



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 310 850 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
14.05.2003 Patentblatt 2003/20

(51) Int Cl.7: **G05F 1/575, G05F 1/565**

(21) Anmeldenummer: **02015758.2**

(22) Anmeldetag: **13.07.2002**

(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

(72) Erfinder: **Engl, Bernhard**
83714 Miesbach (DE)

(74) Vertreter: **Repkow, Ines, Dr. Dipl.-Ing. et al**
Jannig & Repkow
Patentanwälte
Klausenberg 20
86199 Augsburg (DE)

(30) Priorität: **16.07.2001 DE 10134450**

(71) Anmelder: **Infineon Technologies AG**
81669 München (DE)

(54) Umschaltbare Stromquelle

(57) Die beschriebene Stromquelle ist eine Stromquelle, die zwischen einem stromgesteuerten Modus und einem spannungsgesteuerten Modus umschaltbar

ist. Durch eine besondere Ansteuerung der Stromquelle wird erreicht, daß diese bei nur zwei Eingangsanschlüssen unter allen Umständen ordnungsgemäß und stabil arbeitet.

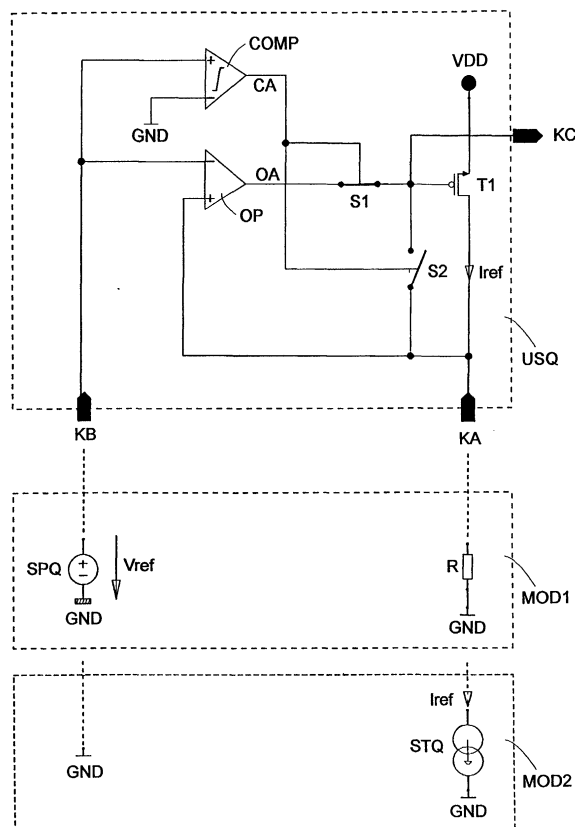


FIG 1

EP 1 310 850 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Stromquelle, die zwischen einem stromgesteuerten und einem spannungsgesteuerten Modus umschaltbar ist.

[0002] Solche Stromquellen finden eine Vielzahl von Anwendungen, beispielsweise im Zusammenhang mit Digital/Analog-Wandlern.

[0003] Im stromgesteuerten Modus wird der umschaltbaren Stromquelle ein Strom I_{ref} zugeführt, den diese über einen Stromspiegel an weitere Schaltungsteile auf einem integrierten Schaltkreis weitergibt. Im spannungsgesteuerten Modus wird der umschaltbaren Stromquelle eine Referenzspannung V_{ref} zugeführt, den diese über einen Widerstand R in einen Referenzstrom $I_{ref} = V_{ref} / R$ umsetzt, und auch dieser Strom wird über den Stromspiegel an die weiteren Schaltungsteile des integrierten Schaltkreises weitergegeben.

[0004] Diese beiden Modi werden besonders häufig bei Videobausteinen für den Consumermarkt gefordert, um Fernseherherstellern eine größere Flexibilität in der Grundeinstellung der Bildinformationsausgänge für die RGB-Signale zu geben.

[0005] Eine hierfür geeignete Schaltungsanordnung ist aus der US 4,814,688 bekannt. Die dort beschriebene Schaltungsanordnung weist jedoch den Nachteil auf, daß bei ihr im stromgesteuerten Modus ein Operationsverstärker nicht mehr gegengekoppelt ist, was Fluktuationen seines Ausgangs und dadurch Substratstörungen auslösen kann, die zu Bildstörungen führen können.

