

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 497 703 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
02.11.2006 Patentblatt 2006/44

(21) Anmeldenummer: **03722263.5**

(22) Anmeldetag: **07.04.2003**

(51) Int Cl.:
G05F 3/24 (2006.01)

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2003/001135

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/091818 (06.11.2003 Gazette 2003/45)

(54) **SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR SPANNUNGSREGELUNG MITTELS EINES SPANNUNGSTEILERS**

CIRCUIT ARRANGEMENT FOR VOLTAGE REGULATION BY MEANS OF A VOLTAGE DIVIDER
ENSEMBLE DE CIRCUITS POUR LA REGULATION DE TENSION COMPRENANT UN DIVISEUR
DE TENSION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR

(30) Priorität: **23.04.2002 DE 10218097**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.01.2005 Patentblatt 2005/03

(73) Patentinhaber: **Infineon Technologies AG**
81669 München (DE)

(72) Erfinder: **SCHLAFFER, Andreas**
81545 München (DE)

(74) Vertreter: **Epping - Hermann - Fischer**
Ridlerstrasse 55
80339 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 19 947 115 **US-A- 5 264 785**
US-A- 5 493 207

EP 1 497 703 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Spannungsregelung mit einem Spannungsteiler, der zwischen einem ersten Potential und einem Bezugspotential angeordnet ist und der eine Vielzahl in Reihe geschalteter Dioden aufweist, wobei an einem Anschluß einer Diode eine Ausgangsspannung abgreifbar ist, einer Regelschaltung, an der die Ausgangsspannung und eine Referenzspannung anliegt zur Regelung des ersten Potentials aufgrund eines Vergleichs der Ausgangsspannung mit der Referenzspannung, wobei das Teilverhältnis durch das Aktivieren bzw. das Deaktivieren einer oder mehrerer Dioden veränderbar ist.

[0002] Eine solche Schaltungsanordnung zur Spannungsregelung mit einem Spannungsteiler aufgebaut aus Widerständen kann z.B. der Druckschrift DE 19947115 A1 entnommen werden.

[0003] Solche Schaltungsanordnungen zur Spannungsregelung werden beispielsweise in integrierten Schaltungsanordnungen eingesetzt, bei denen eine Spannung erzeugt wird, die größer ist als die Versorgungsspannung der integrierten Schaltung. Solche Spannungen werden beispielsweise benötigt, um Speicherzellen eines nichtflüchtigen Speichers zu löschen, insbesondere EEPROM-Speicher.

[0004] Das dabei auftretende Problem besteht darin, die Potentialdifferenz zwischen dem ersten Potential und dem Bezugspotential, die im Folgenden als Hochspannung bezeichnet wird, zu regeln. Da die Hochspannung über der Versorgungsspannung liegt, ist es nicht möglich, diese Hochspannung direkt zu messen und zu regeln. Aus diesem Grund werden Spannungsteiler eingesetzt, so daß die Messung und Regelung auf einer niedrigeren Spannungsebene erfolgen kann, die unterhalb der Versorgungsspannung liegt.

[0005] Üblicherweise werden zwei verschiedene Typen von Spannungsteilern eingesetzt. Wenn eine genaue Einstellmöglichkeit des Teilverhältnisses erforderlich ist, werden Teiler aus Widerstandsketten aufgebaut. Einzelne Widerstände sind zur Einstellung des Teilverhältnisses überbrückbar. Die Feinheit der Einstellmöglichkeit ergibt sich aus der Höhe des jeweils überbrückten Widerstands im Verhältnis zum Gesamtwiderstand des Teilers. Solche Teiler besitzen jedoch den Nachteil, daß der Flächenbedarf verhältnismäßig groß ist und dies daher eine unter Kostengesichtspunkten ungünstige Lösung darstellt.

[0006] Eine bezüglich des Flächenbedarfs günstigere Lösung besteht darin, den Spannungsteiler aus Dioden aufzubauen, insbesondere sind Teiler aus MOS-Transistoren bekannt, die jeweils als Diode geschaltet sind. Um einen solchen Teiler einsetzen zu können, ist allerdings Voraussetzung, daß die minimale geforderte Einstellgranularität des Teilers größer ist als die Schwellenspannung der Transistoren. Die Einstellung der Spannung erfolgt dabei dadurch, daß einzelne Dioden aktiviert bzw. deaktiviert werden. Nimmt man für die Schwellenspan-

nung der Transistoren einen realistischen Wert von ca. 0,6 V an, läßt sich die Hochspannung lediglich in Schritten von 0,6 V einstellen.

