertdetektorschaltung **PD** enthält zudem eine Spannungsteilerschaltung, die einen ersten Widerstand **Rp1** und einen zweiten Widerstand **Rp2** aufweist. Der Mittelabgriff zwischen den beiden Widerständen **Rp1**, **Rp2** ist über eine zweite Diode **Gp2** der Diodenschaltung **Gp**, die zu der ersten Diode **Gp1** der Diodenschaltung **Gp** antiparallel geschaltet ist, mit dem gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** verbunden. Diese Spannungsteilerschaltung **Rp1**, **Rp2** erzeugt eine Vorspannung, um den Spitzenwertdetektor und die Kapazität **Ch** der Hochpassfilterschaltung **HPF** zurückzusetzen.

**[0035]** Optional kann zusätzlich eine aktive Reset-Schaltung **Tp** für den Spitzenwertdetektor in die Spitzenwertdetektorschaltung **PD** integriert werden. Die aktive Reset-Schaltung **Tp** ist zum Beispiel als Transistorschaltung ausgestaltet, wie in **Fig. 1** veranschaulicht, und über einen Signaleingang **Sr** zum Beispiel mit einem Mikrocontroller verbindbar. Mit Hilfe einer solchen aktiven Reset-Schaltung **Tp** kann die Scangeschwindigkeit der optischen Sensoren erhöht werden.

**[0036]** Mit der Sensorschaltung von **Fig. 1** können die jeweils gewünschten Sicherheitsstandards für mehrere berührungs- und/oder annäherungsempfindliche Bedienelemente bei einfachem Aufbau eingehalten werden. Außerdem kann die Sensorschaltung mit einer deutlich reduzierten Anzahl an aktiven Bauelementen (Transistoren, Dioden, etc.) und an passiven Bauelementen (Widerstände, Kapazitäten, etc.) und somit kostengünstiger aufgebaut werden.

**[0037]** Die Verbindung der gemeinsamen Messsignalleitung **St** mit dem gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** erlaubt mittels einer einfachen Auswertung des am gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** liegenden Signals verschiedene Sicherheitsprüfungen. Insbesondere kann erkannt werden, ob der aktivierte optische Sensor korrekt arbeitet.

**[0038]** Mit der oben beschriebenen Sensorschaltung kann auf einfache Weise eine Vielzahl von Funkti-

onstests durchgeführt werden. Einige dieser Funktionstests werden nachfolgend beispielhaft näher beschrieben.

**[0039]** Ein fehlerhafter Shunt-Widerstand **Rx** kann erkannt werden, wenn die Spannung am Fehlersignalausgang **Ix** außerhalb eines vordefinierten Bereichs liegt.

**[0040]** Ein fehlerhafter optischer Sender **Dn** kann erkannt werden, wenn die Spannung am Fehlersignalausgang **Ix** außerhalb eines vordefinierten Bereichs liegt.

**[0041]** Ein fehlerhafter optischer Sender **Dn** kann erkannt werden, wenn die Spannung am Fehlersignalausgang **Ix** außerhalb eines vordefinierten Bereichs liegt.

**[0042]** Eine kurzgeschlossene Kapazität **Cn** einer Tiefpassfilterschaltung kann erkannt werden, wenn die Spannung am Fehlersignalausgang **Ix** außerhalb eines vordefinierten Bereichs liegt. Eine offene Kapazität **Cn** beeinflusst allenfalls die Empfindlichkeit des optischen Sensors, ist aber nicht sicherheitsrelevant.

**[0043]** Ein offener Widerstand **Rn** einer Tiefpassfilterschaltung kann erkannt werden, wenn die Spannung in der gemeinsamen Messsignalleitung **St** außerhalb eines vordefinierten Bereichs, insbesondere nahe Null liegt. Ein kurzgeschlossener Widerstand **Rn** beeinträchtigt allenfalls die Empfindlichkeit des optischen Sensors, ist aber nicht sicherheitsrelevant.

