

PATENTAMT der DDR

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 S / 325 455 2

(22) 02.02.89

(44) 20.06.90

(71) VEB Carl Zeiss JENA, Carl-Zeiss-Straße 1, Jena, 6900, DD

(72) Marold, Thomas, Dipl.-Phys.; Wendt, Harry, Dipl.-Phys.; Maschke, Günter, Dipl.-Ing., DD

(54) Verfahren und Anordnung zur Zeitmessung, insbesondere zur Entfernungsmessung nach dem Laufzeitprinzip

(55) Zeitmessung; Entfernung; Laufzeitprinzip; Zählung; Zählimpulse; Torschaltur; Lichtimpulse; Frequenz; Interpolation; Entfernungsauflösung
 (57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Ausmessung von Zeitintervallen, insbesondere für die Entfernungsmessung nach dem Laufzeitprinzip, bei denen mit einer relativ niedrigen Zählfrequenz f und Zahl von Einzelmessungen N ohne Verwendung einer Interpolationsschaltung eine Entfernungsauflösung im Zentimeterbereich erhalten wird.
 Figur

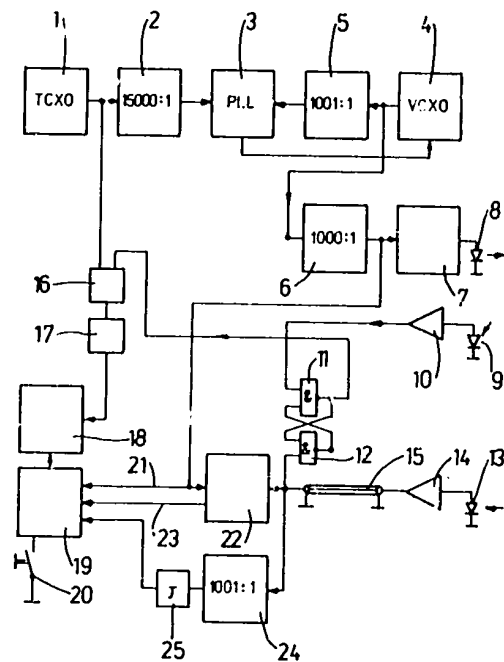


Fig.

Patentanspruch:

1. Verfahren zur Zeitmessung, insbesondere zur Entfernungsmessung nach dem Laufzeitprinzip, indem ein Meßwert durch Bestimmung der Zeitdifferenz zwischen dem Aussenden und Empfangen eines, von einem Zielpunkt reflektierten Lichtimpulses mittels einer Torschaltung durch Zählung der Zählimpulse einer Frequenz erhalten wird, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Schaltzeitpunkte für das Aussenden der Lichtimpulse gegenüber einem ersten Zählimpuls durch eine nicht ganzzahlige Teilung aus einer Zährefrequenz f gewonnen werden, daß in einem für die Messung benutzten Zeitabschnitt mit N -Messungen die Phasenlage der Lichtimpulse zur Periode der Zährefrequenz N - voneinander verschiedene, zur Zählperiode in der Phasenlage gleichverteilte, sich erst nach N -Messungen wiederholende Werte annimmt, und daß der Meßwert der Mittelwert der durch Auszählen mit der Zährefrequenz f bestimmten Torzeiten ist.
2. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, umfassend einen Teiler sowie eine PLL-Schaltung zur Erzeugung der Schaltzeitpunkte für das Aussenden der Lichtquelle, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Zährefrequenz f und der Torimpuls in einem Digitalgatter 16 zusammengeführt werden, daß das Empfangssignal in einer optischen und/oder elektrischen Verzögerungsleitung 15 so weit verzögert wird, daß der Torimpuls eine Mindestlänge hat und daß bei Überschreitung einer maximalen Torzeit bei einer der N -Einzelmessungen die Messung abgebrochen und mit dem nächsten Impuls neu gestartet wird.
3. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Zährefrequenz f und der Torimpuls in einem Summenbildner mit anschließender Triggierung zusammengeführt werden.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ausmessung von Zeitintervallen, insbesondere für die Entfernungsmessung nach dem Laufzeitprinzip und eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens. Sie ist vorteilhaft anwendbar für Entfernungsmesser zu Vermessungszwecken, bei denen die Entfernung zum Zielpunkt während der Meßzeit konstant bleibt.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es ist bekannt, daß bei Entfernungsmessern, die nach dem Laufzeitprinzip arbeiten, während der Zeit zwischen dem Aussenden eines Lichtimpulses und dem Eintreffen des von einem Ziel reflektierten Lichtimpulses, ein Tor für die Zählung von Zählimpulsen einer Frequenz f geöffnet und diese Zeit dadurch bestimmt wird.

