



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



PATENTSCHRIFT A5

11

629 895

21 Gesuchsnummer: 7020/78

22 Anmeldungsdatum: 28.06.1978

30 Priorität(en): 29.06.1977 DE 2729422

24 Patent erteilt: 14.05.1982

45 Patentschrift veröffentlicht: 14.05.1982

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

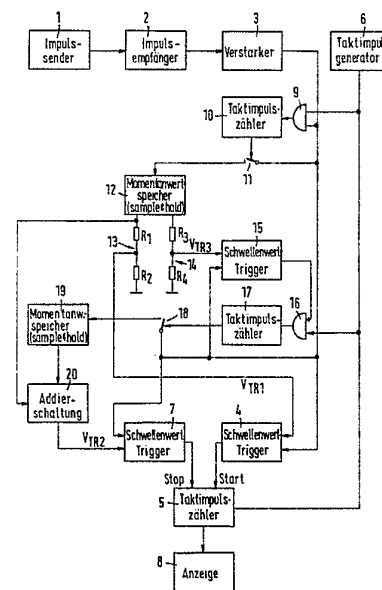
72 Erfinder:
Wilfried Sartorius, Steinen (DE)
Dr. Don John Rotrigo Stock,
Schopfheim-Langenau (DE)

74 Vertreter:
Scheidegger, Zwicky & Co., Zürich

54 Schaltungsanordnung zur Impulsbreitenmessung.

57 Zur Erhöhung der Messgenauigkeit weist die Schaltungsanordnung einen Schwellenwert-Trigger (4) auf. An dem Zeitpunkt, an dem die Impulsspannung die Schwellenspannung übersteigt, löst der Schwellenwert-Trigger (4) eine Zeitmessvorrichtung (5) aus, die am Ende jedes Impulses stillgesetzt wird, so dass die gemessene Zeit die Impulsbreite anzeigt. Die Schwellenspannung wird vom Abgriff eines Spannungsteilers (13) geliefert, der mit dem Ausgang eines Momentanwert-speichers (12) verbunden ist, der nach dem Ende der Anstiegsflanke jedes Impulses zur Abtastung und Speicherung des Impulsamplitudenwertes ausgelöst wird.

Damit auch ein optimaler Auslösebereich auf der abfallenden Impulsflanke für die Stillsetzung der Zeitmessanordnung gewährleistet ist, enthält die Schaltungsanordnung einen zweiten Schwellenwert-Trigger (7) und einen zweiten Momentanwertspeicher (19), der nach dem Ende der Abfallflanke ausgelöst wird. An die Ausgänge der beiden Momentanwertspeicher (12, 19) ist eine Addierschaltung (20) angeschlossen, die am zweiten Schwellenwert-Trigger (7) eine Schwellenspannung liefert, die in der Mitte zwischen den Ausgangsspannungen der beiden Momentwertspeicher (12, 19) liegt.



PATENTANSPRÜCHE

1. Schaltungsanordnung zur Impulsbreitenmessung mit einem Schwellenwert-Trigger (4), der die zu messenden Impulse empfängt und eine Zeitmessvorrichtung (5, 6) für die Impulsbreitenmessung in dem Augenblick auslöst, in dem die Impulsspannung eine Schwellenspannung übersteigt, und mit einer Anordnung, die die Impulsbreitenmessung beendet, wenn die Impulsspannung unter eine Schwellenspannung fällt, mit einem Momentanwertspeicher (12), der den Impulsamplitudenwert abtastet und speichert und eine in einem festen Verhältnis zum gespeicherten Impulsamplitudenwert stehende Spannung als Schwellenspannung an den Schwellenwert-Trigger (4) anlegt, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung zur Beendigung der Impulsbreitenmessung einen zweiten Schwellenwert-Trigger (7) enthält, der die zu messenden Impulse empfängt, dass ein zweiter Momentanwertspeicher (19) vorgesehen ist, der nach dem Ende der Abfallflanke jedes Impulses zur Abtastung und Speicherung des Signalspannungswertes ausgelöst wird, und dass an die Ausgänge der beiden Momentanwertspeicher (12, 19) eine Addierschaltung (20) angeschlossen ist, die an einem mit dem Schwellenspannungseingang des zweiten Schwellenwert-Triggers (7) verbundenen Ausgang eine Spannung abgibt, die in der Mitte zwischen den Ausgangsspannungen der beiden Momentanwertspeicher (12, 19) liegt.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine erste Zeitmessanordnung (6, 10) zur Auslösung des ersten Momentanwertspeichers (12) nach Ablauf einer der Dauer der Anstiegsflanke der Impulse entsprechenden Zeit nach dem Beginn jedes Impulses und durch eine zweite Zeitmessanordnung (6, 17) zur Auslösung des zweiten Momentanwertspeichers (19) nach dem Ende der Abfallflanke jedes Impulses.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass an den Ausgang des ersten Momentanwertspeichers (12) ein Spannungsteiler (14) mit nahe bei Eins liegendem Spannungsteilerverhältnis angeschlossen ist, und dass ein weiterer Schwellenwert-Trigger (15) vorgesehen ist, der die zu messenden Impulse empfängt und dessen Schwellenspannungseingang mit dem Abgriff des Spannungsteilers (14) verbunden ist und der die zweite Zeitmessanordnung (6, 17) in Gang setzt, wenn die Impulsspannung unter die Schwellenspannung fällt.

