



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 651 136 A5

⑤① Int. Cl.⁴: G 01 D 5/24
G 01 B 7/02
G 01 B 7/30

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

②① Gesuchsnummer: 8609/80

②② Anmeldungsdatum: 21.11.1980

②④ Patent erteilt: 30.08.1985

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 30.08.1985

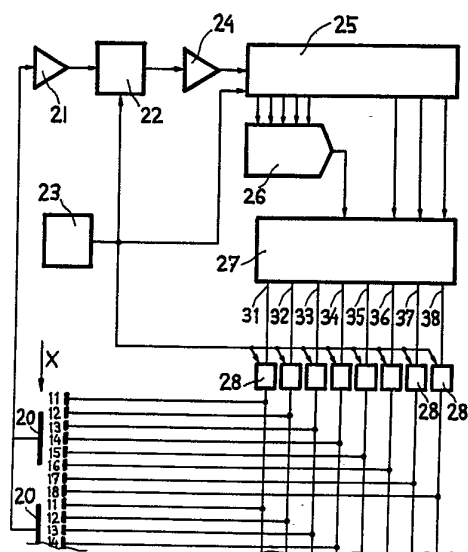
⑦③ Inhaber:
Hans Ulrich Meyer, St-Sulpice VD

⑦② Erfinder:
Meyer, Hans Ulrich, Saint-Sulpice VD

⑦④ Vertreter:
Pierre Ardin & Cie, Genève

⑤④ Kapazitives Längen- und Winkelmessverfahren.

⑤⑦ Mehrere Elektroden (20) sind gegenüber mehrere Gruppen von Elektroden (11 bis 18) bewegbar. Letztere bekommen vom Modulatoren (28) Modulationsspannungen, die eine Spannung in den Elektroden (20) induzieren. Die induzierte Spannung wird in (21) verstärkt und durch einen, von einem Oszillator (23) getakten Synchrondemodulator (22) demoduliert. Der Komparator (24) steuert einen binären Zähler (25), dessen Stand ein direktes Mass für die relative Lage der Elektroden ist. Die niederwertigen Ausgänge des Zählers (25) steuern einen digital/analog-Wandler (26), der eine Modulationsspannung an einem Funktionsgenerator (27) liefert.



PATENTANSPRÜCHE

1. Kapazitives Längen- und Winkelmessverfahren, bei welchem zumindest zwei hintereinander gereihete Geberelektroden (10) und mindestens eine den Geberelektroden gegenüberliegende, parallel zu diesen verschiebbare Empfangselektrode (20) gebraucht werden, wobei die Geberelektroden (10) beziehungsweise an eine erste V_1 und an eine zweite V_2 Wechselspannung angeschlossen werden, und wobei diese erste und zweite Wechselspannung konstante Amplitude, gleiche Frequenz und entgegengesetzte Phase besitzen, dadurch gekennzeichnet, dass die einer Empfangselektrode (20) gegenüberliegenden Geberelektroden (10) in zwei Gruppen gekoppelt werden, die beziehungsweise an die erste V_1 und zweite V_2 Wechselspannung angeschlossen werden, und welche durch eine Geberelektrode (10) getrennt sind, die an eine zwischen der ersten V_1 und zweiten V_2 derart variierende dritte Wechselspannung V_x gelegt wird, dass diese dritte variierende Wechselspannung V_x ein Mass der Verschiebung bildet, wenn das auf der Empfangselektrode erregte Signal zu Null wird, wobei die Kapazitäten der genannten Gruppen gegenüber der Empfangselektrode (20) über einen Weg von mindestens einem Geberelektroden-Abstand L in linearer Funktion zu der Verschiebung stehen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Amplitude der dritten Wechselspannung V_x der Verschiebung entsprechend, von der Amplitude der ersten Wechselspannung V_1 über Null zur Amplitude der zweiten Wechselspannung V_2 übergeht.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und zweite Wechselspannung V_1 und V_2 komplementäre Rechteckspannungen sind, und dass die dritte Wechselspannung V_x auch eine Rechteckspannung ist, welche graduell oder in diskreten Inkrementen von der ersten Wechselspannung V_1 zur zweiten V_2 übergeht.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass, wenn die dritte Wechselspannung V_x der ersten Wechselspannung V_1 resp. der zweiten Wechselspannung V_2 identisch wird, die Geberelektroden-Zuteilung um eine Elektrode weiter geschoben wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuteilung der Geberelektroden und die dritte Wechselspannung V_x fortlaufend so verändert werden, dass sie einer fiktiven Verschiebung konstanter Geschwindigkeit entsprechen und somit der Zeitpunkt der Null-Durchgänge der Wechselspannung auf der Empfangselektrode zum Mass der Verschiebung wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Null-Durchgang der Wechselspannung auf der Empfangselektrode (20) durch einen Synchrondetektor (22) mit nachgeschaltetem Komparator (24) ermittelt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der dritten Wechselspannung V_x nur diskrete Zwischenwerte zugeteilt werden, und dass die daraus an der Empfangselektrode (20) entstehende Welligkeit höherer Frequenz durch einen zwischen Synchrondetektor (22) und Komparator geschalteten Tiefpass (70) ausgefiltert wird.

