



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

5(51) G 01 B 7/00

DEUTSCHES PATENTAMT

in der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD G 01 B / 329 288 8	(22)	06.06.89	(44)	21.11.90
(71)	VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder), Frankfurt (Oder), 1200, DD				
(72)	Schuricht, Klaus, Dr.-Ing.; Waldmann, Jürgen, Prof. Dr. sc. Dr. sc. techn.; Gärtner, Uwe, Dipl.-Phys.; Langer, Hans-Dieter, Dr. sc. nat.; Kampfrath, Gerit, Dr. sc. techn., DD				
(73)	VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder), Frankfurt (Oder), 1200; Technische Universität Karl-Marx-Stadt, Karl-Marx-Stadt, 9010, DD				
(54)	Schaltungsanordnung zur kapazitiven Signalverarbeitung				

(55) Signalauswertung, kapazitiv; Meß- und Regelungstechnik; Kapazitätsänderung; Ausgangsspannung, frequenzanalog; Relaxationsoszillator; Sensor

(57) Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur kapazitiven Signalauswertung, die vorrangig in der Meß- und Regelungstechnik Anwendung findet. Sie dient insbesondere zur Ermittlung von Längen, Winkeln, Füllständen, Drücken, Temperaturen sowie von biologischen und chemischen Meßgrößen. Erfindungsgemäß werden zwei identische Relaxationsoszillatoren, eine Mischstufe, ein Frequenzteiler, ein Differentialtiefpas, ein programmierbarer Differenzverstärker und ein Digital- bzw. Schutzringausgang derart verschaltet, daß die tastverhältnismodulierten Signale der Sensoren am Ausgang der Schaltungsanordnung der mathematischen Beziehung

$$\frac{f_{\text{sensor 1}}}{f_{\text{sensor 1}} + f_{\text{sensor 2}}} \text{ bzw. } \frac{f_{\text{sensor 2}}}{f_{\text{sensor 1}} + f_{\text{sensor 2}}}$$

entsprechen. Die von kapazitiven Sensoren in Kapazitätsänderungen umgewandelte physikalischen Größen werden durch die Schaltungsanordnung in frequenzanaloge Ausgangsspannungen zyklisch umgesetzt.

Patentansprüche:

1. Schaltungsanordnung zur kapazitiven Signalverarbeitung, bestehend aus zwei über Steuerleitungen wechselseitig sperrbare Relaxationsoszillatoren einer nachgeschalteten Mischstufe, einen sich anschließenden Frequenzteiler, einen sich anschließenden Steuerteil, einem über das Steuerteil angesteuerten Differentialtreiber, einem Differentialtiefpas und einem programmierbaren Differenzverstärker, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Verschaltung dieser Baugruppen an den Ausgängen des Differentialtreibers (12) zueinander komplementäre Impulsfolgen generiert werden, deren Tastverhältnis funktionell mit den Quotienten der von den Sensoren bereitgestellten kapazitiven Meßwerten verknüpft ist, wobei am Ausgang des nachgeordneten Differentialtiefpasses entsprechend dem Tastverhältnis die Bereitstellung eines amplitudenanalogen Differenzsignals erfolgt, dessen Amplitude eine Funktion des Quotienten

$$\frac{f_{\text{sensor 1}}}{f_{\text{sensor 1}} + f_{\text{sensor 2}}} \text{ bzw. } \frac{f_{\text{sensor 2}}}{f_{\text{sensor 1}} + f_{\text{sensor 2}}}$$

darstellt.