[0007] Um bei der bisherigen Lösung der Realisierung eines Spannungsteilers die Einstellgranularität verfeinern zu können, muß der Nennspannungsabfall über ein Teilelement reduziert werden, so daß durch dessen Aktivierung oder Deaktivierung die Gesamtspannung um einen Spannungsabfall von beispielsweise 0,2 V verändert werden kann. In einem solchen Fall sind jedoch Dioden bzw. MOS-Transistoren nicht mehr einsetzbar, da deren Einsatzspannung bei 0,6 V erreicht ist und darunter ein solchermaßen aufgebauter Spannungsteiler nicht mehr funktionsfähig ist.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Schaltungsanordnung zur Spannungsregelung anzugeben, mit der eine genaue Einstellung der Spannung möglich ist und die trotzdem einen geringen Flächenbedarf aufweist.

[0009] Diese Aufgabe wird durch eine Schaltungsanordnung der eingangs genannten Art gelöst, die dadurch gekennzeichnet ist, daß das Teilverhältnis zusätzlich durch Einstellung der Höhe des Spannungsabfalls bei zumindest einer der Dioden veränderbar ist.

[0010] Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung kann bezüglich des Spannungsteilers komplett aus MOS-Transistoren aufgebaut werden, die einen im Vergleich zu Widerständen sehr geringen Flächenbedarf haben. Die Feinheit der Einstellung des Teilverhältnisses wird dadurch erreicht, daß die grobe Einstellung wie bisher durch das Aktivieren bzw. Deaktivieren von einzelnen Dioden vorgenommen werden kann und darüber hinaus die Feinregelung dadurch bewerkstelligt wird, daß der Spannungsabfall über einer oder mehreren der Dioden separat einstellbar ist. Während bei den Dioden ohne Zusatzbeschaltung ein Spannungsabfall von typischerweise 0,6 V entsteht, ist durch den gemäß einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehenen parallel geschalteten Transistor dieser Spannungsabfall beliebig zwischen 0 V und 0,6 V einstellbar.

[0011] Besonders vorteilhaft ist, daß dadurch der Strom durch die anderen Dioden des Spannungsteilers nicht verändert wird und daher der Spannungsabfall über diesen Dioden gleich bleibt. Die Hochspannung ist daher stets aus einem Nennspannungsabfall über den Dioden und der über der mindestens einen Diode eingestellten Spannung berechenbar.

[0012] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird eine Steuerschaltung zur Ansteuerung eines zu einer Diode parallel geschalteten Transistors verwendet, wobei durch diese der Transistor derart ansteuerbar ist, daß einer der Anschlüsse der Diode eine vorbestimmte Spannung annimmt.

[0013] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0014] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigt:

Figur 1 eine Schaltungsanordnung zur Spannungsregelung nach dem Stand der Technik und

Figur 2 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zur Spannungsregelung.

[0015] Zur Erleichterung des Verständnisses der Erfindung wird zunächst anhand von Figur 1 beschrieben, wie eine Schaltungsanordnung nach dem Stand der Technik funktioniert und worin die Probleme, die dort auftreten, begründet sind. Zwischen einer Hochspannung U_{HV} und einem Bezugspotential 0 ist ein Spannungsteiler geschaltet, der aus den Dioden D1 bis D6 besteht. Die Hochspannung U_{HV} teilt sich gleichmäßig auf die Dioden D1 bis D6 auf, sofern es sich um gleiche Dioden handelt. Zwischen den Dioden D2 und D3 wird eine Ausgangsspannung U_{out} abgegriffen und einer Regelschaltung 2 zugeführt. Durch diese Anordnung ist ein Spannungsteiler gebildet, für den gilt: $U_{out} = U_{HV}/3$. In der Regelschaltung 2 wird die gemessene Spannung U_{out} mit einer Referenzspannung U_{REF} verglichen. U_{REF} ist dabei derart bestimmt, daß sie ein Drittel der Soll-Hochspannung ist. Die Regelschaltung 2 regelt sodann die Hochspannung U_{HV} so lange nach, bis die gemessene Spannung U_{out} der Referenzspannung U_{REF} entspricht.

