



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 310 851 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
14.05.2003 Patentblatt 2003/20

(51) Int Cl.7: **G05F 3/18**

(21) Anmeldenummer: **02018301.8**

(22) Anmeldetag: **14.08.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **Semikron Elektronik GmbH,
Patentabteilung
90253 Nürnberg (DE)**

(72) Erfinder:
• **Bittner, Roland
90429 Nürnberg (DE)**
• **Schmitt, Stefan
90766 Fürth (DE)**

(30) Priorität: **11.09.2001 DE 10144591**

(54) **Schaltungsanordnung zur Spannungsregelung**

(57) Die Erfindung beschreibt eine Schaltungsanordnung zur Spannungsregelung zur Erzeugung einer in ihrer Höhe begrenzten Ausgangsspannung aus einer anliegenden Eingangsspannung. Die Schaltungsanordnung besteht aus einer Kombination einer Längsreglerschaltung mit einer getakteten Ladungspumpenschaltung. Die Ladungspumpenschaltung besteht aus einem Widerstand 40, einer Diode 46, einem Kondensator 42

sowie einer getakteten Spannungsquelle 44 und ist derart mit der Längsreglerschaltung verschaltet, dass am Ausgang des Transistors 24 der Widerstand 40, der Kondensator 42 und die getaktete Spannungsquelle 44 seriell mit dem Bezugspotential 10 verbunden sind und die Diode 46 anodenseitig mit dem Mittelpunkt zwischen Widerstand 40 und Kondensator 42 sowie kathodenseitig mit dem Steuereingang des Transistors 24 der Längsreglerschaltung verbunden ist.

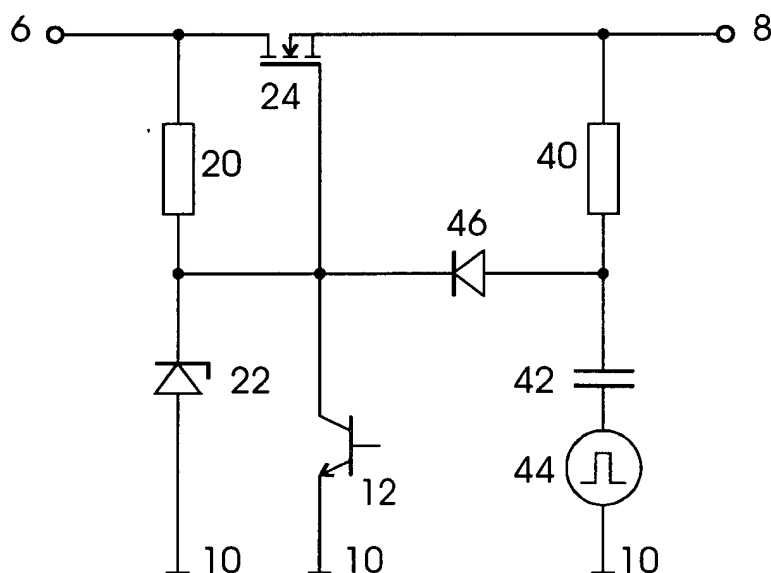


Fig. 2

EP 1 310 851 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung beschreibt eine Schaltungsanordnung zur Spannungsregelung zur Erzeugung einer in ihrer Höhe begrenzten Ausgangsspannung aus einer anliegenden Eingangsspannung. Derartige Schaltungsanordnungen finden Verwendung, wenn eine unterbrechungsfreie Spannungsversorgung von beliebigen Verbrauchern notwendig ist,

wobei die Eingangsspannung die maximal zulässige Betriebsspannung der Verbraucher übersteigen kann. Beispielhaft werden derartige Schaltungsanordnungen benötigt beim Spannungsanstieg während des Ladevorgangs in batterie- gespeisten Systemen oder beim Spannungsanstieg während des Rückspeisebetriebs eines Umrichters oder während des sog. "Load Dump" bei Generatorspeisung.

[0002] Zum Stand der Technik zählen die im folgenden genannten Schaltungsanordnungen wie sie zum Teil beschrieben sind in "Halbleiter Schaltungstechnik" Tietze, Schenk ISBN 3-540-19475-4.

