



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤① Int. Cl.³: H 03 B 9/00
H 03 B 5/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

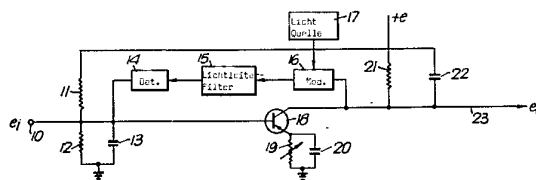
⑪

625 371

②① Gesuchsnummer:	14749/77	⑦③ Inhaber:	International Standard Electric Corporation, New York/NY (US)
②② Anmeldungsdatum:	02.12.1977		
③③ Priorität(en):	02.12.1976 US 746797	⑦② Erfinder:	Dr. Arnold Milton Levine, Chatsworth/CA (US)
②④ Patent erteilt:	15.09.1981		
④⑤ Patentschrift veröffentlicht:	15.09.1981	⑦④ Vertreter:	Dipl.-El.-Ing. Hans F. Bucher, Bern

⑤④ Oszillatorschaltung.

⑤⑦ Um bei einer Oszillatorschaltung eine hohe Kreisgüte Q zu erreichen, wird als frequenzbestimmendes Element im Rückführpfad ein Lichtleiterabschnitt verwendet. Dazu wird das Licht einer Quelle (17) in einem optischen Modulator (16) durch das Ausgangssignal eines Transistorverstärkers (18) moduliert, durchläuft den Lichtleiterabschnitt (15) und wird in einem opto-elektrischen Wandler (14) in ein elektrisches Signal zurückgewandelt, welches dem Eingang des Verstärkers zugeführt wird. Die Verzögerung des Lichtleiterabschnittes ist so gewählt, dass sich bei der Schwingfrequenz eine Phasenschiebung von el. 180° ergibt. Die Schaltung weist eine hohe Unempfindlichkeit gegen magnetische und andere Störeinflüsse auf.



PATENTANSPRÜCHE

1. Oszillatorschaltung, gekennzeichnet durch mindestens einen Verstärker mit einem Eingang und einem Ausgang, durch mindestens einen Rückführpfad, welcher zwischen dem Eingang und dem Ausgang des Verstärkers angeordnet ist, und durch frequenzbestimmende Mittel im Rückführpfad, welche mindestens einen elektro-optischen Wandler, mindestens ein Lichtleiterfilter und einen optoelektrischen Wandler aufweisen, wobei die Lichtleiter im Rückführpfad eine solche Phasenschiebung erzeugen, dass eine positive Rückführung entsteht.

2. Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das genannte Lichtleiterfilter so ausgelegt ist, dass es bei der Schwingfrequenz eine elektrische Verzögerung von 180° erzeugt.

3. Schaltung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Quelle eines Lichtträgersignales und dadurch, dass der elektrophotische Wandler ein optischer Modulator ist, um den Lichtträger in Abhängigkeit des Ausgangssignales des Verstärkers zu modulieren.

4. Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrophotische Wandler eine lichtemittierende Diode und der optoelektrische Wandler eine Fotodiode ist.

5. Schaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die frequenzbestimmenden Mittel eine Anzahl von Lichtleiterfiltern aufweisen, welche unterschiedliche Phasenverzögerungen und je einen Eingang und einen Ausgang besitzen, wobei die Eingänge parallel am optischen Modulator angeschlossen sind, dass jedem Lichtleiterfilter ein optoelektrischer Wandler und diesem eine Schwellwertschaltung nachgeschaltet ist, wobei alle diese Schwellwertschaltungen auf ein externes Steuersignal von veränderlichem Pegel ansprechen, um eine bestimmte Schwellwertschaltung zu irgendeiner Zeit mit dem entsprechenden Lichtleiterfilter dem elektrophotischen Modulator mit dem Eingang des Verstärkers zu verbinden, wodurch die Betriebsfrequenz des Oszillators in diskreten Stufen als Funktion des externen Steuersignales festgelegt wird.

6. Schaltung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der optische Modulator eine lichtemittierende Diode und der optoelektrische Wandler eine Fotodiode ist.