[0016] Ein anderer Sollwert für die Hochspannung U_{HV} kann dadurch eingestellt werden, daß der Referenzspannungswert U_{REF} verändert wird. Problematisch ist hierbei allerdings, daß eine Änderung von U_{REF} mit dem Kehrwert des Teilverhältnisses multipliziert wird, im vorliegenden Fall also das Dreifache von der Änderung von U_{REF} sich auf die Hochspannung U_{HV} auswirkt. Im gezeigten Beispiel ist dies nicht problematisch, da das Teilverhältnis 1:3 ist und die Spannungsänderungen von U_{REF} verhältnismäßig groß sein müssen, um eine bestimmte Änderung von U_{HV} zu erzielen. In einer konkreten Ausführung einer solchen Schaltung besteht ein Teiler aber aus wesentlich mehr Dioden. Bei einer gewünschten Hochspannung von 16 V und einem Spannungsabfall von 0,6 V pro Diode ist ein Teiler mit 26 in Reihe geschalteten Dioden vorzusehen. Eine Änderung von U_{REF} um 0,1 V hat also eine Spannungsänderung von 2,6 V bei der Hochspannung U_{HF} zur Folge. Daraus ist offensichtlich, daß eine exakte Regelung der Hochspannung U_{HV} schwierig ist.

[0017] Eine zweite Möglichkeit zur Änderung der Hochspannung U_{HV} besteht darin, das Teilverhältnis des Spannungsteilers zu ändern. Ein geeignetes Mittel dazu ist die Überbrückung einzelner Dioden, wodurch jeweils die Hochspannung U_{HV} um den Betrag des Spannungsabfalls über einer Diode, in der Regel also 0,6 V, verringert wird. Eine feinere Abstufung als 0,6 V ist bei einer solchen Schaltung jedoch nicht möglich. Trotzdem werden derartige Schaltungen in der Praxis angewandt. Eine Teilverhältnisteuerschaltung 1 ist dafür vorgesehen, eine oder mehrere Dioden D2 bis D6 durch jeweils einen Schalter 3 zu überbrücken.

[0018] Eine feinere Abstufung der Einstellmöglichkeit

ist mit einer solchen, mit Dioden aufgebauten Schaltung, nicht zu erzielen, da die Schwellenspannung der verwendeten Dioden bzw. Transistoren 0,6 V beträgt und nicht unterschritten werden kann. Zwar ist der Einsatz von Dioden mit anderen Halbleitermaterialien denkbar, die einen niedrigeren Schwellenwert als 0,6 V besitzen, jedoch ist dies mit einem nicht zu rechtfertigenden Kostenaufwand verbunden.

[0019] Eine Schaltungsanordnung zur Spannungsregelung gemäß der Erfindung ist in Figur 2 dargestellt. Auch hier ist ein Spannungsteiler durch Dioden aufgebaut, wobei es sich im gezeigten Ausführungsbeispiel um MOS-Transistoren handelt, die jeweils als Diode geschaltet sind. Im folgenden werden diese als Dioden geschalteten Transistoren nur als Dioden bezeichnet. Um die dargestellte Schaltungsanordnung allgemein zu halten, ist die oberste Diode allgemein mit T_n bezeichnet und die zwischen T_3 und T_{n-1} liegenden Dioden durch Punkte angedeutet. Die Ausgangsspannung U_{out} wird oberhalb der untersten Diode T_1 abgegriffen. Eine Regelschaltung 2 regelt die Hochspannung U_{HV} derart, daß die abgegriffene Spannung U_{out} wiederum einer Referenzspannung U_{REF} entspricht. Im eingeregelter Zustand ist die Spannung U_{T1} über der ersten Diode T_1 gleich der Referenzspannung U_{REF} . Entsprechend der Diodenkennlinie stellt sich ein Strom I_{T1} durch die erste Diode T_1 ein. Da es sich um eine Serienschaltung handelt und der Eingangswiderstand der Regelschaltung 2 gegen unendlich geht, sind die Ströme durch sämtliche Dioden gleich, wodurch sich auch, sofern man von einer Zusatzbeschaltung der Dioden absieht, gleiche Spannungsabfälle ergeben.

