

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 87200161.5

51 Int. Cl.4: **G08C 23/00** , **G08C 19/24**

22 Anmeldetag: 03.02.87

30 Priorität: 07.02.86 DE 3603800

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.08.87 Patentblatt 87/33

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

71 Anmelder: **Philips Patentverwaltung GmbH**
Billstrasse 80

D-2000 Hamburg 28(DE)
DE

Anmelder: **N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken**
Groenewoudseweg 1
NL-5621 BA Eindhoven(NL)
FR GB

72 Erfinder: **Kordts, Jürgen, Dipl.-Ing.**
Schinkelring 63a

D-2000 Norderstedt(DE)

Erfinder: **Orlowski, Reiner Uwe, Dr.**
Rotdornweg 17

D-2085 Quickborn(DE)

Erfinder: **Gorlt, Ingobert Heinrich**
Hebbelweg 18

D-2082 Tornesch(DE)

Erfinder: **Martens, Gerhard, Dr.**
Breslauer Strasse 40

D-2354 Henstedt-Ulzburg(DE)

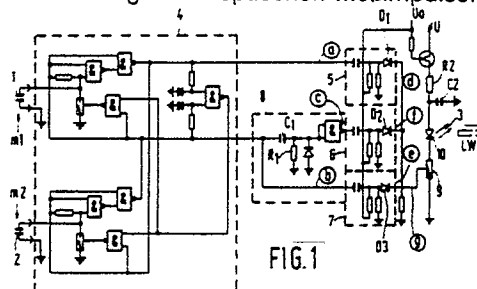
74 Vertreter: **Koch, Ingo et al**
Philips Patentverwaltung GmbH Billstrasse
80 Postfach 105149
D-2000 Hamburg 28(DE)

54 **Verfahren zur Übertragung von mindestens zwei Messwerten über eine optische Übertragungsstrecke.**

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung von mindestens zwei Meßwerten mittels von einem optischen Sender über eine optische Übertragungsstrecke zu einem optischen Empfänger geleiteter Lichtimpulse, deren zeitlicher Abstand als Maß für den Meßwert ausgewertet wird.

Der Energieverbrauch für die optische Übertragung der Meßwerte wird dadurch verringert, daß die Meßwerte in stets gleicher Reihenfolge unmittelbar zyklisch aufeinanderfolgend übertragen werden, daß je Meßwert ein optischer Meßimpuls übertragen wird, dessen zeitlicher Abstand vom einem vorhergehenden Meßwert zugeordneten optischen Meßimpuls ein Maß für die Größe des

Meßwerts bildet, und daß für jeden Zyklus von Meßwerten ein optischer Kennungsimpuls übertragen wird, dessen zeitlicher Abstand von einem vorhergehenden Meßimpuls kleiner ist als der minimal mögliche zeitliche Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden optischen Meßimpulsen.



Verfahren zur Übertragung von mindestens zwei Meßwerten über eine optische Übertragungsstrecke

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Übertragung von mindestens zwei Meßwerten mittels von einem optischen Sender über eine optische Übertragungsstrecke zu einem optischen Empfänger geleiteter Lichtimpulse, deren zeitlicher Abstand als Maß für den Meßwert ausgewertet wird. Ein Verfahren dieser Art ist durch die EP-A1 00 75 701 bekannt.

Optische Übertragungsstrecken und insbesondere Lichtwellenleiter (LWL) sind unempfindlich gegenüber elektromagnetischer Störstrahlung. Sie sind zur Verwendung in explosionsgefährdeter Umgebung geeignet und ermöglichen eine Meßwertübertragung über große Entfernungen.

Im bekannten Fall wird ohne nähere Begründung bereits die Möglichkeit erwähnt, optische Signale in Form von Impulsfolgen zu übertragen, bei denen die Impulsphase moduliert wird.

Zur elektronischen Aufbereitung der Meßwerte und zur Bildung der optischen Sendeimpulse wird Energie aus einer Spannungsquelle benötigt. Im bekannten Fall wird die benötigte Spannung durch Photoelemente erzeugt, welchen Lichtleistung über eine optische Leitung zugeführt wird. Stattdessen könnten auch Batterien in der Meßeinrichtung vorgesehen werden. In jedem Fall ist es wünschenswert, den Energieverbrauch der Meßeinrichtung gering zu halten.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, das Verfahren der eingangs genannten Art derart zu gestalten, daß der Energieverbrauch für die optische Übertragung der Meßwerte verringert wird.

