(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 681 158 B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.09.1998 Patentblatt 1998/40

(51) Int Cl.[6]: **F42D 1/055**

(21) Anmeldenummer: **95105373.5**

(22) Anmeldetag: **10.04.1995**

(54) **Sprengkette**

Explosive chain

Chaîne pyrotechnique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

(30) Priorität: **02.05.1994 DE 4415388**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.11.1995 Patentblatt 1995/45

(60) Teilanmeldung: **97120954.9 / 0 845 652**

(73) Patentinhaber: **EURO-Matsushita Electric Works Aktiengesellschaft**
D-83607 Holzkirchen (DE)

(72) Erfinder:
- **Ritter, Heinz, Dipl.-Phys.**
  D-86956 Schongau (DE)
- **Steinbichler, Wolf, Dipl.-Ing.**
  D-83075 Bad Feilnbach (DE)

(74) Vertreter: **Strehl Schübel-Hopf & Partner**
Maximilianstrasse 54
80538 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
AU-A- 632 070
AU-D- 6 933 074
CA-A- 1 161 530
DE-A- 4 212 375
DE-B- 1 287 495

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 681 158 B1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Sprengkette mit einer Vielzahl von der Reihe nach anzusteuernden Zündstufen, denen jeweils Sprengsätze zugeordnet sind. Derartige Sprengketten finden insbesondere im Bergbau Anwendung, wobei am Abbaustoß beispielsweise hundert oder mehr Bohrlöcher angebracht, in jedes ein Sprengsatz mit einem zugehörigen Zünder eingesetzt und die Bohrlöcher mit Stopfen verschlossen werden. Um einen wirksamen Abbau zu gewährleisten, kommt es darauf an, daß die Sprengsätze in vorgegebener Reihenfolge nacheinander detonieren, wobei der Zeitabstand zwischen aufeinanderfolgenden Zündungen typisch zwischen 30 und 50 ms liegt.

Aus US-A-4 099 467 ist eine Sprengkette bekannt, bei der jede Zündstufe einen Zünder und einen mit diesem in Serie liegenden Thyristorschalter enthält, dessen Steuerelektrode mit dem Abgriff eines den Zünder der jeweils vorhergehenden Stufe enthaltenden Spannungsteilers verbunden ist. Wird der vorhergehende Zünder aktiviert, so ändert sich sein Widerstand von einem zunächst geringen Wert auf praktisch unendlich, wodurch der Thyristorschalter der folgenden Stufe durchschaltet und der nächste Stromimpuls den mit ihm in Serie liegenden Zünder auslöst.

Parallel zu jedem Zünder liegt eine Schmelzsicherung, die dafür sorgen soll, daß die für die Auslösung der nächsten Stufe und damit für die Weiterschaltung der Sprengkette erforderliche Widerstandsänderung auch dann eintritt, wenn an einer Stelle kein Zünder vorhanden ist. Diese Schmelzsicherung bildet jedoch eine Kurzschlußbrücke und erhöht den Strombedarf beträchtlich.

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, daß eine derartige Schmelzsicherung ein zusätzliches, in jede Zündstufe einzufügendes diskretes Bauelement darstellt. Wird die Sicherung in einer gedruckten Schaltung durch einen schwachen Leiterbahnabschnitt verwirklicht, so sind bei Herstellung der gedruckten Schaltung genaue Toleranzen einzuhalten, was zu einer Verteuerung führt.

Ist ein Zünder zwar angeschlossen, jedoch in der Weise fehlerhaft, daß er trotz Auslösung nicht sofort, sondern erst beim Detonieren der zugeordneten Sprengladung (üblicherweise zwischen 0,5 und 1,5 s später) hochohmig wird, so resultiert dies in einer übermäßig langen Verzögerung innerhalb der Sprengkette, so daß sich die Druckwelle am Abbaustoß nicht in der programmierten Weise ausbreiten kann. In einem solchen Fall verringert sich auch die Zuverlässigkeit der Sprengkette erheblich, da der Abstand zwischen der elektrischen Sequenz und der Explosionswelle stark verkürzt wird.

Ähnliche Probleme bestehen bei der aus US-A-4 760 791 bekannten Sprengkette. Hier ist zu jedem Zünder ein Transistor parallel geschaltet, der bei fehlendem Zünder an dessen Stelle Strom führt und verhindert, daß die Zündfolge an der Stelle eines fehlenden Zünders unterbrochen wird. Zu der Parallelschaltung aus Zünder und Transistor liegt ferner eine Schmelzsicherung in Serie, die verhindern soll, daß ein nicht ordnungsgemäß sofort hochohmig werdender Zünder die Impulsweitergabe bis zur eigentlichen Detonation verzögert. Die oben beschriebenen Schwierigkeiten sind auch bei dieser bekannten Sprengkette gegeben.

Ein noch gravierenderes Problem besteht darin, daß ein weiterer Transistor so benutzt wird, daß er beim bestimmungsgemäßen Betrieb der Schaltung durchlegiert, um eine Kurzschlußverbindung für den Zündstromimpuls herzustellen. Da hierbei der Transistor zerstört wird, läßt sich an der bekannten Sprengkette keine Funktionsprüfung vor dem eigentlichen Einsatz durchführen. Ebensowenig ist eine Wiederverwendung des elektronischen Schaltungsteils der Sprengkette möglich. Schließlich besteht die Gefahr, daß die nur wenig belastbaren Basisanbondungen dieses Transistors durch die erheblichen Ströme durchgebrannt werden, noch bevor der Zünder aktiviert ist.

Außerdem ist es erforderlich, am Anfang der Kette ein eigenes Aktivierungsglied einzutügen, so daß es nicht möglich ist, Sprengketten gewünschter Länge einfach durch Abschneiden von einer größeren Länge oder Aneinanderfügen kürzerer Stücke herzustellen.

In DE-B-2 356 875 ist eine weitere Sprengkette beschrieben, bei der jede Zündstufe außer dem eigentlichen Zünder einen Oszillator, einen Frequenzteiler und zwei Treiberstufen enthält. Der von der jeweils vorhergehenden Zündstufe kommende Auslöseimpuls betätigt die erste Treiberstufe, die ihrerseits einen Schalter für die Ansteuerung des Oszillators, des Frequenzteilers und der zweiten Treiberstufe schließt. Der Ausgang des Frequenzteilers liefert das Auslösesignal für die in der Sprengkette nachfolgende Zündstufe, während die zweite Treiberstufe einen weiteren Schalter betätigt, über den der Zünder aktiviert wird. Ferner enthält jede Zündstufe einen Kondensator zur Speicherung der gesamten für die Zündung erforderlichen Energie.

Die Impulsweitergabe erfolgt zwar hier unabhängig vom Vorhandensein und von der Funktionsfähigkeit des Zünders; die Schaltung erfordert aber einen für praktische Sprengketten nicht vertretbaren Schaltungsaufwand.

Aus DE-B-1 287 495 ist eine Sprengkette mit den jeweils im ersten Teil der Ansprüche 1 und 2 angegebenen Merkmalen bekannt, bei der die Weitergabe des Steuersignals von einer Zündstufe zur nächsten allein durch die Änderung des Schaltzustandes des in jeder Stufe vorgesehenen Halbleiterschalters bewirkt wird. Diese Sprengkette bleibt daher auch dann funktionsfähig, wenn einzelne Zünder fehlen oder nicht ordnungsgemäß hochohmig werden. Da jeder Halbleiterschalter nur dann leitend werden und die ihm zugeordnete Zündeinrichtung aktivieren kann, wenn der Halbleiterschalter der vorhergehenden Stufe geschaltet hat, wird die vorgesehene Zündfolge zwangsläufig eingehalten. Fehler-

hafte Bestückung der Sprengkette kann nicht dazu führen, daß beim Einschalten der Stromquelle die Sprengkette etwa an zwei verschiedenen Stellen gleichzeitig zu zünden beginnt.