Die Entfernungsauflösung Δs wird dann nach der Beziehung $\Delta s = \frac{c}{2f}$ ermittelt, wobei c die Lichtgeschwindigkeit ist. Durch den großen Wert von c ist für die Erzielung einer Auflösung von beispielsweise 1 cm eine Zährefrequenz von 15 GHz erforderlich, deren Handhabung einen großen Aufwand erfordert. Aus der EP-PS 76232 ist bekannt, die Schaltzeitpunkte für das Aussenden der Lichtimpulse in mit der Zährefrequenz nicht korrelierter Weise zu erzeugen, wo mit sich durch eine Mittelung von N -Messungen die Entfernungsauflösung steigern läßt. Es besteht die Beziehung für die Entfernungsauflösung $\Delta s = \frac{c}{2f\sqrt{N}}$. Nachteilig bei

diesem Verfahren ist die große Anzahl der Einzelmessungen, beispielsweise für $f = 15 \text{ MHz}$ als guthandhabende Zährefrequenz und $\Delta s = 1 \text{ cm}$ sind eine Million Wiederholungsmessungen erforderlich, was zu einer langen Meßzeit führt. Es ist weiterhin bekannt, eine höhere Auflösung durch eine Interpolation zu erzielen, indem die Teile der Toröffnungszeit zwischen dem Startimpuls und dem ersten Zählimpuls sowie zwischen dem Stopimpuls und dem nächsten Zählimpuls in Zeit/Amplitudenwandlern in Spannungswerte umgewandelt und anschließend digitalisiert werden. Diese technischen Lösungen benötigen einen erhöhten Aufwand zur Interpolation. In der DE-OS 3215847 wird das Startsignal zunächst phasenstarr zur Zährefrequenz erzeugt und anschließend sowohl das Start- als auch das Stoppsignal jeweils einer Verzögerungskette aus seriell hintereinandergeschalteten Verzögerungsgliedern zugeführt. Bei jeder Einzelmessung wird dann eine andere Verzögerung vor den Zeit/Amplitudenwandler geschaltet, um die Messungen über seine Kennlinie gleichmäßig zu verteilen und dadurch den Einfluß von Nichtlinearitäten des Interpolators zu vermindern. Aus der DE-OS 3322 145 ist bekannt, daß durch Frequenzmischung ein Startsignal erzeugt werden kann, daß ebenfalls gewährleistet, daß die Interpolationswerte gleichmäßig über die Kennlinie des Interpolators verteilt sind, um Kennlinienabweichungen auszumitteln.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist ein technisch-ökonomisch einfaches Verfahren und eine Anordnung zur Zeitmessung, vorzugsweise zur Entfernungsmessung nach dem Laufzeitprinzip, die die Nachteile des Standes der Technik beseitigen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Anordnung zur Laufzeitmessung so zu gestalten, daß mit einer relativ niedrigen Zählfrequenz, bei einer nicht zu großen Anzahl von Einzelmessungen ohne eine zusätzliche Interpolationsschaltung mit einer digital arbeitenden Schaltungsanordnung eine hinreichende Entfernungsauflösung nach der

