

(19)



(11)

EP 1 738 337 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
15.08.2007 Patentblatt 2007/33

(51) Int Cl.:
G08C 19/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05729510.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2005/051344

(22) Anmeldetag: **23.03.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2005/101345 (27.10.2005 Gazette 2005/43)

(54) **DIGITALER MESSUMFORMER MIT STROMSIGNAL**

DIGITAL MEASURING TRANSDUCER WITH CURRENT SIGNAL

TRANSDUCTEUR DE MESURE NUMERIQUE A SIGNAL DE COURANT

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **19.04.2004 DE 102004019392**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.01.2007 Patentblatt 2007/01

(73) Patentinhaber: **Endress + Hauser GmbH + Co. KG**
79689 Maulburg (DE)

(72) Erfinder: **TRUNZER, Wolfgang**
79540 Lörrach (DE)

(74) Vertreter: **Andres, Angelika Maria**
Endress+Hauser (Deutschland) AG+Co. KG
PatServe
Colmarer Strasse 6
79576 Weil am Rhein (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-03/060851 WO-A-20/05017851
DE-U1- 29 917 651

EP 1 738 337 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft digitale Messumformer, insbesondere einen Messumformer mit Stromsignal, bei dem also der Messwert durch eine Regelung eines Signalstroms bzw. eines Speisestroms ausgegeben wird. Digitale Messumformer sind solche, die mindestens einen Mikroprozessor zur Aufbereitung der Messsignale bzw. zur Steuerung interner Funktionen umfassen. Insbesondere in sicherheitsrelevanten Anwendungen ist es erforderlich den Ausfall eines Messumformers bzw. seiner Komponenten mit ausreichend hoher Wahrscheinlichkeit erkennen zu können. In der NAMUR-Empfehlung NE43 wird beispielsweise vorgeschlagen, dass bei Messgeräten mit einem Messsignalstrom in einem Bandbereich zwischen 4 und 20 mA, ein Geräteausfall mit einem Fehlersignalstrom außerhalb dieses Bandbereichs, z.B. nicht mehr als 3,6 mA bzw. mindestens 21 mA signalisiert wird.

[0002] Ein derartiger messumformer ist aus der Gebrauchsmusterschrift DE 299 17 651 U1 bekannt.

[0003] Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde einen digitalen Messumformer bereitzustellen, der den Ausfall seines Mikroprozessors sicher signalisiert. Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch den Messumformer gemäß des unabhängigen Patentanspruchs 1.

[0004] Der erfindungsgemäße Messumformer umfasst einen Mikroprozessor mit einem Reset-Eingang und einem Taktausgang zum Bereitstellen eines periodischen Taktsignals; eine Überwachungsschaltung mit einem Takt-Eingang und einem Reset-Ausgang; und einen Stromregler zur Ausgabe eines Messsignalstroms, welcher Messsignalstrom im Messbetrieb in einem ersten Bandbereich einen Messwert repräsentiert; und außerhalb des ersten Bandbereichs einen Fehler signalisiert; wobei

[0005] der Takt-Eingang der Überwachungsschaltung mit dem Taktausgang des Mikroprozessors verbunden ist, der Reset-Eingang des Mikroprozessors mit dem Reset-Ausgang der Überwachungsschaltung verbunden ist, bei Ausfall des Taktsignals am dem Reset-Ausgang der Überwachungsschaltung ein Reset-Signal periodisch ausgegeben wird, wobei ferner

[0006] der Messumformer eine Komparatorschaltung aufweist mit einem ersten Eingang, der über einen Tiefpass mit dem Reset-Ausgang der Überwachungsschaltung verbunden ist, mit einem zweiten Eingang, an dem eine Referenzspannung anliegt, und mit einem Ausgang, der mit einem Eingang des Stromreglers verbunden ist, wobei nach wiederholter Ausgabe des Reset-Signals die Spannung am ersten Eingang der Komparatorschaltung die Referenzspannung übersteigt, so dass am Ausgang des Komparators ein Stellsignal anliegt, welches den Stromregler veranlasst ein Fehlersignalstrom außerhalb des ersten Bandbereichs auszugeben.