4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitmessvorrichtung (5, 6) und jede Zeitmessanordnung (6, 10; 6, 17) einen Zähler (5, 10, 17) enthält, der die von einem Taktimpuls-generator (6) abgegebenen Impulse zählt.

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schaltungsanordnung zur Impulsbreitenmessung gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Bei einer aus der US-PS 3 553 593 bekannten Anordnung dieser Art dient der gleiche Schwellenwert-Trigger zur Auslösung und Stillsetzung der Impulsbreitenmessung, wobei in beiden Fällen die gleiche, vom Momentanwertspeicher gelieferte Schwellenspannung verwendet wird. Wenn gemäss einer bevorzugten Ausführungsform die Schwellenspannung gleich der Hälfte des gespeicherten Impulsamplitudenwertes ist, wird die Impulsbreitenmessung auf halber Höhe der ansteigenden Impulsflanke ausgelöst und auf halber Höhe der abfallenden Impulsflanke stillgesetzt, wenn vorausgesetzt wird, dass nach dem Ende der abfallenden Flanke die gleiche Signalspannung besteht wie vor dem Beginn der ansteigenden Flanke. Auf diese Weise werden Messfehler infolge von verschliffenen Impulsflanken oder schwankenden Impulsamplituden vermieden.

Auf bestimmten Anwendungsgebieten ist es aber erforderlich, die Breite von Impulsen zu messen, deren Signalspannung

nach dem Ende des Impulses nicht wieder auf den vor dem Beginn des Impulses bestehenden Anfangswert fällt, sondern auf einen davon verschiedenen Wert. In diesem Fall kann es bei der bekannten Anordnung zu Messfehlern kommen, weil die der halben Höhe der ansteigenden Flanke entsprechende Schwellenspannung nicht auf der halben Höhe der abfallenden Flanke liegt. Es kann sogar vorkommen, dass die Impulsbreitenmessung an der abfallenden Flanke überhaupt nicht beendet wird, weil die Schwellenspannung nicht unterschritten wird.

Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung einer Schaltungsanordnung zur Impulsbreitenmessung, die auch dann stets eine richtige Impulsbreitenmessung ergibt, wenn die Signalspannung nach dem Ende des Impulses einen anderen Wert als vor dem Beginn des Impulses hat.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Die erfindungsgemässe Ausbildung ergibt die Wirkung, dass die Impulsbreitenmessung in dem Zeitpunkt beendet wird, in welchem die Signalspannung gerade auf der halben Höhe der abfallenden Flanke liegt, und zwar auch dann, wenn die Signalspannung am Ende der abfallenden Flanke auf einem von Null oder vom Anfangswert verschiedenen Wert liegt. Damit ist eine richtige Messung der Impulsbreite unabhängig von Amplitudenschwankungen und unabhängig von den Werten der Signalspannung vor und hinter jedem Impuls gewährleistet.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Zeichnung erläutert. In der Zeichnung zeigen :

Fig. 1 Diagramme zur Erläuterung der bei der Impulsbreitenmessung auftretenden Messfehler,

Fig. 2 eine Schaltungsanordnung zur Impulsbreitenmessung, mit welcher die anhand von Fig. 1 erläuterten Messfehler vermieden werden, und

Fig. 3 ein Diagramm zur Erläuterung der Wirkungsweise der Schaltungsanordnung von Fig. 2.