Die Lösung gelingt dadurch, daß die Meßwerte in stets gleicher Reihenfolge unmittelbar zyklisch aufeinanderfolgend übertragen werden, daß je Meßwert ein optischer Meßimpuls übertragen wird, dessen zeitlicher Abstand vom einem vorhergehenden Meßwert zugeordneten optischen Meßimpuls ein Maß für die Größe des Meßwerts bildet, und daß für jeden Zyklus von Meßwerten ein optischer Kennungsimpuls übertragen wird, dessen zeitlicher Abstand von einem vorhergehenden optischen Meßimpuls kleiner ist als der minimal mögliche zeitliche Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden optischen Meßimpulsen.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß zur Bildung der optischen Signale der überwiegende Anteil der benötigten Energie verbraucht wird. Es wurde erkannt, daß für die im bekannten Fall bereits alternativ in Erwägung gezogene impulsförmige Übertragung bereits erheblich weniger Energie benötigt wird, als für eine Übertragung mittels modulierten Dauerlichts.

Darüberhinaus können die Meßinformationen bei Impuls-Übertragung nicht durch variable Dämpfungen der Übertragungsstrecke verfälscht werden.

5 Dadurch, daß erfindungsgemäß nur ein einziger optischer Impuls pro Meßwert übertragen und nur ein einziger Kennungsimpuls für eine Gruppe von mehreren Meßwerten benötigt wird, ergibt sich ein sehr geringer Energieverbrauch, welcher von einer
10 einzigen Lithium-Batterie über die gesamte Lebensdauer einer Meßeinrichtung zur Verfügung gestellt werden kann.

Die optische Übertragungsstrecke könnte eine Freistrahlstrecke sein. Vorzugsweise wird jedoch
15 ein einziger LWL verwendet, durch welchen die Meßwerte in zeitlicher Aufeinanderfolge übertragen werden. In der Empfangseinrichtung wird einer der Meßwerte mit Hilfe des Kennungsimpulses identifiziert.

20 Für die übrigen Meßimpulse ist keine Kennung erforderlich, da sie in stets gleichbleibender zyklischer Folge zum gekennzeichneten Meßwert übertragen werden. Für den Kennungsimpuls wird erfindungsgemäß keine zusätzliche
25 Übertragungszeit benötigt.

Wenn Meßwerte übertragen werden müssen, die im Bereich von Null bis zu einem Maximalwert liegen können, ist es vorteilhaft, daß zwei aufeinanderfolgend übertragene optische Meßimpulse im zeitlichen Abstand $t_0 + t_n'$ gesendet werden, wobei
30 die konstante Zeit t_0 größer als t_k und die Zeit t_n' vom Meßwert abhängig ist. Dann ist die minimal mögliche Länge der Zeit zwischen aufeinanderfolgenden Meßimpulsen mit Sicherheit größer als der Zeitabstand eines Kennungsimpulses vom vorhergehenden Meßimpuls, so daß empfangsseitig stets eine eindeutige Identifizierung des Kennungsimpulses erreichbar ist.

35 Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die originären Meßwerte in elektrische Rechteck-Signale umgewandelt werden, deren Dauer in vorbestimmter Weise von der Größe der Meßwerte abhängig ist, daß durch die Beendigung eines jeden Rechtecksignals der Beginn des Rechtecksignals des
40 nachfolgend gemessenen Meßwerts initiiert wird, und daß ein Kennungssignal mit einer konstanten Verzögerungszeit gegenüber dem Beginn eines einem vorbestimmten Meßsignal zugeordneten Rechtecksignals erzeugt wird. Dabei können die
45 Rechtecksignale nachfolgend durch Differenzierstufen in Nadelimpulse umgeformt werden, welche als Summensignal über eine gemeinsame Leitung einer Ansteuerstufe einer LED zugeführt werden.