[0020] Die Regelschaltung 2 besitzt einen Operationsverstärker OP2 sowie eine Ladungspumpenschaltung 4. Der nicht-invertierende Eingang des Operationsverstärkers OP2 ist mit der Ausgangsspannung U_{out} des Spannungsteilers beaufschlagt. An dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OP2 liegt die Referenzspannung U_{REF} an. Da die Hochspannung U_{HV} über der Versorgungsspannung der Schaltungsanordnung liegt, kann der Operationsverstärker OP2 nicht direkt die Hochspannung U_{HV} bereitstellen. Statt dessen wirkt er mit einer Ladungspumpenschaltung 4 zusammen, an deren Ausgang die Hochspannung U_{HV} bereitgestellt wird. Für die Regelschaltung 2 sind aber auch andere Ausführungsformen denkbar, so daß die hier gezeigte Anordnung nur beispielhaft zu verstehen ist.

[0021] Um eine feinere Einstellung als die oben erwähnten Schritte von 0,6 V zu ermöglichen, ist der durch T_2 gebildeten Diode ein Transistor T_R parallel geschaltet. Durch den Transistor T_R ist der Spannungsabfall über der durch T_2 gebildeten Diode beliebig verringerbare. Dies hat zur Folge, daß sich das Teilverhältnis nicht nur aus dem Verhältnis der Anzahl der Dioden, über der die Ausgangsspannung U_{out} abgegriffen wird, zu der Gesamtanzahl der Dioden bestimmt wird, sondern als zusätzliche analoge Einstellgröße die Höhe des Spannungsabfalls über der Parallelschaltung aus T_2 und T_R einfließt.

[0022] Ein großer Vorteil einer solchen Ausführung besteht darin, daß die Summe der Ströme durch T_2 und T_R wiederum dem Strom I_{T1} entspricht, so daß sich die Spannungsabfälle über den anderen als Dioden geschalteten Transistoren nicht verändern.

[0023] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Transistor T_R durch einen Operationsverstärker OP1 angesteuert, dessen nicht-invertierender Eingang mit der Verbindung zwischen den Transistoren T_2 und T_3 verbunden ist. An dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OP1 liegt eine Steuerspannung U_2 an. Auf diese Weise wird an der Verbindungsstelle zwischen den Transistoren T_2 und T_3 die Spannung U_2 eingeprägt, da der Operationsverstärker OP1 den Strom durch den Transistor T_R so lange verändert, bis eben an der Verbindungsstelle zwischen T_2 und T_3 die Spannung U_2 auftritt.

[0024] U_2 ist dabei so einstellbar, daß U_{REF} nicht unterschritten und $2 \cdot U_{REF}$ nicht überschritten wird. In diesem Fall gilt:

$$U_{HV} = U_2 + (n-2) \cdot U_{REF}.$$

[0025] Die Regelungsbandbreite liegt also nur zwischen 0 V und 0,6 V, was in der Praxis natürlich nicht ausreichend ist. Daher ist zusätzlich wie beim Stand der Technik die Möglichkeit vorgesehen, einzelne Transistoren zu deaktivieren, um dadurch die Hochspannung U_{HV} in Schritten von 0,6 V einstellen zu können. Dazu ist wie in der Schaltungsanordnung von Figur 1 eine Teilverhältnissteuerung 1 vorgesehen, die Schalter 3 ansteuert, die jeweils eine Diode überbrücken.

[0026] Die Feinregelung des Teilverhältnisses erfolgt dann durch die entsprechende Ansteuerung des Transistors T_R mit der Spannung U_2 .

[0027] Im Gegensatz zu einer Änderung der Referenzspannung U_{REF} multipliziert sich bei der erfindungsgemäßen Schaltung eine Änderung von U_2 nicht mit der Anzahl der Dioden des Teilers. Kleine unbeabsichtigte Abweichungen von U_2 führen deswegen nicht zu einem großen Fehler bei der Hochspannung U_{HV} .

[0028] Bei einem fehlerhaften Wert von U_2 oder einem Fehler in der durch OP1 und T_R gebildeten Regelschaltung ist der maximal zu erwartende Fehler der Hochspannung verhältnismäßig gering, d.h. er beträgt maximal 0,6 V, sofern dies der vorgesehene Spannungsabfall pro Diode ist.