Die bekannte Sprengkette erfordert aber in jeder Zündstufe mindestens einen Kondensator für die Impulsweitergabe von einer Zündstufe zu nächsten erfordert. Wegen dieser Kondensatoren läßt die bekannte Schaltung nicht vollständig integrieren.

Außerdem benötigt auch diese Schaltung ein eigenes, der ersten Zündstufe vorgeschaltetes Schaltglied zur Initiierung der Kette, so daß sie sich - jedenfalls an der Seite der ersten Zündstufe - nicht beliebig verlängern oder verkürzen läßt.

Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Sprengkette anzugeben, die einerseits den Vorteil aufweist, daß sie auch dann ordnungsgemäß arbeitet, wenn an einzelnen Stellen ein Zünder nicht vorgesehen oder fehlerhaft ist, insbesondere nicht sofort bei Ansteuerung hochohmig wird, andererseits eine Ausführung in integrierter Schaltungstechnik begünstigt.

Die Lösung dieser Aufgabe ist in Anspruch 1 angegeben. Die danach ausgebildete Sprengkette kommt mit einer unaufwendigen Schaltung ohne Kondensatoren aus, läßt sich daher ohne weiteres integrieren, und erfüllt dennoch alle Anforderungen an die Betriebssicherheit selbst bei nicht ordnungsgemäßer oder fehlerhafter Bestückung.

Eine weitere Lösung dieser Aufgabe ist in Anspruch 2 angegeben. Bei dieser Schaltung wird derselbe Kondensator für jeweils zwei aufeinanderfolgende Zündstufen herangezogen, so daß die gesamte Sprengkette nur halb so viele Kondensatoren benötigt wie der Stand der Technik, ohne diesem in der Betriebssicherheit nachzustehen.

Die Ansprüche 4 bis 7 beziehen sich auf verschiedene Möglichkeiten, die in der Zündfolge erste Stufe mit einem Startimpuls zu versehen. Dabei ist die Maßnahme des Anspruchs 5 insofern vorteilhaft, als sie es gestattet, bei minimalem Schaltungsaufwand der Sprengkette sämtliche Zündstufen gleich aufzubauen. Eine Sprengkette für eine gewünschte Anzahl von Detonationen kann demnach einfach von einer längeren oder kontinuierlich hergestellten Anordnung abgeschnitten oder durch Anstückeln kürzerer Längen erzeugt werden.

Die Gestaltung nach Anspruch 8 ist insofern zweckmäßig, als die von jeweils einem Gehäuse umgebenen Sprengkettenglieder gleich sind und eine falsche Verdrahtung der einzelnen Zündstufen vermieden wird.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigt

Figur 1 einen Teil einer Sprengkette,
Figur 2 eine der Figur 1 ähnliche Darstellung einer Sprengkette gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung
Figur 3 eine Variante der Schaltung nach Figur 2,
Figur 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Sprengkette,
Figur 5 ein Impulsdiagramm der von einer Stromquelle zum Betrieb der Sprengkette nach Figur 4 erzeugten Stromimpulse,
Figur 6 eine Ausgestaltung für die in der Zündfolge erste Zündstufe, und
Figur 7 eine Variante der Sprengkettenschaltung nach Figur 2 mit einer weiteren Maßnahme zur Auslösung der ersten Zündstufe.

Bei der Sprengkettenschaltung nach Figur 1 liegen die einzelnen Zündstufen **S1**, **S2**, ... parallel zueinander und jeweils zwischen zwei Versorgungsleitungen **A** und **0**, die an dem in Figur 1 rechten Ende an eine (nicht gezeigte) Gleichstromquelle angeschlossen sind. Die Gleichstromquelle erzeugt eine Ausgangsspannung von 50 V auf der Leitung **A** gegenüber der geerdeten Leitung **0**.

Jede der identisch aufgebauten Zündstufen **S1**, **S2**, ... enthält eine zwischen den Versorgungsleitungen **A**, **0** liegende Serienschaltung aus einem Thyristor **T** und einer Zündeinrichtung **ZE**, die zwei in Serie geschaltete Zünder **Z1**, **Z2** aufweist. Jeder Zünder **Z1**, **Z2** dient zur Auslösung einer (nicht gezeigten) Sprengladung. In den hier beschriebenen Schaltungen werden Zünder mit einer eingebauten Verzögerung von 0,5 bis 1,5 s verwendet.

Die Steuerelektrode des Thyristors **T** liegt über eine Zenerdiode **ZD** (Zenerspannung: 35 V) am Verbindungspunkt **P** zwischen einem Widerstand **R1** (2,2 KΩ), der mit seinem anderen Ende an die Versorgungsleitung **A** angeschlossen ist, und einem zur vorhergehenden Zündstufe **S1** gehörigen Kondensator **C** (22 µF), der mit seiner anderen Elektrode an die Versorgungsleitung **0** angeschlossen ist. Der Verbindungspunkt **P** ist ferner über eine Diode **D** mit dem Verbindungspunkt zwischen dem Thyristor **T** und der Zündeinrichtung **ZE** der jeweils vorherigen Zündstufe verbunden. Zwischen Steuerelektrode und Kathode des Thyristors **T** ist ein Widerstand **R2** (100 Ω) eingeschaltet. Ein weiterer Widerstand **R3** (5 Ω) liegt zwischen dem Verbindungspunkt der Kathoden des Thyristors **T** und der Diode **D** einerseits und der Zündeinrichtung **ZE**. Ein vierter Widerstand **R4** (470 Ω) überbrückt die Zündeinrichtung **ZE**.

Die Widerstände **R1** und **R4** sind so bemessen, daß bei Anlegen der Spannung von 50 V an die Leitung **A** das Potential am Verbindungspunkt **P** nicht ausreicht, um den Thyristor **T** der Stufe **S2** durchzuschalten. Erst dann, wenn der Thyristor **T** der vorhergehenden Stufe **S1** leitet, gelangt der Punkt **P** auf ein Potential (50 V minus dem Spannungsabfall am Thyristor **T** und an der Diode **D**), bei dem sich der Kondensator **C** über den Widerstand **R1** auf einen so hohen Wert aufladen kann, daß die Zündspannung für den Thyristor **T** der Stufe **S2** erreicht wird. Dieser Wert beträgt unter Berücksichti-

gung der Zenerspannung (35 V) der Zenerdiode **ZD** etwa 15 V, was zum Durchschalten des Thyristors **T** ausreicht.

Die Verzögerung, mit der der Thyristor **T** der Stufe S2 nach dem Durchschalten des Thyristors **T** der Stufe **S1** leitend wird, richtet sich nach der Zeitkonstante des aus dem Widerstand **R1** und dem Kondensator **C** gebildeten RC-Glied. Durch entsprechende Dimensionierung läßt sich die üblicherweise gewünschte Verzögerung von 30 bis 50 ms erreichen.