Das Diagramm A von Fig. 1 zeigt einen Rechteckimpuls der Breite T und der Amplitude V_{S1} . Der Impuls beginnt im Zeitpunkt t_a und endet im Zeitpunkt t_e . Die Messung der Impulsbreite T kann dadurch erfolgen, dass im Zeitpunkt t_a ein Zähler in Gang gesetzt wird, der Taktimpulse genormter Folgefrequenz zählt und im Zeitpunkt t_e stillgesetzt wird. Die Anzahl der gezählten Impulse ist dann ein Mass für die Impulsbreite T . Die Steuerung des Zählers kann beispielsweise durch einen Schwellenwert-Trigger erfolgen, der den Zähler in Gang setzt, wenn die Signalspannung V_S einen fest eingestellten Schwellenwert V_{TR} übersteigt, und der den Zähler wieder stillsetzt, wenn die Signalspannung wieder unter den Schwellenwert V_{TR} fällt. Bei senkrechten Impulsflanken stimmen diese Zeitpunkte genau mit dem Anfangszeitpunkt t_a bzw. dem Endzeitpunkt t_e des Impulses zusammen, so dass die Messung der Impulsbreite T ohne Messfehler erfolgt. Diese Messung würde auch dann einwandfrei erfolgen, wenn sich die Impulsamplitude V_{S1} ändert oder wenn die Signalspannung am Ende des Impulses nicht auf den Anfangswert (der bei dem bezeichneten Beispiel der Wert 0 ist) abfällt, sondern auf einen anderen Spannungswert V_{S2} , vorausgesetzt, dass der Schwellenwert V_{TR} zwischen den Spannungswerten V_{S1} und V_{S2} liegt.

Infolge der begrenzten Bandbreite des Übertragungssystems und/oder des Messsystems stehen jedoch für die Impulsbreitenmessung gewöhnlich nicht Rechteckimpulse mit senkrecht ansteigenden und abfallenden Flanken zur Verfügung; durch die vorhandenen Zeitkonstanten werden die Impulse verschliffen, so dass ihre Impulsflanken exponentiell ansteigen und abfallen, wie in Fig. 1 gestrichelt angedeutet ist.

In den Diagrammen B, C und D von Fig. 1 sind die Messfehler dargestellt, die auftreten können, wenn die Impulsflanken verschliffen sind. Zur Vereinfachung sind in diesen Diagrammen die Impulsflanken nicht exponentiell, sondern linear dargestellt.

Wie aus dem Diagramm B zu erkennen ist, entspricht die gemessene Impulsbreite T_m nur dann genau der Impulsbreite T des ursprünglichen Rechteckimpulses, wenn der Schwellenwert V_{TR} , bei welchem der Zähler in Gang gesetzt und wieder stillgesetzt wird, genau auf halber Höhe der ansteigenden und der abfallenden Flanke liegt. Bei einem höher liegenden Schwellenwert V'_{TR} ist die gemessene Impulsbreite T'_m zu kurz, und bei einem niedriger liegenden Schwellenwert V''_{TR} ist die gemessene Impulsbreite T''_m zu lang.

Wie das Diagramm C von Fig. 1 zeigt, können bei einem fest 10 eingestellten Schwellenwert V_{TR} Messfehler auch dann entstehen, wenn die Impulsamplitude Schwankungen unterworfen ist. Wenn der Schwellenwert V_{TR} beispielsweise so eingestellt ist, dass er für einen Impuls mit der Amplitude V_{S1} auf der halben Höhe der Flanken liegt und somit die gemessene Impulsbreite T_m dem richtigen Wert T entspricht, ergibt der gleiche Schwellenwert V_{TR} für einen anderen Impuls mit der Amplitude V'_{S1} eine unrichtige Impulsbreite T'_m .

