



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Int. Cl.³: G 01 R 13/34

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



PATENTSCHRIFT A5

11

631 267

21 Gesuchsnummer: 7019/78

22 Anmeldungsdatum: 28.06.1978

30 Priorität(en): 29.06.1977 DE 2729331

24 Patent erteilt: 30.07.1982

45 Patentschrift
veröffentlicht: 30.07.1982

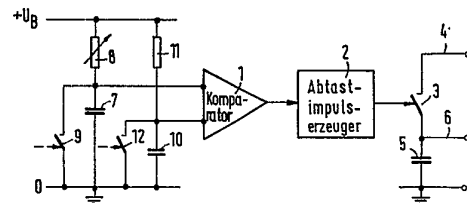
73 Inhaber:
Endress & Hauser GmbH & Co.,
Maulburg/Baden (DE)

72 Erfinder:
Wilfried Sartorius, Steinen (DE)
Dr. Don John Rotrigo Stock,
Schopfheim-Langenau (DE)

74 Vertreter:
Scheidegger, Zwicky & Co., Zürich

54 Schaltungsanordnung zur Erzeugung periodischer Abtastimpulse.

57 Ein Impulsgenerator (2) dient zur Erzeugung von Abtastimpulsen für die stroboskopische elektronische Abtastung periodisch wiederkehrender Signale. Die Abtastimpulsperiode unterscheidet sich von der Signalperiode um einen kleinen festgelegten Zeitabstand, so dass aus jeder Periode des wiederkehrenden Signals ein einziger Abtastwert entnommen wird, wobei die Abtastzeitpunkte in bezug auf den Beginn der Signalperiode gegeneinander geringfügig versetzt sind. Zur Erzeugung der Abtastimpulse enthält der Generator (2) einen Komparator (1), an dessen zwei Eingänge exponentielle Sägezahnspannungen mit unterschiedlichen Zeitkonstanten angelegt sind; bei jeder Feststellung der Gleichheit der beiden exponentiellen Sägezahnspannungen löst der Komparator (1) die Erzeugung eines Abtastimpulses aus. Die exponentiellen Sägezahnspannungen werden mit Hilfe von RC-Schaltungen (7,8; 10,11) erzeugt.



PATENTANSPRÜCHE

1. Schaltungsanordnung zur Erzeugung periodischer Abtastimpulse für die stroboskopische elektronische Abtastung periodisch wiederkehrender Signale, wobei sich die Abtastimpulsperiode von der Signalperiode um einen festgelegten kleinen Zeitabstand unterscheidet, mit einem Komparator, der an einem Eingang ein sich mit der Signalperiode wiederholendes, zeitlich ansteigendes Signal und am zweiten Eingang ein zeitlich wesentlich langsamer ansteigendes Signal empfängt und bei jeder Feststellung der Gleichheit der beiden Eingangssignale die Erzeugung eines Abtastimpulses auslöst, dadurch gekennzeichnet, dass die den beiden Eingängen des Komparators zugeführten Signale exponentielle Sägezahnspannungen mit unterschiedlicher Zeitkonstante sind.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingänge des Komparators mit den Ausgängen von zwei RC-Sägezahngeneratoren mit unterschiedlichen Zeitkonstanten verbunden sind, von denen jede einen Kondensator enthält, der in Reihe mit einem Ladewiderstand an einer Gleichspannung liegt und dem ein periodisch ausgelöster Entladekreis parallelgeschaltet ist.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Ladewiderstand wenigstens eines der beiden RC-Sägezahngeneratoren einstellbar ist.

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schaltungsanordnung zur Erzeugung periodischer Abtastimpulse für die stroboskopische elektronische Abtastung periodisch wiederkehrender Signale, wobei sich die Abtastimpulsperiode von der Signalperiode um eine festgelegte kleine Zeitdifferenz unterscheidet, mit einem Komparator, der an einem Eingang ein sich mit der Signalperiode wiederholendes, zeitlich ansteigendes Signal und am zweiten Eingang ein zeitlich wesentlich langsamer ansteigendes Signal empfängt und bei jeder Feststellung der Gleichheit der beiden Eingangssignale die Erzeugung eines Abtastimpulses auslöst.