[0003] Prinzipiell müssen zwei Betriebszustände der Schaltungsanordnung unterschieden werden:

1. Der Wert der Versorgungsspannung liegt unterhalb des maximal zulässigen Werts der Betriebsspannung der Verbraucher. Hierbei sind keine regelnden Maßnahmen notwendig.

2. Der Wert der Versorgungsspannung liegt oberhalb des maximal zulässigen Werts der Betriebsspannung der Verbraucher. Hierbei muss der Wert der Ausgangsspannung unterhalb oder auf dem maximal zulässigen Wert der Betriebsspannung liegen.

[0004] Eine Möglichkeit Verbraucher vor einer Spannung, die über der maximal zulässigen Spannung für diese Verbraucher liegt, zu schützen ist die zeitweise Trennung der Verbraucher von dieser Spannung. Während dieser zeitweisen Trennung werden die Verbraucher, um einen unterbrechungsfreien Betrieb zu sichern durch einen Energiespeicher, wie z.B. einen Kondensator oder einen Akkumulator, versorgt.

[0005] Der Nachteil dieser Trennung der Verbraucher von der Versorgungsspannung liegt darin, dass die Kapazitäten derartiger Energiespeicher begrenzt sind. Der Einsatz von Kondensatoren bedingt z.B. auch hohe Ladeströme dieser Kondensatoren beim Einschalten der Schaltung. Akkumulatoren benötigen im Gegensatz dazu eine zusätzliche Ladeeinrichtung. Daher ist die Trennung von der Versorgungsspannung nur bei kleinen Leistungen der Verbraucher und / oder kurzzeitigen Überspannungen anwendbar. Der Hauptnachteil eines erheblichen schaltungstechnischen Aufwands sowie eines erheblichen Platzbedarfs der beschriebenen Einrichtungen bleibt allerdings bestehen.

[0006] Eine weitere Möglichkeit Verbraucher vor einer Überspannung zu schützen besteht darin, alle Verbraucher bereits bei der Konstruktion für die maximal mögliche Überspannung auszulegen. Hierbei müssen alle Bauteile der Verbraucherschaltung auf diese maximal zu erwartende Spannung ausgelegt werden, dies bedingt meist höhere Kosten sowie höhere Verluste, da z.B. Halbleiterbauelementen für höhere Spannungen in der Regel auch eine schlechtere Leitfähigkeit aufweisen. Aus den genannten Gründen ist diese Lösung nur für den Schutz vor Überspannungen sinnvoll, deren Maximalwert nur geringfügig über der normalen Betriebsspannung liegt.

[0007] Eine dritte Möglichkeit besteht im sog. "Clamping", d.h. dem Einsatz spezieller Bauelemente wie z.B. Zenerdioden, Varistoren oder Suppressordioden, die die in der Differenz zwischen der Überspannung und der maximalen Betriebsspannung enthaltene Energie durch Umwandlung in Wärme vernichten. Darin liegt auch der Nachteil dieser Möglichkeit begründet. Derartige Bauelemente sind in ihrer Verlustleistungsaufnahme begrenzt und sind somit nur bei kurzzeitigen oder energiearmen Überspannungen einsetzbar.

[0008] Eine vierte Möglichkeit besteht im Einsatz von Längsreglerschaltungen. Diese sind sowohl als diskrete als auch als integrierte Schaltungen bekannt. Der Nachteil von Längsreglerschaltungen besteht darin, dass sie auch in dem Betriebszustand, bei dem der Wert der Eingangsspannung unterhalb des maximal zulässigen Werts der Betriebsspannung der Verbraucher liegt, nicht unerhebliche Verlustleistung aufweisen. Selbst integrierte Schaltungen mit minimierten Verlusten, sog. "Low-Drop-Regler", weisen noch einen Spannungsabfall von ca. 200mV über dem Bauelement auf.

[0009] Die vorliegende Erfindung hat die Aufgabe, eine Spannungsregelung vorzustellen, deren Verluste bei Anlegen einer Eingangsspannung kleiner oder gleich der maximal zulässigen Betriebsspannung der Verbraucher minimal sind, und deren Bauteile- und Schaltungsaufwand für die Regelung bei Anlegen einer Eingangsspannung größer der maximal zulässigen Betriebsspannung der Verbraucher gering sind.