Das Diagramm D von Fig. 1 zeigt den Messfehler, der 20 dadurch verursacht werden kann, dass die Signalspannung am Ende des Impulses nicht auf den Anfangswert 0, sondern auf einen Wert V_{S2} abfällt. Wenn in diesem Fall die Impulsbreite nach dem zuvor geschilderten Prinzip mit einem einzigen fest eingestellten Schwellenwert V_{TR1} gemessen wird, der auf der halben Höhe der ansteigenden Flanke liegt, ist die gemessene Impulsbreite T'_m zu gross. Damit in diesem Fall ein Messfehler vermieden wird, muss der Schwellenwert V_{TR2} , bei welchem der Zähler stillgesetzt wird, auf der halben Höhe der abfallenden Flanke liegen und somit von dem Schwellenwert V_{TR1} verschieden sein.

In Fig. 2 ist eine Schaltungsanordnung dargestellt, mit welcher die zuvor geschilderten Messfehler vermieden werden.

Es wird angenommen, dass die zu messenden Impulse von einem Impulsender 1 geliefert werden und nach Empfang durch einen Impulsempfänger 2 und Verstärkung in einem Verstärker 3 in der verschliffenen Form mit schräg bzw. exponentiell ansteigenden und abfallenden Flanken vorliegen. Zur Messung der Impulsbreite werden die am Ausgang des Verstärkers 3 erscheinenden Impulse mit der Amplitude V_S dem Signaleingang eines ersten Schwellenwert-Triggers 4 zugeführt, der an einem Schwellenspannungseingang eine Schwellenspannung V_{TR1} empfängt. Sobald die ansteigende Flanke des Impulses die Schwellenspannung V_{TR1} übersteigt, gibt der Schwellenwert-Trigger 4 ein Signal ab, das einen Taktimpulszähler 5 einer Zeitmessvorrichtung in Gang setzt. Der Taktimpulszähler 5 empfängt an seinem Zählengang Taktimpulse, die von einem Taktimpulsgenerator 6 mit konstanter Folgefrequenz geliefert werden. Die Folgeperiode der Taktimpulse ist ausreichend klein gegen die zu messenden Impulsbreiten, so dass eine der gewünschten Messgenauigkeit entsprechende Anzahl von Taktimpulsen während der Dauer jedes Impulses im Taktimpulszähler 5 gezählt werden.

Die vom Ausgang des Verstärkers 3 gelieferten Impulse werden ausserdem dem Signaleingang eines zweiten Schwellenwert-Triggers 7 zugeführt, der an seinem Schwellenspannungseingang eine Schwellenspannung V_{TR2} empfängt. Wenn die Spannung an der abfallenden Impulsflanke unter die Schwellenspannung V_{TR2} fällt, gibt der Schwellenwert-Trigger 7 ein Signal ab, das den Taktimpulszähler 5 der Zeitmessenrichtung stillsetzt. Die Anzahl der im Taktimpulszähler 5 gezählten Impulse ist dann ein Mass für die Impulsbreite; der Zählerstand des Zählers 5 und damit die Impulsbreite kann in einer Anzeigevorrichtung 8 angezeigt werden.

Die bisher beschriebenen Schaltungsteile entsprechen den üblichen Anordnungen zur Messung der Impulsbreite durch 65 Zählung von Taktimpulsen. Diese Anordnungen ergeben die anhand von Fig. 1 erläuterten Messfehler, wenn die Schwellenspannungen V_{TR1} und V_{TR2} einen fest eingestellten Wert haben.

Der nachstehend beschriebene Teil der Schaltungsanordnung von Fig. 2 ergibt eine fortlaufende Einstellung der Schwellenspannungen V_{TR1} und V_{TR2} in der Weise, dass die geschilderten Messfehler vermieden werden und die Messung der Impulsbreite stets genau erfolgt.