**[0044]** Ein kurzgeschlossener Widerstand **Rs** der Signalaufbereitungsschaltung **SC** kann erkannt werden, wenn die Spannung in der gemeinsamen Messsignalleitung **St** außerhalb eines vordefinierten Bereichs, insbesondere nahe Null liegt. Ein offener Widerstand **Rs** kann hingegen erkannt werden, wenn die Spannung in der gemeinsamen Messsignalleitung **St** außerhalb eines vordefinierten Bereichs, insbesondere nahe einer positiven Versorgungsspannung liegt.

**[0045]** Eine fehlerhafte Kapazität **Ch** der Hochpassfilterschaltung **HPF** ist relativ schwierig festzustellen. **Fig. 2** und **Fig. 3** zeigen beispielhaft zwei Test-Routinen zum Erkennen einer kurzgeschlossenen Kapazität **Ch** bzw. einer offenen Kapazität **Ch**.

**[0046]** Wie in **Fig. 2** veranschaulicht, kann eine kurzgeschlossene Kapazität **Ch** der Hochpassfilterschaltung **HPF** erkannt werden, wenn kein Spannungsabfall beim Ausschalten der optischen Sender stattfindet. In einem ersten Schritt **S20** wird der gemeinsame Steuersignaleingang **Is** aktiviert. Dann werden in einem Schritt **S21** alle spezifischen Steuersignaleingänge **In** und damit alle optischen Sender **Dn** aktiviert. Das Messsignal am gemeinsamen Messsignal-

ausgang **Sx** wird als Parameter „**var1**“ erfasst und abgespeichert (Schritt **S22**). Dann werden in einem Schritt **S23** alle spezifischen Steuersignaleingänge **In** deaktiviert, d.h. alle optischen Sender **Dn** ausgeschaltet. Das entsprechende Messsignal am gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** wird als Parameter „**var2**“ erfasst und abgespeichert (Schritt **S24**). In Schritt **S25** werden die beiden Parameterwerte **var1** und **var2** miteinander verglichen. Sind die beiden Parameterwerte gleich („YES“), folgt eine Fehleroutine (Schritt **S26**); sind die beiden Parameterwerte hingegen unterschiedlich („NO“), so wird die Test-Routine von **Fig. 2** mit dem Ergebnis abgeschlossen, dass die Kapazität **Ch** in Ordnung ist.

**[0047]** Wie in **Fig. 3** veranschaulicht, kann eine offene Kapazität **Ch** der Hochpassfilterschaltung **HPF** erkannt werden, wenn beim Einschalten des PWM-Steuersignals am gemeinsamen Steuersignaleingang **Is** kein Spannungsabfall eintritt. In einem ersten Schritt **S30** wird der gemeinsame Steuersignaleingang **Is** deaktiviert und wenigstens ein spezifischer Steuersignaleingang **In** aktiviert. Das Messsignal am gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** wird als Parameter „**var1**“ erfasst und abgespeichert (Schritt **S31**). Dann wird in einem Schritt **S32** der gemeinsame Steuersignaleingang **Is** aktiviert, während die zuvor aktivierten spezifischen Steuersignaleingänge **In** aktiviert, d.h. die zugehörigen optischen Sender **Dn** eingeschaltet bleiben. Das entsprechende Messsignal am gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** wird als Parameter „**var2**“ erfasst und abgespeichert (Schritt **S33**). In Schritt **S34** werden die beiden Parameterwerte **var1** und **var2** miteinander verglichen. Sind die beiden Parameterwerte gleich („YES“), folgt eine Fehleroutine (Schritt **S35**); sind die beiden Parameterwerte hingegen unterschiedlich („NO“), so wird die Test-Routine von **Fig. 3** mit dem Ergebnis abgeschlossen, dass die Kapazität **Ch** in Ordnung ist.

**[0048]** Ein offener Widerstand **Rh** der Hochpassfilterschaltung **HPF** kann analog zur Test-Routine von **Fig. 3** überprüft werden. Bei einem kurzgeschlossenen Widerstand **Rh** liegt die Spannung am gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** außerhalb eines vordefinierten Bereichs, insbesondere nahe Null.

**[0049]** Fehlerhafte Widerstände **Rp1**, **Rp2** der Spannungsteilerschaltung der Spitzenwertdetektorschaltung **PD** können durch Messen der Spannung am gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** erkannt werden. Bei einem fehlerhaften Widerstand **Rp1**, **Rp2** liegt diese Spannung außerhalb eines vordefinierten Bereichs, insbesondere nahe der Referenzspannung **Vcc** oder nahe Masse.