Wie aus der obigen Beschreibung hervorgeht, ist die Weitergabe des Auslöseimpulses von Stufe zu Stufe mit der angegebenen Verzögerungszeit von der Zündeinrichtung **ZE** unabhängig. Das bedeutet, daß die Schaltung auch dann ordnungsgemäß arbeitet, wenn bei einer oder einigen Zündstufen vergessen wurde, eine Zündeinrichtung einzufügen.

Das gleiche gilt, wenn eine Zündeinrichtung zwar vorhanden ist, aber nicht ordnungsgemäß arbeitet und nicht sofort bei Beaufschlagung hochohmig wird. In diesem Fall würde der Zünder seinen sehr niedrigen ursprünglichen Widerstand so lange beibehalten, bis die eigentliche Sprengladung explodiert (und damit den Zünder zerstört). In der Praxis hat sich gezeigt, daß einige Prozent sämtlicher Zünder ein derartiges Verhalten zeigen.

Legt man zwei Zünder **Z1**, **Z2** in Serie, wie dies in Figur 1 angenommen ist, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß beide Zünder dieses Fehlverhalten zeigen, außerordentlich gering. Dadurch läßt sich praktisch mit Sicherheit vermeiden, daß während der gesamten Zeitspanne vom Durchschalten des Thyristors **T** bis zur Detonation der Sprengladung (also etwa 0,5 bis 1,5 s lang) Kurzschlußstrom aus der Stromquelle entnommen wird. Der Widerstand **R3** ist dabei für den sehr seltenen Fall vorgesehen, daß die beiden in Serie liegenden Zünder **Z1**, **Z2** gleichzeitig hochohmig werden.

Bei der Sprengkette nach Figur 1 sind sämtliche Zündstufen **S1**, **S2**, ... identisch aufgebaut. Es ist daher möglich, Sprengketten mit einer gewünschten Anzahl von Zündstufen durch einfaches Abschneiden von einer größeren Länge herzustellen. In diesem Fall fehlt bei der in der Zündfolge ersten Stufe (**S1** in Figur 1) der sonst in der vorherigen Stufe gelegene Kondensator **C** zur Erzeugung der Zündspannung. Die Zündung der ersten Stufe **S1** erfolgt ohne Verzögerung mit dem Anlegen der Versorgungsspannung an die Leitung **A** über die Zenerdiode **ZD** und den Widerstand **R3**, da die Schaltungselemente **D**, **R3** und **R4** einer vorherigen Stufe nicht vorhanden sind.

Die Schaltung nach Figur 2 unterscheidet sich von der nach Figur 1 dadurch, daß eine Stromquelle verwendet wird, die auf zwei Kanäle, an die die Versorgungsleitungen **A** und **B** angeschlossen sind, abwechselnd Stromimpulse gibt, die vorzugsweise einander nicht überlappen. Die Zündstufen sind dabei jeweils abwechselnd an die Versorgungsleitungen **A** und **B** angeschlossen.

Bei der Schaltung nach Figur 2 wird somit die Zündverzögerung von einer Stufe zur nächsten durch die Impulsstromquelle vorgegeben. Die einzelnen Zündstufen **S1**, **S2**,... kommen daher ohne RC-Glied aus, und der in Figur 1 vorhandene Widerstand **R1** kann entfallen. Ferner ist die in Figur 1 vorgesehene Zenerdiode **ZD** in der Schaltung nach Figur 2 durch einen Widerstand **R5** (1 KΩ) ersetzt.

Da in Figur 2 jede Zündstufe nur dann aktiviert ist, wenn der Thyristor **T** durch ein entsprechendes Signal an seiner Steuerelektrode leitend geworden ist und an der Versorgungsleitung **A** bzw. **B** ein Impuls anliegt, ist es nicht erforderlich, als Zündeinrichtung eine Serienschaltung aus zwei Zündern vorzusehen. Selbst wenn der einzelne Zünder bei Aktivierung nicht ordnungsgemäß hochohmig werden sollte, ist der Stromverbrauch auf dasjenige kurze Zeitintervall (beispielsweise 10 bis 20 ms) begrenzt, während dessen der Stromimpuls an der Versorgungsleiteung **A**, **B** anliegt.

In der Schaltung nach Figur 2 ist dafür als Variante die Parallelschaltung zweier Zünder **Z1** und **Z3** mit jeweiligem Vorwiderstand **R3** angenommen. Diese Parallelschaltung stellt lediglich eine Sparmaßnahme dar. In einem solchen Fall werden zwei Zünder gleichzeitig beaufschlagt, so daß auch die entsprechend zugeordneten Sprengladungen gleichzeitig detonieren. Der Widerstand **R3** ermöglicht es dem Thyristor **T**, auch bei Kurzschluß des jeweiligen Zünders **Z1**, **Z3** durchzuschalten und den Kondensator **C** der nachfolgenden Stufe aufzuladen.

Im übrigen lädt sich ähnlich wie in der Schaltung nach Figur 1 der Kondensator **C** (4,7 µF) nur dann auf, wenn der Thyristor **T** der jeweils vorherigen Zündstufe leitend ist. Bei einem bestimmten Potential des Kondensators **C** wird die Zündspannung für den Thyristor **T** erreicht, so daß dieser durch den anschließenden Stromimpuls auf der zugehörigen Versorgungsleitung **A**, **B** durchgeschaltet wird.

In Figur 2 ist in der ersten Zündstufe **S1** ein Widerstand **R1** eingezeichnet, der mit der gleichen Versorgungsleitung **A** verbunden ist wie der Thyristor **T** der ersten Zündstufe **S1**. Dieser Widerstand **R1** dient in Verbindung mit einem entsprechenden Uberspannungsimpuls (80~100 V / 1 ms) auf der Versorgungsleitung **A** zur Initialzündung der Sprengkette.

Will man die Sprengkette durchgehend gleichartig aufbauen, so kann ein gleicher Widerstand **R1** bei sämtlichen Zündstufen **S1**, **S3**, ... vorgesehen werden, die mit der gleichen Versorgungsleitung (**A**) verbunden sind. In Figur 2 ist ein solcher (für die Funktion der Schaltung nicht erforderlicher) Widerstand **R1** in der Zündstufe **S3** gestrichelt eingezeichnet.

Bei einer Impulsdauer von 1 ms ist es für alle nachfolgenden Stufen unmöglich durchzuschalten, da der zugehörige Kondensator **C** nur auf etwa 5 V aufgeladen wird. Nur die erste Stufe **S1**, die keinen Kondensator enthält, kann bei einem so kurzen Impuls durchschalten. Dadurch wird gewährleistet, daß die Zündsequenz

immer am Anfang der Sprengkette beginnt.

Die Schaltung nach Figur 3 ist der nach Figur 2 weitgehend ähnlich, unterscheidet sich jedoch dadurch, daß für jeweils zwei aufeinanderfolgende Zündstufen ein gemeinsamer Kondensator vorhanden ist. In Figur 3 ist dies der in der Zündstufe **S1** gelegene Kondensator **C** (4,7 µF), der zur Erzeugung der Steuerspannungen für die Thyristoren **T** der Zündstufen **S2** und **S3** dient. Im übrigen ist die Schaltung nach Figur 3 der nach Figur 2 gleich, wobei die Diode **D** durch einen Widerstand **R6** (2,2 KΩ) ersetzt ist.