Bezugszeichenliste

[0029]

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1 | Teilverhältnissteuerschaltung |
| 2 | Regelschaltung |
| 3 | Schalter |
| 4 | Ladungspumpe |

- | | |
|-------------|-------------------------------------|
| D1..D6 | Dioden |
| $T_1..T_n$ | Als Dioden geschaltete Transistoren |
| T_R | Regeltransistor |
| OP1, OP2 | Operationsverstärker |
| 5 U_{out} | Ausgangsspannung |
| U_{REF} | Referenzspannung |
| U_{HV} | Hochspannung |
| U_2 | Steuerspannung |
| U_{T1} | Spannung über T1 |
| 10 I_{T1} | Strom durch T1 |

Patentansprüche

- 15 1. Schaltungsanordnung zur Spannungsregelung mit einem Spannungsteiler, der zwischen einem ersten Potential (U_{HV}) und einem Bezugspotential angeordnet ist und der eine Vielzahl in Reihe geschalteter Dioden ($T_1..T_n$) aufweist, wobei an einem Anschluß einer Diode eine Ausgangsspannung (U_{out}) abgreifbar ist, einer Regelschaltung (2), an der die Ausgangsspannung (U_{out}) und eine Referenzspannung (U_{REF}) anliegt zur Regelung des ersten Potentials (U_{HV}) aufgrund eines Vergleichs der Ausgangsspannung (U_{out}) mit der Referenzspannung (U_{REF}), wobei das Teilverhältnis durch das Aktivieren bzw. das Deaktivieren einer oder mehrerer Dioden ($T_1..T_n$) veränderbar ist,
dadurch gekennzeichnet, daß das Teilverhältnis zusätzlich durch Einstellung der Höhe des Spannungsabfalls bei zumindest einer der Dioden (T_2) veränderbar ist.
- 20 2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß die Dioden ($T_1..T_n$) durch als Diode geschaltete MOS-Transistoren gebildet sind.
- 25 3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß zum Abgriff der Ausgangsspannung (U_{out}) der zweite Anschluß einer ersten Diode (T_1) vorgesehen ist, deren erster Anschluß mit dem Bezugspotential (0) verbunden ist.
- 30 4. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß zur Einstellung des Spannungsabfalls über einer Diode (T_2) ein dieser parallel geschalteter Transistor (T_R) vorgesehen ist.
- 35 5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, daß einer mit der ersten Diode (T_1) verbundenen zweiten Diode (T_2) ein Transistor (T_R) parallel geschaltet ist zur Absenkung des Spannungsabfalls über der zweiten Diode (T_2).
- 40
- 45
- 50
- 55

6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Steuerschaltung zur Ansteuerung des Transistors (T_R), der einer Diode (T_2) parallel geschaltet ist, einen Operationsverstärker (OP1) umfaßt, durch den der Transistor derart ansteuerbar ist, daß einer der Anschlüsse der Diode (T_2) eine vorbestimmte Spannung (U_2) annimmt.
7. Verwendung einer Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 in einer integrierten Schaltung.

Claims

1. Circuit arrangement for voltage regulation having a voltage divider, which is arranged between a first potential (U_{HV}) and a reference potential and which has a multiplicity of diodes ($T_1..T_n$) connected in series, it being possible to tap off an output voltage (U_{out}) at a terminal of a diode, a regulating circuit (2), to which the output voltage (U_{out}) and a reference voltage (U_{REF}) are applied for the purpose of regulating the first potential (U_{HV}) on the basis of a comparison of the output voltage (U_{out}) with the reference voltage (U_{REF}), it being possible to alter the divider ratio by activating or deactivating one or more diodes ($T_1..T_n$), **characterized in that** the divider ratio can additionally be altered by setting the magnitude of the voltage drop in the case of at least one of the diodes (T_2).
2. Circuit arrangement according to Claim 1, **characterized in that** the diodes ($T_1..T_n$) are formed by MOS transistors connected as a diode.
3. Circuit arrangement according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the second terminal of a first diode (T_1), whose first terminal is connected to the reference potential (0), is provided for tapping off the output voltage (U_{out}).
4. Circuit arrangement according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that**, for setting the voltage drop across a diode (T_2), a transistor (T_R) connected in parallel with the latter is provided.
5. Circuit arrangement according to Claim 4, **characterized in that** a transistor (T_R) is connected in parallel with a second diode (T_2) which is connected to the first diode (T_1), for the purpose of lowering the voltage drop across the second diode (T_2).

6. Circuit arrangement according to Claim 4 or 5, **characterized in that** a control circuit for driving the transistor (T_R) connected in parallel with a diode (T_2) comprises an operational amplifier (OP1), by means of which the transistor can be driven in such a way that one of the terminals of the diode (T_2) assumes a predetermined voltage (U_2).
7. Use of a circuit arrangement according to one of Claims 1 to 6 in an integrated circuit.