Eine bevorzugte Ausführung der Erfindung, für welche nur ein geringer Aufwand an elektronischen Schaltungselementen erforderlich ist, ist dadurch gekennzeichnet, daß die nadelimpulsförmigen elektrischen Ausgangssignale des optischen Empfängers gegebenenfalls nach Verstärkung mittels einer Kippstufe in Rechteckimpulse umgewandelt werden, deren Dauer größer als die Verzögerungszeit t_k des Kennungsimpulses und kleiner als die Differenz aus einer minimal möglichen Meßzeit t_1 oder t_2 und der Verzögerungszeit t_k ist, daß diese Rechteckimpulse einem ersten Eingang eines ersten Und-Gatters zugeführt werden, während dem zweiten Eingang des ersten Und-Gatters das Eingangssignal der Kippstufe zugeführt wird, so daß am Ausgang des ersten Und-Gatters den Kennungsimpulsen phasengleiche Signale entstehen, und daß das invertierte Ausgangssignal der Kippstufe und das Eingangssignal der Kippstufe einem zweiten Und-Gatter zugeführt werden, an dessen Ausgang entsprechend dem Zeitabstand der Meßimpulse aufeinanderfolgende Signale entstehen.

Die Erfindung wird anhand der Beschreibung eines in der Zeichnung dargestellten vorteilhaften Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer zur Ausübung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten sendeseitigen Schaltung.

Figur 2 zeigt an bezeichneten Stellen der Figur 1 meßbare charakteristische Signalverläufe.

Figur 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer zur Ausübung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten empfangsseitigen Schaltung.

Figur 4 zeigt an bezeichneten Stellen der Figur 3 meßbare charakteristische Signalverläufe.

Mittels der in Figur 1 dargestellten Sendeeinrichtung werden die Größen zweier Meßwerte m_1 und m_2 (z.B. Druckwerte) mittels der kapazitiven Sensoren 1 und 2 abgetastet.

Die Sendeeinrichtung bildet aus den ermittelten Kapazitätswerten der Sensoren 1 und 2 schließlich optische Impulse 3, welche in den LWL geleitet und zur in Figur 3 dargestellten Empfangseinrichtung übertragen werden.

Ein kapazitiver Drucksensor besteht beispielsweise aus einem zylindrischen Grundkörper, an dessen Stirnseiten jeweils metallisierte Membranen angeordnet sind, deren Abstände zu Gegenelektroden sich druckabhängig ändern.

Die Sendeeinrichtung besteht aus einer Oszillatorstufe 4, einer Differenzier- und Dekodierstufe, welche die Differenzierstufen 5, 6 und 7 und ein monostabiles Flip-Flop 8 enthält, sowie einer optischen Sendestufe mit einer Lichtquelle, die vorzugsweise aus einer Halbleiterlaserdiode 10 besteht.

Von der Oszillatorstufe 4 werden Rechteckimpulse a und b erzeugt, wie sie in Figur 2 zeitabhängig dargestellt sind. Die zeitliche Länge t_1 eines jeden Impulses a enthält die Information über die Größe der Kapazität des Sensors 1 und somit über die Meßgröße m_1 . Die zeitliche Länge t_2 des Impulses b ist entsprechend ein Maß für den Meßwert m_2 .

Wesentlich ist, daß die Impulszeiten t_1 und t_2 ohne Pause unmittelbar aufeinanderfolgen. Das wird mittels der Oszillatorstufe 4 mit dem Fachmann bekannten und in der Zeichnung nur angedeuteten elektronischen Schmittmitteln bewirkt - (vergl. die ältere Anmeldung P 35 28 416.1). Dabei werden vornehmlich sich gegenseitig fortschaltende monostabile Kippstufen eingesetzt, deren Schaltzustandsdauer von den Ladezeiten der Sensorkapazitäten 1 und 2 abhängig ist. Die Rechteckimpulse a bzw. b werden durch die Differenzierstufen 5 bzw. 7 in Nadelstromimpulse umgewandelt (vergl. Fig. 2 Pulsfolgen d und e).

Zusätzlich wird vom monostabilen Flip-Flop 8 eine Rechteck-Impulsfolge c (Figur 2) zur Differenzierstufe 6 geleitet, an deren Ausgang eine Stromimpulsfolge f gemäß Figur 2 erscheint. Der Beginn der Impulse c ist um die Zeit t_k gegenüber dem Beginn des zu kennzeichnenden Impulses b verzögert. Die Verzögerungszeit t_k ist durch die Kapazität C_1 und dem Widerstand R_1 vorgebar. Sie muß kleiner sein als der minimal mögliche Wert der Zeiten t_1 und t_2 .