Das von der Versorgungsleitung **0** abgewandte Ende des Kondensators **C** ist wie in Figur 2 über einen Widerstand **R5** (1 KΩ) mit der Steuerelektrode des Thyristor **T** der Stufe **S2** verbunden. Die gleiche Elektrode des Kondensators **C** ist ferner über einen Widerstand **R7** (4,7 KΩ) und den Widerstand **R5** (1 KΩ) an die Steuerelektrode **T** der Zündstufe **S3** angeschlossen.

Sofern der Widerstand **R1** nicht vorgesehen ist, könnten die beiden in Serie liegenden Widerstände **R7** und **R5** auch zu einem Widerstand (5,7 KΩ) zusammengefaßt werden. Die in Figur 3 gezeigte Ausführung wurde aus den oben beschriebenen Gründen der Gleichheit sämtlicher Glieder einer Kette gewählt, wobei wiederum der gestrichelt eingezeichnete Widerstand **R1** (5 KQ) in der Stufe **S3** für die Funktion nicht erforderlich ist.

Sobald der Thyristor **T** der Zündstufe **S1** leitet, lädt sich der Kondensator **C** über den Widerstand **R6** auf etwa 15 V auf. Dieser Wert reicht aus, um den Thyristor **T** der Stufe **S2** zu zünden. Schaltet beim nächsten Stromimpuls auf der Versorgungsleitung **B** der Thyristor **T** der Stufe **S2** durch, so wird der Kondensator **C** über den Widerstand **R2** (100 Ω) und den Widerstand **R5** (1 KΩ) weiter auf etwa 34 V aufgeladen, was nun unter Berücksichtigung der Widerstände **R7** und **R5** ausreicht, um den Thyristor **T** der Zündstufe **S3** zu zünden, der dann bei Auftreten des nächsten Impulses auf der Versorgungsleitung **A** durchschaltet.

Bei der Schaltung nach Figur 3 könen ebenso wie in Figur 2 in jeder Zündstuffe zwei parallel geschaltete Zündeinheiten vorgesehen werden. Ebenso kann die Initialzündung der ersten Stufe **S1** über den dort vorgesehenen Widerstand **R1** und einen anfänglichen Überspannungsimpuls auf der Versorgungsleitung **A** erfolgen.

Die Schaltung nach Figur 1 arbeitet mit einem Kondensator, um die gewünschte Verzögerung von 50 ms zwischen den aufeinanderfolgenden Zündstufen zu erreichen. Dabei besteht das Zeitglied aus dem Widerstand **R1** und dem Kondensator **C**, und die Schaltschwelle (35 V) wird durch die Zenerdiode **ZD** bestimmt.

Die Schaltungen nach Figur 1 und 2 verwenden einen Kondensator, um den Schaltimpuls von einer Stufe auf die nächste weiterzuleiten und während der Lücke zwischen aufeinander folgenden Impulsen auf den Leitungen **A** und **B** (etwa 1 bis 2 ms) zu speichern. In der weiteren Schaltung nach Figur 4 wird diese Speicherfunktion vom Thyristor selbst übernommen.

Die Schaltung nach Figur 4 ist mit der nach Figur 2 identisch, wobei die Diode der Figur 2 ähnlich wie in Figur 3 durch einen Widerstand **R6** (2,2 KΩ) ersetzt und statt des Kondensators C ein Widerstand **R8** (1 KΩ) vorgesehen ist.

Ein weiterer Unterschied zu den Schaltungen nach Figur 2 und 3 besteht darin, daß die von der Stromquelle über die Versorgungsleitungen **A**, **B** gelieferten Impulse zeitlich unmittelbar aneinander anschließen und jeder Impuls gemäß Figur 5 ein Anfangsintervall verminderter Spannung aufweist, das den vorhergehenden Impuls auf der jeweils anderen Versorgungsleitung überlappt.

Während des in Figur 5 gezeigten Zeitintervalls t_0~t_2, in dem auf der Versorgungsleitung **A** der volle Impuls (50 V) auftritt, ist der Thyristor **T** der Zündstufe **S1** durchgeschaltet. Vor dem Ende dieses Zeitintervalls tritt zum Zeitpunkt t_1 das in der Spannung verminderte Anfangsintervall (20 V) des nächsten Impulses auf der Versorgungsleitung **B** auf, so daß nun der Thyristor **T** der Stufe **S2** zündet. Die an dessen Kathode auftretende Spannung (20 V) reicht jedoch nicht aus, um auch den Thyristor **T** der nächsten Stufe **S3**, der an sich mit der vollen Spannung des Impulses auf der Leitung **A** beaufschlagt wird, zu zünden. Erst nachdem zum Zeitpunkt t_2 der Impuls auf der Leitung **A** abgeschaltet worden ist, steigt zum Zeitpunkt t_3 der Impuls auf der Leitung **B** auf die volle Spannung (50 V), so daß nun der Thyristor **T** der Stufe **S2** voll durchschalten kann und die zum Zünden des Thyristors **T** der nächsten Stufe S3 erforderliche Spannung liefert.

Wie bei den Schaltungen nach Figur 2 und 3 ist auch bei der Schaltung nach Figur 4 in der ersten Stufe **S1** ein weiterer Widerstand **R1** (10 KΩ) vorhanden, der in Verbindung mit dem in Figur 5 gezeigten ersten Überspannungsimpuls zur Initialzündung der Sprengkette dient.

Wiederum ist der gleiche Widerstand **R1** in den weiteren Stufen mit Ausnahme der ersten Zündstufe **S1** für die Funktion der Schaltung nicht erforderlich und daher nur gestrichelt eingezeichnet. Wie oben kann er vorgesehen sein, um die gesamte Zündkette aus identischen Gliedern aufbauen zu können. Ebenso können auch in der Schaltung nach Figur 4 in der Zündstufe zwei parallel geschaltete Zünder vorgesehen werden.

Figur 6 zeigt eine Variante für die erste Zündstufe **S1** einer Sprengkette, die im übrigen entsprechend Figur 2 aufgebaut ist. Die gleiche Variante eignet sich auch für die Schaltungen nach Figur 3 und 4.

In der Schaltung nach Figur 6 ist der in Figur 1 gezeigte Widerstand **R1** durch eine Parallelschaltung aus einem Widerstand **R1'** (> 100 KΩ) und einem Kondensator **C2** (1 µF) ersetzt. Dadurch wird erreicht, daß nur der erste auf die Ver-sorgungsleitung **A** gegebene Impuls von 50 V bei noch leerem Kondensator **C2** in Thyristor **T** der ersten Stufe **S1** zu zünden vermag. Der Widerstand **R1'** bewirkt eine derart langsame Entladung des Kondensators **C2**, daß alle weiteren Impulse auf der Versorgungsleitung **A** nicht mehr an die Steuerelektro-

de des Thyristors **T** gelangen.

Bei der Schaltung nach Figur 6 weist also die erste Zündstufe **S1** der Sprengkette eine besondere Konfiguration auf; diese bedeutet zwar, daß die Sprengkette zu arbeiten beginnt, sobald die Impulsstromquelle eingeschaltet wird, ohne daß ein Überspannungs-Initialimpuls erforderlich wäre; andererseits ist es aber nicht mehr möglich, eine funktionsfähige Sprengkette durch bloßes Abschneiden von einer längeren vorgefertigten Sprengketten zu erzeugen.