Die Stroboskopie ist ein schon lange Zeit bekanntes und erfolgreich angewandtes Verfahren, um schnelle mechanische Vorgänge mit «zeitlicher Dehnung» sichtbar zu machen, damit Einzelheiten des Ablaufs studiert werden können. Eine elektronische Variante der Stroboskopie ist das Abtastverfahren (im anglo-amerikanischen Sprachgebrauch als «sampling»-Verfahren bezeichnet). Es wird in erster Linie bei Kathodenstrahlzilographen angewendet, um periodisch wiederkehrende Signale sichtbar zu machen, deren Folgefrequenz grösser als die höchste Ablenkfrequenz des Oszillographen ist. Zu diesem Zweck wird das darzustellende Signal in aufeinanderfolgenden Perioden jeweils durch Abtastimpulse abgetastet, deren Periode geringfügig grösser als die Signalperiode (oder ein Vielfaches der Signalperiode) ist. Aus jeder Periode des wiederkehrenden Signals wird also ein einziger Abtastwert entnommen, wobei die Abtastzeitpunkte in bezug auf den Beginn der Signalperiode gegeneinander geringfügig versezt sind. Die nacheinander entnommenen Abtastwerte werden im Verlauf einer einzigen Ablenkung des Leuchtflecks des Oszillographen dargestellt, und ihre Aneinanderreihung ergibt ein Abbild einer Periode des periodisch wiederkehrenden Signals, jedoch mit einer Zeitdehnung, die der Anzahl der für die Wiedergabe einer Signalperiode verwendeten Abtastimpulse entspricht. Die Wiedergabe erfolgt zwar nicht kontinuierlich, sondern in Form einer sich stufenweise ändernden Kurve, doch ist das Abbild umso genauer, je grösser die Anzahl der für die Wiedergabe verwendeten Abtastimpulse ist, je kleiner also die Zeitdifferenz zwischen der Signalperiode und der Abtastimpulsperiode ist. Gleichzeitig ist auch die Zeitdehnung umso grösser, je kleiner diese Zeitdifferenz ist. Wenn beispielsweise zur Abtastung einer vollständigen

Signalkurve in einem Abtastzyklus 10 000 Abtastimpulse verwendet werden, besteht das auf dem Bildschirm wiedergegebene Abbild der Kurve aus 10 000 Abtastwerten, die aus 10 000 aufeinanderfolgenden Perioden des Signals entnommen sind; die Wiedergabe erfolgt dann mit einer Zeitdehnung von 10 000:1. Die Periode dieser Abtastimpulse muss um 1/10 000 grösser sein als die Signalperiode.

Es besteht daher das Problem, Impulse zu erzeugen, deren Folgeperiode sich um eine genau bestimmte, sehr kleine Zeitdifferenz von einer sehr kurzen vorgegebenen Periode unterscheidet.

Ein bekanntes Verfahren zur Erzeugung solcher Abtastimpulse besteht darin, dass zwei lineare Sägezahnspannungen mit sehr unterschiedlicher Steigung an einen Komparator angelegt werden, der bei jeder Feststellung einer Koizidenz die Erzeugung eines Abtastimpulses auslöst. Die Schnittpunkte zwischen der langsam ansteigenden Sägezahnspannung und den aufeinanderfolgenden Perioden der schnell ansteigenden Sägezahnspannung verschieben sich von einer Periode zur nächsten um eine gleichbleibende feste Zeitdifferenz. Die beiden linearen Sägezahnspannungen werden dadurch erzeugt, dass zwei Kondensatoren über Konstantstromquellen aufgeladen werden, die mit Hilfe von Halbleiterschaltungselementen realisiert werden. Infolge der Temperaturabhängigkeit der verwendeten Schaltungselemente lässt sich bei dieser Lösung nur mit einem grossen Schaltungsaufwand eine temperaturstabile Zeitdifferenz zwischen der Signalperiode und der Impulsperiode erzielen. Es ist insbesondere zu beachten, dass bereits geringfügige Schwankungen der Impulsperiode ganz erhebliche Änderungen der Zeitdifferenz bedeuten.