Damit auch solche Meßwerte meßbar und übertragbar sind, welche von Null bis zu einem Maximalwert variieren können, bestehen die Zeiten t_1 und t_2 (allgemein t_n) aus einer meßwertunabhängigen konstanten Zeit t_0 zuzüglich einer meßwertabhängigen variablen Zeit t_1' bzw. t_2' (allgemein t_n'). Also ist: $t_1 = t_0 + t_1'$ und $t_2 = t_0 + t_2'$.

Bei einer beliebigen Anzahl von zu übertragenden Meßwerten gilt $t_n = t_n' + t_0$. Dabei enthält die Zeit t_n' jeweils die Information über den n-ten Meßwert.

Im vorliegenden Fall ergibt sich die Festzeit t_0 dadurch, daß die Kapazitäten der Sensoren 1 und 2 bereits einen endlichen Wert haben, wenn die Meßgrößen m_1 und/oder m_2 den Wert Null aufweisen.

Die Dioden D1, D2 und D3 unterdrücken negative Signale, so daß am Steueranschluß des elektronischen Schalters 9 ein Spannungssummen-signal gemäß g nach Figur 2 anliegt, welches aus der Summe der nadelförmigen Signale d, e und f besteht. Beim Vorhandensein dieser nadelförmigen Signale wird die Lichtquelle über den Schalter 9 an die Gleichspannung U gelegt. Infolgedessen bildet die Lichtquelle 10 optische Nadelsignale 3, welche

die zeitliche Folge der Signale g nach Figur 2 aufweisen. Der Kondensator C2, der sich über den Ladewiderstand R2 vorher aufgeladen hatte, wird sehr schnell über die Lichtquelle entladen.

Der dabei auftretende kurzzeitige aber hohe Stromfluß durch die Lichtquelle erzeugt dann einen optischen Impuls. Während der langen Pausenzeiten zwischen zwei aufeinanderfolgenden Impulsen kann sich C2 dann wieder über R 2 aufladen. Der mittlere Stromverbrauch ist gering, weil die Lichtquelle nur kurzzeitig angeschlossen ist. Der für die Erzeugung hoher optischer Impulse benötigte Spitzenstrom wird dabei zur Verringerung der Belastung der Spannungsquelle dem Kondensator C2 entnommen.

Während die Lichtquelle von der unregelmäßigen Spannung einer Lithium-Batterie betrieben wird, ist zur Stromversorgung der Stufen 4 bis 8 eine durch eine nicht dargestellte Schaltung konstant geregelte Spannung U_0 erforderlich. Insgesamt wird für die Stromversorgung der gesamten Sendeeinrichtung nur ein mittlerer Strom von etwa 30 μ A benötigt.

Die gemäß g nach Figur 2 verlaufenden optischen Puls-Signale 3 werden auf die Photodiode II der in Figur 3 dargestellten Empfangseinrichtung geleitet, welche aus dem Photoverstärker I2 und einer Dekodiereinheit I3 besteht und schließlich Signale o und p (Figur 4) liefert, welche den ursprünglichen Signale a und b nach Figur 2 entsprechen. Die Ausgangssignale o und p werden gemeinsam mit Zwischensignalen k und l einer nicht dargestellten Auswerteschaltung zugeführt, an deren Ausgang dann beispielsweise eine der Differenz der Meßwerte ($m_1 - m_2$) proportionale Gleichspannung abgegeben wird. Eine solche Auswerteschaltung kann in dem Fachmann bekannter Weise aufgebaut sein, beispielsweise in der Weise, wie es in der älteren Anmeldung P 35 28 416.I beschrieben ist. Auf diese Weise kann beispielsweise eine Druckdifferenz eines Differenzdrucksensors direkt abgelesen werden.