[0010] Die Aufgabe wird gelöst durch die Maßnahmen des Anspruchs 1. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen genannt.

[0011] Der Grundgedanke der Erfindung ist die Kombination einer bekannten Längsreglerschaltung mit einer ebenfalls bekannten, hier getakteten, Ladungspumpenschaltung. Zur Erläuterung der Erfindung werden wiederum die beiden Betriebszustände unterschieden:

1. Der Wert der Versorgungsspannung liegt unterhalb des maximal zulässigen Werts der Betriebsspannung der Verbraucher. Hierbei sind keine regelnden Maßnahmen notwendig. Daher wird der Transistors der Längsreglerschaltung nicht als ein über die Längsreglerschaltung angesteuertes Regelglied, sondern als über die getaktete Ladungspumpenschaltung angesteuerter Schalter betrieben. Somit entsteht Verlustleistung nur durch die Leitungsverluste des Transistors, nicht aber durch die Längsreglerschaltung. Der zusätzliche schaltungstechnische Aufwand einer Ladungspumpenschaltung ist gering, zumal ein Taktsignal in vielen Anwendungen bereits zur Verfügung steht.

2. Der Wert der Versorgungsspannung liegt oberhalb des maximal zulässigen Werts der Betriebsspannung der Verbraucher. Hierbei wirkt die erfinderische Schaltungsanordnung wie eine Längsreglerschaltung nach dem Stand der Technik. Die Ladungspumpenschaltung arbeitet weiterhin und erzeugt einen zusätzlichen, allerdings unerheblichen Anteil an der Verlustleistung. Die Vorteile der Längsreglerschaltung, dass z.B. keine Trennung von der Eingangsspannung erforderlich ist oder dass ausschließlich die Bauteile der Schutzschaltung auf die Überspannung ausgelegt sein müssen, bleiben erhalten.

[0012] Spezielle Ausgestaltungen der erfinderischen Lösungen werden an Hand der Fig. 1 bis 4 erläutert.

Fig. 1 zeigt die erfinderische Kombination einer Längsreglerschaltung mit einer getakteten Ladungspumpenschaltung.

Fig. 2 zeigt die erfinderische Schaltungsanordnung (nach Fig. 1) ergänzt um die Möglichkeit die Spannungsversorgung abzuschalten.

Fig. 3 zeigt eine Variante der erfinderischen Schaltungsanordnung (nach Fig. 2).

Fig. 4 zeigt eine Simulation der Funktionsweise der erfinderischen Schaltungsanordnung.

[0013] Fig. 1 zeigt die erfinderische Kombination einer Längsreglerschaltung 2 mit einer getakteten Ladungspumpenschaltung 4. Eine typische Längsreglerschaltung 2 besteht in ihrer einfachsten Form aus einem Transistor 24, einem Widerstand 20 sowie einer Zenerdiode 22. Dabei wird die anliegende Eingangsspannung 6 über den Transistor 24 zur geregelten Ausgangsspannung 8. Als Regelung wirkt die Reihenschaltung des mit dem Eingang (Drain) des MOS-FETs 24 verschalteten Widerstandes 20 mit der Zenerdiode 22, wobei die Anode der Zenerdiode mit Masse und die Kathode der Zenerdiode 22 mit dem Steuereingang (Gate) des MOS-FET 24 verbunden sind.

[0014] Erfinderisch erweitert wird die Längsreglerschaltung um eine getaktete Ladungspumpenschaltung 4, bestehend in ihrer einfachsten Form aus einem Widerstand 40, einer Diode 46, einem Kondensator 42 sowie einer getakteten Spannungsquelle 44. Hierbei ist der Ausgang des Transistors 24 mit einer Reihenschaltung des Widerstandes 40, des Kondensators 42, der getakteten Spannungsquelle 44 zu einem Masseanschluss verbunden. Die Anode der Diode 46 ist mit dem Mittelpunkt zwischen dem Widerstand 40 und dem Kondensator 42 verbunden, während die Kathode der Diode 46 mit dem Steuereingang (Gate) des Transistors 24 verbunden ist.