Eine zweite Lösung, die oft angewendet wird, besteht darin, dass eine schnell ansteigende Sägezahnspannung in einem Komparator mit einer Treppenspannung verglichen wird, die bei jeder Periode der schnellen Sägezahnspannung um eine gleichbleibende Stufe erhöht wird. Auch in diesem Fall verschieben sich die Koizidenzzeitpunkte von einer Periode zur nächsten jeweils um die gleiche kleine Zeitdifferenz. Da in diesem Fall der Sägezahngenerator und der Treppenspannungsgenerator ebenfalls mit Hilfe von Halbleiterschaltungselementen realisiert werden, bleibt das Problem der Temperaturabhängigkeit bestehen; ausserdem wird ein Treppenspannungsgenerator benötigt, der so viele Treppenspannungsstufen zur Verfügung stellen muss, wie Abtastimpulse in jedem Abtastzyklus verwendet werden. Werden beispielsweise 10 000 Abtastimpulse pro Abtastzyklus benötigt, dann muss die Treppenspannung 10 000 Stufen aufweisen, deren Spannungspotentiale sich um jeweils 1/10 000 unterscheiden, was einen grossen Schaltungsaufwand erfordert. Zur Änderung der Anzahl der Abtastimpulse pro Abtastzyklus muss weiterhin die Stufenhöhe einstellbar sein, wodurch der Schaltungsaufwand noch vergrössert wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Schaltungsanordnung zur Erzeugung periodischer Abtastimpulse zu schaffen, die bei sehr einfachem Aufbau die genaue Einhaltung beliebig kleiner Zeitdifferenzen zwischen der Abtastimpulsperiode und einer vorgegebenen Signalperiode mit ausserordentlich grosser Temperaturstabilität ermöglicht.

Ausgehend von einer Schaltungsanordnung der eingangs angegebenen Art wird diese Aufgabe nach der Erfindung dadurch gelöst, dass die den beiden Eingängen des Komparators zugeführten Signale exponentielle Sägezahnspannungen mit unterschiedlicher Zeitkonstante sind.

Bei der Schaltungsanordnung nach der Erfindung beruht die Erzeugung der periodischen Abtastimpulse auf dem Vergleich von zwei nichtlinearen Spannungen. Dennoch ergibt sich die erstaunliche Wirkung, dass die jeweils bei der Koizidenz der beiden verglichenen nichtlinearen Spannungen erzeugten Abtastimpulse eine Periode haben, die sich exakt um eine gleich-

bleibend konstante Zeitdifferenz von der Periode der Sägezahnspannung mit der kleineren Zeitkonstante unterscheidet.

Die beiden exponentiellen Sägezahnspannungen können auf sehr einfache Weise mit grosser Temperaturstabilität erzeugt werden, nämlich einfach durch die Aufladung von Kondensatoren über ohmsche Widerstände. Für diese Schaltungselemente gibt es Ausführungen mit sehr kleinem Temperaturkoeffizienten oder Paarungen, deren Temperaturabhängigkeit sich gegenseitig kompensiert. Eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung besteht daher darin, dass die Eingänge des Komparators mit den Ausgängen von zwei Sägezahngeneratoren mit unterschiedlichen Zeitkonstanten verbunden sind, von denen jede einen Kondensator enthält, der in Reihe mit einem Ladewiderstand an einer Gleichspannung liegt und dem ein periodisch ausgelöster Entladekreis parallelgeschaltet ist. In diesem Fall werden für die Erzeugung der zu vergleichenden Sägezahnspannungen ausschliesslich passive Bauelemente verwendet, so dass keine temperaturbedingeten Halbleitereffekte auftreten. Ferner ist eine Änderung der Zeitdifferenz und damit der pro Abtastzyklus erzeugten Abtastimpulse auf einfache Weise dadurch möglich, dass der Ladewiderstand wenigstens eines der beiden RC-Sägezahngeneratoren einstellbar ist.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung beispielshalber beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 Zeitdiagramme zur Erläuterung der stroboskopischen elektronischen Abtastung und der bekannten Verfahren zur Erzeugung der Abtastimpulse,