Der Photodiode II des Photoverstärkers I2 ist ein Strom-Spannungswandler nachgeschaltet. Die Photodiode II erzeugt aus dem optischen Signal einen elektrischen Strom, der dann am Ausgang des Operationsverstärkers OPI als Spannungssignal erscheint. Mit dem Operationsverstärker OP2 wird dieses Signal h nochmals verstärkt. Darüberhinaus wird in dieser Stufe das Gleichsignal mit dem Kondensator C3 abgetrennt, damit der Dunkelstrom der Photodiode II und Offsetströme des Operationsverstärkers OPI keinen Einfluß haben. Mit der Zenerdiode D4 wird das Signal begrenzt, damit keine Übersteuerung vorkommen kann. Der Komparator K erzeugt dann ein TTL-kompatibles Pulssignal i (vergl. Figur 4). Mit den Widerständen R3 und R4 wird eine Referenz-

spannung erzeugt. Der Komparator K schaltet um, wenn das Eingangssignal größer als das Referenzsignal ist. Damit werden im Signal h enthaltene Störsignale unterdrückt, die kleiner als das Referenzsignal sind.

Das nadelimpulsförmige Ausgangssignal des Komparators K durchläuft nun die Dekodierschaltung I3. Dort wird aus den Nadelimpulsen das rechteckförmige Ursprungssignal regeneriert. Das Impulsdiagramm dieser Stufe zeigt Figur 4. Das monostabile Flip-Flop reagiert auf die abfallende Flanke der Nadelimpulse i des Komparators K. Die Pulszeit t_m des monostabilen Flip-Flops MFF muß größer als die Zeit t_k und kleiner als die Zeit t_2 sein. Das nichtinvertierte Ausgangssignal des monostabilen Flip-Flops MFF gelangt an das Gatter U1, an dem auch das Nadelimpulssignal anliegt. Das Gatter U1 sorgt dann dafür, daß jeweils nur der Zusatzpuls des Nadelimpulssignals weitergegeben wird. Dieses Signal gelangt dann an den Reset-Eingang des D-Flip-Flops DFF. Das invertierte Ausgangssignal des monostabilen Flip-Flops MFF gelangt an das Gatter U2. An dessen Ausgang erscheint das Nadelimpulssignal ohne den Zusatzpuls. Diese Signal wird nun auf den "Clock"-Eingang des D-Flip-Flops gegeben, das als bistabile Kippstufe arbeitet, also mit jedem Nadelimpuls umspringt. Am Ausgang Q des D-Flip-Flops erscheint dann ein Rechtecksignal, wobei die Pulszeit bei High-Pegel entsprechend der Pulszeit t_1 und damit der Sensorkapazität C1 und die Pulszeit bei Low-Pegel entsprechend C2 zugeordnet werden kann. Die einwandfreie Zuordnung erfolgt mit dem Zusatzpuls, der mit dem Gatter U1 ausgetastet wurde und am Reset-Eingang des D-Flip-Flops D-FF liegt. Dieser in der Zeit t_2 erscheinende Impuls erzwingt ein Rücksetzen des D-Flip-Flops, so daß am Ausgang Q während dieser Zeit ein Low-Pegel erscheint.

Die Erfindung wurde der einfacheren Darstellbarkeit wegen anhand der Beschreibung einer Übertragung von nur zwei Meßwerten erläutert. Ein vorteilhaftes Anwendungsbeispiel ist die Druckdifferenzmessung. Dabei ist es zur Einsparung von senderseitig benötigter Energie vorteilhaft, nicht den Wert der Druckdifferenz direkt zu übertragen, sondern die Einzeldruckwerte. Dann kann der Energieaufwand zur elektronischen Wandlung und Auswertung der Druckwerte zum Druckdifferenzwert empfangsseitig geliefert werden. Die dargestellten Schaltungen können in dem Fachmann geläufiger Weise abgewandelt werden, um mehr als zwei Meßwerte übertragen zu können, wobei auch dann nur ein Kennungsimpuls benötigt wird.

