



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 289 610 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) G 01 S 17/08

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD G 01 S / 291 417 8	(22)	16. 06. 86	(44)	02. 05. 91
(71)	siehe (73)				
(72)	Jünemann, Otto, Dipl.-Ing., DE				
(73)	Carl Zeiss JENA GmbH, Carl-Zeiss-Straße 1, O - 6900 Jena, DE				

(54) Laserentfernungsmesser

(55) Laserentfernungsmesser; Entfernungsmesser; Nahfeldreflexion

(57) Die Erfindung betrifft einen Laserentfernungsmesser nach dem Prinzip der Einzelimpuls-Laufzeitermittlung. Ziel ist ein Laserentfernungsmesser, der mit relativ geringem technischen Aufwand die sehr genaue Entfernungsbestimmung von bewegten oder unbewegten Objekten ermöglicht. Es liegt die Aufgabe zugrunde einen Laserentfernungsmesser zu schaffen, der in der Lage ist, aus dem Einzelimpuls Informationen über die Laserausgangsenergie sowie über die Dämpfung durch die Luftstrecke zu gewinnen und bei der Meßwertermittlung zu berücksichtigen. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß neben den üblicher Weise vorhandenen Startsignal- und Stoppsignalempfängern ein zusätzlicher Nahfeldreflexions-Empfänger vorgesehen und mit dem ersten Eingang eines Integrators verbunden ist, daß der Startsignalempfänger über einen Spitzenwertdetektor mit einem Dividierer und direkt mit einem Schwellwertschalter verbunden ist, dessen Ausgang verzweigt an einem Signalgenerator, am ersten Eingang der Zeitintervall-Meßschaltung und über einen Zeitgeber am zweiten Eingang des Integrators anliegt, daß der Ausgang des Integrators mit dem zweiten Eingang des Dividierers verbunden ist sowie die Ausgänge von Dividierer und Signalgenerator an je einem Eingang eines Multiplizierers anliegen. Der Multiplizierer gibt eine Stellgröße für die Empfindlichkeit des Stoppsignalempfängers und des Verstärkungsfaktors für die Empfangssignalverstärkung ab.

Erfindungsanspruch:

1. Laserentfernungsmesser nach dem Prinzip der Laufzeitermittlung eines Lichtimpulses mit mehreren Empfangskanälen, von denen ein erster Kanal einen optoelektronischen Wandler als Startsignalempfänger und ein zweiter Kanal einen optoelektronischen Wandler als Stoppsignalempfänger aufweist und mit einer Zeitintervall-Meßschaltung, der eine Anzeigeeinheit nachgeschaltet ist, **gekennzeichnet dadurch**, daß in einem dritten Kanal ein optoelektronischer Wandler als Nahfeldreflektionsempfänger (6) vorgesehen ist, dessen Ausgang mit dem ersten Eingang eines Integrators (10) verbunden ist, daß der Ausgang des Startsignalempfängers (4) über einen Spitzenwertdetektor (11) am ersten Eingang eines Dividierers (12) anliegt und mit dem Eingang eines Schwellwertschalters (13) verknüpft ist, daß der Ausgang des Schwellwertschalters (13) am Eingang eines Signalgenerators (14) und an einem ersten Eingang der Zeitintervall-Meßschaltung (15) anliegt sowie über einen Zeitgeber (16) mit dem zweiten Eingang des Integrators (10) verknüpft ist, daß der Ausgang des Integrators (10) mit dem zweiten Eingang des Dividierers (12) verbunden ist und die Ausgänge des Dividierers (12) und des Signalgenerators (14) an je einem Eingang eines Multiplizierers (18) anliegen, daß der Ausgang des Multiplizierers (18) am Steuereingang eines Signalverstärkers (19) anliegt und der Ausgang des Stoppsignalempfängers (8) über den Signalverstärker (19) mit einem zweiten Eingang der Zeitintervall-Meßschaltung (15) verbunden ist.
2. Laserentfernungsmesser nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Stoppsignalempfänger (8) eine Einrichtung zur Empfindlichkeitssteuerung aufweist, deren Eingang ebenso wie der Steuereingang des Signalverstärkers (19) mit dem Ausgang des Multiplizierers (18) verbunden ist.
3. Laserentfernungsmesser nach Punkt 1 oder 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß im Signalweg zwischen Nahfeldreflexions-Empfänger (6) und Integrator (10) ein Verstärker (9) vorgesehen ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft einen Laserentfernungsmesser, der nach dem Prinzip der Laufzeitermittlung eines Lichtimpulses arbeitet und zur hochgenauen Bestimmung der Entfernung von bewegten oder unbewegten Objekten geeignet ist.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es sind bereits Laserentfernungsmesser bekannt, die aus der Laufzeit eines Lichtimpulses eine Information über die Entfernung eines rückstreuenden Objektes gewinnen. Dabei besteht ein wesentliches Problem der Informationsgewinnung darin, daß die Genauigkeit, mit der Laufzeit und Empfangsamplitude sowie der zeitliche Verlauf des Impulses bestimmt werden können, von der Aussteuerungsfähigkeit des optischen Empfängers und dem nachgeschalteten Verstärker abhängig sind. Meßgenauigkeiten ergeben sich z. B. aus dem funktionellen Zusammenhang zwischen der Steilheit der zeitsignifikanten Flanke des verstärkten Empfangsimpulses und der Amplitude des optischen Eingangssignals, wodurch sich der Empfangszeitpunkt bei festgelegtem Schwellwert am Verstärkerausgang in Abhängigkeit von der Amplitude ändert. Außerdem verzerren übersteuerte Empfangssysteme den Impuls, so daß seine Amplitude und sein zeitlicher Verlauf nicht auswertbar sind.