[0006] Dieser Nachteil wird durch die in der US 5,142,219 beschriebene Schaltungsanordnung beseitigt. Dies geschieht dadurch, der Operationsverstärker mit Hilfe eines Komparators und eine als "Power-Down"-Schaltung bezeichnete Schaltung im stromgesteuerten Modus abgeschaltet wird.

[0007] Ein wesentlicher Nachteil der aus der US 5,142,219 bekannten Schaltungsanordnung besteht, wie sich aus den Figuren 5 und 6 dieses Dokuments ergibt, in der Notwendigkeit, für den geforderten Funktionsumfang vier Gehäuseanschlüsse eines integrierten Schaltkreises vorsehen zu müssen. Dadurch wird die umschaltbare Stromquelle größer und teurer.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine zwischen einem stromgesteuerten Modus und einem spannungsgesteuerten Modus umschaltbare Stromquelle zu schaffen, die unter allen Umständen stabil arbeitet und mit einer minimalen Anzahl von Gehäuseanschlüssen auskommt.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die in Patentanspruch 1 beanspruchte Stromquelle gelöst.

[0010] Die erfindungsgemäße Stromquelle zeichnet sich dadurch aus, daß sie nur zwei Eingangsanschlüsse und einen Ausgangsanschluß aufweist,

- wobei der Ausgangsanschluß mit dem Gate- oder Basisanschluß eines Transistors verbunden ist,

- wobei die Stromquelle steuerbare Schalter aufweist, durch welche dafür gesorgt wird, daß der Transistor im spannungsgesteuerten Modus durch das Ausgangssignal eines Operationsverstärkers angesteuert wird, und im stromgesteuerten Modus durch die sich am Drainanschluß des Transistors einstellende Spannung angesteuert wird,
- wobei die Schalter abhängig vom Ausgangssignal eines Komparators gesteuert werden,
- wobei der erste Eingangsanschluß der Stromquelle mit dem Drainanschluß des Transistors und einem ersten Eingangsanschluß des Operationsverstärkers verbunden ist,
- wobei der zweite Eingangsanschluß der Stromquelle mit dem zweiten Eingangsanschluß des Operationsverstärkers und einem der Eingangsanschlüsse des Komparators verbunden ist, und
- wobei das im stromgesteuerten Modus an den zweiten Eingangsanschluß der Stromquelle anzulegende Potential sich sowohl von dem sich im spannungsgesteuerten Modus am zweiten Eingangsanschluß der Stromquelle einstellenden Potential als auch von dem sich im stromgesteuerten Modus am ersten Eingangsanschluß der Stromquelle einstellenden Potential deutlich unterscheidet.

[0011] Daß die Stromquelle mit nur zwei Eingangsanschlüssen und einem Ausgangsanschluß auskommt, wird insbesondere durch die besondere Wahl der an die Eingangsanschlüsse angelegten Spannungen bzw. eingepprägten Ströme bewirkt.

[0012] Dadurch, daß das im stromgesteuerten Modus an den zweiten Eingangsanschluß der Stromquelle angelegte Potential so gewählt ist, daß es sich von dem im spannungsgesteuerten Modus an diesen Eingangsanschluß angelegten Potential deutlich unterscheidet, kann die Schaltschwelle des Komparators auf einen Wert gelegt werden, durch welchen unter allen Umständen sichergestellt werden kann, daß die durch den Komparator gesteuerten Schalter so betätigt werden, daß die Stromquelle im stromgesteuerten Modus arbeitet, wenn sie im stromgesteuerten Modus arbeiten soll, und daß die Stromquelle im spannungsgesteuerten Modus arbeitet, wenn sie im spannungsgesteuerten Modus arbeiten soll.

[0013] Dadurch, daß das im stromgesteuerten Modus an den zweiten Eingangsanschluß der Stromquelle angelegte Potential so gewählt ist, daß es sich von dem im stromgesteuerten Modus am ersten Eingangsanschluß der Stromquelle anliegenden Potential deutlich unterscheidet, ergibt sich an den Eingangsanschlüssen des Operationsverstärkers eine große, genauer gesagt eine den Operationsverstärker übersteuernde Spannungsdifferenz, wodurch der Operationsverstärker immer das maximale Ausgangssignal ausgibt, und das Ausgangssignal mithin keinen oder allenfalls vernachlässigbar geringen Schwankungen (Fluktuationen) un-

terworfen ist.