2. Schaltungsanordnung nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Vorgabe einer entsprechend langen Zeitbasis an einem digitalen Schutzringausgang die Impulszahl dem Quotienten der Eingangssignale der Einzelsensoren proportional ist.
3. Schaltungsanordnung nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Relaxationsoszillatoren sowie die dazugehörigen Rückführungswiderstände in enger thermischer Kopplung mittels einer integrierten Schaltung auf einer möglichst kleinen Siliziumfläche ausgeführt werden, um Störgrößen durch Temperatur- und Betriebsspannungsänderungen weitgehend zu eliminieren.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur störungsfreien Verarbeitung von kapazitiven Sensorsignalen. Die Schaltung gemäß vorliegender Erfindung wird zur Umsetzung nichtelektrischer Größen in mikroelektronisch auswertbare Signale eingesetzt und vorrangig in der Meß- und Gerätetechnik angewendet. Sie dient besonders der Ermittlung von Längen, Winkeln, Füllständen, Drücken, Temperaturen sowie von biologischen und chemischen Meßgrößen, die sich in Kapazitätsänderungen umwandeln lassen.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Das in DD-WP 119863 beschriebene Impulsladeverfahren beruht darauf, daß eine Meßkapazität periodisch geladen bzw. entladen wird. Am Ausgang der dort beschriebenen Schaltungsanordnung steht eine Spannung bzw. ein Zeitsignal zur Auswertung zur Verfügung.

In „Kapazitives Sensorsystem nach dem Impulsladeverfahren“ VDE-Berichte 677 (1988) S. 489–493 werden bei der Auswertung der Sensorsignale folgende Fälle unterschieden:

- Auswertung der maximalen Ladespannung bei Aufladung des Meßkondensators über einen Widerstand
- Auswertung der maximalen Ladespannung bei Aufladung des Meßkondensators durch eine Konstantstromquelle
- Auswertung der Ladezeit bei Aufladung des Meßkondensators über einen Widerstand und bei konstanter Ladeentspannung
- Auswertung der Ladezeit bei Aufladung des Meßkondensators durch eine Konstantstromquelle und bei konstanter Ladeentspannung

Die Ausgangssignale der dargelegten Schaltungsvarianten werden über Differentialkondensatoren bzw. Meß- und Referenzkondensatoren zusammengeführt und die Differenz dieser Signale gebildet.

Nachgeschaltete elektronische Schaltungseinheiten (Flipflop, Tiefpaßfilter) realisieren ein Ausgangssignal, daß der Kapazitätsdifferenz am Schaltungseingang direkt proportional ist.

Nachteilig bei dieser Form kapazitiver Sensorelektronik ist, daß durch Temperaturabhängigkeit und Betriebsspannungsabhängigkeit der Schaltungsanordnung als Differentialanordnung des Meß- und Referenzkondensators Fehler in Form von Gleichtaktsignalen auftreten, die multiplikativ wirken.

Außerdem treten parasitäre Parallelkapazitäten auf, deren Einfluß nicht berücksichtigt wird.

In Frequenzproportionaler kapazitiver Längenaufnehmer, Technisches Messen tm 53 (1986) 3, S. 109–112 wird versucht, mit Hilfe eines Schutzringes den Einfluß dieser Parallelkapazitäten zu vermindern. Durch einen Spannungsfolger wird erreicht, daß sich der Schutzring-Ausgang auf dem gleichen Potential befindet, wie der Eingang des Meßkondensators. Dadurch wird das elektrische Feld des Meßkondensators annähernd homogen gestaltet. Da die Parallelkapazität jedoch unabhängig vom Abstand und der Fläche des Meßkondensators ist, vergrößert sich der Meßfehler bei kleinen Meßkondensatoren.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, eine Schaltungsanordnung zu realisieren, die es gestattet, eine Umsetzung und Auswertung kapazitiver Meßgrößen vorzunehmen und dabei äußere Störgrößen, wie Schwankungen der Betriebsspannung und der Temperatur weitgehend zu eliminieren und den Einfluß von Parallelkapazitäten zu reduzieren.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, kapazitive Signale mit einer Schaltungsanordnung auszuwerten, welche ein relativ hohes Auflösungsvermögen besitzt und durch Quotientenbildung eine der Meßkapazität proportionale Gleichspannung erzeugt. Störgrößen durch Temperatur- und Betriebsspannungsänderungen sollen auf das Ergebnis keinen Einfluß haben. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die von kapazitiven Sensoren in Kapazitätsänderungen umgewandelten physikalischen Größen durch die Schaltungsanordnung in frequenzanaloge Ausgangsspannungen zyklisch umgesetzt werden. Dazu werden ein erster, ein zweiter zum ersten identischen Relaxationsoszillator, eine Mischstufe, ein Frequenzteiler, ein Differentialtiefpas, ein programmierbarer Differenzverstärker und ein Digital- bzw. Schutzringausgang derart verschaltet, daß die tastverhältnismodulierten Signale der Sensoren am Ausgang der Schaltungsanordnung nach der mathematischen Beziehung:

$$\frac{f_{\text{sensor 1}}}{f_{\text{sensor 1}} + f_{\text{sensor 2}}} \text{ bzw. } \frac{f_{\text{sensor 2}}}{f_{\text{sensor 1}} + f_{\text{sensor 2}}}$$

verknüpft sind. Das bedeutet, daß das am Analogausgang der Schaltungsanordnung anliegende Signal proportional dem Quotienten der beiden Eingangsgrößen ist.

Das am Digital- bzw. Schutzringausgang anliegende Signal, das ein Gemisch der Frequenzen der wechselseitig aktivierten Relaxationsoszillatoren darstellt, folgt der gleichen mathematischen Beziehung.

Bei Vorgabe einer ausreichend langen Zeitbasis für die Zählung der gemessenen Impulse in einem bestimmten Zeitabschnitt ist die Impulszahl am Digital- bzw. Schutzringausgang repräsentativ für den Quotienten der Eingangssignale der Einzelsensoren. Somit wird der schaltungstechnische Gesamtaufwand erheblich minimiert.

Dieses frequenzanaloge Signal kann zusätzlich zur rückwirkungslosen Bereitstellung eines Signales zur Ansteuerung von Digital- bzw. Schutzringanordnungen für berührungslose kapazitive Sensoren verwendet werden. Mittels eines 2 bit-Steuerwortes kann entweder der Analogausgang der Anordnung gesperrt sowie der Digital- bzw. Schutzringausgang in den hochohmigen Zustand versetzt, oder freigeschaltet werden, so daß das gemischte Signal der beiden Relaxationsoszillatoren am Digital- bzw. Schutzringausgang anliegt. Im nichtangesteuerten Zustand ist der Analogausgang der Schaltungsanordnung aktiviert und am Digital- bzw. Schutzringausgang liegt ebenfalls ein Ausgangssignal an. Diese Steuerungsmöglichkeit gewährleistet u. a., daß bei Multiplexbetrieb problemlos mehrere Schaltungsanordnungen ausgangsseitig auf eine der Datenleitungen geschaltet werden können.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll an folgendem Ausführungsbeispiel erläutert werden.

Fig. 1: zeigt das Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Anordnung.

Die erfindungsgemäße Anordnung setzt differentielle kapazitive Meßwerte, vorzugsweise von kapazitiven Sensoren in proportionale Zeitgrößen, z. B. Impulsfolgen, sowie in amplitudenanaloge elektrische Signale um. Die von externen, vorzugsweise differentiell wirkenden Sensoren 1, 2 gelieferten kapazitiven Meßwerte werden über Sensoreingänge 3, 4 je einem der identischen Relaxationsoszillatoren 5, 6 zugeführt. Jeder der beiden Relaxationsoszillatoren 5, 6 wird über zugehörige Rückführwiderstände 7, 8 derart zurückgekoppelt, daß er Schwingungen generieren kann, deren Periodendauer proportional der Kapazität des zugehörigen Sensors 1, 2 ist.

Beide Relaxationsoszillatoren 5, 6 sind über Freigabeeingänge wechselseitig durch das Ausgangssignal eines Steuerteils 11 sperrbar. Infolge dieser wechselseitigen Sperrsignale wird in einer nachgeordneten Mischstufe 9 nur die Ausgangssignalfolge des jeweils freigegebenen Relaxationsoszillators 5, 6 wirksam.

Die Signalfolge wird zu einem über einen abschaltbaren Treiber 13 einem Digital- bzw. Schutzringausgang 16 zugeführt und zum anderen in einem Frequenzteiler 10 derart verarbeitet, daß nach einer durch das Teilverhältnis festgelegten Anzahl von Schwingungen des jeweils aktiven Relaxationsoszillators 5, 6 die zueinander komplementären Zählerausgänge ihren logischen Schaltzustand ändern.