Das fällt um so mehr ins Gewicht, je größer die Dynamik des optischen Empfangsimpulses ist. Sie ergibt sich aus dem Verhältnis vom größten zu messenden zum kleinsten (durch Rauschen begrenzt) meßbaren Empfangsimpuls. Die Empfangsamplitude nimmt ungefähr proportional dem Quadrat der Entfernung ab, so daß bei der Messung zwischen 100m und 10km mit einer Dynamik von 10^4 gerechnet werden muß. Sind der Verstärkungsfaktor des Impulsverstärkers und die Empfindlichkeit des Empfängers für weit entfernte Ziele ausgelegt und konstant, würde das Empfangssystem schon durch Ziele, die wenig näher sind als das Ziel, das gerade noch erkennbar ist, übersteuert.

Um Übersteuerungen zu vermeiden, werden nach dem Stand der Technik die Empfindlichkeit des Empfängers, der Verstärkungsfaktor des Empfangsverstärkers oder die Ausgangsenergie verändert. In der DE-OS 3041 272 (G 01 S 13/10, Elektronischer Entfernungsmesser) wird z. B. vorgeschlagen, den Verstärkungsfaktor des Empfangsverstärkers, gesteuert durch den digitalen Entfernungszähler, quadratisch mit der Entfernung zu vergrößern. Zwischen Zähler und Verstärker ist ein D/A-Wandler geschaltet, der von einem Festwertspeicher beeinflusst wird.

Der Nachteil dieser Lösung besteht darin, daß die Entfernungsmessung mit dieser Einrichtung nach wie vor relativ ungenau ist, da bei der Einstellung des Verstärkungsfaktors weder die Laserausgangsenergie noch atmosphärische Einflüsse (z. B. Sichtweite) berücksichtigt werden.

Die Dynamik des Empfangssignals wird nicht nur von der Zielentfernung, sondern auch von der Laserausgangsenergie und der Dämpfung durch die Luftstrecke bestimmt. Die Ausgangsenergie kann von Messung zu Messung in der Größenordnung 10^0 schwanken, und die Dynamik aufgrund der unterschiedlichen Dämpfung durch die Luftstrecke kann (für Laser mit Wellenlängen im sichtbaren optischen Bereich) 10^3 betragen.