[0007] Wie eingangs angedeutet, beträgt der erste Bandbereich für den Messsignalstrom beispielsweise 4

bis 20 mA. In diesem Falle sollte der Fehlersignalstrom mindestens 21 mA oder höchstens 3,6 mA betragen. In einer derzeit bevorzugten Ausführungsform wird der Fehlersignalstrom auf 22 mA geregelt.

[0008] Die Überwachungsschaltung kann beispielsweise einen digitalen Zähler umfassen, welcher von einem Startwert aus zählt und bei Über- oder Unterschreiten eines Grenzwertes die Ausgabe eines Reset-Signals am Reset-Ausgang veranlasst. Der Zähler sowohl durch jeden Puls des Taktsignals des Mikroprozessors als auch durch das Reset-Signal der Überwachungsschaltung auf seinen Startwert zurückgesetzt wird. Der Grenzwert ist dabei so auf die Zählgeschwindigkeit des Zählers und die Taktfrequenz des Mikroprozessors gewählt, dass der Grenzwert bei funktionierendem Taktsignals nie unter bzw. überschritten wird. Weiterhin ist der Grenzwert so gewählt, dass nach Aussenden eines Reset-Signals hinreichend Zeit bleibt, um den Mikroprozessor nach einer einfachen Taktstörung erneut zu starten, so dass am Ausgang des Mikroprozessors wieder das Taktsignal ausgegeben wird bevor der Grenzwert erreicht wird. Daher wird erst dann, wenn in der zu erwartenden Zeit ein Reset-Signal nicht zu einem erfolgreichen Reset geführt hat, ein erneutes Reset-Signal ausgegeben.

[0009] Es ist derzeit bevorzugt, dass der Tiefpass, über den das Ausgangssignal der Überwachungsschaltung der Komparatorschaltung zugeführt wird, ein RC-Glied umfasst. Die Komparatorschaltung umfasst vorzugsweise einen ersten Operationsverstärker.

[0010] In einer derzeit bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung umfasst der Stromregler zwei parallele Stromreglerschaltungen, von denen die erste Stromreglerschaltung einen den Messsignalstrom in dem ersten Bandbereich regelt und die zweite Stromreglerschaltung den Fehlersignalstrom auf einen Wert außerhalb des ersten Bandbereiches regelt.

[0011] Die zweite Stromreglerschaltung kann hierzu einen zweiten Operationsverstärker umfassen, von dem ein Eingang mit dem Ausgang der Komparatorschaltung verbunden ist, und dessen Ausgang mit der Basis eines Transistors verbunden ist, über den der Fehlersignalstrom eingestellt wird. Es ist derzeit bevorzugt, dass die interne Spannungsversorgung des zweiten Operationsverstärkers zur Regelung des Fehlersignalstroms unabhängig von der Spannungsversorgung des Stromreglungsschaltung zur Regelung des Messsignalstroms erfolgt. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass der Fehlersignalstrom auch dann eingestellt werden kann, wenn die Spannungsversorgung der Stromreglerschaltung für den Messsignalstrom ausgefallen ist.

[0012] Die erste Stromreglerschaltung zur Regelung des Messsignalstroms kann ähnlich aufgebaut sein wie die zweite Stromreglerschaltung, wobei bei einer derzeit bevorzugten Ausführungsform der Messumformer einen ASIC umfasst und Teile der ersten Stromreglerschaltung in den ASIC integriert sind.

[0013] Weitere Einzelheiten und Gesichtspunkte der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprü-

chen, und der Beschreibung des in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels. Es zeigt:

[0014] Fig. 1: ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Messumformers;

[0015] Fig. 2: den Zeitlichen Verlauf der Signale an den in Fig. 1 bezeichneten Testpunkten; und

[0016] Fig. 3: ein Beispiel für einen Stromregler zur Realisierung der vorliegenden Erfindung.