Ansprüche

1. Verfahren zur Übertragung von mindestens zwei Meßwerten mittels von einem optischen Sender über eine optische Übertragungsstrecke zu einem optischen Empfänger geleiteter Lichtimpulse, deren zeitlicher Abstand als Maß für den Meßwert ausgewertet wird,

dadurch gekennzeichnet, daß die Meßwerte - (m_1, m_2) in stets gleicher Reihenfolge unmittelbar zyklisch aufeinanderfolgend übertragen werden, daß je Meßwert ein optischer Meßimpuls übertragen wird, dessen zeitlicher Abstand (t_1, t_2) vom einem vorhergehenden Meßwert zugeordneten optischen Meßimpuls ein Maß für die Größe des Meßwerts bildet, und daß für jeden Zyklus von Meßwerten ein Kennungsimpuls übertragen wird, dessen zeitlicher Abstand (t_k) vom einem vorhergehenden Meßwert zugeordneten optischen Meßimpuls kleiner ist als der minimal mögliche zeitliche Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden optischen Meßimpulsen.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß zwei aufeinanderfolgend übertragene optische Meßimpulse im zeitlichen Abstand $t_0 + t_n'$ gesendet werden, wobei die konstante Zeit t_0 größer als t_k und die Zeit t_n' vom Meßwert abhängig ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, daß der Übertragungsweg durch einen einzigen Lichtwellenleiter (LWL) gebildet ist, in dessen Anfang von einer Lichtquelle, insbesondere Halbleiterlaserdioden 10 die Meßimpulse sowie der Kennungsimpuls gesendet und zu einem Photodetektor (11) geleitet werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die originären Meßwerte (m_1, m_2) in elektrische Rechteck-Signale - (a, b) umgewandelt werden, deren Dauer (t_1, t_2) in vorbestimmter Weise von der Größe der Meßwerte abhängig ist, daß durch die Beendigung eines jeden Rechteck-Signals (a bzw. b) der Beginn des Rechteck-Signals (a bzw. b) des nachfolgend gemessenen Meßwerts initiiert wird, und daß ein Kennungssignal (c, f) mit einer konstanten Verzögerungszeit t_k gegenüber dem Beginn des einem vorbestimmten Meßsignals (m_2) zugeordneten Rechteck-Signals (b) erzeugt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, daß die Rechteck-Signale (a, b, c) durch Differenzierstufen (5, 6, 7) in Nadelimpulse (d, e, f) umgeformt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet, daß die Nadelimpulse - (d, e, f) über eine gemeinsame Leitung einer Ansteuerstufe (9) einer LED oder einer Halbleiterdiode 10 zugeführt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die nadelimpulsförmigen elektrischen Ausgangssignale des optischen Empfängers (12) gegebenenfalls nach Verstärkung mittels einer Kippstufe (MMF) in Rechteckimpulse umgewandelt werden, deren Dauer t_m größer als die Verzögerungszeit t_k und kleiner als als die Differenz aus einer minimal möglichen Meßzeit t_1 oder t_2 und der Verzögerungszeit t_k ist, daß diese Rechteckimpulse (k) einem ersten Eingang eines ersten Und-Gatters (U1) zugeführt werden, während dem anderen Eingang des ersten Und-Gatters das Eingangssignal (i) der Kippstufe - (MMF) zugeführt wird, so daß am Ausgang des ersten Und-Gatters (U1) den Kennungsimpulsen (f) phasengleiche Signale (m) entstehen, und daß das invertierte Ausgangssignal (l) und das Eingangssignal (i) der Kippstufe (MMF) einem zweiten Und-Gatter (U2) zugeführt werden, an dessen Ausgang entsprechend dem Zeitabstand der Meßimpulse aufeinanderfolgende Nadelsignale (n) entstehen.