Damit ergibt sich insgesamt ein Dynamikbereich des optischen Eingangsimpulses von etwa 10^{10} .

Mit der DE-OS 3028300 (G 01 S 7/48, Verfahren und Vorrichtung zum korrigieren meteorologischer Fehler) wird zwar vorgeschlagen, meteorologische Größen, die die Meßgenauigkeit beeinflussen (Temperatur, Druck, Feuchtigkeit wirken auf den Brechungsindex und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes), zu ermitteln und die Messung entsprechend zu korrigieren, jedoch sind dazu Meßwertaufnehmer (Temperatur, Druck- und Feuchtigkeitssensoren) an mehreren Stellen der Meßstrecke, Mittel zur Informationsübertragung sowie umfangreiche Informationsverarbeitungseinrichtungen vorgesehen. Nachteilig ist hierbei der hohe technische Aufwand.

Die OE-PS 307762 (G 01 C 3/06; Verfahren und Einrichtung zur Entfernungsmessung) sieht vor, die Sendeamplitude in Abhängigkeit von der Empfangsamplitude nachzuregeln. Dazu ist jedoch eine Laserimpulsfolge erforderlich. Für die genaue Entfernungsermittlung anhand eines einzelnen Impulses ist dieser Vorschlag nicht geeignet.

Zusammengefaßt besteht der Nachteil des Standes der Technik darin, daß eine genaue Entfernungsmessung aus der Laufzeit eines Einzelimpulses nicht möglich ist, da die bekannten Mittel nicht in der Lage sind, aus dem Einzelimpuls Informationen über Laserausgangsenergie und meteorologische Bedingungen zu gewinnen und bei der Meßwertermittlung zu berücksichtigen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist ein Laserentfernungsmesser, der mit geringem technischen Aufwand die sehr genaue Bestimmung der Entfernungen von bewegten oder unbewegten Objekten ermöglicht.

Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Laserentfernungsmesser auf der Basis des Einzelimpuls-Laufzeit-Meßprinzips zu schaffen, der in der Lage ist aus dem Einzelimpuls Informationen über die Laserausgangsenergie sowie über die Dämpfung durch die Luftstrecke aufgrund der meteorologischen Bedingungen zu gewinnen und bei der Meßwertermittlung zu berücksichtigen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe für einen Laserentfernungsmesser nach dem Prinzip der Laufzeitermittlung eines Lichtimpulses mit mehreren Empfangskanälen, von denen ein erster Kanal einen optoelektronischen Wandler als Startsignalempfänger und ein zweiter Kanal einen optoelektronischen Wandler als Stoppsignalempfänger aufweist und mit einer Zeitintervall-Meßschaltung, der eine Anzeigeeinheit nachgeschaltet ist dadurch gelöst, daß in einem dritten Kanal ein optoelektronischer Wandler als Nahfeldreflexions-Empfänger vorgesehen ist, daß der Ausgang des Startsignalempfängers über einen Spitzenwertdetektor im ersten Eingang eines Dividierers anliegt und mit dem Eingang eines Schwellwertschalters verknüpft ist, daß der Ausgang des Schwellwertschalters am Eingang eines Signalgenerators und einem ersten Eingang der Zeitintervall-Meßschaltung anliegt sowie über einen Zeitgeber mit dem zweiten Eingang des Integrators verknüpft ist, daß der Ausgang des Integrators mit dem zweiten Eingang des Dividierers verbunden ist und die Ausgänge des Dividierers und des Signalgenerators an je einem Eingang eines Multiplizierers anliegen, daß der Ausgang des Multiplizierers am Steuereingang eines Signalverstärkers anliegt und der Ausgang des Stoppsignalempfängers über den Signalverstärker mit einem zweiten Eingang der Zeitintervall-Meßschaltung verbunden ist.

Der Stoppsignalempfänger sollte vorteilhafter Weise eine Einrichtung zur Empfindlichkeitssteuerung aufweisen, deren Eingang ebenso wie der Steuereingang des Signalverstärkers mit dem Ausgang des Multiplizierers verbunden ist.