[0014] Dadurch ergibt sich, obgleich die Stromquelle nur zwei Eingangsanschlüsse aufweist, einerseits eine gegen Störungen robuste, sichere Umschaltung, und andererseits ein unter allen Umständen stabiler Ausgangsstrom.

[0015] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen, der folgenden Beschreibung, und den Figuren entnehmbar.

[0016] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 den prinzipiellen Aufbau der im folgenden beschriebenen Stromquelle, und

Figur 2 eine Möglichkeit der praktischen Realisierung der in der Figur 1 gezeigten Stromquelle.

[0017] Die im folgenden beschriebene umschaltbare Stromquelle ist Bestandteil einer integrierten Schaltung. Es dürfte jedoch einleuchten, daß die Stromquelle auch auf beliebige andere Art und Weise realisierbar ist.

[0018] Die umschaltbare Stromquelle ist in den Figuren mit dem Bezugszeichen USQ bezeichnet. Sie enthält einen Operationsverstärker OP, einen Komparator COMP, gesteuerte Schalter S1 und S2, und mindestens einen Transistor T1. Sie weist drei Anschlußklemmen KA, KB und KC auf, wobei die Klemmen KA und KB einen ersten und einen zweiten Eingangsanschluß darstellen, und wobei die Klemme KC einen Ausgangsanschluß darstellt.

[0019] Von den Ein- und Ausgangsanschlüssen KA bis KC sind

- der Ausgangsanschluß KC mit dem Gate- oder Basisanschluß des Transistors T1 verbunden,
- der erste Eingangsanschluß KA mit dem Drainanschluß des Transistors T1 und einem ersten Eingangsanschluß + des Operationsverstärkers OP verbunden, und
- der zweite Eingangsanschluß KB der Stromquelle mit dem zweiten Eingangsanschluß - des Operationsverstärkers OP und einem der Eingangsanschlüsse des Komparators COMP verbunden.

[0020] Der Transistor T1 ist so angeordnet, daß dieser im Zusammenwirken mit einem an den Ausgangsanschluß KC angeschlossenen weiteren Transistor einen Stromspiegel bildet, durch welchen bewirkt wird, daß der den Transistor T1 durchfließende Strom in den an den Ausgangsanschluß KC angeschlossenen weiteren Transistor gespiegelt wird.

[0021] Im betrachteten Beispiel ist der Transistor T1 ein P-Kanal-MOSFET, dessen Sourceanschluß mit dem positiven Pol VDD der Versorgungsspannung verbunden ist. Es kann jedoch auch ein PNP-Bipolartransistor

an seine Stelle treten, abhängig von der für die Realisierung der integrierten Schaltung benutzten Prozeßtechnologie.

[0022] Durch Vertauschen der Versorgungsspannungsanschlüsse VDD, GND ergibt sich eine komplementäre Schaltung, bei der der Transistor T1 durch einen N-Kanal-MOSFET oder ein NPN-Bipolartransistor realisiert werden kann.

[0023] Durch die steuerbaren Schalter S1 und S2 wird dafür gesorgt, daß der Transistor T1 im spannungsgesteuerten Modus durch das Ausgangssignal OA des Operationsverstärkers OP angesteuert wird, und im stromgesteuerten Modus durch die sich am Drainanschluß des Transistors T1 einstellende Spannung angesteuert wird. Die Schalter S1 und S2 selbst werden abhängig vom Ausgangssignal CA des Komparators COMP gesteuert.

[0024] Im Block MOD1 ist die äußere Beschaltung der Klemmen KA und KB der umschaltbaren Stromquelle USQ für den spannungsgesteuerten Modus dargestellt:

[0025] Demnach wird im spannungsgesteuerten Modus

- an die Klemme KA ein Widerstand R angeschlossen, und
- an die Klemme KB eine aus einer Spannungsquelle SPQ stammende Referenzspannung V_{ref} angelegt.