Die Erfindung bezieht sich auf ein kapazitives Längen- und Winkelmessverfahren, bei welchem zumindest zwei hintereinander gereihete Geberelektroden und mindestens eine den Geberelektroden gegenüberliegende, parallel zu diesen verschiebbare Empfangselektrode gebraucht werden, wobei die Geberelektroden beziehungsweise an eine erste V_1 und an eine zweite V_2 Wechselspannung angeschlossen werden, und wobei diese erste und zweite Wechselspannung konstante

Amplitude, gleiche Frequenz und entgegengesetzte Phase besitzen.

Nach dem CH-Patent Nr. 539 837 ist ein Verfahren bekannt geworden, bei welchem die Bestimmung der Verschiebung kapazitiver Elemente zueinander dadurch erreicht wird, dass der Verschiebeweg in aufeinanderfolgende kapazitive Einzelemente aufgeteilt wird, welche nacheinander abgetastet werden. Es ist dabei möglich, über den Verschiebeweg eines einzelnen Elements genau lineare Verschiebespannungen zu erhalten. Ein Nachteil der Anordnung besteht aber darin, dass es schwierig ist, den Messvorgang so einzustellen, dass bei der Aneinanderreihung der einzelnen Messelemente, resp. deren Spannungen, keine Sprungfehler entstehen, welche auf durch zufällige Teilungsfehler des Elektrodenmusters bedingt sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, diesen Nachteil zu beheben, indem sie, bei Beibehaltung der linearen Interpolationseigenschaften, die Übergangsfehler von einem Interpolationselement zum anderen auf einfache Weise ausschaltet.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass die einer Empfangselektrode gegenüberliegenden Geberelektroden in zwei Gruppen gekoppelt werden, die beziehungsweise an die erste V_1 und zweite V_2 Wechselspannung angeschlossen werden, und welche durch eine Geberelektrode getrennt sind, die an eine zwischen der ersten V_1 und zweiten V_2 derart variierende dritte Wechselspannung V_x gelegt wird, dass diese dritte variierende Wechselspannung V_x ein Mass der Verschiebung bildet, wenn das auf der Empfangselektrode erregte Signal zu Null wird, wobei die Kapazitäten der genannten Gruppen gegenüber der Empfangselektrode über einen Weg von mindestens einem Geberelektroden-Abstand L in linearer Funktion zu der Verschiebung stehen.

Der Vorteil dieser Massnahmen besteht darin, dass an den Übergangspunkten zwischen zwei benachbarten Interpolations-Intervallen die Spannung V_x , je nach Verschiebungsrichtung, den Spannungen V_1 oder V_2 identisch wird, so dass bei Beibehaltung der hohen Interpolations-Linearität, wie weiter dargelegt, problemlose Übergänge zwischen benachbarten Interpolationsintervallen gesichert sind.