Beiden Zählerausgängen ist das Steuerteil 11 nachgeordnet, indem durch logische Verknüpfung zweier Steuereingänge 18, 19 mit den Zählerausgangssignalen entweder Freigabe- oder Sperrsignale für die Relaxationsoszillatoren 5, 6, den abschaltbaren Treiber 13 und einen abschaltbaren Differentialtreiber 12 generiert werden. Der abschaltbare Differentialtreiber 12 ist dem Frequenzteiler 10 nachgeordnet und liefert an seinen Ausgängen zueinander komplementäre Impulsfolgen, deren Tastverhältnis funktionell mit den Quotienten der von den Sensoren 1, 2 bereitgestellten kapazitiven Meßwerten verknüpft ist. In einem nachgeschalteten Differentialtiefpas 14 erfolgt entsprechend dem Tastverhältnis die Bereitstellung eines amplitudenanalogen Differenzsignals, das in einem nachgeordneten programmierbaren Differenzverstärker 15 verstärkt und von Gleichtaktanteilen befreit wird.

Die Verstärkungseinstellung erfolgt über einen Programmier Eingang 15. Das verstärkte amplitudenanaloge Meßsignal kann an einem Analogausgang 17 entnommen werden. Das vom abschaltbaren Treiber 13 abgegebene frequenzanaloge Signal beinhaltet die Impulsfolge des jeweils aktiven Relaxationsoszillators 5 oder 6 in Abhängigkeit vom 2 bit Steuerwort an den Steuereingängen 18, 19.

Das frequenzanaloge Signal dient gleichzeitig der rückwirkungsfreien Bereitstellung eines Signals zur Ansteuerung von Schutzringanordnungen für berührungslose kapazitive Abstandssensoren.

Mittels des 2 bit Steuerwortes an den Steuereingängen 18, 19 kann der Analogausgang 17 gesperrt, sowie der Digital- bzw. Schutzringausgang 16 in einen hochohmigen Zustand versetzt werden, so daß mehrere erfindungsgemäße Anordnungen ausgangsseitig auf eine Datenleitung zuarbeiten können. Damit wird der Multiplexbetrieb und die Auswertung der Meßwerte der Sensoren mit einer Verarbeitungseinheit problemlos möglich.

Die Erfindung wird an einem weiteren Ausführungsbeispiel erläutert.

Fig. 2: zeigt das Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Anordnung, wie sie u. a. in einem monolithisch integrierten IS Verwendung finden kann.

Die von externen, vorzugsweise kapazitiven Sensoren 1, 2 gelieferten kapazitiven Meßwerte werden den völlig identisch aufgebauten Relaxationsoszillatoren 5, 6 über die Sensoreingänge 3, 4 zugeführt. Beide Relaxationsoszillatoren bestehen aus je einem NAND-Gatter mit Triggereingang und einem internen Rückführungswiderstand 7, 8 und werden in ihrer Flächenausdehnung minimal und örtlich direkt nebeneinander auf einem Chip angeordnet. Damit wird eine gute thermische Kopplung und identisches Verhalten beider Oszillatoren erreicht. Beide Relaxationsoszillatoren generieren Schwingungen, deren Frequenz indirekt proportional der zugehörigen Kapazität des Sensors 1 bzw. Sensors 2 ist. Die Relaxationsoszillatoren 5, 6 werden durch wechselseitig am Frequenzteiler 10 erzeugten Signale gesperrt. Infolge dieser wechselseitigen Sperrsignale wird an einer den Relaxationsoszillatoren 5, 6 nachgeordnete Mischstufe 9 nur die Ausgangssignalfolge des jeweilig freigegebenen Oszillators 5, 6 wirksam.

