

(51)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Int. Cl.:

H 03 k, 3/82

H 03 k, 5/08

DEUTSCHES



PATENTAMT

(52)

Deutsche Kl.:

21 a1, 36/02

21 a1, 36/04

(10)

(11)

(21)

(22)

(43)

(44)

(45)

Patentschrift 977 938

Aktenzeichen: N 21167 VIII a/21 a1

Anmeldetag: 2. Februar 1962

Offenlegungstag: —

Auslegetag: —

Ausgabetag: 26. Juli 1973

Ausstellungspriorität: —

(30)

Unionspriorität

(32)

Datum: 2. Februar 1961

(33)

Land: Niederlande

(31)

Aktenzeichen: 260780

(54)

Bezeichnung: Schaltungsanordnung zum Erzeugen von Impulsfolgen mit statistisch verteilten Impulsen

(61)

Zusatz zu: —

(62)

Ausscheidung aus: —

(73)

Patentiert für: Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk, Onderzoek ten behoeve van de Rijksverdediging, Den Haag

Vertreter gem. § 16 PatG: Poschenrieder, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Patentanwalt, 8000 München

(72)

Als Erfinder benannt: Slegtenhorst, Rudolf, Wassenaar (Niederlande)

(56)

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DT-PS 958 933

DT-AS 1 025 448

Patentansprüche:

1. Schaltungsanordnung zum Erzeugen von Impulsfolgen mit statistisch verteilten Impulsen, wobei ein periodischer Generator Abtastimpulse erzeugt, die von einem Tor mit einem von einer Rauschspannung und gegebenenfalls einer Regelspannung abhängigen Schwellenwert im Augenblick des Eintreffens eines Abtastimpulses durchgelassen oder nicht durchgelassen werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Unterschied, der bei der im voraus gegebenen Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Impulses bekannten Sollzahl der Impulse und der Zahl der wirklich auftretenden Impulse registriert wird und dieser Unterschied in eine der Rauschspannung zugefügte Spannung umgesetzt wird, die den Schwellenwert des Tores ändert, sobald dieser Unterschied einen auf Grund statistischer Erwägungen festgelegten Wert überschreitet.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ausgang eines Rauschgenerators mit einem der beiden Eingänge eines UND-Tores und daß der Ausgang des periodischen Generators mit dem zweiten Eingang des UND-Tores verbunden ist und daß weiter eine Schaltung zur Erzeugung einer Spannung vorgesehen ist, die dem ersterwähnten Eingang des UND-Tores zugeführt wird und zusammen mit der Rauschspannung und gegebenenfalls einer festen Spannung den Schwellenwert des UND-Tores bestimmt, daß weiter der Ausgang des periodischen Generators, außer mit dem zweiten Eingang des UND-Tores, mit dem Eingang eines Frequenzteilers verbunden ist, dessen Ausgang mit einem Binärzähler verbunden ist, und der Ausgang des UND-Tores ebenfalls mit diesem Binärzähler verbunden ist, wobei diese Verbindungen derart auf Addieren und Subtrahieren geschaltet werden, daß die vom Frequenzteiler herrührenden Impulse subtrahiert werden von der im Binärzähler stehenden Zahl, und die von dem UND-Tor durchgelassenen zu dieser Zahl addiert werden, derart, daß der Zählerinhalt den Schwankungen in dem Unterschied zwischen der Sollzahl der Impulse und der Anzahl der vom UND-Tor durchgelassenen Impulse folgt, und daß ein widerstandsbelastetes Bewertungsnetzwerk an den Binärzähler angeschlossen ist, das die Spannungen, die in den Kippschaltungen von einigen der meistwertigen Stufen auftreten, summiert und eine Spannung bildet, die unveränderlich ist, solange die Änderung der im Zähler enthaltenen Zahl nur von den weniger bedeutsamen Stufen abhängt, wobei der Ausgang dieses Bewertungsnetzwerks vorzugsweise über ein Filter mit einer Addierschaltung verbunden ist, in der diese Spannung zu einer im Ausgang des Rauschspannungsgenerators auftretenden Spannung addiert wird, und der Ausgang dieser Addierschaltung mit dem ersten Eingang des UND-Tores verbunden ist.