Ausführungsbeispiele von Vorrichtungen zur Ausführung der erfindungsgemässen kapazitiven Messverfahrens sind in den Figuren 1 bis 8 dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 eine allgemeine Prinzipanordnung der Elektroden, Fig. 2 ein Beispiel einer zugehörigen Elektronik, Fig. 3 die Amplitudenverläufe der Schaltung nach Fig. 2 als Funktion der Verschiebung X ,

Fig. 4 die an einer Elektrode der Schaltung nach Fig. 2 anstehende Spannung bei einer Verschiebung konstanter Geschwindigkeit als Funktion der Zeit,

Fig. 5 eine weitere Möglichkeit der Modulation der Spannung V_x zur Erzeugung einer linearen Interpolation,

Fig. 6 eine mögliche Art, in diskreten Phasensprüngen die Spannung V_x in Wellenform von V_1 zu V_2 zu bringen,

Fig. 7 ein Beispiel einer Elektronik, bei welcher der Zeitpunkt des Nulldurchganges ein Mass der Verschiebung ist,

Fig. 8 die Form des demodulierten Empfängersignales in der Elektronik nach Fig. 7.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, sind die einer einzelnen Empfangselektrode (20) gegenüberliegenden Geberelektroden (10) an drei Wechselspannungen angeschlossen, wobei eine einzelne Geberelektrode, normalerweise die, welche sich zunächst in der Mitte befindet, an eine Wechselspannung V_x angeschlossen ist, während die auf der einen Seite liegenden Elektroden an eine Wechselspannung konstanter Amplitude V_1 , und diejenigen auf der andern Seite liegenden an eine Wechselspannung V_2 angeschlossen sind, wobei V_1 und V_2 die gleiche Frequenz, aber entgegengesetzte Phasenlage aufwei-

sen. V_x ist veränderlich, zum Beispiel in ihrer Amplitude. Schreibt man nun vor, dass die Summe der Wechselströme auf der Empfängerelektrode gleich Null sein soll, so wird man feststellen, dass bei einer relativen Verschiebung (X) der Empfangselektrode zu den Geberelektroden die Spannung V_x linear mit der Verschiebung X ändert und dass sie über einen Verschiebeweg, welcher genau dem Elektroden-Mittenabstand (L) entspricht, von der Amplitude V_1 durch Null, weil ja eine Phasenumkehr eintritt, auf die Amplitude V_2 übergeht. Die Randbedingungen des Interpolations-Intervalls sind also genau definiert: sie sind erfüllt, wenn die auf der Empfänger-elektrode erregte Wechselspannung für $V_x = V_1$, bzw. $V_x = V_2$, zu Null wird. Ist dies der Fall, wird durch elektronische Mittel die Geberelektroden-Zuteilung um eine Elektrode weiter geschaltet. Hat man mehrere Empfangselektroden, und kommen auf den Mittenabstand zwischen letzteren je N Geberelektroden, wird die Geberelektroden-Zuteilung über N Schritte eine periodische Funktion der Lage sein.

Fig. 2 zeigt das Blockschema einer dazu verwendbaren Elektronik. Das von der Empfangselektrode (20) aufgenommene Signal wird vom Verstärker (21) verstärkt und auf niedere Impedanz gebracht, durch einen, von einem Oszillator (23) getakteten Synchrondemodulator (22) demoduliert und in einem Komparator (24) auf einen digitalen Pegel gebracht, welcher seinerseits den auf/ab-Eingang eines binären Zählers (25) steuert. Der Zähleringang des Zählers (25) ist der Einfachheit der Darstellung halber auch an den Oszillator (23) angeschlossen. Der Stand des Zählers (25) ist ein direktes Mass für die relative Lage der Elektroden, wie aus folgendem ersichtlich wird. Die niederwertigen Ausgänge des Zählers (25) steuern einen digitalen/analog-Wandler (26), welcher die Modulationsspannung für die mit der Verschiebung linearen Amplitudenänderung liefert. Diese Modulationsspannung, sowie die höherwertigen Ausgänge des Zählers, werden einem Funktions-Generator (27) zugeführt, welcher N (hier 8) Ausgänge (31 bis 38) besitzt. Die vom Funktionsgenerator (27) als Funktion der Zählerlage, folglich der Verschiebung, erzeugten Ausgangs-Wellenformen zeigt Fig. 3. Jeder dieser Ausgänge wird über einen am Oszillator (23) angeschlossenen Modulator (28) den Elektrodengruppen zugeführt. Die sich daraus an einer Elektrode ergebende Wellenform, bei einer Verschiebung mit konstanter Geschwindigkeit betrachtet, zeigt Fig. 4. Aus der Fig. 3 ersieht man, dass für eine gegebene Verschiebung L bei zwei von den 8 Elektroden sich die Modulationsspannung stetig ändert. (Elektroden 14 und 18). Die Elektrode 14 befindet sich gegenüber einer Empfangselektrode, die andere dagegen liegt zwischen zwei Empfangselek-