Auch bei der in Figur 7 gezeigten Schaltungsvariante läßt sich der Thyristor **T** der ersten Stufe **S1** ohne anfänglichen Überspannungsimpuls zünden. Die Schaltung nach Figur 7 setzt voraus, daß zur Initialzündung auf beiden Leitungen A, **B** kurzzeitig ein Stromimpuls erzeugt wird, der über die beiden hier vorgesehenen Widerstände **R1**, **R1"** (jeweils 10 KΩ) addiert wird. Bei dieser Version ist es wiederum möglich, die gesamte Sprengkette aus identischen Gliedern aufzubauen und somit eine funktionsfähige Sprengkette durch bloßes Abschneiden von einer größeren Länge zu gewinnen, sofern eine Verdopplung der Widerstände **R1**, **R1"** bei jeder (oder bei jeder zweiten) Zündstufe vorgesehen wird.

Bei den Sprengkettenschaltungen nach Figur 2 bis 4 sind die geradzahligen Zündstufen untereinander und ebenso die ungeradzahligen Zündstufen untereinander identisch. Um sicherzustellen, daß beim Abschneiden einer solchen Sprengkette von einer größeren Länge eine Zündstufe des richtigen Typs die erste Stufe der Kette bildet bzw. beim Aneinanderfügen nicht zwei gleichartige Zündstufen zusammengeschlossen werden, können aufeinanderfolgende Stufen paarweise in gemeinsamen (nicht gezeigten) Gehäusen angeordnet werden.

Die in der vorstehenden Figurenbeschreibung jeweils in Klammern angegebenen Dimensionierungen der verschiedenen Schaltungselemente stellen nur typische Werte von Ausführungsbeispielen dar.

Patentansprüche

1. Sprengkette mit nacheinander anzusteuernden Zündstufen (**S1**, **S2**, **S3**, ...), wobei

   jede Zündstufe (**S1**, **S2**, **S3**, ...) eine Zündeinrichtung (**ZE**) aufweist, die zum Zünden mindestens eines Sprengsatzes mit dem Ausgangskreis eines Halbleiterschalters (**T**) in Serie liegt,
   die so gebildeten Serienschaltungen zwischen an eine Stromquelle angeschlossenen Versorgungsleitungen (**A**, **B**, **0**) parallel geschaltet sind, und
   der Steuereingang des Halbleiterschalters (**T**) jeder Zündstufe (**S2**, **S3**, ...) mit dem Verbindungspunkt zwischen dem Halbleiterschalter (**T**) und der Zündeinrichtung (**ZE**) der jeweils vorhergehenden Zündstufe (**S1**, **S2**, ...) verbunden ist,

   dadurch **gekennzeichnet**,

   daß die Versorgungsleitungen (**A**, **B**, **0**) in zwei von der Stromquelle abwechselnd mit Impulsen gespeiste Kanäle (**A**, **0**; **B**, **0**) unterteilt und aufeinanderfolgende Zündstufen (**S1**, **S2**, **S3**, ...) abwechselnd an den einen und den anderen Kanal angeschlossen sind, und
   daß jeder Impuls auf jeweils einem Kanal ein den vorhergehenden Impuls auf dem jeweils anderen Kanal überlappendes Anfangsintervall (t_1~t_3) geringerer Spannung aufweist.

2. Sprengkette mit nacheinander anzusteuernden Zündstufen (**S1**, **S2**, **S3**, ...), wobei

   jede Zündstuffe (**S1**, **S2**, **S3**, . . .), eine Zündeinrichtung (**ZE**) aufweist, die zum Zünden mindestens eines Sprengsatzes mit dem Ausgangskreis eines Halbleiterschalters (**T**) in Serie liegt,
   die so gebildeten Serienschaltungen zwischen an eine Stromquelle angeschlossenen Versorgungsleitungen (**A**, **B**, **0**) parallel geschaltet sind, und
   das Steuersignal für den Halbleiterschalter (**T**) jeder Zündstufe (**S2**, **S3**, ...) die Spannung eines Kondensators (**C**) ist, der über den Halbleiterschalters (**T**) der jeweils vorherigen Zündstufe (**S1**, **S2**, ...) aufladbar ist,

   dadurch **gekennzeichnet**,

   daß die Versorgungsleitungen (**A**, **B**, **0**) in zwei von der Stromquelle abwechselnd beaufschlagte Kanäle (**A**, **0**; **B**, **0**) unterteilt und aufeinanderfolgende Zündstufen (**S1**, **S2**, **S3**, ...) abwechselnd an den einen und den anderen Kanal angeschlossen sind, und
   daß für jedes Paar von aufeinanderfolgenden Zündstufen (**S1**, **S2**) ein gemeinsamer Kondensator (**C**) vorgesehen ist, der über den Halbleiterschalter (**T**) der diesem Paar vorhergehenden Zündstufe auf einen ersten Wert und über den Halbleiterschalter (**T**) der ersten Zündstufe (**S1**) des Paares auf einen zweiten, höheren Wert aufladbar ist.

3. Sprengkette nach Anspruch 2, wobei der Kondensator (**C**) mit dem Steuereingang des Halbleiterschalters (**T**) der ersten Zündstufe (**S1**) des Paares über einen ersten Widerstand (**R5**) und mit dem Steuereingang des Halbleiterschalters (**T**) der zweiten Zündstufe (**S2**) des Paares über einen ersten Widerstand (**R7**), der größer ist als der erste Wider-

stand (**R5**), verbunden ist.

4. Sprengkette nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei bei der in der Zündfolge ersten Zündstufe (**S1**) der Steuereingang und der Ausgangskreis des Halbleiterschalters (**T**) mit demselben Kanal verbunden sind.

5. Sprengkette nach Anspruch 4, wobei die Stromquelle zur Ansteuerung der in der Zündfolge ersten Zündstufe (**S1**) einen Uberspannungsimpuls liefert.

6. Sprengkette nach Anspruch 4, wobei der Steuereingang des Halbleiterschalters (**T**) bei der in der Zündfolge ersten Zündstufe (**S1**) über ein RC-Glied (**R1'**, **C2**) an den betreffenden Kanal angeschlossen ist.

7. Sprengkette nach Anspruch 4, wobei der Steuereingang des Halbleiterschalters (**T**) bei der in der Zündfolge ersten Zündstufe (**S1**) mit beiden Kanälen verbunden ist und die Stromquelle zur Ansteuerung der ersten Zündstufe (**S1**) auf beiden Kanälen einen Impuls erzeugt.

8. Sprengkette nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei jeweils zwei Zündstufen (**S1**, **S2**; ...) zu einem in einem gemeinsamen Gehäuse angeordneten Schaltungsglied zusammengefaßt und alle Schaltungsglieder gleich aufgebaut sing, und wobei nur die in der Zündfolge erste Zündstufe (**S1**), bei der keine vorhergehende Stufe vorhanden ist, durch einen Initialimpuls aktivierbar ist.

9. Sprengkette nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jede Zündeinrichtung (**ZE**) zwei Zünder (**Z1**, **Z2**) in Serie enthält.

10. Sprengkette nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jede Zündeinrichtung (**ZE**) zwei parallel geschaltete Zünder (**Z1**, **Z3**) enthält.