Zu diesem Zweck werden die vom Verstärker 3 abgegebenen Impulse an den Steuereingang einer Torschaltung 9 angelegt, die am Signaleingang die vom Taktimpulsgenerator 6 gelieferten Taktimpulse empfängt und deren Ausgang mit dem Eingang eines zu einer ersten Zeitmessanordnung gehörenden ersten Taktimpulszählers 10 verbunden ist. Der erste Taktimpulszähler 10 wird durch eine nicht dargestellte Anordnung vor Beginn jeder Messung so eingestellt, dass er nach Zählung einer festgelegten Anzahl von Taktimpulsen kurzzeitig einen Schalter 11 schliesst, der zur Verdeutlichung als mechanischer Kontakt dargestellt ist, in Wirklichkeit aber gewöhnlich ein elektronischer Schalter ist. Der Schalter 11 verbindet einen ersten Momentanwertspeicher 12 kurzzeitig mit dem Ausgang des Verstärkers 3. Der erste Momentanwertspeicher 12 ist eine in der angelsächsischen Literatur unter der Bezeichnung «sample & hold» bekannte Schaltung, die eine kurzzeitig angelegte Spannung abtastet und den Abtastwert bis zu der nächsten Abtastung speichert. Der erste Momentanwertspeicher 12 hält somit den im Augenblick des Schliessens des Schalters 11 bestehenden Augenblickswert der Impulsspannung fest.

An den Ausgang des ersten Momentanwertspeichers 12 ist ein Spannungsteiler 13 angeschlossen, der aus zwei gleichen Widerständen R_1 und R_2 besteht. Die am Abgriff des Spannungsteilers 13 bestehende Spannung wird als Schwellenspannung V_{TR1} an den Schwellenspannungseingang des ersten Schwellenwert-Triggers 4 angelegt.

An den Ausgang des ersten Momentanwertspeichers 12 ist ferner ein zweiter Spannungsteiler 14 angeschlossen, der aus zwei Widerständen R_3 und R_4 besteht, wobei der Widerstand R_3 wesentlich kleiner als der Widerstand R_4 ist. Am Abgriff des Spannungsteilers 14 wird somit eine Spannung abgegriffen, die nur geringfügig kleiner als die im ersten Momentanwertspeicher 12 gespeicherte Augenblicksspannung ist. Diese Spannung wird als Schwellenspannung V_{TR3} dem Schwellenspannungseingang eines weiteren Schwellenwert-Triggers 15 zugeführt, dessen Signaleingang die vom Verstärker 3 abgegebenen Impulse empfängt. Der weitere Schwellenwert-Trigger 15 ist so ausgelegt, dass er an seinem Ausgang eine Spannung liefert, wenn die am Signaleingang liegende Impulsspannung unter dem Wert der Schwellenspannung V_{TR3} liegt. Diese Spannung wird an den Steuereingang einer Torschaltung 16 angelegt, die an ihrem Signaleingang die Taktimpulse des Taktimpulsgenerators 6 empfängt. Der Ausgang der Torschaltung 16 ist mit dem Zählengang eines, zu einer zweiten Zeitmessanordnung gehörenden Taktimpulszählers 17 verbunden. Der Taktimpulszähler 17 ist, ähnlich wie der zur ersten Zeitmessanordnung gehörende Taktimpulszähler 10, so ausgebildet, dass er vor Beginn jeder Messung auf einen vorgegebenen Zählerstand eingestellt wird und an seinem Ausgang ein Signal abgibt, wenn die Anzahl der gezählten Impulse dem voreingestellten Zählerstand entspricht. Durch dieses Ausgangssignal wird kurzzeitig ein Schalter 18 geschlossen, der einen zweiten Momentanwertspeicher 19 mit dem Ausgang des Verstärkers 3 verbindet. Somit wird im zweiten Momentanwertspeicher 19 der im Augenblick des Schliessens des Schalters 18 bestehende Augenblickswert der Impulsspannung gespeichert.

Die Ausgänge der beiden Momentanwertspeicher 12 und 19 sind mit den beiden Eingängen einer Addierschaltung 20 verbunden, die so ausgebildet ist, dass sie an ihrem Ausgang die halbe Summe der an ihren beiden Eingängen anliegenden Spannungen abgibt. Diese Ausgangsspannung wird als Schwellenspannung V_{TR2} dem Schwellenspannungseingang des Schwellenwert-Triggers 7 zugeführt.

Die Wirkungsweise der Schaltung von Fig. 2 soll anhand des Diagramms von Fig. 3 erläutert werden.

Fig. 3 zeigt in strichpunktierten Linien einen vom Impuls-sender 1 abgegebenen Rechteckimpuls, der im Zeitpunkt t_a beginnt und im Zeitpunkt T_e endet. Der Impuls steigt vom Wert 0 auf die Amplitude V_{S1} an, fällt jedoch nicht wieder auf den Anfangswert 0, sondern nur auf einen höher liegenden Spannungswert V_{S2} .