troden, da die Ausdehnung der letzteren nur etwa die Hälfte ihres Mittenabstandes beträgt. Die Elektrode 18 hat deshalb keinen Einfluss auf die Empfangselektroden, so dass nur die Elektrode 14 gegenüber einer Empfangselektrode an V_x angeschlossen ist. Fig. 3 zeigt ferner, dass sich die linearen Kennlinien benachbarter Elektroden genau folgen, so dass die Messung über den ganzen Verschiebebereich linear ist und der Zählerstand also ein lineares Mass der Verschiebung wiedergibt.

Um die ganze Elektronik leicht integrieren zu können, ist es wünschenswert, die linearen Funktionen, insbesondere den analog/digital-Wandler, auf das mindeste zu reduzieren. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn man, statt die Amplitude linear mit der Verschiebung zu ändern, mit einem variablen Taktverhältnis, welches mit der Verschiebung linear ändert, V_x abwechselnd V_1 oder V_2 gleichsetzt. Fig. 5 zeigt die entsprechende Modulationsfunktion für eine Verschiebung konstanter Geschwindigkeit. Mit einem Tiefpass versehen, wird diese Anordnung einer linearen Amplitudenmodulation gleichwertig.

Eine weitere Art der Erzeugung eines linearen Überganges zeigt Fig. 6. Hier ändert sich das Signal so, dass sich nach Synchrondemodulation und Filterung mit einem Tiefpass ein linearer Übergang ergibt. Im gezeigten Beispiel von Fig. 6 ist V_x' gleichwertig mit $+0,5 V_1$, V_x'' mit Null und V_x mit $-0,5 V_1$, also $+0,5 V_2$. In diesem Fall hat man nicht mehr einen stetigen Übergang, sondern eine Anzahl linear verteilter Zwischenwerte, welche aber eine lineare Stufung des Signals ergeben, die sich ohne weiteres ausfiltern lässt, so dass man wieder eine lineare Kennlinie erreicht. Eine dazu passende Schaltung zeigt Fig. 7. Hier wird statt einem aufwärts/abwärts-Zähler, der immer der Verschiebung folgt, ein aufwärts-Zähler (71), der fortlaufend zählt, gebraucht, d.h. die Geberelektroden-Zuteilung folgt einer fiktiven Bewegung der Empfangselektroden, mit einer der Zählerfrequenz proportionalen Geschwindigkeit. Der Funktionsgenerator (72) erzeugt dem Zählerstand entsprechend die Rechteckwellen V_1 , V_2 und die Übergangswellen V_x wie in Fig. 6 gezeigt, und führt sie in richtiger Sequenz den verschiedenen Elektroden 11 bis 18 zu.

Fig. 8 zeigt das demodulierte Signal (V_{22}), welches noch eine durch die diskreten Stufungen der Übergangs-Wellenform von V_x verursachte Restwelligkeit aufweist. Nach dem Tiefpass (70) ändert sich jedoch die Spannung (V_{70}) um den Nulldurchgangsbereich in linearer Weise, so dass auch hier ein linearer Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt des Nulldurchganges, also dem Zählerstand in diesem Moment, und der Verschiebung X besteht.