[0026] Die Referenzspannung V_{ref} ist so gewählt, daß der Ausgang CA des Komparators COMP einen Zustand einnimmt, in dem der gesteuerte Schalter S1 geschlossen ist und der gesteuerte Schalter S2 offen ist; die Referenzspannung V_{ref} muß im betrachteten Beispiel hierfür oberhalb der Schaltschwelle des Komparators COMP liegen. Durch den geschlossenen Schalter S1 und den offenen Schalter S2 wird der Operationsverstärker OP derart gegengekoppelt, daß sich am Widerstand R eine Spannung einstellt, die im Idealfall der Spannung an Klemme KB gegen das Bezugspotential GND entspricht. Die Klemme KC wird hierbei durch den aus dem Operationsverstärker OP und den Transistor T1 bestehenden Regelkreis auf ein Potential gebracht, bei dem der Transistor T1 einen Referenzstrom $I_{ref} = V_{ref} / R$ erzeugt. Durch Anschluß der Gates bzw. der Basis weiterer Transistoren an die Klemme KC kann ein Stromspiegel gebildet werden, mit dem sich der Referenzstrom auf weitere Teile innerhalb der integrierten Schaltung verteilen läßt.

[0027] Im Block MOD2 ist die äußere Beschaltung der Klemmen KA und KB der umschaltbaren Stromquelle USQ für den stromgesteuerten Modus dargestellt:

[0028] Demnach wird im stromgesteuerten Modus

- der Klemme KA ein aus einer Stromquelle STQ stammender Referenzstrom I_{ref} zugeführt, und

- die Klemme KB auf ein Potential gelegt, bei dem der Komparator COMP an seinem Ausgang CA einen Zustand einnimmt, bei dem der gesteuerte Schalter S1 offen ist, und der gesteuerte Schalter S2 geschlossen ist.

[0029] Dadurch, daß der Schalter S1 im stromgesteuerten Modus geöffnet ist, hat der Operationsverstärker OP keinen Einfluß auf die sich an der Klemme KC einstellenden Verhältnisse; diese werden ausschließlich von dem der Klemme KA zugeführten Referenzstrom Iref bestimmt.

[0030] Vorzugsweise ist das im stromgesteuerten Modus an die Klemme KB angelegte Potential so gewählt, daß es sich

- sowohl von dem im spannungsgesteuerten Modus an die Klemme KB angelegten Potential (dem Referenzpotential Vref)
- als auch von dem im stromgesteuerten Modus an der Klemme KA anliegenden Potential

deutlich unterscheidet.

[0031] Dadurch, daß das im stromgesteuerten Modus an die Klemme KB angelegte Potential so gewählt ist, daß es sich von dem im spannungsgesteuerten Modus an die Klemme KB angelegten Potential (dem Referenzpotential Vref) deutlich unterscheidet, kann die Schaltschwelle des die Stellung der Schalter S1 und S2 bestimmenden Komparators COMP auf einen Wert gelegt werden, durch welchen unter allen Umständen sichergestellt werden kann,

- daß im spannungsgesteuerten Modus der Schalter S1 geschlossen ist, und der Schalter S2 geöffnet ist, und
- daß im stromgesteuerten Modus der Schalter S1 geöffnet ist, und der Schalter S2 geschlossen ist.

[0032] Dadurch kann ausgeschlossen werden, daß die Stromquelle im stromgesteuerten Modus arbeitet, wenn sie im spannungsgesteuerten Modus arbeiten soll, und/oder daß die Stromquelle im spannungsgesteuerten Modus arbeitet, wenn sie im stromgesteuerten Modus arbeiten soll.

[0033] Dadurch, daß das im stromgesteuerten Modus an die Klemme KB angelegte Potential so gewählt ist, daß es sich von dem im stromgesteuerten Modus an der Klemme KA anliegenden Potential deutlich unterscheidet, ergibt sich an den Eingangsanschlüssen des Operationsverstärkers OP eine große, genauer gesagt eine den Operationsverstärker übersteuernde Spannungsdifferenz, wodurch der Operationsverstärker OP immer das maximale Ausgangssignal ausgibt, und das Ausgangssignal mithin keinen oder allenfalls vernachlässigbar geringen Schwankungen (Fluktuationen) unterwor-

fen ist.

[0034] Die verschiedenen Anforderungen an die Größenverhältnisse der an die Klemmen KA und KB angelegten Spannungen werden im betrachteten Beispiel dadurch erfüllt, daß die Klemme KB im stromgesteuerten Modus mit dem negativen Pol GND der Versorgungsspannung verbunden wird.

[0035] Dadurch ergibt sich einerseits eine gegen Störungen robuste, sichere Umschaltung, und andererseits ein unter allen Umständen stabiler Ausgangsstrom.