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zum Erzeugen von Impulsfolgen mit statistisch verteilten Impulsen, wobei ein periodischer Generator Abtastimpulse erzeugt, die von einem Tor mit einem von einer Rauschspannung und gegebenenfalls einer Regelspannung je nach dem Schwellenwert im Augenblick des Eintreffens eines Abtastimpulses durchgelassen oder nicht durchgelassen werden. Solche Impulsfolgen finden bekanntlich in der Nachrichtenübermittlungstechnik als Schlüsselreihen Verwendung; ferner bei statistischen Untersuchungen, bei Stichprobenkontrollen und bei verschiedenen mathematischen Problemen, beispielsweise solchen, die in der Informationstheorie vorkommen.

Für die Erzeugung derartiger Reihen sind schon verschiedene Schaltungsanordnungen bekanntgeworden. Dabei wurde in vielen Fällen eine Rauschspannung benutzt, weil diese im allgemeinen einen sich nach Zufallsgesetzen ändernden Wert besitzt.

Es ist jedoch bekannt, daß man, wenn man periodisch den Wert der Rauschspannung abtastet und die oberhalb einer gewissen Schwelle liegenden Spannungen als Impulse zählt, einer statistischen Verteilung nicht sicher ist.

Daher wurde in der deutschen Auslegeschrift 1 025 448 eine Verbesserung dieses einfachen Verfahrens vorgeschlagen, die darin besteht, daß vor der Abtastung die Frequenz des Rauschspannungsgenerators halbiert wird, um dadurch die mittlere Periode der Rauschfrequenzen zu vergrößern und damit die Unsymmetrien zwischen positiven und negativen Halbwellen, die z. B. dadurch entstehen, daß Röhren mit nichtlinearer Charakteristik verwendet werden, unwirksam zu machen.

Weiterhin wurde in der deutschen Patentschrift 958 933 eine Anordnung vorgeschlagen, in der ein Kippschwingungserzeuger vorgesehen ist, dessen Frequenz von mit natürlichen Schwankungen behafteten Größen abhängig ist. Der Schwingungserzeuger wird wiederholt kurzzeitig in Betrieb gestellt und liefert in dieser Zeit eine statistisch variierende Anzahl Schwingungen. Diese Schwingungen wirken auf eine Kippschaltung mit zwei stabilen Lagen ein, und am Ende einer Arbeitsperiode des Schwingungserzeugers beharrt diese Kippschaltung in der einen oder der anderen der beiden stabilen Lagen, deren eine einer Null und deren andere einer Eins entspricht. Beide bekannten Schaltungsanordnungen können den vorerwähnten Nachteil jedoch ebenfalls nicht verhindern.

Die Erfindung hat das Ziel, eine weitgehend statistische Verteilung in einer Impulsfolge zu erreichen und eine Regelschaltung zu schaffen, die dies bei Verwendung bekannter Generatoren, insbesondere Rauschgeneratoren, gestattet. Sie geht dabei zur Lösung dieses Problems einen grundsätzlich anderen Weg. Sie verwendet in bekannter Weise eine Rauschspannung, die zusammen mit einer Vorspannung den Schwellenwert eines Tores bestimmt. Je nach dem Schwellenwert dieses Tores im Moment des Abtastimpulses tritt dann am Ausgang des Tores ein Impuls auf oder nicht.

Die Erfindung ist nun darauf gerichtet, den Schwellenwert des Tores selbsttätig so zu regeln, daß der Unterschied zwischen dem durch die im voraus festgelegte Wahrscheinlichkeit des Erscheinens eines Impulses bestimmten Sollwert der Im-

pulszahl und der Anzahl der wirklich erschienenen Impulse einen statistisch festgelegten Wert zu keiner Zeit überschreitet.