Claims

1. An explosive chain including detonator stages (**S1**, **S2**, **S3**, ...) to be triggered in succession, wherein

each detonator stage (**S1**, **S2**, **S3**,...) includes detonator means (**ZE**) connected in series with the output circuit of a semiconductor switch (**T**) for detonating at least one explosive charge,
the series circuits thus formed are connected in parallel between supply leads (**A**, **B**, **0**) connected to a power source, and
the control input of the semiconductor switch (**T**) of each detonator stage (**S2**, **S3**, ...) is connected to the junction between the semiconductor switch (**T**) and the detonator means (**ZE**) of the respective preceding detonator stage (**S1**, **S2**, ...),

characterised in

that the supply leads (**A**, **B**, **0**) are subdivided in two channels (**A**, **0**; **B**, **0**) to which pulses are alternately applied from the power source and successive detonator stages (**S1**, **S2**, **S3**,...) are alternately connected to the one and the other channel, and
that each pulse on one channel has an initial interval (t_1~t_3) of lower voltage which overlaps the respective preceding pulse on the other channel.

2. An explosive chain including detonator stages (**S1**, **S2**, **S3**, ...) to be triggered in succession, wherein

each detonator stage (**S1**, **S2**, **S3**,...) includes detonator means (**ZE**) connected in series with the output circuit of a semiconductor switch (**T**) for detonating at least one explosive charge,
the series circuits thus formed are connected in parallel between supply leads (**A**, **B**, **0**) connected to a power source, and
the control signal for the semiconductor switch (**T**) of each detonator stage (**S2**, **S3**, ...) is the voltage of a capacitor (**C**) which is adapted to be charged via the semiconductor switch (**T**) of the respective preceding detonator stage (**S1**, **S2**, ...),

characterised in

that the supply leads (**A**, **B**, **0**) are subdivided in two channels (**A**, **0**; **B**, **0**) which are alternately supplied by the power source and successive detonator stages (**S1**, **S2**, **S3**, ...) are alternately connected to the one and the other channel, and
that a common capacitor (**C**) is provided for each pair of successive detonator stages (**S1**, **S2**), the capacitor being adapted to be charged via the semiconductor switch (**T**) of the detonator stage preceding this pair to a first value, and to be charged via the semiconductor switch (**T**) of the first detonator stage (**S1**) of the pair to a second, higher value.

3. The explosive chain of claim 2, wherein the capacitor (**C**) is connected to the control input of the semiconductor switch (**T**) of the first detonator stage (**S1**) of the pair via a first resistor (**R5**) and to the control input of the semiconductor switch (**T**) of the second detonator stage (**S2**) of the pair via a second resistor (**R7**) which is larger than the first resistor

(**R5**).

4. The explosive chain of any one of claims 1 to 3, wherein the control input and the output circuit of the semiconductor switch (**T**) of the first detonator stage (**S1**) in the firing sequence are connected to the same channel.

5. The explosive chain of claim 4, wherein the power source supplies an overvoltage pulse to the first detonator stage (**S1**) in the firing sequence.

6. The explosive chain of claim 4, wherein the control input of the semiconductor switch (**T**) in the first detonator stage (**S1**) in the firing sequence is connected to the respective channel via an R-C element (**R1'**, **C2**).

7. The explosive chain of claim 4, wherein the control input of the semiconductor switch (**T**) of the first detonator stage (**S1**) in the firing sequence is connected to both channels, and the power source generates a pulse on both channels for triggering the first detonator stage (**S1**).

8. The explosive chain of any one of claims 1 to 7, wherein pairs of detonator stages (**S1**, **S2**; ...) are combined to form circuit elements each accommodated in one housing, with all circuit elements having the same construction, and wherein only the first detonator stage (**S1**) in the firing sequence, which has no preceding stage, is adapted to be activated by an initial pulse.

9. The explosive chain of any preceding claim, wherein each detonator means (**ZE**) includes two detonators (**Z1**, **Z2**) connected in series.

10. The explosive chain of any preceding claim, wherein each detonator means (**ZE**) contains two detonators (**Z1, Z3**) connected in parallel.

Revendications

1. Chaîne explosive à étages d'amorçage déclenchés successivement (S1, S2, S3, ...), chaque étage d'amorçage (S1, S2, S3, ...) comportant un dispositif d'amorçage (ZE) qui, pour amorcer au moins une charge explosive, est connecté en série au circuit de sortie d'un commutateur à semi-conducteurs (T), les circuits en série ainsi formés étant connectés en parallèle entre des lignes d'alimentation (A, B, O) reliées à une source de courant, et l'entrée de commande du commutateur à semi-conducteurs (T) de chaque étage d'amorçage (S2, S3, ...) étant connectée au point de jonction entre le commutateur à semi-conducteurs (T) et le dispositif d'amorçage (ZE) de l'étage d'amorçage précédent (S1, S2, ...), caractérisée en ce que les lignes d'alimentation (A, B, O) sont divisées en deux canaux (A, O ; B, O) alimentés alternativement en impulsions par la source de courant et les étages d'amorçage successifs (S1, S2, S3, ...) sont connectés alternativement à l'un et à l'autre canal, et en ce que chaque impulsion située sur l'un des canaux présente un intervalle initial (t_1~t_3) de moindre tension qui chevauche l'impulsion précédente située sur l'autre canal.

2. Chaîne explosive à étages d'amorçage déclenchés successivement (S1, S2, S3, ...), chaque étage d'amorçage (S1, S2, S3, ...) comportant un dispositif d'amorçage (ZE) qui, pour amorcer au moins une charge explosive, est connecté en série au circuit de sortie d'un commutateur à semi-conducteurs (T), les circuits en série ainsi formés étant connectés en parallèle entre des lignes d'alimentation (A, B, O) reliées à une source de courant, et le signal de commande destiné au commutateur à semi-conducteurs (T) de chaque étage d'amorçage (S2, S3, ...) étant la tension d'un condensateur (C) qui peut être rechargé par l'intermédiaire du commutateur à semi-conducteurs (T) de l'étage d'amorçage précédent (S1, S2, ...), caractérisée en ce que les lignes d'alimentation (A, B, O) sont divisées en deux canaux (A, O ; B, O) alimentés alternativement par la source de courant, et les étages d'amorçage successifs (S1, S2, S3,) sont connectés alternativement à l'un et à l'autre canal, et en ce qu'il est prévu, pour chaque paire d'étages d'amorçage successifs (S1, S2), un condensateur commun (C) qui peut être rechargé, par l'intermédiaire du commutateur à semi-conducteurs (T) de l'étage d'amorçage précédant ladite paire, à une première valeur et, par l'intermédiaire du commutateur à semi-conducteurs (T) du premier étage d'amorçage (S1) de ladite paire, à une seconde valeur supérieure.

3. Chaîne explosive selon la revendication 2, le condensateur (C) étant connecté à l'entrée de commande du commutateur à semi-conducteurs (T) du premier étage d'amorçage (S1) de la paire par l'intermédiaire d'une première résistance (R5) et à l'entrée de commande du commutateur à semi-conducteurs (T) du second étage d'amorçage (S2) de ladite paire par une première résistance (R7) qui est supérieure à la première résistance (R5).

4. Chaîne explosive selon l'une des revendications 1 à 3, l'entrée de commande et le circuit de sortie du commutateur à semi-conducteurs (T) étant, dans le cas du premier étage d'amorçage (S1) de la séquence d'amorçage, connectés au même canal.

5. Chaîne explosive selon la revendication 4, la sour-

ce de courant fournissant une impulsion de surtension pour déclencher le premier étage d'amorçage (S1) de la séquence d'amorçage.

6. Chaîne explosive selon la revendication 4, l'entrée de commande du commutateur à semi-conducteurs (T) étant, dans le cas du premier étage d'amorçage (S1) de la séquence d'amorçage, reliée au canal correspondant par un circuit RC (R1', C2).