Im Signalweg zwischen dem Nahfeldreflexionsempfänger und dem Integrator kann ein Verstärker vorgesehen sein. Der Ausgang des Dividierers kann verzweigt sein und die Abzweigung am Eingang einer Sichtweiten-Meßschaltung aus dem Nahfeldreflexions-Signal anliegen.

Zur Ermittlung des Entfernungsmeßwertes wird zunächst ein Teil der Strahlungsenergie des ausgesendeten Impulses aus dem Strahlengang ausgekoppelt (z. B. über Ankoppelspiegel), dem Startsignalempfänger zugeführt und mittels Spitzenwertdetektor bezüglich seiner Amplitude bewertet. Gleichzeitig und in der Anstiegsflanke des Impulses über den Schwellenwertschalter der Startzeitpunkt für die Zeitintervall-Meßschaltung und für den Zeitgeber abgeleitet sowie die von der Entfernung des Zieles abhängige Dynamikkomponente generiert (Signalgenerator).

Mit dem Nahfeldreflexionsempfänger wird die Reflexion an der Luftstrecke detektiert, wobei der Zeitgeber das Zeitintervall festlegt, in dem die Dämpfung durch die Luftstrecke gemessen wird. Während dieses Zeitintervalls wird das vom Nahfeldreflexionsempfänger aufgenommene Signal integriert (Integrator) und dann mittels Dividierer von der aktuell ausgesendeten Laseramplitude normiert. Ausgangssignal des Dividierers ist ein Amplitudenwert innerhalb der Dynamikkomponente, die von der Dämpfung beeinflusst wird.

Beide Dynamikkomponenten, die entfernungs- und die dämpfungsabhängige, werden miteinander multipliziert (Multiplizierer). Das Produkt dient als Stellgröße zur Anpassung des Verstärkungsfaktors des Signalverstärkers, so daß eine Übersteuerung ausgeschlossen wird.

Die Vorteile dieser Lösung bestehen darin, daß aus einem Einzelimpuls Informationen über die Laserausgangsenergie und Dämpfung durch die Luftstrecke gewonnen und bei der Ermittlung des Entfernungsmeßwertes berücksichtigt werden. Dadurch ist bei geringem technischen Aufwand eine sehr genaue Bestimmung der Entfernungen von bewegten oder unbewegten Objekten möglich.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel erläutert werden. In den dazugehörigen Zeichnungen zeigt

Fig. 1: das Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Lösung.

Ein vom Laser 1 in die Richtung 2 abgegebener Lichtimpuls wird von einem Auskoppelspiegel 3 teilweise auf einen Startsignalempfänger 4, vom Nahfeld teilweise auf einen Nahfeldreflexions-Empfänger 6 und vom Meßobjekt 7 auf einen Stoppsignalempfänger 8 abgelenkt. Der Ausgang des Nahfeldreflexionsempfängers 6 ist über einen Verstärker 9 mit dem ersten Eingang eines Integrators 10 verbunden. Der Ausgang des Startsignalempfängers liegt über einem Spitzenwertdetektor 11 am ersten Eingang eines Dividierers 12 an und ist zugleich mit dem Eingang eines Schwellwertschalters 13 verknüpft, dessen Ausgang am Eingang eines Signalgenerators 14 und dem ersten Eingang einer Zeitintervall-Meßschaltung 15 anliegt und zugleich über einen Zeitgeber 16 mit einem zweiten Eingang des Integrators 10 verbunden ist.

Zeitintervall-Meßschaltungen sind in der Technik hinreichend bekannt; vorteilhaft läßt sich hier die in der DE-AS 2855819 beschriebene „Zeitintervall-Meßeinrichtung“ verwenden, der eine Anzeigeeinheit 17 zur Darstellung des Entfernungsmeßwertes nachgeschaltet wird.