In vollen Linien ist in Fig. 3 der am Ausgang des Verstärkers 3 erscheinende Impuls mit verschliffenen Flanken gezeigt, wobei die ansteigenden und abfallenden Flanken zur Vereinfachung wieder linear dargestellt sind, obwohl sie in Wirklichkeit gewöhnlich einen exponentiellen Verlauf haben, wie anhand von Fig. 1 erläutert worden ist. Dieser Unterschied ist jedoch für die Erläuterung der Funktionsweise der Anordnung ohne Bedeutung.

Im Zeitpunkt t_1 kurz nach dem Beginn des Impulses hat die Impulsspannung einen Wert erreicht, der der Ansprechschwelle der Torschaltung 9 entspricht, so dass von diesem Zeitpunkt an die Zählung der Taktimpulse im Taktimpulszähler 10 erfolgt. Der Taktimpulszähler 10 ist vor dem Beginn der Messung auf einen Zählerstand eingestellt worden, der einer Zeitdauer T_1 entspricht, die grösser als die grösste zu erwartende Dauer der ansteigenden Impulsflanke ist, so dass nach Ablauf der Zeit T_1 im Zeitpunkt t_2 der Impuls mit Sicherheit seine volle Amplitude V_{S1} erreicht hat. Im Zeitpunkt t_2 schliesst der Taktimpulszähler 10 kurzzeitig den Schalter 11, so dass der in diesem Zeitpunkt bestehende Momentanwert V_{S1} im Momentanwertspeicher 12 gespeichert wird. Von diesem Zeitpunkt an erscheint am Abgriff des Spannungsteilers 13 eine Spannung, die genau gleich der Hälfte der Impulsamplitude V_{S1} ist, so dass für die Schwellenspannung V_{TR1} am Schwellenspannungseingang des Schwellenwert-Triggers 4 gilt:

$$V_{TR1} = \frac{V_{S1}}{2}$$

Ferner erscheint am Abgriff des Spannungsteilers 14 eine Schwellenspannung V_{TR3} , die geringfügig unterhalb der Impulsamplitude V_{S1} liegt.

Wenn nach Beendigung des Impulses die Spannung der abfallenden Flanke im Zeitpunkt t_3 unter den Wert der Schwellenspannung V_{TR3} fällt, gibt der Schwellenwert-Trigger 15 eine Spannung ab, welche die Torschaltung 16 öffnet, so dass der Taktimpulszähler 17 die Zählung der Taktimpulse beginnt. Der Taktimpulszähler 17 ist vor Beginn der Messung auf einen Zählerstand eingestellt worden, der einer Zeitdauer T_2 entspricht, die grösser als die Dauer der längsten zu erwartenden abfallenden Impulsflanke ist. Wenn somit der Taktimpulszähler 17 nach Zählung einer der Zeitdauer T_2 entsprechenden Anzahl von Impulsen im Zeitpunkt t_4 kurzzeitig den Schalter 18 schliesst, hat die Signalspannung den Wert V_{S2} erreicht, der nunmehr im Momentanwertspeicher 19 gespeichert wird.

Die Addierschaltung 20 empfängt somit an ihren beiden Eingängen die Spannungen V_{S1} und V_{S2} , und sie liefert zum Schwellenspannungseingang des Schwellenwert-Triggers 7 die Schwellenspannung

$$V_{TR2} = \frac{V_{S1} + V_{S2}}{2}$$

Diese Schwellenspannung liegt genau auf der halben Höhe der abfallenden Flanke des Impulses, und zwar bei jedem Wert V_{S2} , den die Signalspannung nach Beendigung des Impulses annimmt.

Bei der Messung des nächsten Impulses wird somit der Taktimpulszähler 5 im Zeitpunkt t'_a in Gang gesetzt, in welchem die Spannung der ansteigenden Impulsflanke die Schwellenspannung V_{TR1} erreicht. Wenn angenommen wird, dass sich die Impulsamplitude V_{S1} gegenüber dem vorhergehenden Impuls nicht wesentlich geändert hat, entspricht somit der Zeitpunkt t'_a des Beginns der Messung genau dem für die richtige Zeitmessung entsprechenden Zeitpunkt.