7. Schaltung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass jede der Schwellwertschaltungen eine Fenstervergleichsschaltung aufweist, welche auf das externe Steuersignal und auf einen diskreten Bezugssignalpegel anspricht, um eine Schaltfunktion zu erzeugen, wenn immer die Amplitude des Steuersignals gleich dem entsprechenden Bezugspegel innerhalb einer vorbestimmten Toleranz ist, und dass ein elektronischer Schalter vorhanden ist, um den Ausgang des entsprechenden optoelektrischen Wandlers mit dem Eingang des Verstärkers zu verbinden.

8. Schaltung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der optische Modulator eine lichtemittierende Diode und der optoelektrische Wandler eine Fotodiode ist.

Die Erfindung betrifft eine Oszillatorschaltung. In der Vergangenheit wurden Oszillatoren in verschiedener Form bekannt. Die Frequenzstabilität eines Oszillators war Ziel einer intensiven Entwicklung seit den frühesten Tagen der Elektronik. Die üblichen Resonanzkreise mit Induktivität und Kapazität als frequenzbestimmende Elemente haben bekannte Grenzen im Hinblick auf die Frequenzstabilität. Die Einführung von piezoelektrischen Elementen zur Frequenzbestimmung ergab wichtige Verbesserungen bezüglich der Oszillatorstabilität und später haben weitere Vorrichtungen wie zum Beispiel solche mit akustischen Oberflächenwellen zum Fortschritt der Oszillator-

stabilität beigetragen.

Verzögerungsleitungen, welche im breitesten Sinne Filter sind, wurden auch als frequenzbestimmende Elemente in Oszillatoren verwendet. In sehr breitem Sinn kann gesagt werden, dass der bekannte LC-Schwingkreis, RC-Kreise zur Erzeugung einer Phasenschiebung, Verzögerungsleitungen und selbst piezoelektrische frequenzbestimmende Elemente als Filter des einen oder andern Typs klassiert werden können. Gemäss der Oszillatortheorie kann eine Verstärkerschaltung in Schwingung gebracht werden, wenn ein Rückführpfad verwendet wird, der eine Phasenschiebung von 180° bringt, und die Verstärkung der Schleife gerade gross genug ist, um die Verluste mit einem kleinen Überschuss zu decken. Ebenfalls gemäss der Oszillatortheorie ist ein Oszillator um so stabiler, je höher die Kreisgüte Q (je schmaler das Durchlassband des frequenzbestimmenden Filters) ist, wenn alle andern Elemente gleich belassen werden.

Piezoelektrische Kristalle wie der bekannte Quarzkristall weisen sehr hohe Werte für Q auf, eine Tatsache, die in Einklang ist mit der hohen Frequenzstabilität, die mit Quarzoszillatorschaltungen erreicht wird.

Es ist nun Aufgabe der Erfindung, eine Oszillatorschaltung anzugeben, mit welcher eine noch höhere Kreisgüte Q erreicht werden kann.

Gelöst wird diese Aufgabe durch die im Kennzeichen des ersten Anspruchs genannten Merkmale. Vorteilhafte Weiterbildungen können den abhängigen Ansprüchen entnommen werden.

Es ist bekannt, dass Lichtleitfasern sehr viel höhere Bandbreiten für Datenübertragung verarbeiten können als Filteranordnungen bekannter Art. Dies führt zu einer sehr linearen Phasenschiebungs-/Frequenzkennlinie. Anders gesagt bedeutet dies, dass Impulse oder kontinuierliche Kurvenformen mit sehr hoher Güte wiedergegeben werden. Die Arbeit «Fiber-Optic Delay Lines for Microwave Signal Processing», erschienen in Proceedings IEEE, Band 64 Nr. 5, Mai 1976 (Verfasser: Kalman Wilner und Anthony P. Van den Heuvel), vermittelt neben der Tatsache, dass sie eine nützliche Referenz in bezug auf Lichtleiterfaserverzögerungsleitungen ist, auch bekräftigende Information bezüglich Bandbreiten und Dämpfung als Funktion der Frequenz. Die Wirkung der Verwendung eines Lichtleiterfaserfilters (Verzögerungsleitung) als ein frequenzbestimmendes Element in einem Oszillator, besteht darin, den tatsächlichen oder äquivalenten Q-Faktor des frequenzbestimmenden Kreises sehr stark zu erhöhen, dies selbst im Vergleich mit besten piezoelektrischen Elementen. Darüber hinaus führt die Unempfindlichkeit eines Lichtleiterfaserelementes auf elektromagnetische Impulsbeeinflussungen und verschiedene mechanische und Umgebungsfaktoren, von welchen bekannt ist, dass sie die Güte bekannter Oszillatoren verschlechtern können, zu bedeutenden Vorteilen der vorliegenden Erfindung.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun anhand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Figur 1 eine Oszillatorschaltung mit einem einzigen aktiven Element, in welcher ein Lichtleiterfaserfilter als frequenzbestimmendes Element verwendet wird;