Der Ausgang des Integrators 10 ist mit dem zweiten Eingang des Dividierers 12 verknüpft und die Ausgänge des Dividierers 12 und des Signalgenerators 14 liegen an je einem Eingang eines Multiplizierers 18 an, dessen Ausgang mit dem Steuereingang eines Signalverstärkers 19 und dem Steuereingang des Stoppsignalempfängers 8 (z.B. Avalanche-Diode) verbunden ist. Der Ausgang des Stoppsignalempfängers 8 ist über den Signalverstärker 19 mit einem zweiten Eingang der Zeitintervall-Meßschaltung verknüpft.

Beim Betreiben des Laserentfernungsmessers wird das vom Startsignalempfänger 4 aufgenommene Signal mittels Spitzenwertdetektor 11 bezüglich seiner Amplitude bewertet; gleichzeitig wird von der Anstiegsflanke des Sendeimpulses über Schwellwertschalter 13 der Startzeitpunkt für die Zeitintervall-Meßschaltung 15 und den Zeitgeber 16 abgeleitet und über den Signalgenerator ein von der Impulslaufzeit bzw. der Entfernung des Meßobjektes abhängiger Wert gewonnen, der als erstes Stellsignal zur Anpassung Empfangssystems an den zu erwartenden Dynamikbereich des Empfangssignales dient. Dieses Stellsignal vergrößert sich in Abhängigkeit von der Impulslaufzeit so, daß die etwa quadratische Abnahme der Impulsintensität mit zunehmender Impulslaufzeit berücksichtigt wird. Das ist z.B. mit den in der DE-OS 3041 272 vorgeschlagenen Mitteln (digitaler Entfernungszähler, Festwertspeicher „Quadrat“) realisierbar.

Das vom Nahfeldreflexions-Empfänger 6 abgegebene Signal gelangt verstärkt (Verstärker 9) zum Integrator 10 und wird hier während eines vom Zeitgeber 16 vorgegebenen Zeitintervalles integriert. Dieses Signal ist abhängig von der Reflexion des Impulses an Teilchen in der Luft im Nahfeld des Lasers, wobei sich das Nahfeld bis zum Meßobjekt erstrecken kann. Der zeitliche Verlauf der Nahfeldreflexion, insbesondere ihr Maximum, ist ein Maß für die Dämpfung durch die Luftstrecke. Das mit dem Zeitgeber 16 vorzugebende Zeitintervall ist dabei so einzustellen, daß die Integration des Signals zeitlich vor dem Eintreffen des vom Meßobjekt reflektierten Impulses am Stoppsignalempfänger abgeschlossen ist.

Die vom Spitzenwertdetektor 11 und vom Integrator 10 abgegebenen Werte werden dem Dividierer 12 zugeführt, mit dem der Wert der Nahfeldreflexion auf die Minimalamplitude des Lasers normiert wird. Das Ergebnis das am Ausgang des Dividierers 12 verfügbar ist und dem Multiplizierer 18 zugeführt wird, dient als zweites Stellsignal zur Anpassung des Empfangssystems an den zu erwartenden Dynamikbereich des Empfangssignales.

Beide Stellsignale werden miteinander multipliziert (Multiplizierer 18). Das Ergebnis wird als Stellgröße zur Anpassung der Empfindlichkeit des Stoppsignalempfängers 8 und des Verstärkungsfaktors des Signalverstärkers 19 an die Amplitude des zu erwartenden Empfangssignales.

Auf diese Weise ist es möglich, das Empfangssystem über einen großen Dynamikbereich dem Empfangssignal anzupassen und exakt auswertbare Impulse für genaue Entfernungsmessungen zu erhalten.

Da aufgrund der Forderung, daß die aktuelle Stellgröße feststehen muß, bevor das Empfangssignal detektiert wird, kann bei entsprechender Modifizierung des Ausführungsbeispiels als Nahfeldreflexions- und Stoppsignalempfänger lediglich ein optoelektronischer Wandler bei entsprechender Umschaltung verwendet werden.

Des weiteren ist es denkbar, die aus dem zeitlichen Verlauf der Nahfeldreflexion gewinnbaren Schlußfolgerungen als jeweils mögliche maximale Meßentfernung oder Sichtweite gesondert anzuzeigen.