**[0050]** Bei einer fehlenden Diodenschaltung **Gp** liegt die Spannung am gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** nahe Masse, d.h. außerhalb eines vordefinierten Bereichs. Falls in der Diodenschaltung **GP** ein Kurz-

schluss zwischen Anode und Kathode einer Diode **Gp1**, **Gp2** existiert, so ist dies nicht sicherheitsrelevant, da die Schaltung weiter funktioniert und allenfalls die Sensitivität in manchen Fällen sinken kann.

**[0051]** Ein Kurzschluss der Kapazität **Cp** des Spitzenwertdetektors, des Widerstands **Rp3** des Spitzenwertdetektors oder zwischen Kollektor und Emitter der Transistorschaltung **Tp** können erkannt werden, wenn die Spannung am gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** außerhalb eines vordefinierten Bereichs, insbesondere nahe Null liegt.

**[0052]** Bei einem über den Signaleingang **Sr** aktivierten Reset sollte die Spannung am gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** nahe Null sein; andernfalls kann eine offene Verbindung zwischen Kollektor und Emitter der Transistorschaltung **Tp** oder eine Trennung der Basis der Transistorschaltung **Tp** vom Signaleingang **Sr** vorliegen.

**[0053]** Nachdem die oben beschriebenen Prüfungen bzw. Test-Routinen durchlaufen sind, wird die Funktionsfähigkeit der gemeinsamen Signalaufbereitungsschaltung **SC** geprüft. Ein möglicher Algorithmus, der beispielhaft in **Fig. 4** und **Fig. 5** veranschaulicht ist, basiert auf einer Veränderung der am gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** gemessenen Spannung.

**[0054]** Zunächst muss jedoch sichergestellt sein, dass optische Sender **Dn** und optische Empfänger **Tn** der optischen Sensoren funktionieren, d.h. Licht vom optischen Sender zum optischen Empfänger eines optischen Sensors gelangen kann. Zunächst wird der erste spezifische Steuersignaleingang **I1** aktiviert und wird die entsprechende Vorspannung am gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** gemessen. Danach wird das PWM-Signal über den gemeinsamen Steuersignaleingang **Is** angelegt und wird der sogenannte Dunkelstrom am gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** gemessen. Nach Abschluss der beiden Messungen werden die Messwerte miteinander verglichen. Bei funktionierender Sensorschaltung sollte das Messsignal am gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** ohne PWM-Signal niedriger als mit PWM-Signal sein. Dieser Funktionstest wird für alle optischen Sensoren der Sensorschaltung durchgeführt.

**[0055]** Wenn auf diese Weise sichergestellt ist, dass alle optischen Sensoren der Sensorschaltung funktionieren, kann die Funktionsweise der gemeinsamen Signalaufbereitungsschaltung **SC** wie folgt geprüft werden.

**[0056]** Zunächst werden in Schritt **S40** alle Steuersignaleingänge **In** und **Is** deaktiviert. Dann wird in Schritt **S42** zunächst der erste optische Sensor ( $i=1$ ) über die Steuersignaleingänge **I1**, **Is** aktiviert und wird dann in Schritt **S43** die Spannung am gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** gemessen und als Pa-

parameter „var1“ abgespeichert. Danach wird der erste optische Sensor in Schritt **S44** wieder deaktiviert. Diese Erfassung der Messsignale wird für alle optischen Sensoren wiederholt (Schleife der Schritte **S41** bis **S45**). Anschließend kann in Schritt **S46** die Analyse der Messsignale zum Beispiel gemäß der in **Fig. 5** gezeigten Routine erfolgen.

**[0057]** Es sei hierbei beispielhaft angenommen, dass die Modulationswiderstände **Rnm** für die optischen Sensoren so ausgewählt sind, dass sie von Sensor zu Sensor ein fortlaufend größer werdendes Messsignal am gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** erzeugen. In der Schleife der Schritte **S51** bis **S55** wird für alle optischen Sensoren geprüft, ob das Messsignal am gemeinsamen Messsignalausgang **Sx** größer ist als das Messsignal für den vorhergehenden optischen Sensor.