[0017] Die in Fig. 1 gezeigte Schaltung eines erfindungsgemäßen Messumformers umfasst einen Mikroprozessor 1 mit einem Reset-Eingang und einem Takt-Ausgang bzw. Triggerausgang zum Bereitstellen eines periodischen Taktsignals, welches als Kurve a in Fig. 2 dargestellt ist. Weiterhin ist ein Stromregler 2 vorgesehen, welcher den Speisestrom des Messumformers als Messsignalstrom zwischen 4 und 20 mA regelt. Der Stromregler 2 erhält im normalen Messbetrieb ein Stell-signal, welches einen Messwert repräsentiert, von dem Mikroprozessor 1 und regelt den Speisestrom auf einen dem Stell-signal entsprechenden Wert. Der Messum-former umfasst weiterhin Überwachungsschaltung 3 mit einem Takt-Eingang und einem Reset-Ausgang, dessen Signal als Kurve b in Fig. 2 dargestellt ist. Solange das Taktsignal des Mikroprozessors empfangen wird, bleibt der Reset-Ausgang der Überwachungsschaltung auf Null. Wenn allerdings das Taktsignal ausbleibt, dann wird am Reset-Ausgang ein Reset-Puls ausgegeben, der nach einer bestimmten Zeit wiederholt wird, wenn der Reset nicht erfolgreich war, und das Taktsignal des Mikroprozessors weiterhin 1 ausbleibt. Das Signal des Reset-Ausgangs wird zudem über einen Tiefpass 5 dem Eingang eines Komparators 4 zugeführt, der einen ersten Operationsverstärker umfasst. Der Signalverlauf am Komparatoreingang ist der Kurve c in Fig. 2 zu entnehmen. Bei erfolglosem Reset führen mehrere Reset-Pulse zu einem Spannungsanstieg, bis die Referenzspannung an dem Referenzeingang des Komparators 4 überschritten wird. Daraufhin wird die Spannung am Ausgang des Komparators 4 heraufgesetzt, und als Fehlerstell-signal an den Stromregler 2 ausgegeben, der nun den Speisestrom auf einen Fehler-signalstrom von beispielsweise 22 mA ausgibt. Der allgemeine Verlauf des Speisestroms ist schematisch der Kurve d in Fig. 2 zu entnehmen. Dem-nach liegt der Wert des Speisestroms im normalen Messbetrieb im Band zwischen 4 und 20 mA und wird nach einem kurzen undefinierten Übergang, der durch das X in der Kurve angedeutet ist, auf 22 mA geregelt.

[0018] Einzelheiten des Stromreglers 2 sollen kurz anhand von Fig. 3 erläutert werden.

[0019] Der gezeigte Stromregler 2 umfasst zwei parallel geschaltete Stromreglerschaltungen, von denen die erste Stromreglerschaltung einen den Messsignalstrom in dem ersten Bandbereich regelt und die zweite Strom-reglerschaltung den Fehler-signalstrom auf einen Wert außerhalb des ersten Bandbereiches regelt.

[0020] Beide Stromreglerschaltungen umfassen im wesentlichen jeweils einen Stromregeltransistor 21, 25 dessen Basis jeweils an dem Ausgang eines

Operationsverstärker 22, 26 angeschlossen ist. An den Eingängen der Operationsverstärker 22, 26 liegt jeweils eine Stellschaltung zur Regelung des Messsignalstroms bzw. des Fehler-signalstroms. An dem zweiten Operationsverstärker 26 der zweiten Stromreglerschaltung der liegt der Ausgang des Komparators 4 über einen Reihenwiderstand R2 an. Der Referenzeingang des zweiten Operationsverstärkers liegt auf Masse. Wann nun der Ausgang des Komparators ebenfalls auf Masse liegt, ist das Ausgangssignal des zweiten Operationsverstärkers auf Masse und der zweite Transistor 25 sperrt. Wenn dagegen bei einem nachhaltigen Ausfall des Taktes des Mikroprozessors, der Komparator 4 ein Stell-signal $U_{V\text{Fehlerstrom}}$ ausgibt, dann gibt der zweite Operationsverstärker 26 eine Spannung aus, welche den Widerstand des zweiten Transistors 25 herabsetzt, so dass ein Strom über den zweiten Transistor fließt, welcher einen Gesamt-speisestrom von 22 mA bewirkt.

[0021] Der Widerstand der Hauptelektronik, die durch den Speisestrom versorgt wird, und die hier nicht detailliert dargestellt ist, wird in dieser Darstellung durch den Widerstand 27 bzw. R_{HE} zusammengefasst.