Dies wird im Prinzip dadurch erreicht, daß der Unterschied der bei der im voraus gegebenen Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Impulses bekannten Sollzahl der Impulse und der Zahl der wirklich auftretenden Impulse registriert wird und dieser Unterschied in eine der Rauschspannung zugefügte Spannung umgesetzt wird, die den Schwellenwert des Tores ändert, sobald dieser Unterschied einen auf Grund statistischer Erwägungen festgelegten Wert überschreitet.

Die Sollzahl der Impulse kann dadurch erhalten werden, daß der Ausgang des Generators der Abtastimpulse mit einem Frequenzteiler verbunden ist, dessen Teilungsverhältnis der festgelegten Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Impulses entspricht.

Die Zählung der vom Frequenzteiler gelieferten Impulse liefert die Sollzahl und die Zählung der vom Tor durchgelassenen Impulse die wirkliche Zahl.

Die Schaltungsanordnung gemäß der Erfindung, die nach diesem Prinzip arbeitet, enthält in an sich bekannter Weise einen periodischen Impuls-generator zur Erzeugung der Abtastimpulse und einen Rauschspannungsgenerator und ist so ausgebildet, daß der Ausgang eines Rauschgenerators mit einem der beiden Eingänge eines UND-Tores und daß der Ausgang des periodischen Generators mit dem zweiten Eingang des UND-Tores verbunden ist und daß weiter eine Schaltung zur Erzeugung einer Spannung vorgesehen ist, die dem erst-erwähnten Eingang des UND-Tores zugeführt wird und zusammen mit der Rauschspannung und gegebenenfalls einer festen Spannung den Schwellenwert des UND-Tores bestimmt, daß weiter der Ausgang des periodischen Generators, außer mit dem zweiten Eingang des UND-Tores, mit dem Eingang eines Frequenzteilers verbunden ist, dessen Ausgang mit einem Binärzähler verbunden ist, und der Ausgang des UND-Tores ebenfalls mit diesem Binärzähler verbunden ist, wobei diese Verbindungen derart auf Addieren und Subtrahieren geschaltet werden, daß die vom Frequenzteiler her-rührenden Impulse subtrahiert werden von der im Binärzähler stehenden Zahl und die von dem UND-Tor durchgelassenen zu dieser Zahl addiert werden, derart, daß der Zählerinhalt den Schwankungen in dem Unterschied zwischen der Sollzahl der Impulse und der Anzahl der vom UND-Tor durchgelassenen Impulse folgt, und daß ein widerstandsbelastetes Bewertungsnetzwerk an den Binärzähler angeschlossen ist, das die Spannungen, die in den Kippschaltungen von einigen der meistwertigen Stufen auftreten, summiert und eine Spannung bildet, die unveränderlich ist, solange die Änderung der im Zähler enthaltenen Zahl nur von den weniger bedeutsamen Stufen abhängt, wobei der Ausgang dieses Bewertungsnetzwerks vorzugsweise über ein Filter mit einer Addierschaltung verbunden ist, in der diese Spannung zu einer im Ausgang des Rauschspannungsgenerators auftretenden Spannung addiert wird und der Ausgang dieser Addierschaltung mit dem ersten Eingang des UND-Tores verbunden ist.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfin-

dung zeigen die in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele.

Fig. 1 gibt ein Blockschema der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung der Gesamtschaltung;

Fig. 2 zeigt schematisch die Schaltung des widerstandsbelasteten Netzwerks;

Fig. 3 gibt ein Beispiel einer Schaltung, die in extremen Fällen ein fehlerhaftes Arbeiten der Anordnung verhindert.

In Fig. 1 stellen dar:

- 1 einen Generator für die periodischen Impulse,
- 2 einen UND-Tor-Stromkreis,
- 3 das binäre Zählwerk zum Addieren und Subtrahieren der Impulse,
- 4 einen Rauschspannungsgenerator,
- 5 einen Frequenzteiler,
- 6 einen Verstärker,
- 7 ein widerstandsbelastetes Bewertungsnetzwerk,
- 8 ein Tiefpaßfilter,
- 9 eine Addierschaltung für Signale,
- 10 die Ausgangsklemme für die Impulse.