#### Bezugszeichenliste

<b>Ch</b>	Kapazität von <b>HPF</b>
<b>Cp</b>	Kapazität von <b>PD</b>
<b>Dn</b>	optischer Sender, insbesondere Photodiode
<b>Gp</b>	Diodenschaltung von <b>PD</b>
<b>Gp1</b>	erste Diode von <b>Gp</b>
<b>Gp2</b>	zweite Diode von <b>Gp</b>
<b>HPF</b>	Hochpassfilterschaltung
<b>In</b>	spezifischer Steuersignaleingang eines Sensors
<b>Is</b>	gemeinsamer Steuersignaleingang der Sensoren
<b>Ix</b>	Fehlersignalausgang der Sender
<b>PD</b>	Spitzenwertdetektorschaltung
<b>Rh</b>	Widerstand von <b>HPF</b>
<b>Rn, Cn</b>	Tiefpassfilterschaltung
<b>Rnm</b>	Modulationswiderstand für Empfänger <b>Tn</b>
<b>Rp1, Rp2</b>	Spannungsteilerschaltung von <b>PD</b>
<b>Rp3</b>	Widerstand von <b>PD</b>
<b>Rs</b>	Widerstand von <b>SC</b>
<b>Rx</b>	Shunt-Widerstand
<b>SC</b>	gemeinsame Signalaufbereitungsschaltung
<b>Sr</b>	Signaleingang von <b>SC</b>
<b>St</b>	gemeinsame Messsignalleitung der Empfänger
<b>Sx</b>	gemeinsamer Messsignalausgang

<b>Tn</b>	optischer Empfänger, insbesondere Phototransistor
<b>Tp</b>	aktive Reset-Schaltung von <b>PD</b> , insbesondere Transistorschaltung
<b>Vcc</b>	Referenzspannung

#### Patentansprüche

1. Sensorschaltung mit mehreren optischen Sensoren, wobei die mehreren optischen Sensoren jeweils einen optischen Sender (**Dn**) und einen optischen Empfänger (**Tn**) aufweisen; der optische Sender (**Dn**) und der optische Empfänger (**Tn**) eines optischen Sensors jeweils mit einem spezifischen Steuersignaleingang (**In**) verbunden sind; die optischen Sender (**Dn**) der mehreren optischen Sensoren mit einem gemeinsamen Steuersignaleingang (**Is**) verbunden sind; die optischen Empfänger (**Tn**) der mehreren optischen Sensoren mit einem gemeinsamen Messsignalausgang (**Sx**) verbunden sind; und eine gemeinsame Signalaufbereitungsschaltung (**SC**) zwischen die optischen Empfänger (**Tn**) der mehreren optischen Sensoren und den gemeinsamen Messsignalausgang (**Sx**) geschaltet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass den optischen Empfängern (**Tn**) der mehreren optischen Sensoren jeweils ein Modulationswiderstand (**Rnm**) parallel geschaltet ist, wobei die Modulationswiderstände (**Rnm**) der mehreren optischen Sensoren zueinander unterschiedliche Widerstandswerte haben.
2. Sensorschaltung nach Anspruch 1, bei welcher die gemeinsame Signalaufbereitungsschaltung (**SC**) eine Spitzenwertdetektorschaltung aufweist.
3. Sensorschaltung nach Anspruch 2, bei welcher die Spitzenwertdetektorschaltung (**PD**) eine aktive Reset-Schaltung (**Tp**) zum Zurücksetzen des Ausgangssignals der Spitzenwertdetektorschaltung aufweist.
4. Sensorschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die gemeinsame Signalaufbereitungsschaltung (**SC**) eine Hochpassfilterschaltung (**HPF**) aufweist.
5. Sensorschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher den optischen Empfängern (**Tn**) der mehreren optischen Sensoren jeweils eine Tiefpassfilterschaltung (**Rn, Cn**) zugeordnet ist.
6. Sensorschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher eine Aktivierung der optischen Sender (**Dn**) der mehreren optischen Sensoren über die spezifischen Steuersignaleingänge (**In**)

und den gemeinsamen Steuersignaleingang (Is) separat voneinander modulierbar ist.

7. Sensorschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei welcher die spezifischen Steuersignaleingänge (In) der mehreren optischen Sensoren jeweils mit einem ADC-Kanal eines Mikrocontrollers verbunden sind.

8. Sensorschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei welcher die spezifischen Steuersignaleingänge (In) der mehreren optischen Sensoren jeweils mit einem Ausgang eines Multiplexers oder eines Schieberegisters verbunden sind.

9. Sensorschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die optischen Sender (Dn) der mehreren optischen Sensoren mit einem gemeinsamen Fehlersignalausgang (Ix) verbunden sind.

10. Bedieneinrichtung, insbesondere für ein elektronisches Haushaltsgerät, mit mehreren berührungs- und/oder annäherungsempfindlichen Bedienelementen und einer Sensorschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

11. Verfahren zum Betreiben einer Sensorschaltung mit mehreren optischen Sensoren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei welchem die optischen Sender (Dn) der mehreren optischen Sensoren über die spezifischen Steuersignaleingänge (In) und den gemeinsamen Steuersignaleingang (Is) nacheinander aktiviert werden; und die von den Empfängern (Tn) der mehreren optischen Sensoren erzeugten Messsignale von der gemeinsamen Signalaufbereitungsschaltung (SC) aufbereitet und dann ausgewertet werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei welchem vor jeder Aktivierungsschleife der optischen Sender (Dn) der mehreren optischen Sensoren eine Test-Routine der optischen Sensoren ausgeführt wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