[0022] Die erste Stromreglerschaltung zur Regelung des Messsignalstroms ist prinzipiell ähnlich aufgebaut wie die zweite Stromreglerschaltung, wobei bei der dargestellten Ausführungsform der Messumformer einen ASIC 24 umfasst, und der Operationsverstärker 22 der ersten Stromreglerschaltung in den ASIC 24 integriert ist.

Patentansprüche

1. Messumformer, umfassend: einen Mikroprozessor (1) mit einem Reset-Eingang und einem Taktausgang zum Bereitstellen eines periodischen Taktsignals; eine Überwachungsschaltung (3) mit einem Takt-Eingang und einem Reset-Ausgang; und einen Stromregler (2) zur Ausgabe eines Messsignalstroms, welcher Messsignalstrom im Messbetrieb in einem ersten Bandbereich einen Messwert repräsentiert; und außerhalb des ersten Bandbereiches einen Fehler signalisiert wobei der Takt-Eingang der Überwachungsschaltung mit dem Taktausgang des Mikroprozessors verbunden ist, der Reset-Eingang des Mikroprozessors mit dem Reset-Ausgang der Überwachungsschaltung verbunden ist, bei Ausfall des Taktsignals am Reset-Ausgang der Überwachungsschaltung ein Reset-Signal periodisch ausgegeben wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Messumformer weiterhin eine Komparatorschaltung (4) aufweist mit einem ersten Eingang, der über einen Tiefpass (5) mit dem Reset-Ausgang der Überwachungsschaltung (3) verbunden ist, mit einem zweiten Eingang, an dem eine Referenzspannung anliegt, und mit einen Ausgang, der mit einem Eingang des Stromreglers verbunden ist, wobei nach wiederholter Ausgabe des Reset-Signals die Span-

- nung am ersten Eingang der Komparatorschaltung die Referenzspannung übersteigt, so dass am Ausgang des Komparators ein Stellsignal anliegt, welches den Stromregler veranlasst ein Fehlersignalstrom außerhalb des ersten Bandbereichs auszugeben. 5
2. Messumformer nach Anspruch 1, wobei der Tiefpass ein RC-Glied umfasst. 10
 3. Messumformer nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Komparatorschaltung einen ersten Operationsverstärker umfasst.
 4. Messumformer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Bandbereich 4 bis 20 mA beträgt. 15
 5. Messumformer nach Anspruch 4, wobei der Fehler-signalstrom mindestens 21 mA beträgt. 20
 6. Messumformer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Überwachungsschaltung einen digitalen Zähler umfasst, welcher von einem Startwert aus zählt und bei Über- oder Unterschreiten eines Grenzwertes die Ausgabe eines Reset-Signals veranlasst, wobei der Zähler sowohl durch jeden Puls des Taktsignals des Mikroprozessors als auch durch das Reset-Signal der Überwachungsschaltung auf seinen Startwert zurückgesetzt wird. 25 30
 7. Messumformer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Stromregler zwei parallele Stromreglerschaltungen umfasst, von denen die erste Stromreglerschaltung einen den Messsignalstrom in dem ersten Bandbereich regelt und die zweite Stromreglerschaltung den Fehlersignalstrom auf einen der außerhalb des ersten Bandbereiches regelt. 35
 8. Messumformer nach Anspruch 7, wobei die zweite Stromreglerschaltung einen zweiten Operationsverstärker umfasst, von dem ein Eingang mit dem Ausgang des Komparators verbunden ist, und dessen Ausgang mit der Basis eines Transistors verbunden ist, über den der Fehlersignalstrom eingestellt wird. 40 45
 9. Messumformer nach Anspruch 8 wobei die Spannungsversorgung des zweiten Operationsverstärkers zur Regelung des Fehlersignalstroms unabhängig von der Spannungsversorgung des Stromregelungsschaltung zur Regelung des Messsignalstroms erfolgt. 50
- Claims** 55
1. Measuring transducer, comprising: a microprocessor (1) with a reset input and a clock output for providing a periodic clock signal; a monitoring circuit (3) with a clock input and a reset output; and a current regulator (2) for outputting a measuring signal current, which measuring signal current represents a measured value in measuring operation in a first band range, and signals a fault outside the first band range, the clock input of the monitoring circuit being connected to the clock output of the microprocessor, and the reset input of the microprocessor being connected to the reset output of the monitoring circuit, and if the clock signal fails a reset signal is periodically output at the reset output of the monitoring circuit, **characterised in that** the measuring transducer further comprises a comparator circuit (4) which has a first input connected via a low-pass filter (5) to the reset output of the monitoring circuit (3), a second input to which a reference voltage is applied, and an output connected to an input of the current regulator, and after repeated outputting of the reset signal the voltage at the first input of the comparator circuit exceeds the reference voltage, so that a control signal is applied to the output of the comparator and causes the current regulator to output a fault signal current outside the first band range.
 2. Measuring transducer according to Claim 1, the low-pass filter comprising an RC element.
 3. Measuring transducer according to Claim 1 or 2, the comparator circuit comprising a first operational amplifier.
 4. Measuring transducer according to one of the preceding claims, the first band range being 4 to 20 mA.
 5. Measuring transducer according to Claim 4, the fault signal current being at least 21 mA.
 6. Measuring transducer according to one of the preceding claims, the monitoring circuit comprising a digital counter which counts from a starting value and causes a reset signal to be output if a limit value is over- or undershot, the counter being reset to its starting value both by each pulse of the clock signal of the microprocessor and by the reset signal of the monitoring circuit.
 7. Measuring transducer according to one of the preceding claims, the current regulator comprising two parallel current regulator circuits, of which the first current regulator circuit regulates a measuring signal current in the first band range and the second current regulator circuit regulates the fault signal current to a value outside the first band range.
 8. Measuring transducer according to Claim 7, the second current regulator circuit comprising a second operational amplifier, of which an input is connected to