Die Schaltung gemäß Fig. 1 arbeitet wie folgt: Der Generator 1 liefert periodische Impulse, die einem Eingang des UND-Tores 2 zugeführt werden. Abhängig von dem Schwellenwert des Tores werden die Impulse durchgelassen oder nicht. Die durchgelassenen Impulse erscheinen am Ausgang 10 und werden außerdem dem Binärzähler 3 zugeführt.

Der Frequenzteiler 5 liefert für den Fall, daß die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Impulses dieselbe ist wie die des Nichtauftretens, die halbe Zahl der vom Generator 1 erzeugten Abtastimpulse.

Die vom Frequenzteiler gelieferten Impulse werden ebenfalls dem Binärzähler zugeführt, jedoch nicht zu der im Zähler stehenden Zahl addiert, sondern davon subtrahiert. Man könnte jedoch auch die vom Frequenzteiler kommenden Impulse addieren und die anderen subtrahieren.

Beim Anfang des Arbeitens wird der Zähler so eingestellt, daß sich darin eine Zahl befindet, die etwa der Hälfte der Kapazität des Zählers gleich ist.

Weil für Subtrahieren die Verbindungen zwischen den Stufen anders sein müssen als für Addieren, ist es erforderlich, diese Verbindungen periodisch zu ändern und dafür zu sorgen, daß zu addierende und zu subtrahierende Impulse nicht zu gleicher Zeit beim Zähler eintreffen. Dies kann z. B. dadurch erreicht werden, daß die zu subtrahierenden Impulse um eine halbe Periode des Generators 1 verzögert werden und die Umschaltung auf Subtrahieren unmittelbar nach einem Impuls dieses Generators vorgenommen wird.

Das Umschalten der Verbindungen ist eine an sich bekannte Maßnahme und bildet an sich keinen Teil der Erfindung.

Um diese Umschaltung von Addieren auf Subtrahieren auszuführen, kann man im Prinzip in der folgenden Weise vorgehen: Es werden sowohl die an sich bekannten Verbindungen für Addieren wie die für Subtrahieren angebracht, jedoch so, daß in jeder dieser Verbindungen ein UND-Tor mit zwei Eingängen aufgenommen ist. Die zweiten Eingänge der sämtlichen UND-Tore werden mit einer von dem Generator 1 kommenden Wechsellspannung derart verbunden, daß die zu den beiden Gruppen von Verbindungen gehörenden UND-Tore für die

jeweilig eintreffenden Impulse abwechselnd geschlossen und geöffnet werden.

Damit die Zulassung der beiden Gruppen von Impulsen im richtigen Moment stattfindet, d. h. während der Zeit, während der die betreffenden UND-Tore geöffnet sind, müssen die Impulse von einer der Gruppen in an sich bekannter Weise verzögert werden.

Wenn zu wenig Impulse addiert werden, wird die im Zähler stehende Zahl kleiner. Dies tritt auf, wenn der Schwellenwert des Tores zu hoch ist, so daß der Schwellenwert erniedrigt werden muß. Bei zuviel addierten Impulsen muß der Schwellenwert erhöht werden. Der Zähler 3 enthält eine Anzahl bistabile Kippschaltungen, die z. B. mit Transistoren aufgebaut sind.

Man kann von einer dieser Kippschaltungen, wenn sie in der Lage ist, die eine Eins repräsentiert, eine Spannung abgreifen, die in der Nullage verschwindet.

Mittels einer Additionsschaltung für Spannungen ist es möglich, einer Gruppe von Kippschaltungen eine Spannung zu entnehmen, die sich ändert, wenn sich die Lage dieser Kippschaltungen ändert.

Diese Umwandlung der Lagen der Kippschaltungen des Zählers in eine Spannung findet in dem Bewertungsnetzwerk 7 statt, dessen Einrichtung an Hand der Fig. 2 noch näher beschrieben wird.

Die Ausgangsspannung von 7 wird dem Tiefpaßfilter 8 zugeführt, das zum Zweck hat, die Schwankungen der vom Bewertungsnetzwerk kommenden Regelspannung im Vergleich mit der Wiederholungsfrequenz des periodischen Generators langsam verlaufen zu lassen.