Figur 2 die Schaltung eines Oszillators mit zwei aktiven Festkörperelementen und einer Anzahl von selektiv verwendeten frequenzbestimmenden Elementen mit Lichtleitfasern, um eine vorbestimmte Folge von Frequenzen zu erhalten;

Figur 3 ein Detail einer Schwellwertschaltung nach Figur 2; und

Figur 4 eine andere Auslegung der Eingangs- und Ausgangswandler, welche in Kombination mit den frequenzbestimmenden Elementen mit der Lichtleiterfaser verwendet werden können.

In Figur 1 ist eine Schaltung gezeigt mit einem einzigen aktiven Element in Form eines Transistors 18. Für die Beschrei-

bung der Schaltung als Oszillator wird die Eingangsklemme 10 nicht beachtet und es wird angenommen, dass das Eingangssignal e_i nicht vorhanden sei. Wie für den Fachmann erkennbar ist, ist an einem Kollektorlastwiderstand 21, welcher von einer Gleichspannungsquelle e gespiesen wird, ein Ausgangssignal vorhanden, das verstärkt ist in bezug auf jenes, das an der Basis-elektrode vorhanden ist, das heisst am Verbindungspunkt der Widerstände 11 und 12. Ein Rückführpfad mit einem Kondensator 22, Widerständen 11 und 12 und Kondensator 13 bringt eine stabilisierende Gegenkopplung, welche von sich aus hinreichend ist, um die Gesamtverstärkung zwischen den Punkten 10 und 23 auf einen Wert kleiner 1 zu beschränken. Dies wird erreicht durch die Wahl der Werte der Widerstände 11 und 12. Der Kondensator 22 hat einen relativ grossen Wert und kann nach bekannten Kriterien derart gewählt werden, dass die über diesen Pfad wirksame Gegenkopplung auch bei relativ tiefen Frequenzen einen Gegenkopplungseffekt ergibt. Der Kondensator 13 ist nicht unbedingt notwendig, doch hier vorhanden zur Unterdrückung von höheren Frequenzen und Geräusch an der Basis von Transistor 18. Daher ist sein Wert auf jeden Fall relativ klein. Ähnlich ist Kondensator 20 über dem einstellbaren Vorspannwiderstand 19 nicht unbedingt notwendig, doch sein Vorhandensein begrenzt die Grösse der durch das an 19 entstehende Potential bewirkten Gegenkopplung bei allen ausser bei tiefen Frequenzen. Der Wert von Widerstand 19 kann daher zur Einstellung des Verstärkungsgrades verändert werden, ohne dass die Grösse der Gegenkopplung wesentlich verändert wird.

Es soll nun der Rückführpfad mit den Elementen 16, 15 und 14 betrachtet werden, von welchem sofort ersichtlich ist, dass er auch eine Gegenkopplung bewirkt, ausser bei oder nahe bei der Frequenz, welche der Verzögerungszeit des Lichtleitfaserfilters 15 entspricht. Der elektrooptische Modulator 16 kann von bekannter Art sein und soll derart verstanden werden, dass er das an 23 vorhandene elektrische Signal als Modulation einem Lichtträger, der durch die Quelle 17 erzeugt wird, aufdrückt. Das Lichtleitfaserfilter 15 ist ein Abschnitt einer Lichtleitfaser, der eine vorbestimmte Verzögerung für den gewünschten Effekt einführt, wie dies nachfolgend beschrieben wird. Der Detektor 14, zum Beispiel eine Fotodiode, wandelt das Signal wieder, um an seinem Ausgang ein elektrisches Signal abzugeben. Die Serieschaltung 16, 15 und 14 hat also ein elektrisches Eingangs- und Ausgangssignal trotz Verwendung eines Lichtträgers ab Quelle 17.