the output of the comparator, and its output is connected to the base of a transistor, via which the fault signal current is adjusted.

9. Measuring transducer according to Claim 8, the voltage supply of the second operational amplifier for regulating the fault signal current being independent of the voltage supply of the current regulating circuit for regulating the measuring signal current.

Revendications

1. Transmetteur, comprenant : un microprocesseur (1) doté d'une entrée de réinitialisation et d'une sortie d'horloge destinée à la mise à disposition d'un signal d'horloge périodique ; un circuit de surveillance (3) doté d'une entrée d'horloge et d'une sortie de réinitialisation ; et un régulateur de courant (2) destiné à la sortie d'un courant de signal de mesure, lequel signal de courant de mesure représente, en mode mesure, une valeur mesurée dans une première gamme ; et signale une erreur en dehors de la première gamme, l'entrée d'horloge du circuit de surveillance étant reliée avec la sortie d'horloge du microprocesseur, l'entrée de réinitialisation du microprocesseur étant reliée avec la sortie de réinitialisation du circuit de surveillance, un signal de réinitialisation étant émis périodiquement en cas de défaillance du signal d'horloge sur l'entrée de réinitialisation du circuit de surveillance, **caractérisé en ce que** le transmetteur comporte en outre un circuit comparateur (4) doté d'une première entrée, qui est reliée à travers un filtre passe-bas (5) avec la sortie de réinitialisation du circuit de surveillance (3), doté d'une deuxième entrée, à laquelle est appliquée une tension de référence, et doté d'une sortie, qui est reliée avec l'entrée du régulateur de courant, la tension présente à la première entrée du comparateur dépassant, après sortie répétée du signal de réinitialisation, la tension de référence de telle sorte que soit appliqué à la sortie du comparateur, un signal de commande qui ordonne au régulateur de délivrer un courant de signal d'erreur en dehors de la première gamme.
2. Transmetteur selon la revendication 1, pour lequel le filtre passe-bas se compose d'un circuit RC.
3. Transmetteur selon la revendication 1 ou 2, pour lequel le circuit comparateur comprend un premier amplificateur opérationnel.
4. Transmetteur selon l'une des revendications précédentes, pour lequel la première gamme s'étend de 4 à 20 mA.
5. Transmetteur selon la revendication 4, pour lequel

le courant du signal d'erreur est d'au moins 21 mA.