[0036] Vorzugsweise wird ein Komparator COMP verwendet, dessen innere Schaltschwelle in der Nähe des im stromgesteuerten Modus an die Klemme KB angelegten Potentials, im betrachteten Beispiel also beispielsweise einige 100 mV überhalb GND liegt. Ein solcher Komparator wird durch das im stromgesteuerten Modus an die Klemme KB angelegte Potential (GND) in den Zustand versetzt, den er innehaben muß, damit er (durch eine entsprechende Ansteuerung der Schalter S1 und S2) die Stromquelle in den stromgesteuerten Modus versetzt, und andererseits durch das im spannungsgesteuerten Modus an die Klemme KB angelegte Potential (Vref) in den Zustand versetzt, den er innehaben muß, damit er (durch eine entsprechende Ansteuerung der Schalter S1 und S2) die Stromquelle in den spannungsgesteuerten Modus versetzt. Letzteres ist weitestgehend unabhängig von der gewählten Referenzspannung Vref der Fall; diese darf nur nicht zwischen GND und der Schaltschwelle des Komparators COMP liegen, was sich aber in der Praxis problemlos vermeiden läßt, da der von der Stromquelle erzeugte Strom ja nicht alleine von der Referenzspannung Vref, sondern in gleichem Maße vom dem an der Klemme KA angeschlossenen Widerstand R abhängt.

[0037] Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, daß im komplementären Fall im stromgesteuerten Modus die Klemme KB mit dem positiven Versorgungspotential VDD verbunden werden würde, und ein Komparator COMP verwendet werden würde, dessen Schaltschwelle einige 100mV unterhalb von VDD liegt.

[0038] Die verwendeten kleinen Schaltschwellen können in Komparatorschaltungen durch eine absichtlich eingebaute Unsymmetrie erzielt werden, aber auch die Verwendung von Transistorschaltschwellen ist denkbar, was den Schaltungsaufwand für den Komparator senkt (dies wird später unter Bezugnahme auf die Figur 2 näher erläutert).

[0039] Wenn die Klemme KB mit GND verbunden ist, dann liegt das an die Klemme KB angelegte Potential in jedem Fall weit unterhalb des Potentials an Klemme KA, welches aufgrund des im stromgesteuerten Modus geschlossenen steuerbaren Schalters S2 identisch mit dem Potential an Klemme KC ist. Dieses ergibt sich aus dem höheren Versorgungspotential VDD minus der Gate-Sourcespannung bzw. der Basis-Emitter-Spannung des Transistors T1 und liegt in jedem Fall deutlich über dem Versorgungspotential GND. Hierdurch liegt der mit Plus bezeichnete Eingang des Operationsverstärkers

OP an einem sehr viel höheren Potential als sein mit Minus bezeichneter Eingang und der Ausgang eines geeigneten Operationsverstärkers liegt dann zuverlässig auf einem stabilen Maximalwert und bewegt sich nicht. Die Gefahr einer Fluktuation dieses Ausgangs ist damit gebannt, ohne die in der eingangs bereits erwähnten US 5,142,219 vorgeschlagene "Power-Down"-Schaltung verwenden zu müssen. Die vorstehend unter Bezugnahme auf Figur 1 beschriebene Stromquelle weist weniger Elemente auf als die in der US 5,142,219 beschriebene Stromquelle, und benötigt zudem höchstens zwei Gehäuseanschlüsse als Eingangsanschlüsse.

[0040] Es ist auch denkbar, die Umschaltung innerhalb einer integrierten Schaltung erfolgen zu lassen, z. B. durch den Anschluß von weiteren steuerbaren Schaltern an den Klemmen KA und KB der Stromquellenschaltung USQ, sowie durch Integration der Referenzspannungsquelle SPQ und/oder der Referenzstromquelle STQ und/oder des Widerstandes R auf demselben Halbleiterkörper, wobei dann die weiteren steuerbaren Schalter beispielsweise durch ein digitales Konfigurationsregister des integrierten Schaltkreises angesteuert werden. Die hier beschriebene Stromquellenschaltung stellt somit einen flexiblen Funktionsblock dar, der vielseitig verwendbar ist.