7. Chaîne explosive selon la revendication 4, l'entrée de commande du commutateur à semi-conducteurs (T) étant, dans le cas du premier étage d'amorçage (S1) de la séquence d'amorçage, reliée aux deux canaux et la source de courant générant une impulsion sur les deux canaux pour déclencher le premier étage d'amorçage (S1).

8. Chaîne explosive selon l'une des revendications 1 à 7, les étages d'amorçage (S1, S2, ...) étant réunis par deux sous la forme d'un élément de circuit disposé dans un boîtier commun et tous les éléments de circuit étant de structure identique, seul le premier étage d'amorçage (S1) de la séquence d'amorçage, qui n'est précédé d'aucun autre étage, pouvant être activé par une impulsion initiale.

9. Chaîne explosive selon une des revendications précédentes, chaque dispositif d'amorçage (ZE) contenant deux amorces (Z1, Z2) montées en série.

10. Chaîne explosive selon une des revendications précédentes, chaque dispositif d'amorçage (ZE) contenant deux amorces (Z1, Z3) montées en parallèle.

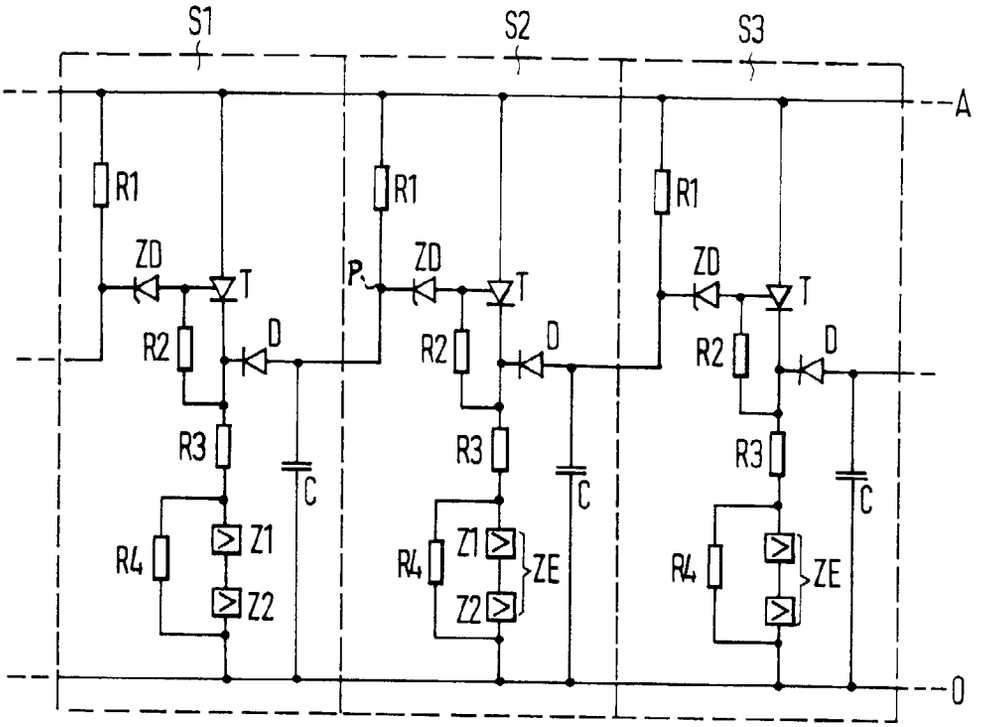
S1
S2
S3
A
R1
ZD
T
R2
D
R3
C
R4
Z1
Z2
ZE
O

FIG.1

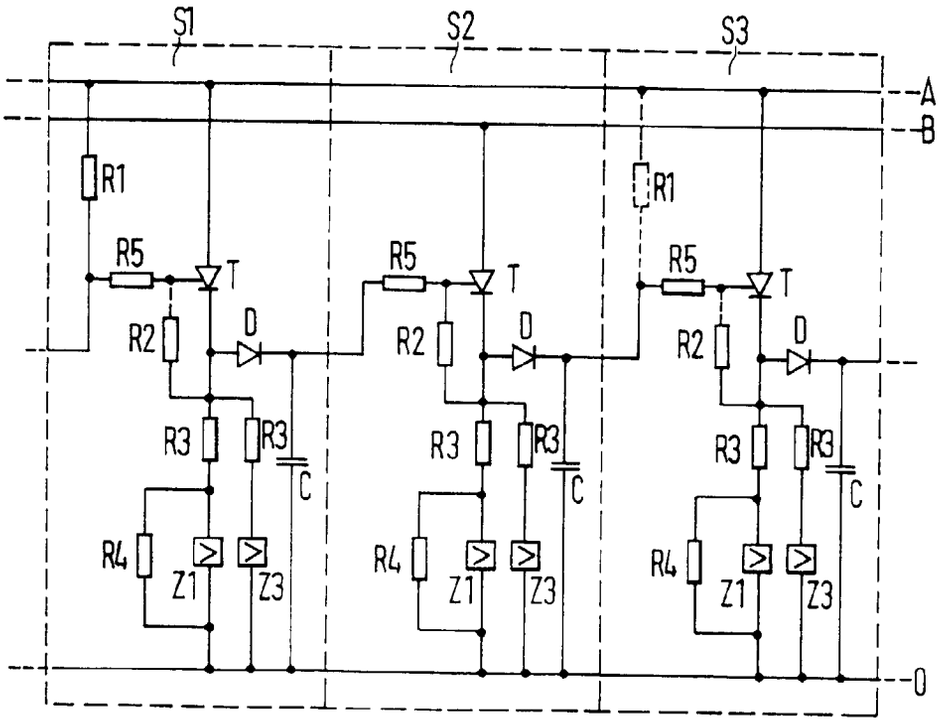
S1
S2
S3
A
B
R1
R5
T
R2
D
R3
C
R4
Z1
Z3
O