FIG 1

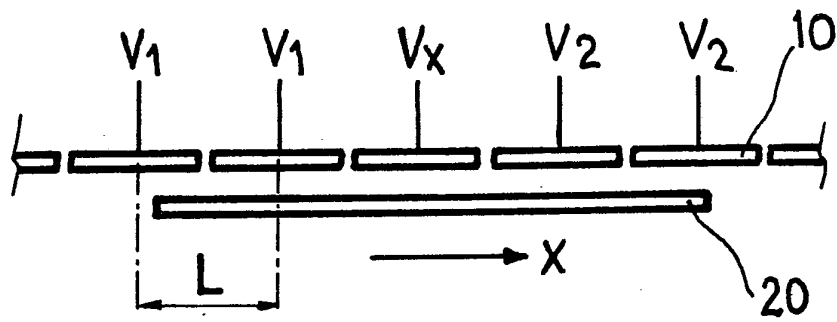


FIG 2

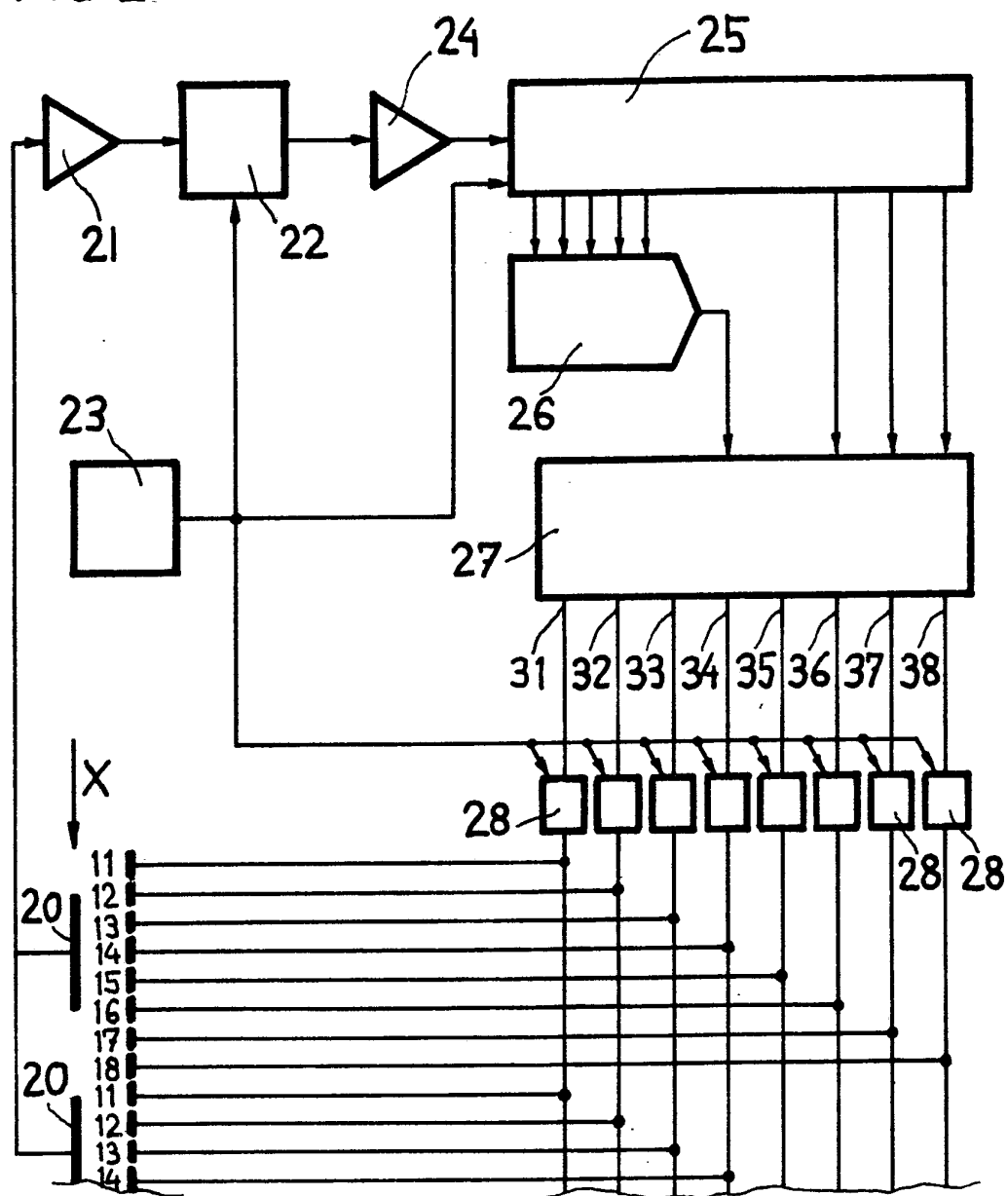


FIG 3