[0041] Figur 2 zeigt beispielhaft eine praktische Realisierung der Schaltung gemäß Figur 1 in einem CMOS-Prozeß. Auch für dieses Beispiel gilt, daß durch Vertauschen der Versorgungsspannungsklemmen VDD, GND und von n-Kanal-MOSFETs durch p-Kanal-MOSFETs eine komplementäre Schaltung abgeleitet werden kann.

[0042] Der Operationsverstärker OP wird durch Transistoren T2 bis T6 realisiert, und der Komparator COMP durch Transistoren T7 und T8, welche wie in der Figur 2 gezeigt verschaltet sind.

[0043] Am Ausgangsanschluß CA des Komparators COMP ist ein durch Transistoren T9 und T10 gebildeter Inverter INV angeschlossen; durch diesen Inverter INV wird aus dem aus dem Komparator ausgegebenen Signal ein komplementäres Signal CA\ gebildet.

[0044] Die steuerbaren Schalter S1 und S2 werden durch p-Kanal-MOS-FETs realisiert, deren Gateanschlüsse mit den Signalen CA (Schalter S1) bzw. CA\ (Schalter S2) verbunden sind.

[0045] Zwischen dem Plus-Eingangsanschluß + des Operationsverstärkers OP und dem Ausgangsanschluß OA des Operationsverstärkers OP sind ein Widerstand Rc und ein dazu in Serie geschalteter Kondensator Cc angeordnet. Diese Elemente dienen zur Kompensation des Frequenzganges des Regelkreises, der entsteht, wenn der Schalter S1 geschlossen und der Schalter S2 offen ist, also im spannungsgesteuerten Modus der Stromquelle.

[0046] Die Funktionsweise der Schaltung entspricht dem unter Bezugnahme auf die Figur 1 erläuterten Grundprinzip. Es wird im folgenden daher nur auf die Besonderheiten eingegangen, die in der Modusum-

schaltung und dem Komparator zu finden sind.

[0047] Bei dem Komparator COMP handelt es sich um eine Einfachschaltung, da auf hohe Genauigkeit der Schaltschwelle kein Wert gelegt wird. Die Schaltschwelle ist im wesentlichen durch die Schwellspannung des Transistors T7 und seiner Prozeßverstärkung gegeben, sowie durch einen Strom Ic, der ihm über den Transistor T8 zugeführt wird. Dessen Gateanschluß G8 ist hierzu mit einem geeigneten Potential Vbp verbunden, so daß der Transistor T8 einen definierten Drainstrom Ic liefert.

[0048] Im stromgesteuerten Modus liegt eine äußere Beschaltung der Klemmen KA, KB gemäß dem Block MOD2 vor. D.h., an der Klemme KB liegt ein Potential an, welches unterhalb der Schwellspannung des Transistors T7 liegt, im Beispiel GND. Dadurch sperrt der Transistor T7, und der Strom Ic aus dem Transistor T8 bringt den Ausgang CA des Komparators COMP auf das Potential VDD, wodurch Schalter S1 offen ist. Der Ausgang CA\ des Inverters INV geht auf GND, wodurch der Schalter S2 geschlossen ist. Die Schaltung ist damit in den stromgesteuerten Modus versetzt. Wird nun an die Klemme KA eine Stromquelle STQ angeschlossen, die dort einen Strom Iref herauszieht, stellt sich an Klemme KC ein Potential ein, das in einem daran mit seinem Gate angeschlossenen Transistor T11 einen gespiegelten Strom Iref' hervorbringt. Es kann eine Vielzahl solcher Transistoren innerhalb eines solchen Stromspiegels vorhanden sein, um den Strom Iref' zu vervielfältigen und weiteren Schaltungen zuzuführen.

[0049] Wenn der Transistor T7 sperrt, sperrt auch der Transistor T3 der Differenzstufe T3/T4 des Operationsverstärkers. Folglich fließt der der Differenzstufe über die Fußstromquelle T2 zugeführter Biasstrom Ib, der von einem Potential Vbn am Gateanschluß G2 des Transistors T2 abhängig ist, vollständig über den Transistor T4 auf den Stromspiegel T5, T6. Da der Transistor T3 sperrt, stellt sich am Ausgang OA des Operationsverstärkers ein Potential VDD ein. Fluktuationen dieses Ausgangs aufgrund der ausgeschalteten Gegenkopplung sind somit ausgeschlossen.