FIG.2

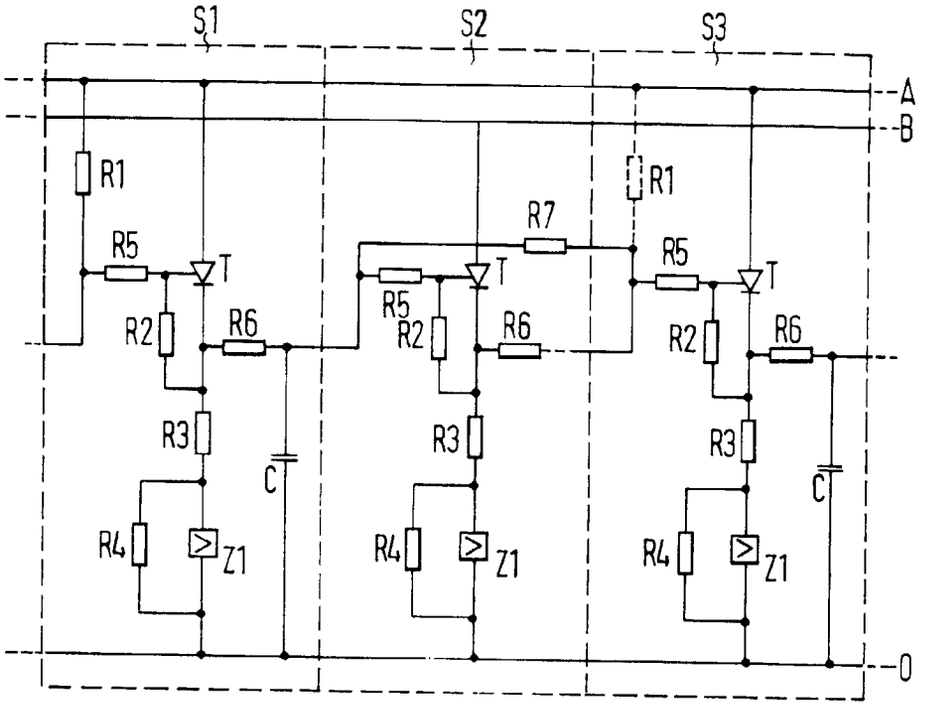

FIG. 3

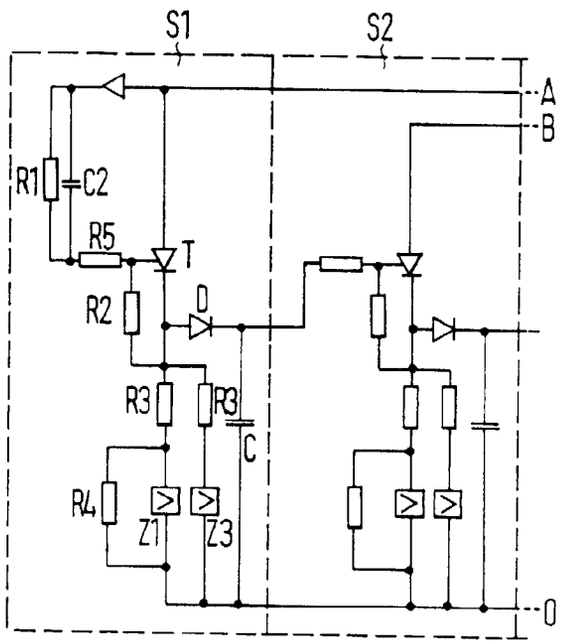

FIG.6

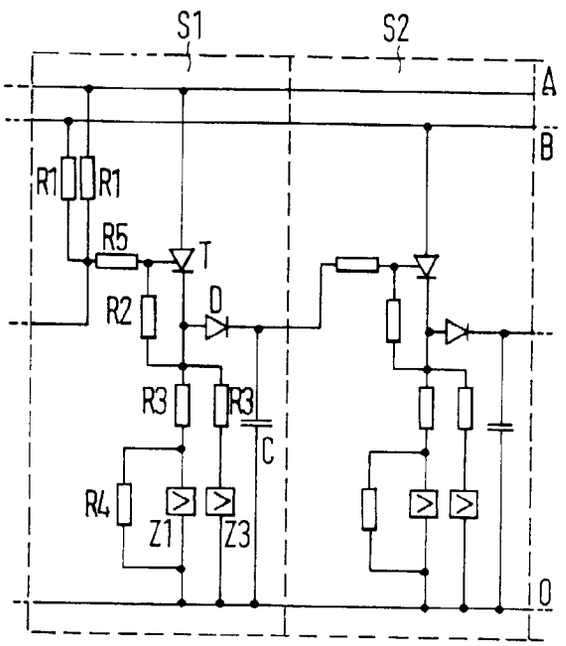

FIG.7

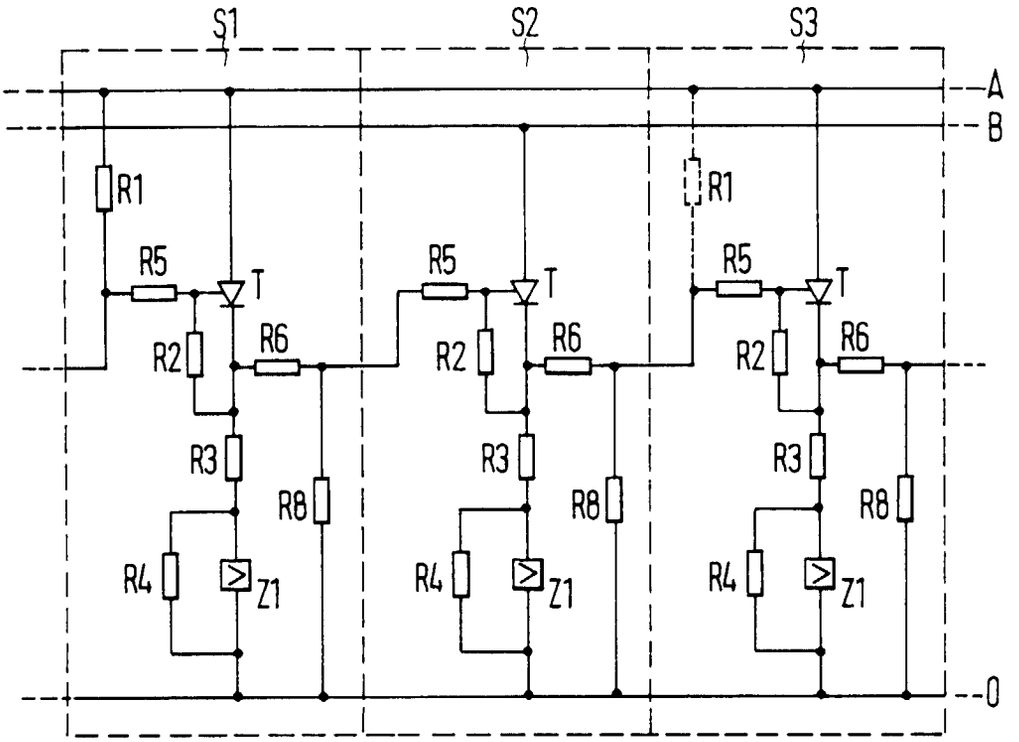

FIG.4

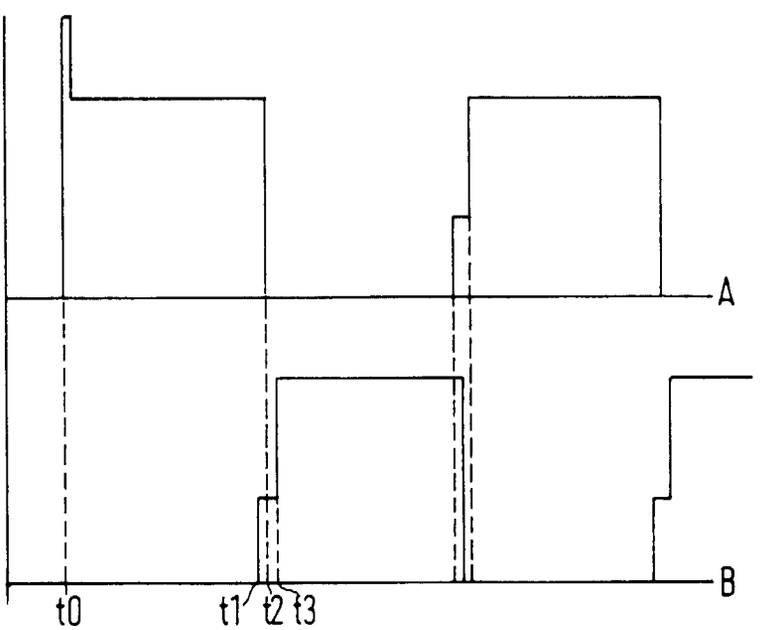

FIG.5