Die Ausgangsspannung des Filters 8 wird in einer an sich bekannten Addierschaltung 9 addiert zu der Ausgangsspannung des Rauschgenerators 4 und über den Verstärker 5 an dem ersten Eingang des UND-Tores 2 zugeführt.

Es leuchtet ein, daß der Unterschied zwischen der Sollzahl der Impulse und der Anzahl der Impulse, die am Ausgang 10 auftreten, zwischen gewissen Grenzen schwanken können muß, damit die erzeugte Reihe den erwünschten Charakter einer Zufallsreihe behält.

Dies wird gemäß der Erfindung dadurch erreicht, daß die wenigerwertigen Stufen des Binärzählers keinen Beitrag zu der Regelspannung liefern.

Wenn der Zähler z. B. aus sieben bistabilen Kippschaltungen besteht und im Ausgangszustand die Lage 1000000 gewählt wird und der erste Impuls aus dem Frequenzteiler kommt und addiert wird, so entsteht die Lage 1000001.

Wenn die 3 Stufen an der rechten Seite nicht zur Bildung der Regelspannung beitragen, kann das Addieren fortgesetzt werden, bis die Lage 1000111 erreicht ist. Es können also 7 Impulse hintereinander addiert werden, bevor die eingestellte Regelspannung sich ändert. Bei dem 8. addierten Impuls folgt der Zustand 1001000, und die Regelspannung wird geändert. Werden jedoch zuerst Impulse subtrahiert, dann entsteht nach dem ersten Impuls die Lage 0111111.

Damit auch jetzt die Regelspannung sich noch nicht ändert, muß die von den linken vier Kippschaltungen abgegriffene Gesamtspannung dieselbe sein wie die von der höchstwertigen Stufe allein.

Dann können im ganzen acht Impulse subtra-

hiert werden, bevor die Regelspannung geändert wird.

Die Grenzen, zwischen welchen der Unterschied zwischen der am Ausgang des Tores erscheinenden Impulse und der Sollzahl schwankt, können also durch die Wahl der nicht an der Bildung der Regelspannung teilnehmenden Zählerstufen variiert und z. B. der Länge der zu erzeugenden Reihen angepaßt werden.

Fig. 2 gibt eine an sich bekannte Prinzipschaltung eines Netzwerkes, womit aus dem Stand eines Binärzählers eine als Regelspannung verwendbare Spannung abgeleitet werden kann.

11, 12, 13, 14 usw. sind die Kippschaltungen der meistwertigen Stufen eines Binärzählers.

Diese Kippschaltungen sind in der üblichen Weise verbunden zu denken. Nur die ersten vier Kippschaltungen tragen zur Bildung der Regelspannung bei. Die Punkte A, B, C und D des Netzwerkes 7 sind über einen Widerstand R mit den Kippschaltungen verbunden, und zwar derart, daß sie in der Nullage direkt geerdet sind, und in der Einslage zwischen Erde und Widerstand eine Spannung E liegt. Weiter sind die Punkte D und A, die zu den Kippschaltungen der höchstwertigen und der niedrigstwertigen Stufe gehören, noch je mit einem Widerstand R mit Erde verbunden. Zwischen den Punkten A und C, C und B, B und A sind Widerstände mit dem Wert $1/2 R$ geschaltet.

Bei diesem Bau des Netzwerkes 7 ist der Wert des Gesamt Widerstandes, von jedem der Punkte A bis D aus gesehen, nach beiden Seiten gleich R.

Die besondere Wahl der Widerstandswerte bewirkt, daß der Beitrag zur Ausgangsspannung U_a von irgendeiner der Kippschaltungen von Stufe zu Stufe durch den Faktor 2 geteilt wird.

Es liefert die Kippschaltung 4 den Beitrag $1/3 \cdot (\frac{1}{2})^3 E$ zur Ausgangsspannung U_a , 13 den Beitrag $1/3 \cdot (\frac{1}{2})^2 E$ usw., so daß die Spannung U_a tatsächlich dem Analogwert der durch die vier Kippschaltungen dargestellten Zahl proportional ist.