Wenn angenommen wird, dass die Schaltung nach Figur 1 als Oszillator arbeiten soll, dann bewirkt die für 15 ausgewählte Verzögerungszeit eine Rückkopplung bei einer diskreten Frequenz, welche jener Frequenz entspricht, bei welcher die Verzögerungszeit eine Phasenschiebung von 180° ergibt. In der Oszillatortechnik ist bekannt, dass ein frequenzbestimmendes Netzwerk mit hohem Q-Faktor gleichbedeutend ist mit einer hohen Oszillatorstabilität. Alle frequenzbestimmenden Netzwerke oder Schwingkreise, welche in Oszillatoren verwendet werden, können im allgemeinen Sinn als Filter betrachtet werden. Wie üblich bei Oszillatorschaltungen haben solche Filter Übertragungskennlinien, welche bei oder nach bei der Oszillatorfrequenz eine Spitze aufweisen. Je höher der Q-Faktor des Filters ist, um so schärfer wird diese Spitze sein und um so stabiler wird der Oszillator arbeiten, insbesondere wenn der Verstärkungsgrad bei der Oszillatorfrequenz im Rückkopplungspfad nur sehr wenig mehr als 1 ist. Anders gesagt, wenn die Flanken des Filters steil sind, bewirkt eine kleine Abweichung von der gewünschten Oszillatorfrequenz eine Reduktion des Verstärkungsgrades des gesamten Rückführpfades unter den Wert, bei welchem die Schwingung aufrechterhalten werden kann. Das Lichtleitfaserfilter, das in der vorliegenden Anordnung verwendet wird, ist das grundlegende frequenzbestimmende Filter und zusätzlich dazu, dass es eine sehr hohe Trans-

ferzeitstabilität (Phasenverzögerung) aufweist, führt seine sehr hohe Durchlassbandbreitenkennlinie zum Äquivalent einer Filterschaltung mit sehr hohem Q-Faktor. Daher ist ein Oszillator, der in der beschriebenen Art aufgebaut ist und als frequenzbestimmendes Element ein Lichtleitfaserfilter verwendet, eine extrem stabile Vorrichtung mit einer sehr hohen Unempfindlichkeit gegen üblicherweise in Betracht zu ziehende Umgebungsfaktoren, welche die Stabilität der meisten bekannten Oszillatoren ungünstig beeinflussen.

Der Modulator 16 und der Detektor 14 dienen als elektrooptischer bzw. optoelektrischer Wandler.

In Figur 2 ist ein Oszillator mit verschiedenen wählbaren Frequenzen gezeigt, der das vorliegende Konzept anwendet. Bei der Schaltung nach Figur 2 ist ein Verstärkerelement in Form eines Transistors 27 vorhanden und ebenfalls ein Verstärkungserzeugendes Element in der Form eines Transistors 41. Die Verstärkerstufe mit Transistor 41 ist in einem gewissen Umfang verstärkungsgradstabilisiert durch die durch einen Widerstand 46 bewirkte Gegenkopplung. Andererseits wirken Widerstände 43 und 44 als Spannungsteiler, um für den Transistor 41 eine direkte Vorspannung zu erzeugen in einer Art, die gemäss der Transistorschaltungstheorie gut verständlich ist. Ein Kondensator 45 bewirkt, dass Übergangsvorgänge oder Geräusch nicht auf die Schaltung einwirken können.

Das Eingangssignal der Verstärkerstufe mit Transistor 41 ist über Widerstand 46 angelegt und ist das Ausgangssignal einer der Schwellwertschaltungen 37, 38 oder 39. Die Arbeitsweise dieser Schaltungen wird später in der Beschreibung näher erwähnt. Die Schwellwertschaltung 1, nämlich Element 37, erhält sein Signal über ein Lichtleitfaserfilter 31 und über einen Detektor 34. Ähnlich erhält die Schwellwertschaltung 38 ein Signal über 32 und 35, wie auch die Schaltung 39 ihr Signal über 33 und 36 erhält. Die Lichtleitfaserfilter 31, 32 und 33 werden parallel durch einen Modulator 30 angesteuert, welcher irgendein bekannter optischer Modulator sein kann. Eine Lichtquelle 29 erzeugt einen Lichtträger, wie dies beim Element 17 in Figur 1 der Fall war. In Figur 1 modulierte das über Widerstand 21 anstehende Signal die Lichtquelle und in Figur 2 existiert eine ähnliche Situation, indem das Signal über Widerstand 28 an den Modulator 30 angelegt wird, welcher seinerseits eine Modulation auf den Lichtträger der Quelle 29 aufprägt.