Diese Signalfolge wird einmal einem Frequenzteiler 10 und zum anderen über einen Treiber 13 dem Schutzringausgang 14 zugeführt. Nach einer durch das Teilverhältnis des Frequenzteilers 10 festgelegten Anzahl von Impulsen des jeweils aktiv wirkenden Relaxationsoszillator 5, 6 ändern die komplementären Steuersignale ihren logischen Pegel. Dem Frequenzteiler 10 ist eine Freigabe- bzw. Resetschaltung 11 nachgeordnet, die die vom Frequenzteiler 10 kommenden Signale bei L-Pegel am Steuereingang 17 an den Ausgangstreiber 12 durchschaltet, bzw. bei H-Pegel am Steuereingang 17 den Ausgangstreiber 12 gegen Masse- und Betriebsspannungspotential hochohmig werden läßt. Gleichzeitig erfolgt bei H-Pegel am Steuereingang 17 ein Rücksetzen der Teilerstufen des Frequenzteilers 10. Während am Digitalausgang 15 des Treibers 12 komplementäre Impulsfolgen bereitgestellt werden, deren Tastverhältnis funktionell mit dem Quotienten der von den Sensoren 1, 2 gelieferten kapazitiven Meßwerte verknüpft ist, liefert der Analogausgang 16 über einen internen Widerstand nach Glättung mittels eines zusätzlich am Ausgang 16 geschalteten Kondensators eine auswertbare analoge Spannung.