Fig. 2 ein Schaltbild der Schaltungsanordnung zur Erzeugung der Abtastimpulse nach der Erfindung und

Fig. 3 Zeitdiagramme zur Erläuterung der Wirkungsweise der Schaltung von Fig. 2.

Im Diagramm A von Fig. 1 sind Signale gleicher Kurvenform dargestellt, die sich mit der Periode T regelmässig wiederholen. Es wird angenommen, dass die Folgefrequenz dieser Signale sehr gross ist, insbesondere wesentlich grösser als die höchste Ablenkfrequenz der verfügbaren Oszillographen.

Um diese Signale dennoch auf einem Oszillographenschirm sichtbar machen zu können, werden sie periodisch durch Abtastimpulse abgetastet, die im Diagramm B dargestellt sind. Diese Abtastimpulse haben eine Periode $T + \Delta t$, die sich um eine kleine Zeitdifferenz Δt von der Periode T der Signale unterscheidet.

Mit Hilfe der Abtastimpulse des Diagramms B wird aus jeder der aufeinanderfolgenden Signalkurven des Diagramms A ein Abtastwert entnommen, wobei die Lage der Abtastwerte von einer Periode zur folgenden um den Betrag Δt verschieden ist. Wenn also der erste Abtastwert mit dem Beginn der Signalperiode zusammenfällt, liegt der zweite Abtastwert um den Zeitabstand Δt nach dem Beginn der Signalperiode, der dritte Abtastwert um $2\Delta t$ nach dem Beginn der Signalperiode usw.

Es ist zu bemerken, dass die Zeitdifferenz Δt in Fig. 1 der Deutlichkeit wegen übertrieben gross dargestellt ist; in Wirklichkeit ist diese Zeitdifferenz sehr klein. Sie beträgt beispielsweise $1/10\ 000$ der Periode T , so dass die aufeinanderfolgenden Abtastwerte sehr nahe beieinander liegenden Punkten der Signalkurve entsprechen und entsprechend viele (beispielsweise $10\ 000$) Abtastimpulse zur vollständigen Abtastung einer vollständigen Signalkurve erforderlich sind.

Die nacheinander erhaltenen Abtastwerte werden jeweils bis zum nächsten Abtastwert gespeichert und im Verlauf einer einzigen Ablenkung des Leuchtflecks auf dem Bildschirm des Oszillographen wiedergegeben, wie im Diagramm C dargestellt ist. In Wirklichkeit verläuft die Kurve zwischen den Abtastwerten nicht stetig, sondern stufenförmig; wenn jedoch die Anzahl der Abtastwerte ausreichend gross ist und diese genügend nahe beieinander liegen, wird das Bild der Kurve mit guter Annäherung getreu wiedergegeben. Da zur vollständigen Wiedergabe eines einzigen Kurvenbildes eine sehr grosse Anzahl von Perio-

den des Signals abgetastet werden, ist die Schreibzeitperiode T' ein Vielfaches der Echtzeitperiode T ; wenn für die Wiedergabe des Abbildes einer Periode des Signals n Abtastimpulse verwendet werden, gilt:

$$T' = n \cdot T$$

Die Wiedergabe erfolgt also mit einer zeitlichen Dehnung im Verhältnis $n:1$, wodurch es möglich ist, sehr schnell ablaufende periodische Vorgänge auf einem wesentlich langsamer arbeitenden Oszillographen sichtbar zu machen, vorausgesetzt, dass eine genügend grosse Anzahl von Signalperioden für die Abtastung zur Verfügung steht.