Die Quellenstabilisierung für die Transistoren 27 und 41 wird durch die Teilerwirkung der Widerstände 24 und 25 und den Nebenschlusskondensator 26 bzw. durch die Widerstände 43 und 44 mit dem Nebenschlusskondensator 45 bewirkt. Die funktionellen und Auslegungskriterien sind die gleichen, die für die Widerstände 12 und den Kondensator 13 in Figur 1 massgebend waren.

Die Schaltung nach Figur 2, welche im Grunde ein programmiertes Frequenzsynthesizer ist, benötigt ein Rampen- oder Treppensteuersignal, welches an Klemme 40 parallel an die Schwellwertschaltungen 37, 38 und 39 angelegt wird. Diese Schwellwertschaltungen sprechen diskret und sukzessive auf einen bestimmten Pegel der Rampen- oder Treppenspannung an. Für ein vollständiges Verständnis der Art der Schwellwertschaltungen wird auf Figur 3 verwiesen. In dieser Figur ist eine Vergleichsschaltung 52 vorhanden, welche die Rampen- oder Treppenspannung an ihren Eingang 50 von der parallelen Steuereingangsklemme 40 von Figur 2 erhält. Eine Klemme 51 erhält eine diskrete Vorspannung bzw. einen vorbestimmten Vergleichspegel, welcher einer bestimmten gewünschten Oszillatorfrequenz der Vorrichtung nach Figur 2 entspricht. Die Vergleichsschaltung ist eine sogenannte Fenstervergleichsschaltung und ist in allgemeiner Form bekannt und beschrieben in der technischen Literatur, zum Beispiel in «Electronic Analog and Hybrid Computers» von Korn und Korn, 2. Ausgabe, publiziert durch McGraw Hill Book Company.

Gemäss Auslegung ist der Pegel an Klemme 51 für jede Schwellwertschaltung zwischen den Pegeln eines unterschiedlichen Paares von Pegeln der Treppensteuerspannung an 40. Entsprechend liefert die Schaltung 52 ein Ausgangssignal zu entsprechender Zeit und liefert dieses an einen elektronischen Schalter 53. Die Arbeitsweise der Schaltung 53 besteht im Grunde darin, den Eingangsleiter 54 während der Zeit der Durchschaltung von 52 mit dem Ausgangsleiter 55 zu verbinden. Jede der Schwellwertschaltungen 37, 38 und 39 enthält die typische Anordnung von Figur 3.

Die Schaltung nach Figur 2 kann ausgelegt sein für die Verwendung von so vielen Lichtleiterfiltern, Detektoren und Schwellwertschaltungen als frequenzbestimmende Anordnung, wie gewünscht werden, obwohl tatsächlich nur drei solche Anordnungen dargestellt sind.

Obwohl die Lichtquelle und der Modulator, 17 und 16 in Figur 1 und 29 und 30 in Figur 2 in der vorliegenden Beschreibung erwähnt wurden, ist unter den verschiedenen Möglichkeiten für diese Schaltung auch die Verwendung einer licht-

emittierenden Diode möglich, wie dies Figur 4 zeigt. Die in Figur 4 gezeigte Kombination würde bei der Anwendung auf Figur 1 die Elemente 16 und 17 eliminieren und der Eingang von 16 würde stattdessen an Klemme 59 von LED 56 angelegt. Das Lichtleiterfilter 57 entspricht dann Element 15 von Figur 1 und die Fotodiode 58 dem Detektor 14 von Figur 1. Ausgang 60 entspricht dem Ausgang 14, welcher mit der Basis des Transistors 18 verbunden ist.

In Figur 2 könnte die gleiche Substitution gemacht werden, wobei 29 und 30 eliminiert würden. Natürlich ist eine getrennte lichtemittierende Diode LED 56 für jede der frequenzbestimmenden Kombinationen in Figur 2 notwendig.

Es sind weitere Modifikationen der beschriebenen Kombination möglich, so zum Beispiel die Anordnung der Schwellwertschaltungen vor den Detektoren oder selbst vor den LED-Eingangselementen in der Anordnung nach Figur 2. Weiter kann die Auswahlanordnung nach Figur 2 für die Lichtleiterverzögerungsleitungen auch in der in Figur 1 gezeigten generellen Schaltung verwendet werden.