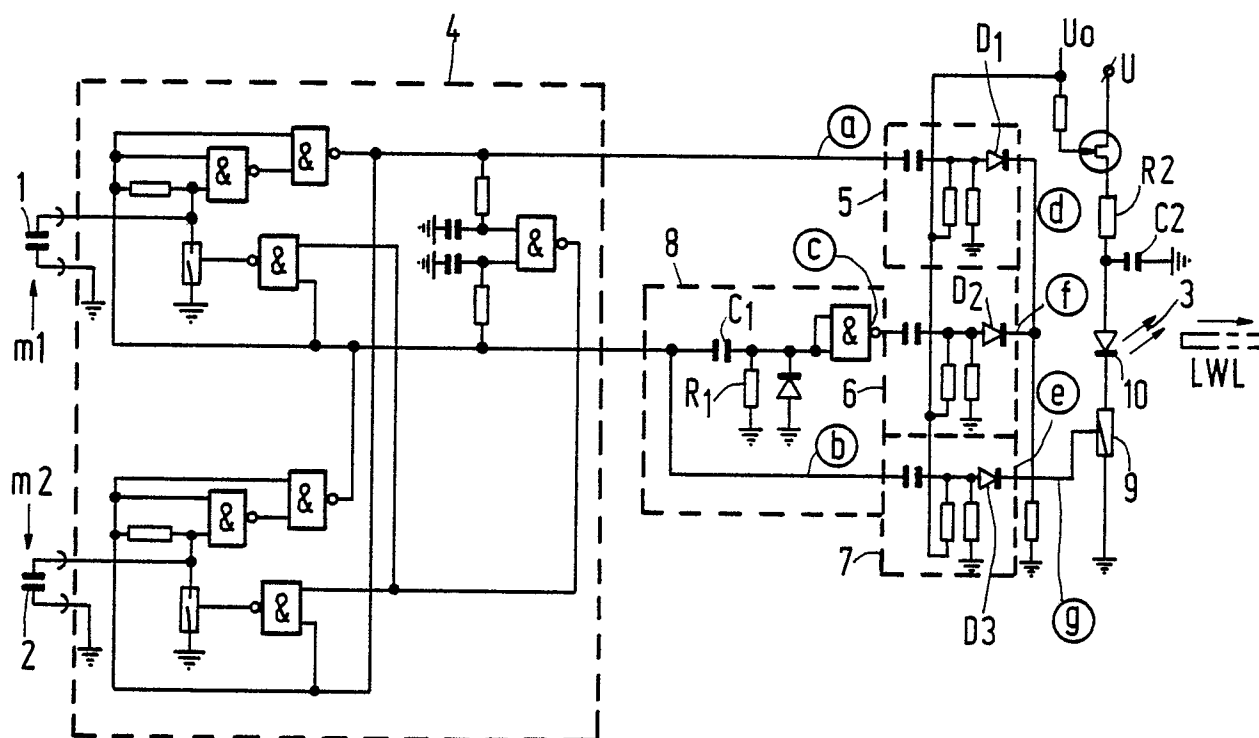


FIG. 1

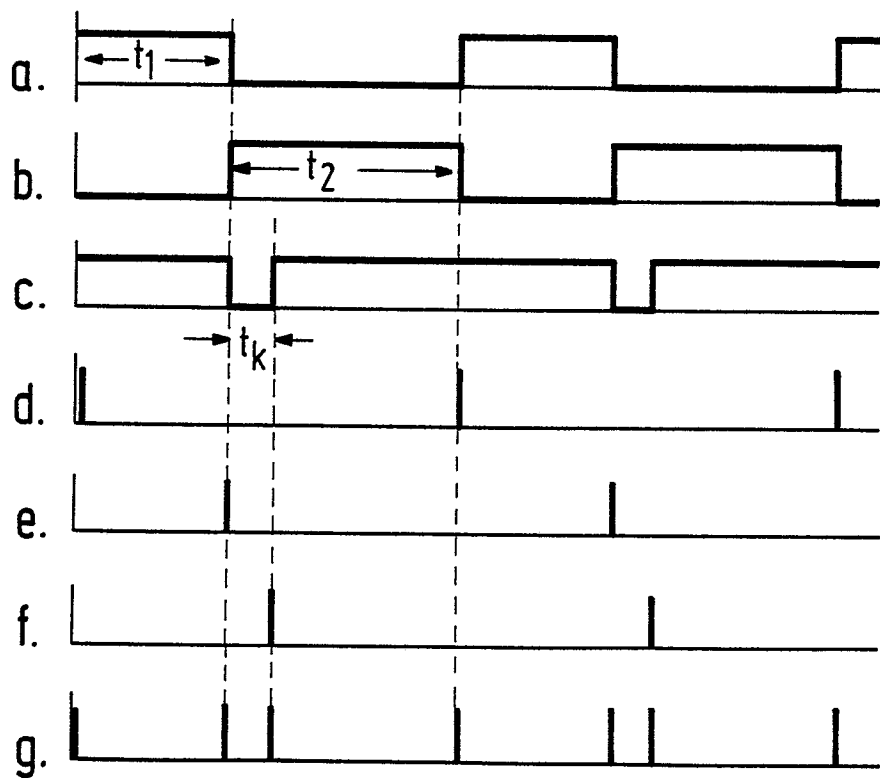


FIG. 2