Das Diagramm D von Fig. 1 zeigt ein bekanntes Verfahren zur Erzeugung von Abtastimpulsen, deren Periode sich um eine konstante Zeitdifferenz Δt von einer vorgegebenen Periode T unterscheidet. Zu diesem Zweck werden zwei Sägezahnspannungen SZ_1 und SZ_2 mit sehr unterschiedlicher Steigung erzeugt. Die Sägezahnspannung SZ_1 hat die Periode T , und die Sägezahnspannung SZ_2 hat eine sehr viel grössere Periode. Die beiden Sägezahnspannungen werden an den Eingang eines Komparators angelegt, der jeweils bei Feststellung der Koinzidenz der ansteigenden Flanken die Erzeugung eines Abtastimpulses auslöst. Das Diagramm D lässt unmittelbar erkennen, dass die Koinzidenzzeitpunkte in den aufeinanderfolgenden Perioden der Sägezahnspannung SZ_1 jeweils im Zeitabstand Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$ usw. nach dem Beginn der Periode liegen. Dies entspricht genau der gewünschten zeitlichen Lage der Abtastimpulse des Diagramms B.

Das Diagramm E von Fig. 1 zeigt ein anderes bekanntes und häufig angewendetes Verfahren zur Erzeugung der Abtastimpulse: Es wird wieder die schnell ansteigende Sägezahnspannung SZ_1 mit der Periode T erzeugt und dem einen Eingang eines Komparators zugeführt. An den anderen Eingang des Komparators wird jedoch in diesem Fall eine Treppenspannung TS angelegt, die bei jeder Auslösung des Sägezahngenerators um eine konstante Stufe erhöht wird. Es ist zu erkennen, dass auch in diesem Fall die Zeitpunkte der Koinzidenz zwischen der Treppenspannung TS und der schnellen Sägezahnspannung SZ_1 in den aufeinanderfolgenden Perioden um regelmässig zunehmende Zeitabstände Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$ usw. nach dem Beginn der jeweiligen Periode liegen.

Die beiden in den Diagrammen D und E dargestellten Lösungen beruhen auf dem Vergleich von linearen Spannungen, deren Erzeugung einen erheblichen Schaltungsaufwand erfordert, für den insbesondere aktive Halbleiterbauelemente eingesetzt werden müssen, die temperaturabhängig sind und einen beträchtlichen zusätzlichen Schaltungsaufwand zur Temperaturstabilisierung erfordern.

In Fig. 2 ist eine Schaltung dargestellt, welche die Erzeugung der Abtastimpulse des Diagramms B von Fig. 1 mit sehr geringem Schaltungsaufwand und grosser Temperaturstabilität ermöglicht.

Diese Schaltung enthält den auch bei den bekannten Verfahren angewendeten Komparator 1, der zwei an seine Eingänge angelegte Spannungen vergleicht und jeweils bei Feststellung einer Koinzidenz einen Auslöseimpuls zu einem Abtastimpulserzeuger 2 schickt, an dessen Ausgang die Abtastimpulse des Diagramms B von Fig. 1 abgegeben werden. In herkömmlicher Weise steuert jeder dieser Abtastimpulse das kurzzeitige Schliessen eines Schalters 3, der der Deutlichkeit wegen als mechanischer Schalter dargestellt ist, in Wirklichkeit jedoch natürlich ein elektronischer Schalter ist. Dieser Schalter verbindet eine Leitung 4, auf der die Echtzeitsignale des Diagramms A von Fig. 1 erscheinen, mit einem Speicherkondensator 5, der somit bei jeder kurzzeitigen Schliessung des Schalters 3 auf den Augenblickswert der Spannung der Leitung 4 aufgeladen wird und diese Spannung bis zur nächsten Schliessung des Schalters 3

speichert. Auf diese Weise werden durch die Abtastimpulserzeuger 2 erzeugten Abtastimpulse die Abtastwerte aus den Echtzeitsignalen auf der Leitung 4 entnommen. Die gespeicherten Abtastwerte stehen auf einer an den Kondensator 5 angeschlossenen Ausgangsleitung 6 als Schreibzeitsignal zur Verfügung und können beispielsweise dem Vertikaleingang eines Oszillographen zugeführt werden.