[0015] Für die Funktionsweise der erfinderischen Schaltungsanordnung sind wiederum zwei Betriebszustände zu betrachten:

1. Der Wert der Versorgungsspannung 6 liegt unterhalb des maximal zulässigen Werts der Betriebsspannung der Verbraucher. Hierbei sind keine regelnden Maßnahmen notwendig. Der MOS-FET 24 wird als Schalter betrieben, indem über die getaktete Ladungspumpenschaltung 4 sein Gate, das einen Kondensator darstellt, geladen wird. Der MOS-FET wird somit eingeschaltet.

Um die Vorteile dieser Betriebsweise zu verdeutlichen, dient folgende Beispielrechnung

maximale Eingangsspannung 6	$U_{in,max} = 100V$
maximale Ausgangsspannung 8	$U_{out,max} = 20V$
gewünschte Ausgangsspannung 8	$U_{out} = 15V$
Ausgangsleistung	$P_{out} = 20W$
Widerstand 20	$R_{20} = 10k\Omega$
Ausgangsstrom	$I_{out} = P_{out} / U_{out} = 1,33A$

Damit eine Längsreglerschaltung mit einem Standardtransistor die gewünschten Werte der Ausgangsgrößen liefert, stellt sich die Spannung zwischen Kollektor und Emitter U_{CE} ungefähr auf den gleichen Wert ein wie die Spannung zwischen Basis und Emitter U_{BE} . Typische Werte für U_{BE} liegen bei 0,6V. Daraus ergibt sich für den

EP 1 310 851 A2

Leistungsverlust der Längsreglerschaltung P_{LR} :

$$P_{LR} = U_{CE} \cdot I_{out} = 0,80W$$

Integrierte Schaltungen wie die bereits oben erwähnten Low-Drop-Regler weisen einen Spannungsabfall über dem Bauelement von typisch 0,2V auf. Damit ergibt sich eine Verlustleistung P_{LD} :

$$P_{LD} = 0,2V \cdot 1,33A = 0,27W$$

Bei der erfinderischen Schaltungsanordnung bestimmen zwei Größen die Verlustleistung P_E , einerseits der Verlust über dem MOS-FET P_{MF} und andererseits die Verluste der Ladungspumpenschaltung P_{LP} :

$$P_E = P_{MF} + P_{LP}$$

wobei P_{MF} die Leitungsverluste des MOS-FET sind, die durch den Widerstand über Drain-Source R_{DSon} im leitenden Zustand bestimmt werden

$$R_{DSon} = 0,02\Omega$$

$$\Rightarrow P_{MF} = R_{DSon} \cdot I_{OUT}^2 = 0,036W$$

Die Verluste der Ladungspumpenschaltung P_{LP} ergibt sich aus folgenden Werten

Widerstand 40	$R_{40} = 10k\Omega$
Kondensator 42	$C_{42} = 1nF$
Spannung der Spannungsquelle 44	$U_{44} = 10V$
Frequenz der Spannungsquelle 44	$f_{44} = 500kHz$
$\Rightarrow$	$P_{LP} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 \cdot f = 0,025W$
$\Rightarrow$	$P_E = P_{MF} + P_{LP} = 0,061W$

Somit ist offensichtlich, dass der Gesamtverlust der erfinderischen Schaltungsanordnung in diesem Betriebszustand um mehr als den Faktor 4 unterhalb des Standes der Technik liegt. Dies verdeutlicht auch noch einmal folgende Tabelle:

	Längsreglerschaltung (diskret)	Low-Drop-IC	Erfinderische Schaltung
Verlustleistung	0,80W	0,27W	0,061W
Anteil an abgegebener Leistung (15W)	4,00%	1,35%	0,31%

2. Der Wert der Versorgungsspannung liegt oberhalb des maximal zulässigen Werts der Betriebsspannung der Verbraucher. Hierbei wirkt die erfinderische Schaltungsanordnung wie eine Längsreglerschaltung nach dem Stand der Technik, wobei die Ladungspumpenschaltung eine zusätzliche, allerdings unerhebliche (vgl. Punkt 1) Erhöhung der Verlustleistung bewirkt.

[0016] Fig. 2 zeigt die erfinderische Schaltungsanordnung (nach Fig. 1) ergänzt um einen zusätzlichen Schalter, z. B. den Transistor 12, um die Ausgangsspannung 8 abschalten zu können. Dazu wird der Kollektor des Transistors 12 mit dem Gate des MOS-FET 24 verbunden.