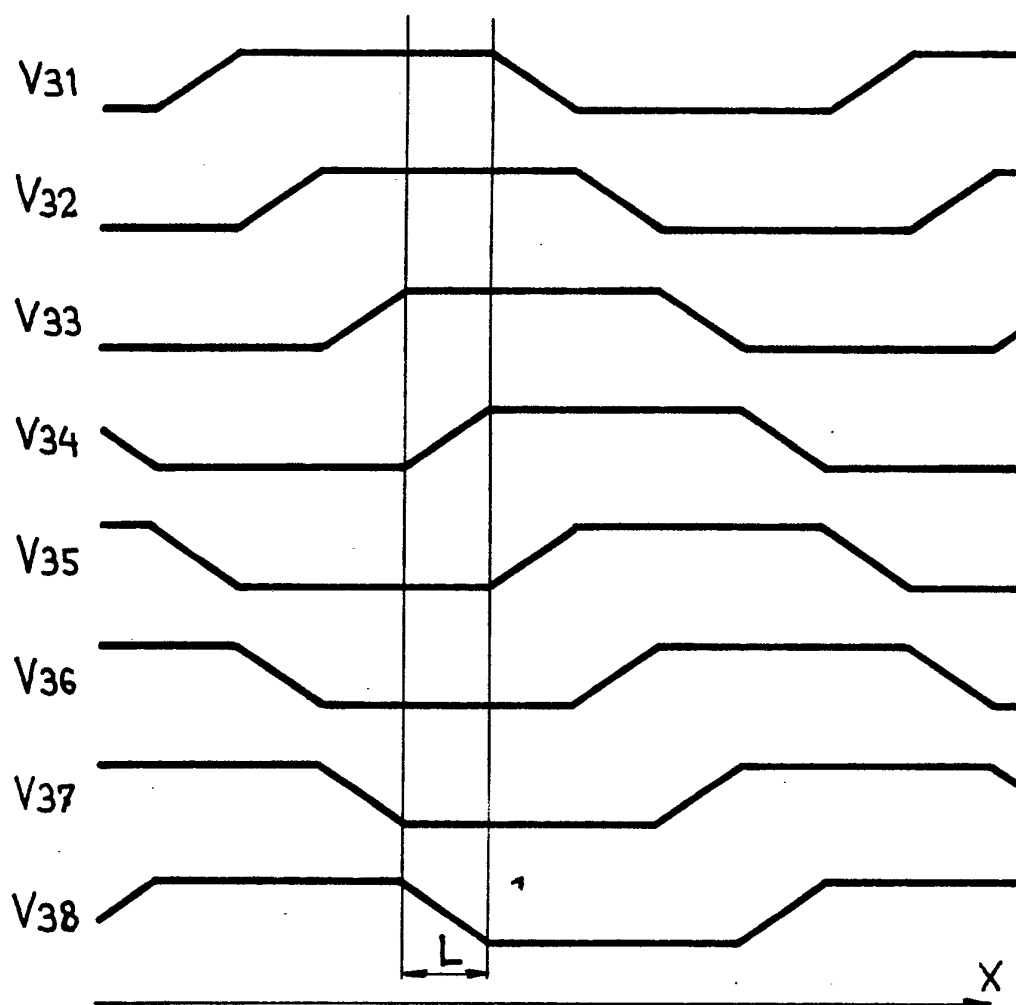


FIG 4

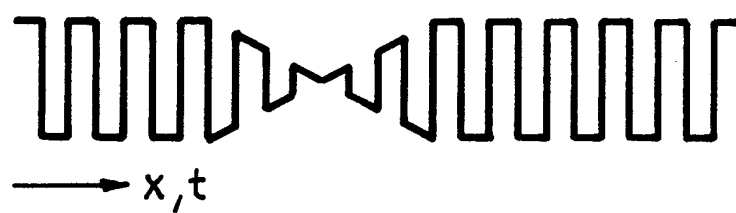


FIG 5

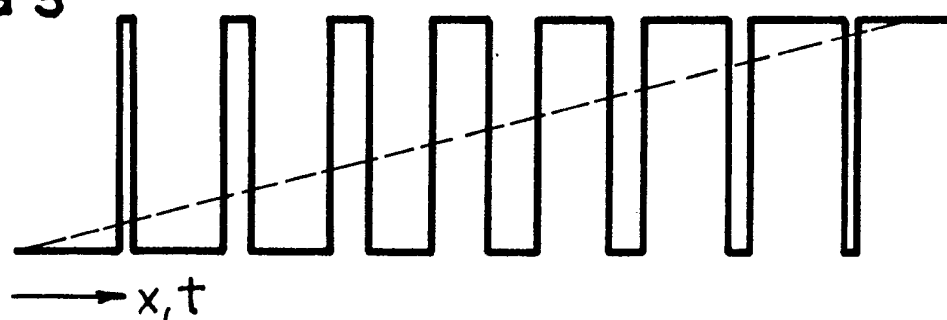