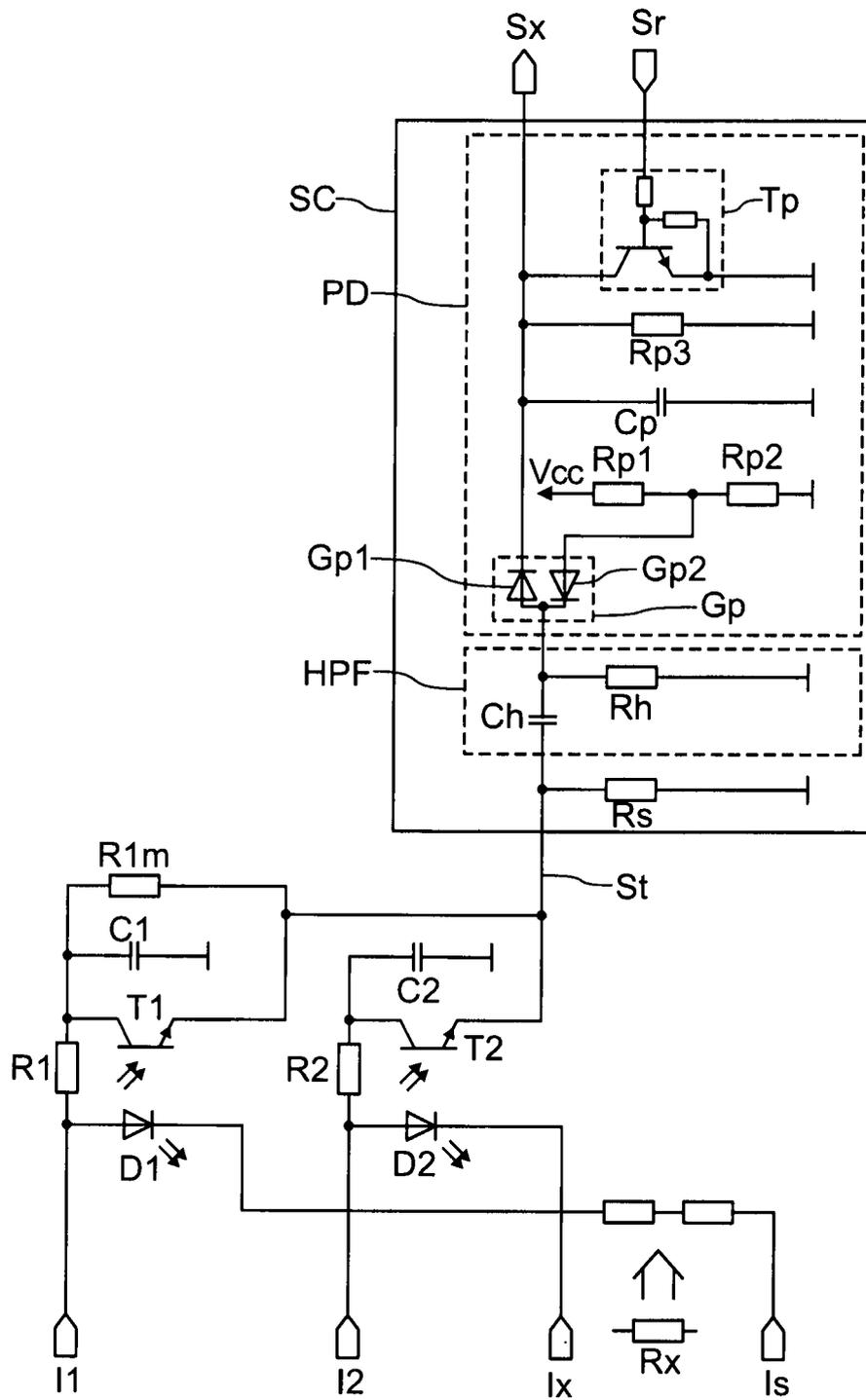


Fig. 1

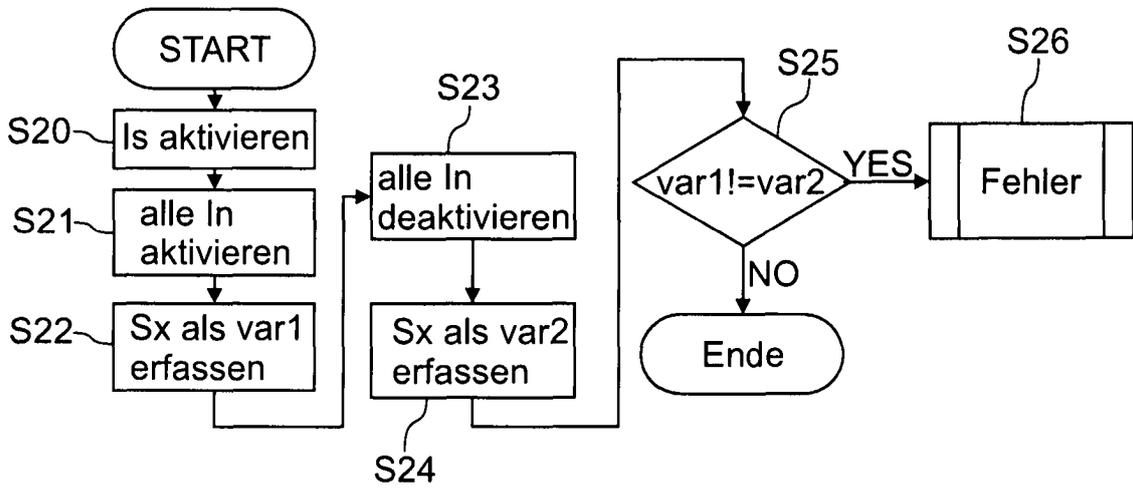


Fig. 2

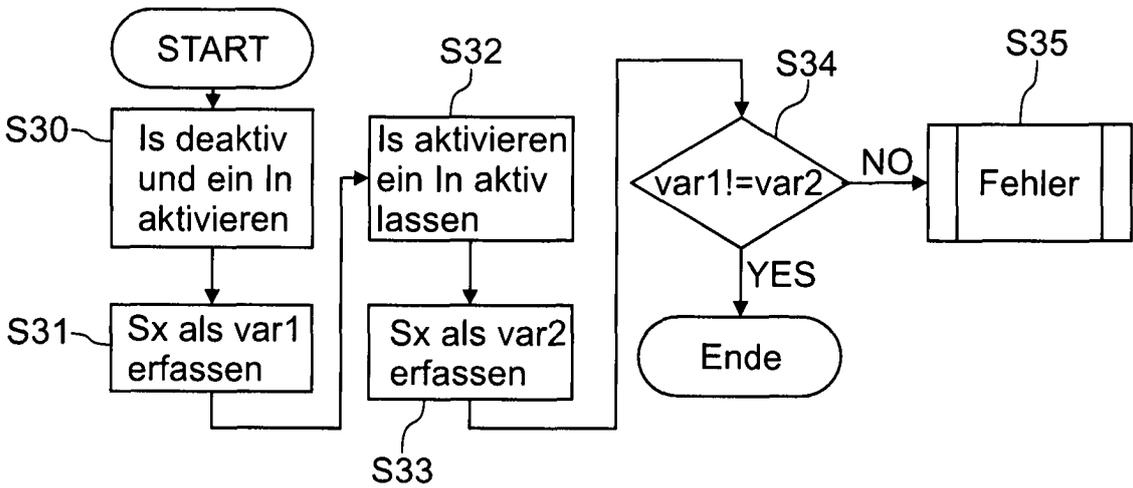