[0017] Fig. 3 zeigt eine Variante der erfinderischen Schaltungsanordnung (nach Fig. 2). Hierbei wird anstelle der Zenerdiode 22 ein geregeltes Schaltelement 26 (z.B. TL431) zur Steuerung der Längsreglerschaltung verwendet. Der

notwendige Spannungseingang des Schaltelements 26 wird durch eine Spannungsteilerschaltung aus den Widerständen 260 und 262 gebildet.

[0018] Fig. 4 zeigt eine Simulation der Funktionsweise der erfinderischen Schaltungsanordnung. Grundlage der Simulation ist eine stetig ansteigende Eingangsspannung 50. Die Kurve 60 zeigt die Ausgangsspannung der erfinderischen Schaltungsanordnung, wobei eine maximale Ausgangsspannung von 20V zugelassen wurde. Die Kurve 70 zeigt die Verlustleistung der erfinderischen Schaltungsanordnung. Der Bereich 62 markiert den Arbeitsbereich der Schaltungsanordnung, in dem die Versorgungsspannung unterhalb des maximal zulässigen Werts der Betriebsspannung der Verbraucher liegt. In diesem Bereich folgt der Verlauf der Ausgangsspannung 60 dem Verlauf der Eingangsspannung 50 bei minimalen Verlusten 70. Der Bereich 64 markiert den Arbeitsbereich der Schaltungsanordnung, in dem die Versorgungsspannung oberhalb des maximal zulässigen Werts der Betriebsspannung der Verbraucher liegt. Hierbei arbeitet die Schaltungsanordnung analog einer Längsreglerschaltung nach dem Stand der Technik mit nahezu identischen Verlusten der beiden Varianten.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Spannungsregelung bestehend aus einer Längsreglerschaltung 2 und einer Ladungspumpenschaltung 4, wobei die Längsreglerschaltung 2 zumindest aus einem Transistor 24, einem Widerstand 20 und einer Z-Diode 22 besteht und die Ladungspumpenschaltung 4 zumindest aus einem Widerstand 40, einer Diode 46, einem Kondensator 42 sowie einer getakteten Spannungsquelle 44 besteht und derart mit der Längsreglerschaltung 2 verschaltet ist, dass am Ausgang des Transistors 24 der Widerstand 40, der Kondensator 42 und die getaktete Spannungsquelle 44 seriell mit dem Bezugspotential 10 verbunden sind und die Diode 46 anodenseitig mit dem Mittelpunkt zwischen Widerstand 40 und Kondensator 42 sowie kathodenseitig mit dem Steuereingang des Transistors 24 der Längsreglerschaltung verbunden ist.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Transistor 24 der Längsreglerschaltung 2 ein Bipolartransistor, ein MOS-FET oder ein IGBT (insulated gate bipolar transistor) ist.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuereingang des Transistors 24 über einen Schalter 12 mit Bezugspotential 10 verbunden ist, um die Schaltungsanordnung abschaltbar zu machen.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Z-Diode 22 ein über einen Spannungsteiler (260, 262) von der Ausgangsspannung der Schaltungsanordnung versorgtes und geregeltes Schaltelement 26 ist.