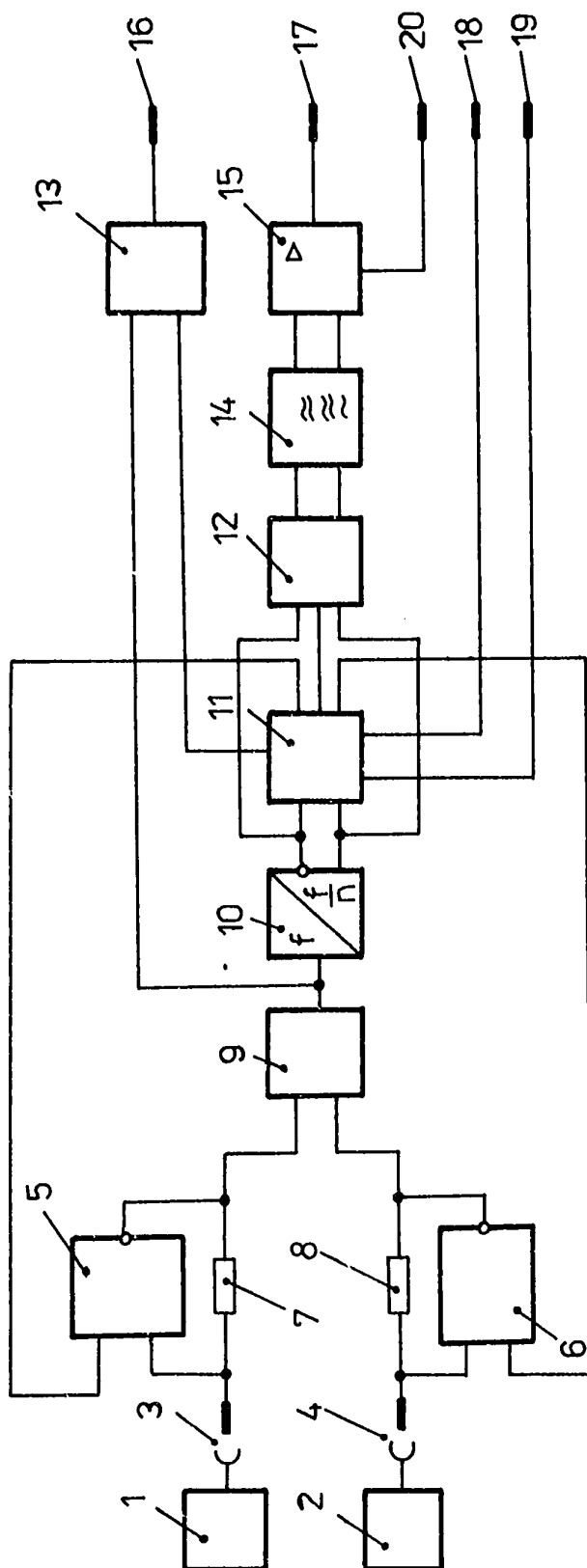


Fig. 1

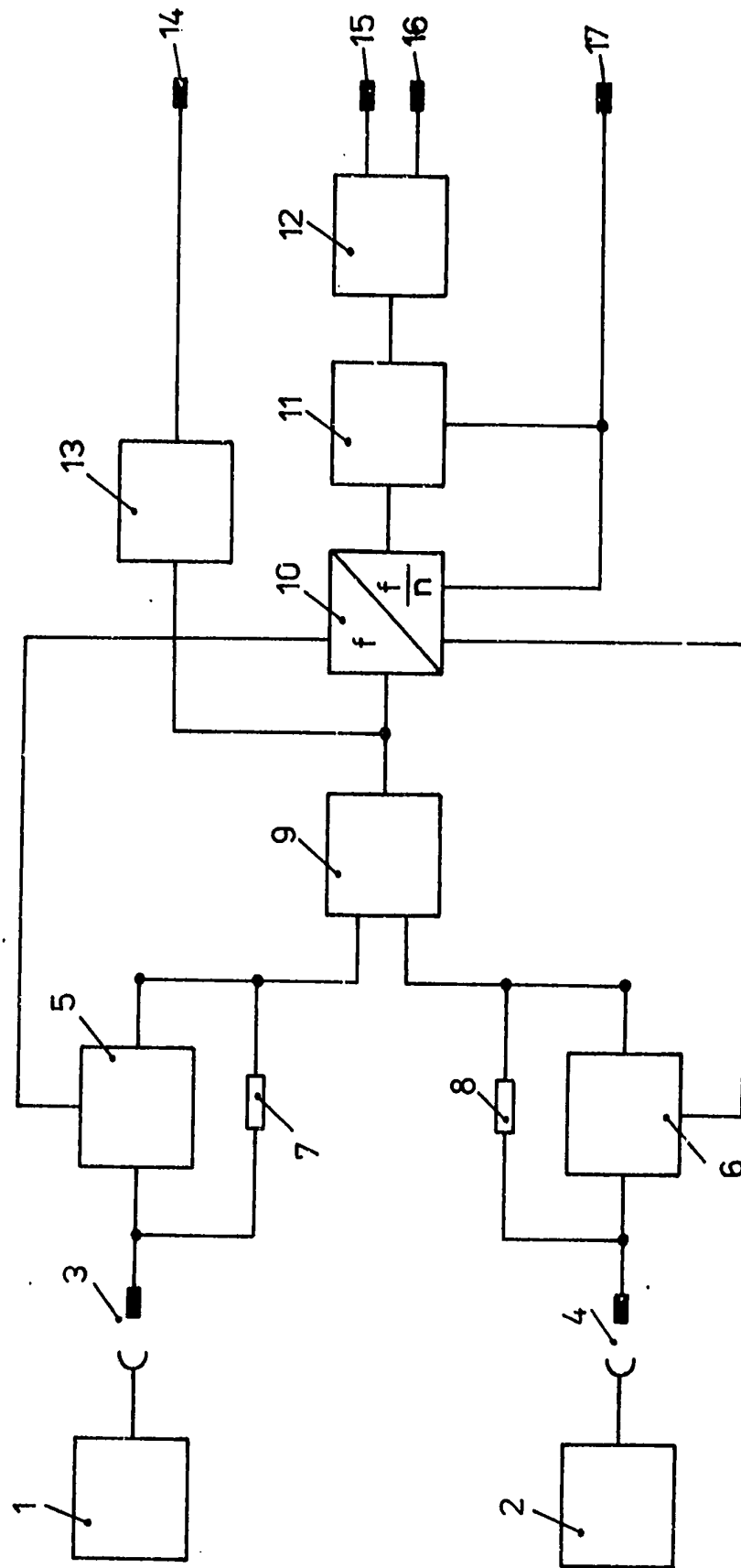


Fig. 2