Beziehung $\Delta s = \frac{c}{2fN}$ erreicht wird.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe mit einem Verfahren zur Zeitmessung, insbesondere zur Entfernungsmessung nach dem Laufzeitprinzip, indem ein Meßwert durch Bestimmung der Zeitdifferenz zwischen dem Aussenden und Empfangen eines, von einem Zielpunkt reflektierten Lichtimpulses mittels einer Torschaltung durch Zählung der Zählimpulse einer Frequenz erhalten wird, dadurch gelöst, daß die Schaltzeitpunkte für das Aussenden der Lichtimpulse gegenüber einem ersten Zählimpuls durch eine nicht ganzzahlige Teilung aus einer Zählfrequenz f gewonnen werden, daß in einem für die Messung benutzten Zeitabschnitt mit N -Messungen die Phasenlage der Lichtimpulse zur Periode der Zählfrequenz N - voneinander verschiedene, zur Zählperiode in der Phasenlage gleichverteilte, sich erst nach N -Messungen wiederholende Werte annimmt und daß der Meßwert der Mittelwert, der durch Auszählen mit der Zählfrequenz f bestimmten N -Torzeiten ist. Bei einer Anordnung zur Durchführung des Verfahrens, umfassend einen Teiler sowie eine PLL-Schaltung, zur Erzeugung der Schaltzeitpunkte für das Aussenden der Lichtimpulse wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Zählfrequenz f und der Torimpuls in einem Digitalgatter 16 zusammengeführt werden und das Empfangssignal in einer optischen und/oder elektrischen Verzögerungsleitung 15 so weit verzögert wird, daß der Torimpuls eine Mindestlänge hat, daß bei Überschreitung einer maximalen Torzeit bei einer der N -Einzelmessungen die Messung abgebrochen und mit dem nächsten Impuls neu gestartet wird. Vorteilhaft ist es auch, wenn die Zählfrequenz f und der Torimpuls in einem Summenbildner mit anschließender Triggerung zusammengeführt werden.

Durch die Erfindung ist es möglich, ohne eine spezielle Interpolationsschaltung und ohne eine große Anzahl von Einzelmessungen eine Entfernungsauflösung von einem Zentimeter zu erreichen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Anordnung zur Zeitmessung. Ein temperaturkompensierter Quarzoszillator 1 erzeugt eine

Zählfrequenz f , die entsprechend der Beziehung für die Entfernungsauflösung $\Delta s = \frac{c}{2f}$ bei 10 m etwa 15 MHz beträgt. Diese