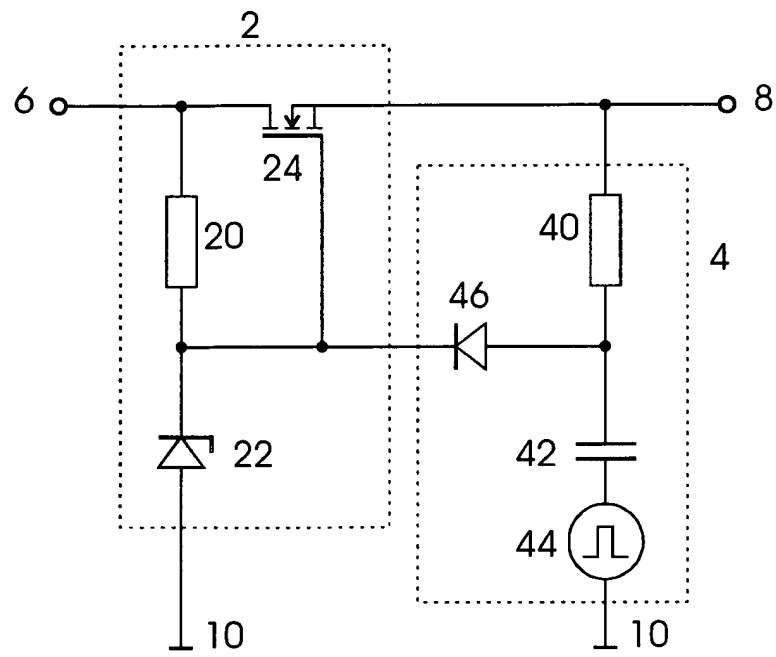


Fig. 1

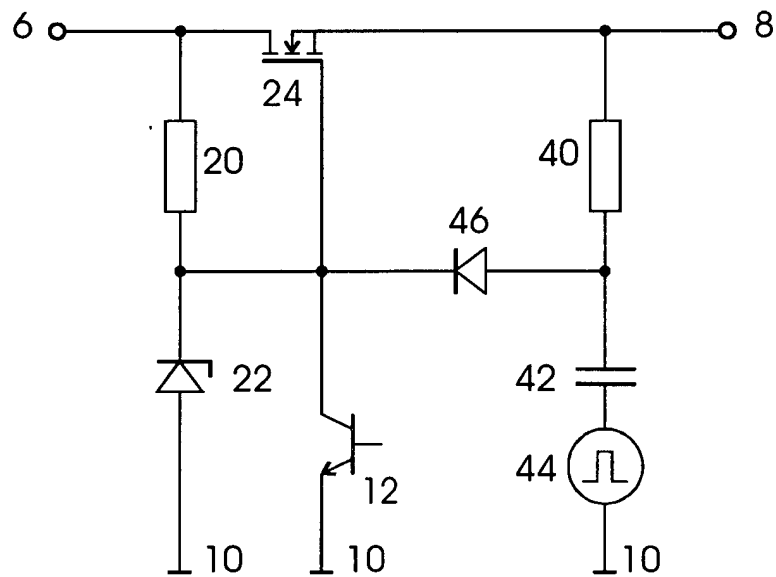


Fig. 2