Fig. 3

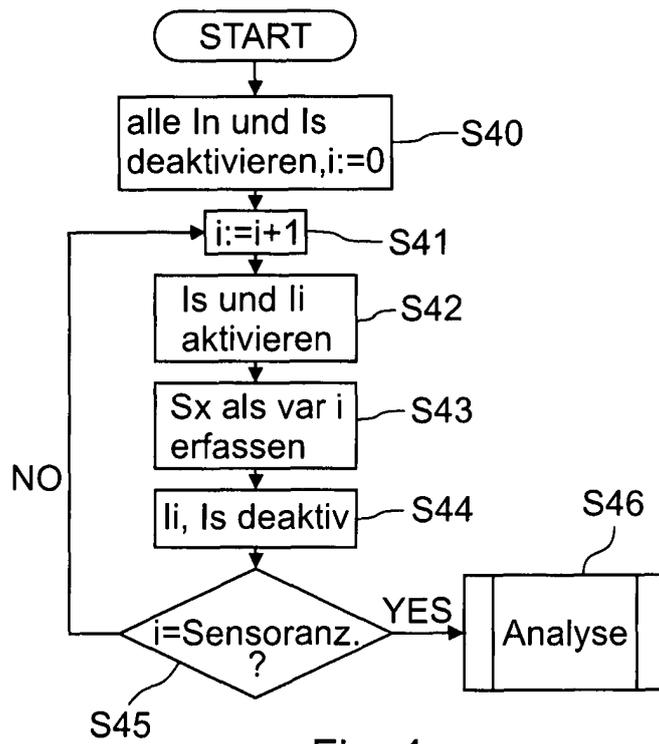


Fig. 4

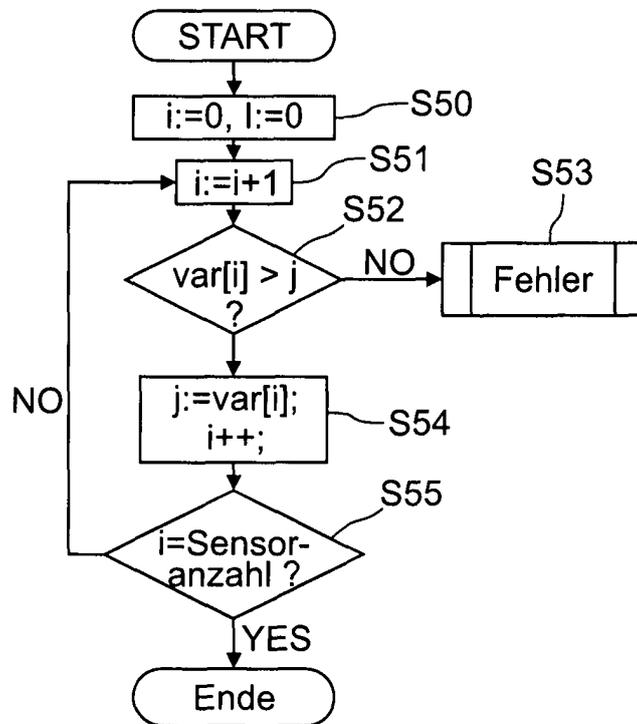


Fig. 5