[0050] Im spannungsgesteuerten Modus liegt eine äußere Beschaltung der Klemmen KA, KB gemäß dem Block MOD1 vor. An der Klemme KB liegt ein Potential Vref an, das genügend weit überhalb der Schwellspannung von T7 liegt, typischerweise 1.23 V aus einer Bandabstandreferenz oder höher, so daß T7 einen Drainstrom ziehen könnte, der größer ist als der aus T8 stammende Strom Ic. Da der Strom Ic durch Auslegung der Schaltung und der Wahl des Gatepotentials Vbp kleiner ist als der mögliche Drainstrom von T7, zieht dieser den Ausgang CA des Komparators auf Potential GND herunter, wodurch Schalter S1 geschlossen wird. Der Ausgang CA\ des Inverters INV geht auf VDD, wodurch Schalter S2 geöffnet wird. Die Schaltung ist damit in den spannungsgesteuerten Modus versetzt. Wird nun an Klemme KA ein Widerstand R gegen GND geschaltet, überträgt der nun gegengekoppelte Operationsverstärker durch Steuerung des Gateanschlusses von T1

über den Schalter S1 das Potential V_{ref} an den Widerstand R, wozu in T1 der Strom $I_{ref} = V_{ref} / R$ fließen muß. Ein an der Klemme KC angeschlossener Transistor T11 liefert somit ebenso einen Referenzstrom $I_{ref} = V_{ref} / R$. Die Genauigkeit von I_{ref} hängt im wesentlichen von der Offsetspannung des Operationsverstärkers ab, weshalb die Referenzspannung V_{ref} vorzugsweise so gewählt werden sollte, daß diese betragsmäßig wesentlich größer ist als die Offsetspannung. Bei der hier gewählten Realisierung kann V_{ref} durch die eingebaute Schwellspannung des Komparators niemals zu klein gewählt werden, so daß eine praxistypische Offsetspannung von einigen 10 mV nicht so sehr ins Gewicht fällt. Es hätte keinen Zweck, einen größeren Aufwand zu treiben, etwa einen aufwendigeren Operationsverstärker zu verwenden, da in beiden Betriebsmodi der durch statistische Streuungen der an KC angeschlossenen Transistoren eines Ausgangsstromspiegels entstehende Mismatchfehler die dominante Ursache für Abweichungen von I_{ref} vom Idealwert ist.

[0051] Im spannungsgesteuerten Modus bildet T1 zusammen mit dem an Klemme KA angeschlossenen Widerstand R eine Verstärkerstufe, die abhängig von der Steilheit G_m des Transistors T1 und dem Wert von R einen relativ weiten Wertebereich des Verstärkungsfaktors $F = G_m \cdot R$ ergeben kann. Die Serienschaltung aus dem Widerstand R_c und dem Kondensator C_c bewirkt eine Millerkompensation des gesamten Regelkreises und ist bei sachgemäßer Dimensionierung in der Lage, seine Stabilität für jeden in der Praxis vorkommenden Wert des Verstärkungsfaktors F zu garantieren. Diese Dimensionierung ist aus der Theorie des sogenannten millerkompensierten Operationsverstärker als bekannt vorauszusetzen. Das dynamische Verhalten der Schaltung ist dabei im wesentlichen von der Steilheit der Transistoren T3, T4 im Operationsverstärker sowie vom Wert des Kondensators C_c und des Fußstromes I_b abhängig, und nicht vom Verstärkungsfaktor F .

[0052] Durch Skalierung des durch die Transistoren T1 und T11 gebildeten Stromspiegels, zum Beispiel durch Änderung der Weite dieser Transistoren, kann auch ein Vielfaches des Referenzstroms, oder ein Bruchteil davon erhalten werden.

[0053] Für die Erzeugung der Gatepotentiale V_{bn} und V_{bp} eignen sich eine Vielzahl von Biasschaltungen, wie z.B. die Biasschaltung aus Wai-Kai Chen: "The Circuit and Filters Handbook", CRC Press 1995, Figur 57.56, Seite 1686.

[0054] Die Gatepotentiale V_{bn} und V_{bp} können direkt an den Gates der entsprechenden p-Kanal und n-Kanal-Stromspiegel dieser Biasschaltung abgenommen werden.