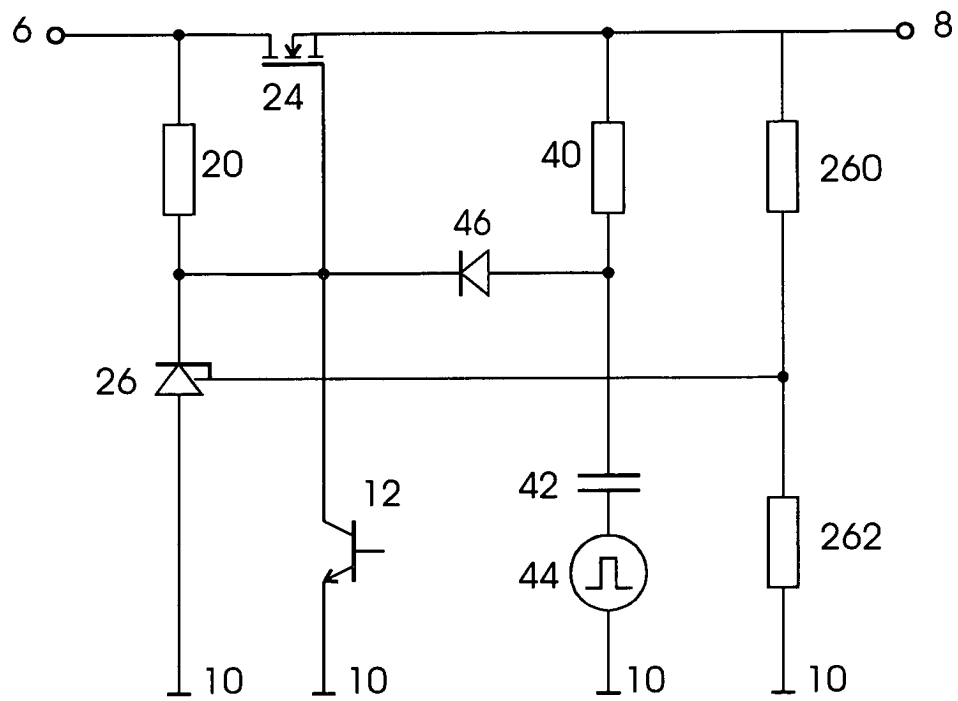


Fig. 3

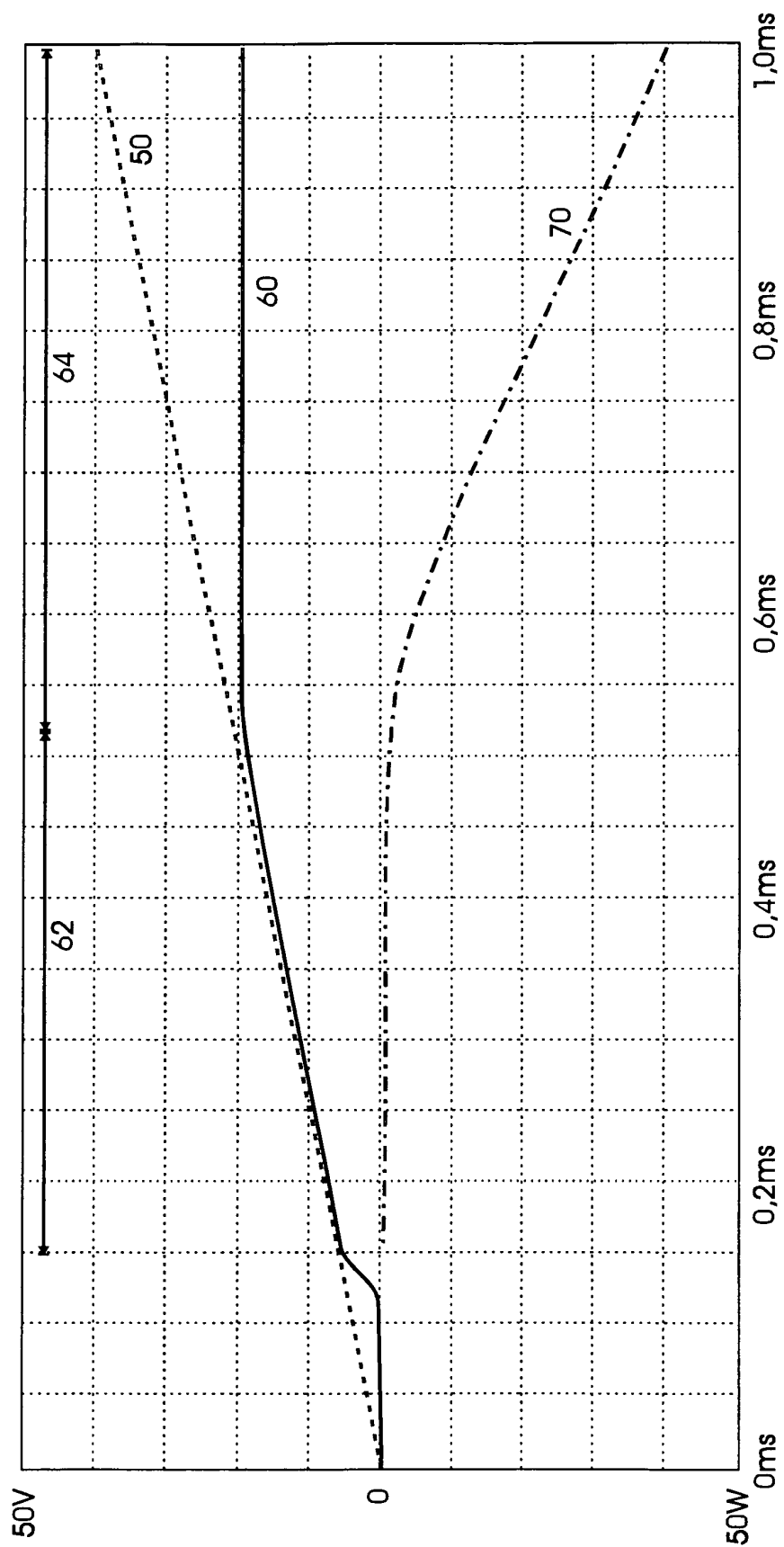


Fig. 4