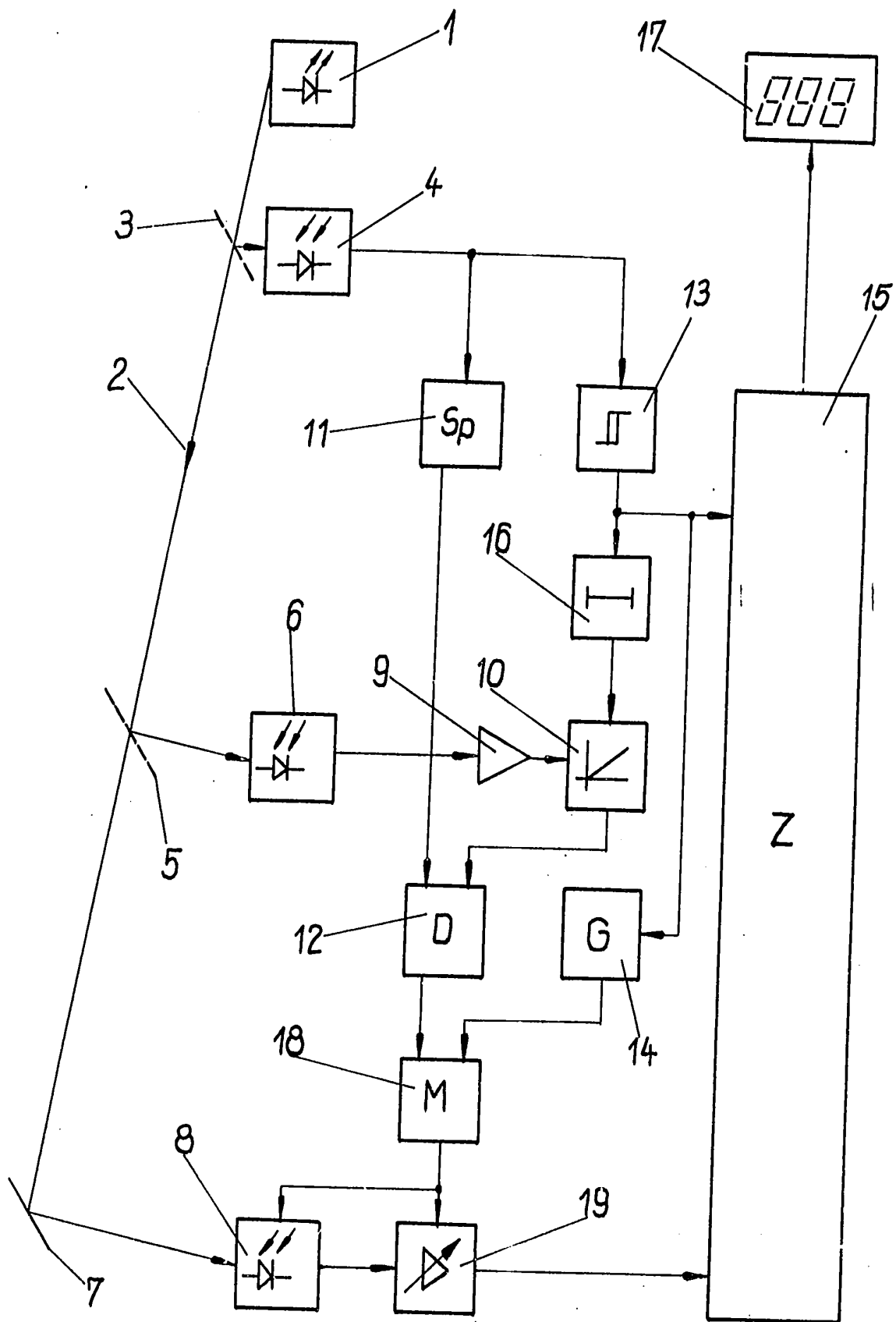


Fig. 1