Im Zeitpunkt t_2 erfolgt wieder die Speicherung des Augenblickswerts V_{S1} des gerade anliegenden Impulses, wodurch die Schwellenspannung V_{TR1} für die Messung des nächsten Impulses festgelegt wird.

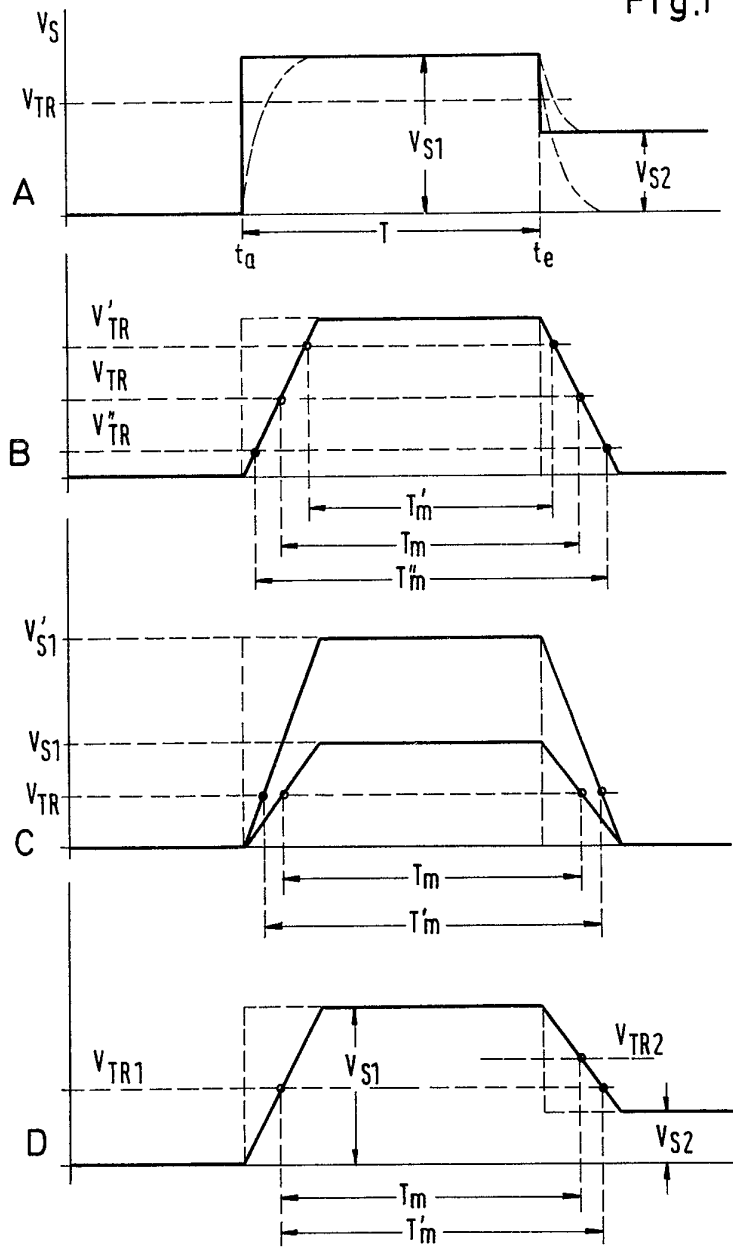
Der Zähler 5 wird im Zeitpunkt t'_e stillgesetzt, in welchem die Spannung der abfallenden Impulsflanke die von der Addierschaltung 20 abgegebene Schwellenspannung V_{TR2} erreicht. Im Zeitpunkt t_4 wird schliesslich wieder die Signalspannung V_{S2} im Momentanwertspeicher 19 gespeichert, wodurch auch die Schwellenspannung V_{TR2} für die Messung des nächsten Impulses festgelegt wird.

Fig. 3 lässt unmittelbar erkennen, dass die durch die Zählung der Taktimpulse im Taktimpulszähler 5 gemessene Zeit T_m zwischen den Zeitpunkten t'_a und t'_e genau gleich der Impulsbreite T zwischen den Zeitpunkten t_a und t_e ist. Die Impulsbreitenmessung erfolgt somit exakt, ungeachtet der Tatsache, dass die Impulsflanken nicht senkrecht ansteigen und abfallen, und dass die Signalspannung nach dem Ende des Impulses nicht dem Anfangswert entspricht. Die Schaltung ergibt eine richtige Messung der Impulsbreite bereits beim zweiten Impuls einer Impulsfolge, und die Messung ist richtig, solange sich die Impulsamplitude von einem Impuls zum nächsten nicht wesentlich ändert, was gewöhnlich unterstellt werden kann.