Um die obenerwähnte Anforderung, daß der Beitrag der höchstwertigen Stufe gleich dem Gesamtbeitrag der übrigen Stufen sein muß, zu erfüllen, kann man in diesem Fall die Spannung der höchstwertigen Stufe gleich $7/8$ der Spannung E der übrigen Stufen wählen.

Weil trotz der Regelspannung die Möglichkeit nicht ganz ausgeschlossen ist, daß der Zähler ganz voll oder ganz leer wird, so daß ein einziger weiterer Impuls den Zähler von voll auf leer schalten würde, oder umgekehrt, so daß die Regelung gründlich gestört würde, ist es ratsam, Vorkehrungen zu treffen, um zu verhindern, daß in diesen extremen Fällen noch ein Impuls zugelassen wird.

Fig. 3 zeigt eine Schaltungsanordnung, die die Zulassung von zu addierenden Impulsen verhindert, sobald der Zähler voll ist, d. h. daß alle Kippschaltungen den Wert »1« repräsentieren.

Die Kippschaltungen des Zählers sind mit den Ziffern 11, 12 angegeben.

Sämtliche Kippschaltungen sind über eine Diode mit der Leitung 15 verbunden, die über den Widerstand 16 mit einem Punkt negativen Potentials verbunden ist.

17 ist ein Dioden-Tor einer an sich bekannten Art, das sich aus dem Kondensator 18, der Diode 19 und dem Widerstand 20 zusammensetzt.

Solange wenigstens eine der unteren Hälften der Kippschaltungen hoch ist, kann der Punkt *A* nicht ein stark negatives Potential annehmen, und ein positiver Impuls *C* wird das Potential von *A* genügend hoch treiben, um dem Impuls Gelegenheit zu bieten, durch die Diode 19 zu passieren und den Impulsverbesserer 21 und von dort aus die Eingangsleitung des Zählers zu erreichen.

Sobald jedoch sämtliche untere Hälften niedrig sind, wird das Potential von *A* stark negativ, und 10

der Impuls *C* kann den Impulsverbesserer nicht mehr erreichen.

Ein ähnliches Tor kann dazu verwendet werden, zu verhindern, daß die Impulse, die subtrahiert werden müssen, die Eingangsleitung für diese Impulse erreichen.

Diese bekannten Anordnungen sind für sich nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung; es wird daher kein Schutz für sie allein bean-