FIG 6

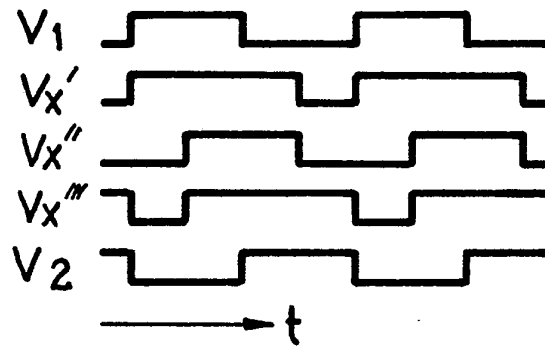


FIG 7

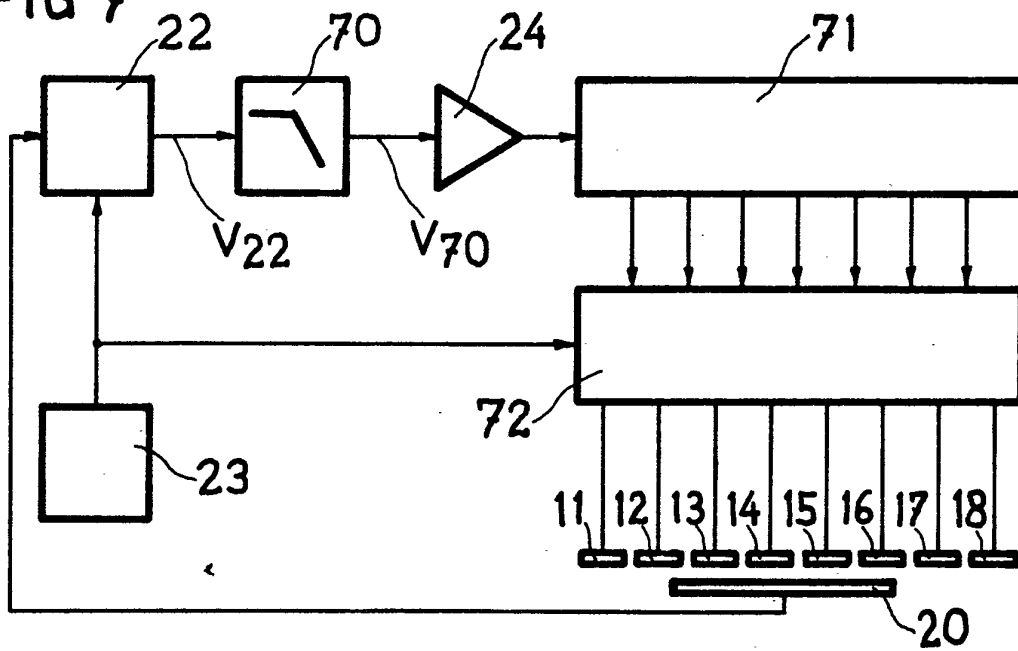


FIG 8