Die bisher beschriebenen Schaltungsteile sind herkömmlicher Art und werden in gleicher Form auch bei den Schaltungen verwendet, die zur Erzeugung von Abtastimpulsen nach den Diagrammen D und E von Fig. 1 angewendet werden. Die Schaltung von Fig. 2 unterscheidet sich jedoch von diesen bekannten Schaltungen grundsätzlich durch die Art der Erzeugung der Spannungen, die an die Eingänge des Komparators 1 angelegt werden.

Die Erzeugung dieser Spannungen erfolgt durch zwei RC-Sägezahngeneratoren. Der eine RC-Sägezahngenerator besteht aus einem Kondensator 7, der in Reihe mit einem Widerstand 8 zwischen den beiden Klemmen $+U_B$ und O einer Gleichspannungsquelle angeschlossen ist, und aus einem parallel zu dem Kondensator 7 liegenden, periodisch betätigten Schalter 9. Wenn der Schalter 9 offen ist, wird der Kondensator 7 über den Widerstand 8 aufgeladen, wobei seine Klemmenspannung mit einer durch den Widerstandswert R_1 des Widerstands 8 und die Kapazität C_1 des Kondensators 7 bestimmten Zeitkonstante exponentiell ansteigt. Wenn der Schalter 9 kurzzeitig geschlossen wird, wird der Kondensator 7 schlagartig entladen. Die Klemmenspannung des Kondensators 7 ändert sich also gemäss der Kurve E_1 im Diagramm A von Fig. 3 nach Art einer Sägezahnspannung, deren ansteigende Flanke einen exponentiellen Verlauf hat. Die Periode T_1 dieser Sägezahnspannung wird durch den Takt der Betätigung des Schalters 9 bestimmt.

Der zweite RC-Sägezahngenerator ist in völlig gleicher Weise aus einem Kondensator 10, einem Widerstand 11 und einem Schalter 12 aufgebaut. Die Kapazität C_2 des Kondensators 10 und der Widerstandswert R_2 des Widerstands 11 sind jedoch so bemessen, dass die Ladezeitkonstante wesentlich grösser als bei dem ersten Generator ist; ferner ist die Periode T_2 der Betätigung des Schalters 12 wesentlich grösser als die Periode T_1 .

Die Klemmenspannung des Kondensators 10 verläuft also entsprechend der Kurve E_2 von Fig. 3 in Form einer Sägezahnspannung mit exponentiell ansteigender Flanke, deren Anstieg wesentlich flacher ist als bei der Kurve E_1 .

Die beiden Eingänge des Komparators 1 sind mit den Klemmen der Kondensatoren 7 bzw. 10 verbunden, so dass dieser Komparator die exponentiellen Ladespannungen der beiden Kondensatoren vergleicht.

Die Erzeugung der Abtastimpulse, die im Diagramm B von Fig. 3 dargestellt sind, erfolgt also jeweils bei den Schnittpunkten der sich kreuzenden exponentiellen Kurven E_1 und E_2 .