Sollte sich jedoch die Impulsamplitude zwischen zwei aufeinanderfolgenden Impulsen sprunghaft beträchtlich ändern, so ist die Impulsbreitenmessung bereits vom übernächsten Impuls an wieder richtig.

Es ist unmittelbar zu erkennen, dass die beschriebene Schaltung auch dann richtig arbeitet, wenn die Signalspannung nach dem Ende des Impulses wieder auf den Anfangswert 0 fällt. In diesem Fall könnte jedoch die gleiche Schwellenspannung V_{TR1} für die beiden Schwellenwert-Trigger 4 und 7 verwendet werden, so dass die Schaltungsteile 14, 15, 16, 17, 18, 19 und 20 entfallen könnten.

Fig.1



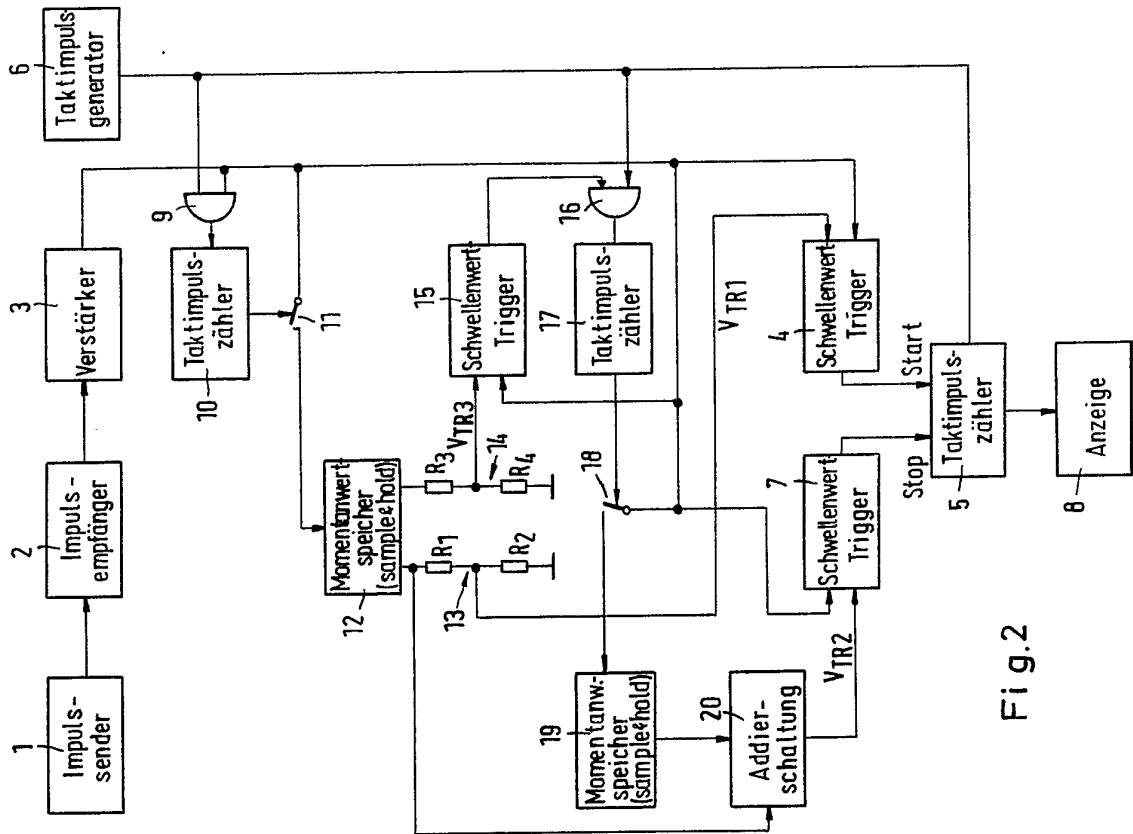


Fig. 2

Fig. 3