sprucht.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

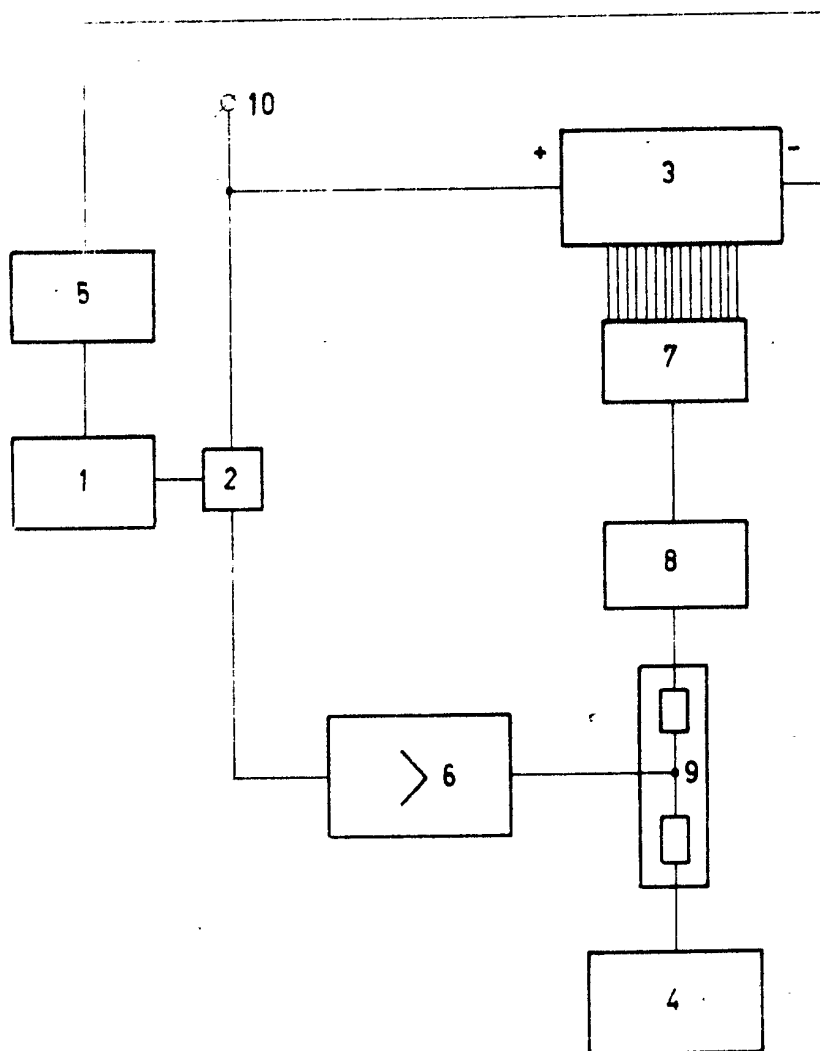


FIG. 2

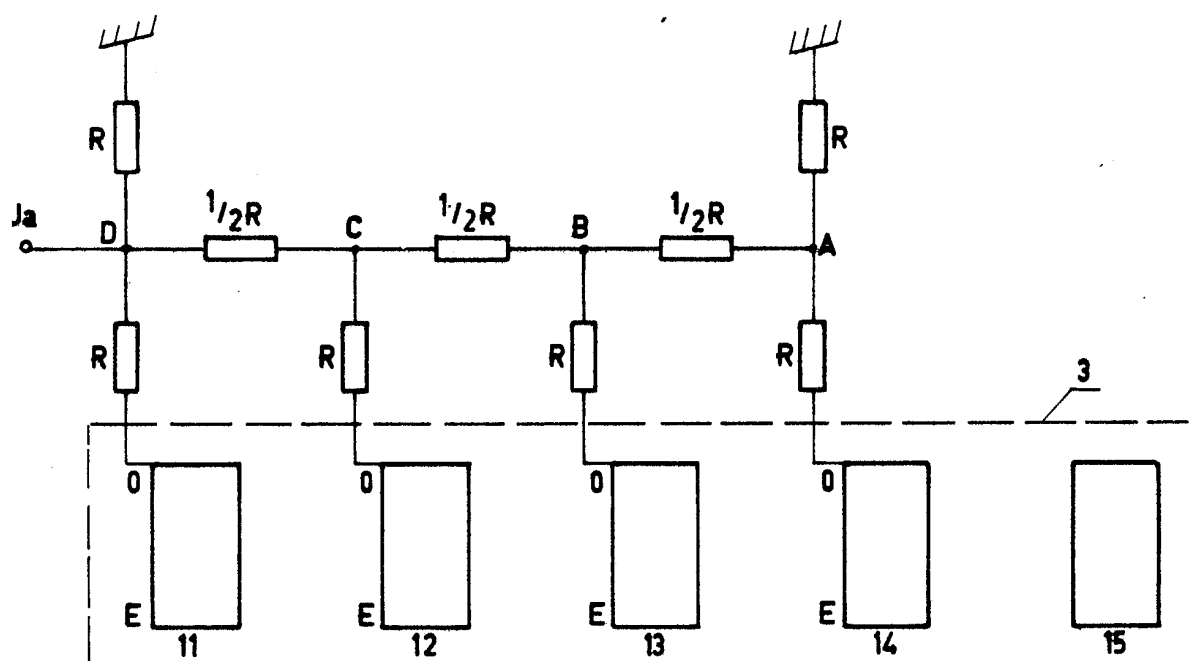


FIG.3