Frequenz wird in einem Teiler 2 um den Faktor 15000:1 heruntergeteilt. Der Teiler 2 ist mit einer PLL-Schaltung 3 und diese wiederum über einen spannungsgesteuerten Quarzoszillator 4 mit einem Teiler 5 verbunden, der das Teilverhältnis 1001:1 hat. Die Schaltung 3 vergleicht das Ausgangssignal des Teilers 5 mit dem des Teilers 2 und hält damit den Oszillator 4 auf der 1001fachen Frequenz des Ausgangssignals des Teilers 2. Der Oszillator 4 ist mit einem Teiler 6, der das Teilverhältnis 1000:1 hat, verbunden, so daß das Gesamtteilverhältnis vom Oszillator 1 zum Ausgang des Teilers 6 1,001/15000 beträgt. Das Ausgangssignal des Teilers 6 hat gegenüber dem Signal des Oszillators 1 die Eigenschaft, daß sich seine Phasenlage während $N = 1001$ Impulsen am Teiler 6 gegenüber der Phase des Oszillators 1 nicht wiederholt. Die Phasenlage der 1001 aufeinanderfolgenden Impulse ist innerhalb der Periode des Oszillators 1 gleichmäßig verteilt. Dabei werden die Versetzungsbeträge vom ganzzahligen Vielfachen einer Oszillatorschwingung vernachlässigt. Der Teiler 6 steuert über eine Sendeelektronik 7 eine Sendediode 8 an, die kurze Lichtimpulse über eine bekannte, nicht näher dargestellte Optik zu einem Zeitpunkt und von diesem über eine ebenfalls nicht dargestellte, bekannte Optik zu einem Empfänger 13 und weiterhin über einen ebenfalls nicht näher dargestellten, bekannten Referenzlichtweg zu einem Referenzempfänger 9 sendet. Der Empfänger 9 ist über eine Verstärker- und Impulsformereinheit 10 mit einem, aus einem Gatter 11 und 12 bestehenden Flipflop verbunden. Bei Auslösung eines Sendepulses an der Sendediode 8 wird dieser direkt vom Empfänger 9 empfangen und das Flipflop gekippt. Der Empfänger 13 ist ebenfalls über eine Verstärker- und Impulsformereinheit 14 sowie die Verzögerungsleitung 15 mit dem Flipflop 11/12 verbunden und setzt dieses zurück. Dabei wird durch die elektrische Verzögerungsleitung 15 die Zeit, die der Ausgang des Gatters 11 auf High-Potential liegt (Torzeit) auf einen für die Anordnung erforderlichen Mindestwert verlängert. Die Verzögerung kann auch durch eine optische Lichtleitfaser vor dem Empfänger 13 bewirkt werden. Der Ausgang des Gatters 11 sowie das Oszillatorsignal 1 mit der Zählfrequenz f werden in einer Schaltung 16 zusammengeführt, die die Aufgabe hat, während der Torzeit Zählimpulse durchzulassen und prinzipiell mit einem UND-Gatter zu realisieren ist. Es kann auch anstelle eines Gatters ein analoger Summenbildner oder -integrator mit anschließendem Trigger verwendet werden. Die Schaltung 16 muß bei jeder Phasenlage zwischen Torimpuls und Zählfrequenz eine möglichst konstante Breite des schmalsten noch mit einem Signal am Ausgang 16 bewerteten Impulses gewährleisten. Die Breite des schmalsten Impulses selber ist unerheblich, sie führt zu einer Additionskonstanten, die in bekannter Weise, beispielsweise über eine geräteinterne Referenzstrecke bestimmt werden kann. Die Verzögerungsleitung 15 bewirkt, daß bei kürzester gemessener Strecke und beliebiger Phasenlage die Mindestlänge, die für die Verarbeitung in der Schaltung 16 erforderlich ist, mit Sicherheit erreicht wird. Dem Schalter 16 ist ein Monoflop 17 nachgeordnet, welches die Impulse so verbreitert, daß sie mit Sicherheit von einem nachfolgenden Zähler 18 verarbeitet werden. Der Zähler 18 wird von einer Zählersteuerung 19 angesteuert und rückgesetzt. Für Handbetrieb wird die Steuerung 19, die auch durch einen Rechner realisierbar ist, durch Betätigung einer Starttaste 20 aktiviert, um den Zähler 18 rückzusetzen und über die Verbindungsleitung 21 mit dem nächsten Sendepuls die Zählung der am Monoflop 17 anliegenden Impulsgruppen zu beginnen. Auch ist in bekannter Weise ein automatischer Selbststart nach beendeter letzter Messung (Trackingbetrieb)

möglich. Weiterhin ist die Zählersteuerung 19 über die Leitung 23 mit einer Schaltung 22 verbunden, die ihrerseits sowohl mit dem Teiler 6, als auch dem empfängerseitigen Eingang des Gatters 12 verbunden ist. Sie hat die Aufgabe, zu überwachen, ob innerhalb einer vorgegebenen maximalen Totzeit ein Empfängerimpuls eintrifft oder nicht. Die Schaltung 22 kann mittels Teiler, Monoflops oder softwaremäßig als Teil eines Geräterechners ausgebildet sein. Folgt auf ein Signal am Teiler 6 kein Empfängersignal an Empfänger 13, wird die Messung abgebrochen und mit dem nächsten Sendeimpuls neu gestartet, wozu über eine Leitung 23 ein Signal an die Zählersteuerung 19 erfolgt. Der Teiler 24 zählt die 1001 Empfängersignale ab und liefert danach über ein Verzögerungsglied 25 einen Impuls an die Zählersteuerung 19, der die Messung beendet. Die Strecke s wird nach der Beziehung $s = \frac{c}{2fN} (z - z_0)$ ermittelt, wobei z und z_0 die Zählraten der Strecke und der Referenzstrecke sind. Die