Revendications

1. Montage de régulation de la tension, comprenant un diviseur de tension, qui est monté entre un premier potentiel (U_{BV}) et un potentiel de référence et qui a une pluralité de diodes ($T_1 .. T_n$) montées en série, une tension (U_{out}) de sortie pouvant être prélevée à une borne d'une diode, un circuit (2) de régulation auquel s'applique la tension (U_{out}) de sortie et une tension (U_{REF}) de référence pour la régulation du premier potentiel (U_{BV}) sur la base d'une comparaison de la tension (U_{out}) de sortie à la tension (U_{REF}) de référence, le rapport de division pouvant être modifié par l'activation ou la désactivation d'une ou de plusieurs diodes ($T_1 .. T_n$), **caractérisé en ce que** le rapport de division peut être modifié, en outre, en réglant le niveau de la chute de tension pour au moins l'une des diodes (T_2).
2. Montage suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** les diodes ($T_1 .. T_n$) sont formées par des transistors MOS montés en diode.
3. Montage suivant la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'il** est prévu, pour prélever la tension (U_{out}) de sortie, la deuxième borne d'une première diode (T_1) dont la première borne est reliée au potentiel (0) de référence.
4. Montage suivant l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'il** est prévu, pour régler la chute de tension aux bornes d'une diode (T_2), un transistor (T_R) monté en parallèle à celle-ci.
5. Montage suivant la revendication 4, **caractérisé en ce qu'il** est monté, en parallèle à une deuxième diode (T_2) reliée à la première diode (T_1), un transistor (T_R) pour abaisser la chute de tension aux bornes de la deuxième diode (T_2).
6. Montage suivant la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce qu'un** circuit de commande du transistor (T_R) qui est monté en parallèle à une diode (T_2) comprend un amplificateur (OP1) opérationnel par lequel le transistor peut être commandé, de ma-

nière à prendre à l'une des bornes de la diode (T_2)
une tension (U_2) déterminée à l'avance.

7. Utilisation d'un montage suivant l'une des revendications 1 à 6 dans un circuit intégré.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

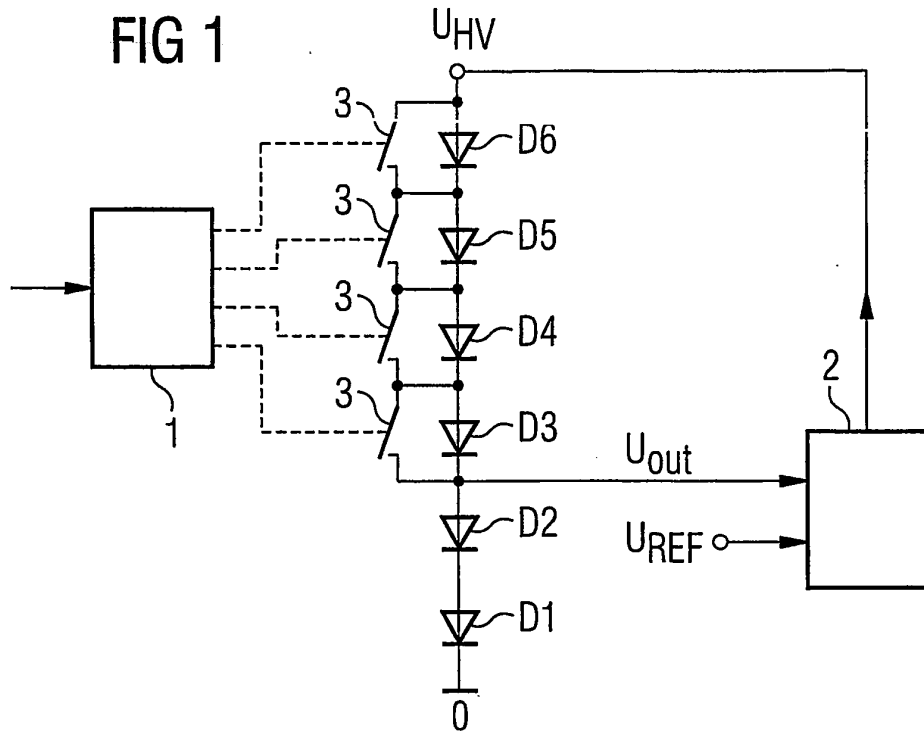


FIG 2