6. Transmetteur selon l'une des revendications précédentes, pour lequel le circuit de surveillance comprend un compteur, qui compte à partir d'une valeur initiale et ordonne la sortie d'un signal de réinitialisation en cas de dépassement par le haut ou par le bas d'un seuil, le compteur étant remis à sa valeur initiale à la fois par chaque impulsion du signal d'horloge du microprocesseur et par le signal de réinitialisation du circuit de surveillance.
7. Transmetteur selon l'une des revendications précédentes, pour lequel le régulateur de courant comprend deux circuits de régulation de courant parallèles, parmi lesquels le premier circuit de régulation de courant régule un courant de signal de mesure dans une première gamme et le deuxième circuit de régulation de courant régule le courant de signal d'erreur à une valeur en dehors de la première gamme.
8. Transmetteur selon la revendication 7, pour lequel le deuxième circuit de régulation de courant comprend un deuxième amplificateur opérationnel, dont une entrée est reliée avec la sortie du circuit comparateur, et dont la sortie est reliée avec la base d'un transistor, par le biais duquel est réglé le courant du signal d'erreur.
9. Transmetteur selon la revendication 8, pour lequel l'alimentation en tension du deuxième amplificateur opérationnel destiné à la régulation du courant du signal d'erreur est réalisée indépendamment de l'alimentation en tension du circuit de régulation de courant destiné à la régulation du courant du signal de mesure.

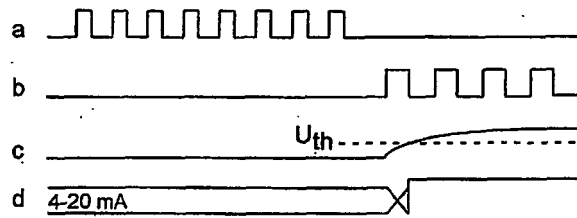
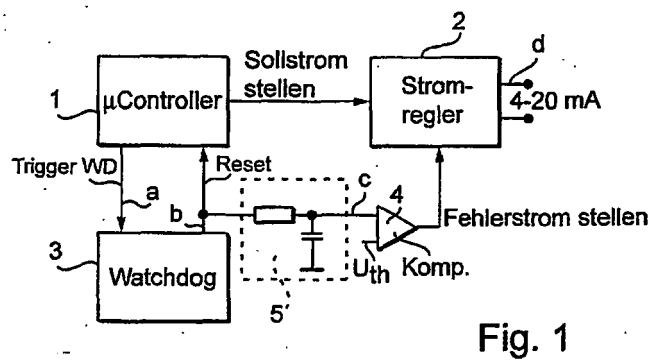


Fig. 2

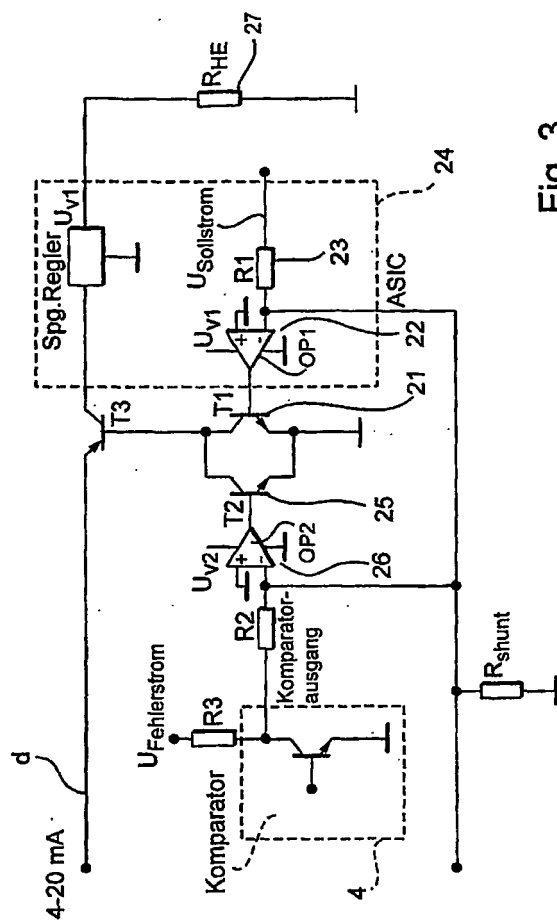


Fig. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 29917651 U1 [0002]