Auflösung Δs bestimmt sich dann nach der Beziehung $\Delta s = \frac{c}{2fN}$

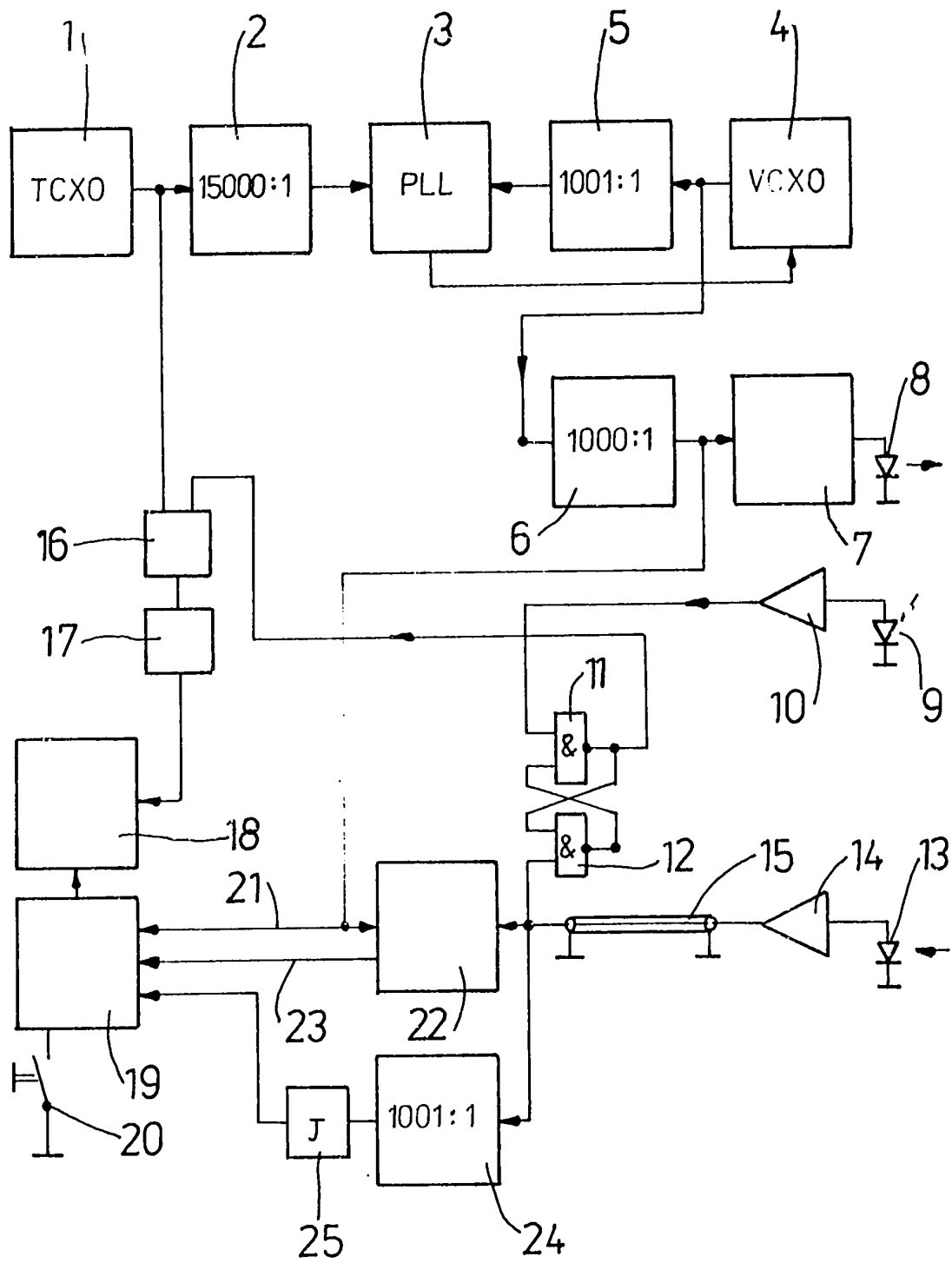


Fig.