Die auf diese Weise erzeugten Abtastimpulse haben, ebenso wie die Abtastimpulse des Diagramms B von Fig. 1, exakt eine konstante Periode, die sich um ein gleichbleibendes Zeitintervall Δt von der Periode T_1 des schnelleren Sägezahnsignals E_1 unterscheidet. Dies lässt sich mathematisch leicht beweisen:

Wenn man die Zeitkonstante des RC-Glieds 7, 8 mit $\tau_1 = R_1 C_1$ und die Zeitkonstante des RC-Glieds 10, 11 mit $\tau_2 = R_2 C_2$ bezeichnet, so gilt für die Augenblickswerte e_1 bzw. e_2 der Spannungen E_1 bzw. E_2 am Punkt I:

$$e_1 = U_B (1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau_1}}) \quad (1)$$

$$e_2 = U_B (1 - e^{-\frac{T_1 + \Delta t}{\tau_2}}) \quad (2)$$

Am Schnittpunkt der beiden Spannungskurven E_1 und E_2 gilt $e_1 = e_2$; aus den Gleichungen (1) und (2) folgt somit:

$$\frac{\Delta t}{\tau_1} = \frac{T_1 + \Delta t}{\tau_2} \quad (3)$$

Für die Augenblickswerte e'_1 und e'_2 der Spannungen am Punkt II gilt entsprechend:

$$e'_1 = U_B (1 - e^{-\frac{\Delta t'}{\tau_1}}) \quad (4)$$

$$e'_2 = U_B (1 - e^{-\frac{2T_1 + \Delta t'}{\tau_2}}) \quad (5)$$

$$\frac{\Delta t'}{\tau_1} = \frac{2T_1 + \Delta t'}{\tau_2} \quad (6)$$

Aus den Gleichungen (3) und (6) folgt:

$$\frac{T_1 + \Delta t}{\Delta t} = \frac{2T_1 + \Delta t'}{\Delta t'} \quad (7)$$

$$\Delta t' = 2 \cdot \Delta t \quad (8)$$

Der Zeitabstand $\Delta t'$ des Punktes II vom Beginn der Periode ist also exakt doppelt so gross wie der Zeitabstand Δt des Punktes I vom Beginn der Periode. Dies entspricht genau der geforderten Lage der Abtastimpulse.

Die gleiche Rechnung kann für die übrigen Koinzidenzpunkte durchgeführt werden; als Ergebnis stellt sich heraus, dass die Periode der Koinzidenzpunkte und somit auch die Periode der Abtastimpulse um die konstante Zeitdifferenz Δt grösser als die Periode T_1 ist.

Der Schalter 9, der zur Verdeutlichung als mechanischer Schalter dargestellt ist, ist natürlich in Wirklichkeit ein sehr schnell arbeitender elektronischer Schalter. Er wird so gesteuert, dass die von ihm bestimmte Periode T_1 mit der Periode der abzutastenden Signale synchronisiert ist.

Die Schaltung von Fig. 2 ergibt somit die Erzeugung der gewünschten Abtastimpulse mit sehr geringem Schaltungsaufwand, denn es sind nur vier passive Schaltungselemente erforderlich. Insbesondere werden keine Halbleiter-Schaltungselemente benötigt, so dass temperaturbedingte Halbleitereffekte nicht auftreten. Die Temperaturabhängigkeit der verwendeten Widerstände und Kondensatoren kann sehr klein gehalten werden. Die Schaltung ist daher nicht nur ausserordentlich einfach, sondern vor allem auch sehr temperaturstabil.

Ferner ermöglicht die Schaltung von Fig. 2 auf sehr einfache Weise eine sehr feine Einstellung der Zeitdifferenz Δt bei gleichbleibender Periode T_1 . Zu diesem Zweck wird wenigstens einer der beiden Ladewiderstände 8, 11 einstellbar gemacht, wie in Fig. 2 als Beispiel für den Widerstand 8 angedeutet ist.

Durch Änderung des Widerstandswerts R_1 ändert sich die Ladezeitkonstante τ_1 des RC-Sägezahngenerators und damit die Kurvenform der ansteigenden Flanken der Sägezahnspannung E_1 . Diese Änderung hat eine Verschiebung der Lage der Schnittpunkte mit der Spannungskurve E_2 zur Folge, was gleichbedeutend mit einer Änderung der Zeitdifferenz Δt ist.

Fig.1

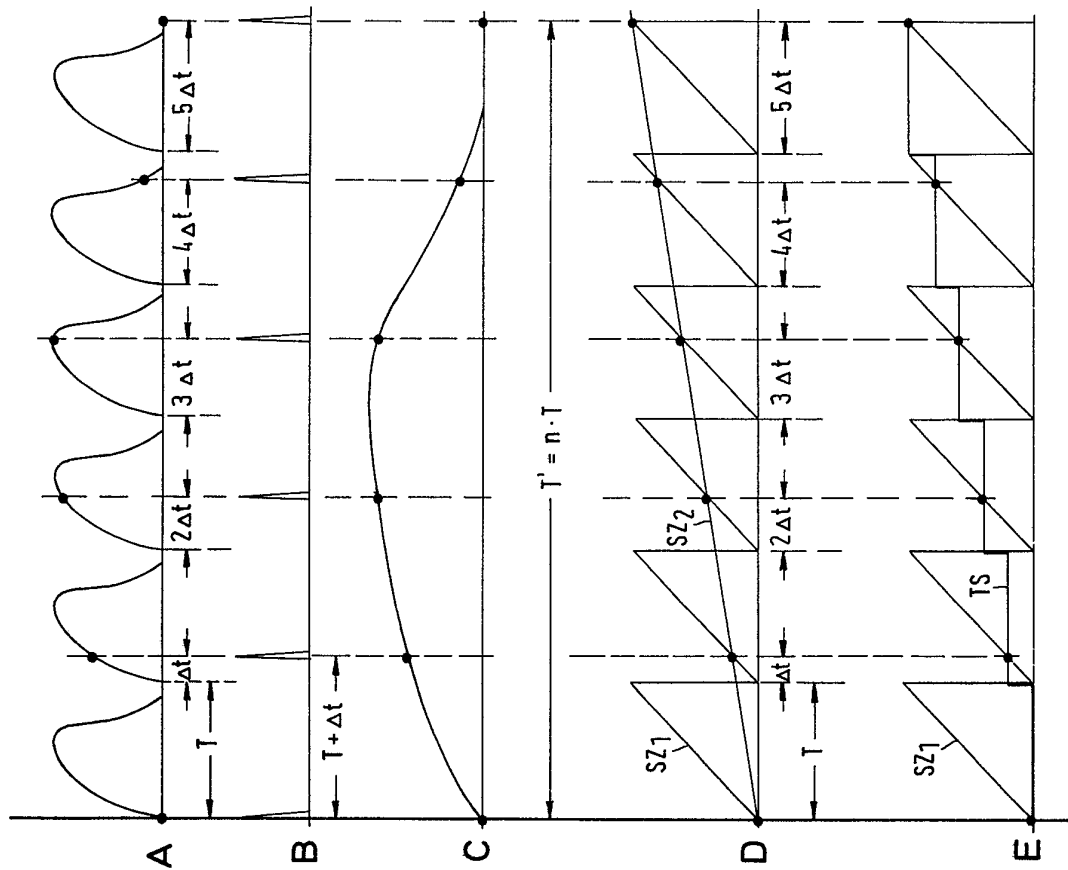


Fig.2

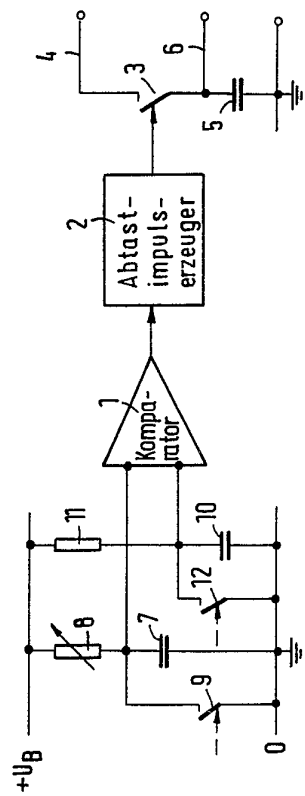


Fig.3