[0055] Für höhere Anforderungen an die Genauigkeit und eine bessere Unterdrückung von Versorgungsstörungen können die Stromquellen in der beispielhaften Schaltung der Figur 2 zusätzlich mit Kaskodetransistoren versehen werden. Es ist ohne weiteres möglich, Funktionsblöcke wie COMP und OP aufwendiger aus-

zuführen, ohne von der Grundidee der Erfindung gemäß Figur 1 abzuweichen.

[0056] Die beschriebene Stromquelle arbeitet unabhängig von den Einzelheiten der praktischen Realisierung unter allen Umständen stabil und kommt dabei mit nur zwei Eingangsanschlüssen aus.

Bezugszeichenliste

10	[0057]	
	CA	Ausgang des Komparators COMP
	CA\	invertierter Ausgang des Komparators COMP
15	Cc	Kondensator zur Kompensation des Frequenzganges
	COMP	Komparator
	GND	Bezugspotential, niedrigstes Versorgungspotential
20	G2	Gateanschluß von T2
	G8	Gateanschluß von T8
	Ib	T2 durchfließender Strom
	Ic	T8 durchfließender Strom
	INV	Inverter
25	KA	erster Eingangsanschluß von USQ
	KB	zweiter Eingangsanschluß von USQ
	KC	Ausgangsanschluß von USQ
	MOD1	äußere Beschaltung der Klemmen KA und KB, durch welche USQ in den spannungsgesteuerten Modus versetzt wird
30	MOD2	äußere Beschaltung der Klemmen KA und KB, durch welche USQ in den stromgesteuerten Modus versetzt wird
	OA	Ausgang des Operationsverstärkers OP
35	OP	Operationsverstärker
	R	Widerstand zur Bildung eines Referenzstromes $I_{ref} = V_{ref} / R$
	Rc	Widerstand zur Kompensation des Frequenzganges
40	SPQ	Spannungsquelle, die eine Referenzspannung V_{ref} liefert
	STQ	Stromquelle, die einen Referenzstrom I_{ref} liefert
	S1, S2	steuerbare Schalter
45	T1	Transistor, in dem der ursprüngliche Referenzstrom fließt
	T2 - T6	den Operationsverstärker OP bildende Transistoren
	T7, T8	den Komparator COMP bildende Transistoren
50	T9, T10	den Inverter INV bildende Transistoren
	T11	Transistor, durch dessen Anschluß an KC der Referenzstrom gespiegelt bzw. vervielfacht werden kann
55	USQ	umschaltbare Stromquelle
	Vbn, Vbp	Potentiale zur Einstellung von Arbeitspunkten der Schaltung
	VDD	höchstes Versorgungspotential

+, - positiver und negativer Eingang des Operationsverstärkers

durch welchen die Schalter (S1, S2) in die Stellung gebracht werden, die sie im stromgesteuerten Modus einnehmen müssen,

Patentansprüche

1. Stromquelle (USQ), die zwischen einem stromgesteuerten Modus und einem spannungsgesteuerten Modus umschaltbar ist, mit zwei Eingangsanschlüssen (KA, KB) und einem Ausgangsanschluß (KC),

- wobei der Ausgangsanschluß (KC) mit dem Gate- oder Basisanschluß eines Transistors (T1) verbunden ist,
- wobei die Stromquelle steuerbare Schalter (S1, S2) aufweist, durch welche dafür gesorgt wird, daß der Transistor (T1) im spannungsgesteuerten Modus durch das Ausgangssignal (OA) eines Operationsverstärkers (OP) angesteuert wird, und im stromgesteuerten Modus durch die sich am Drainanschluß des Transistors (T1) einstellende Spannung angesteuert wird,
- wobei die Schalter (S1, S2) abhängig vom Ausgangssignal (CA) eines Komparators (COMP) gesteuert werden,
- wobei der erste Eingangsanschluß (KA) der Stromquelle mit dem Drainanschluß des Transistors (T1) und einem ersten Eingangsanschluß (+) des Operationsverstärkers (OP) verbunden ist,
- wobei der zweite Eingangsanschluß (KB) der Stromquelle mit dem zweiten Eingangsanschluß (-) des Operationsverstärkers (OP) und einem der Eingangsanschlüsse des Komparators (COMP) verbunden ist, und
- wobei das im stromgesteuerten Modus an den zweiten Eingangsanschluß (KB) der Stromquelle anzulegende Potential sich sowohl von dem sich im spannungsgesteuerten Modus am zweiten Eingangsanschluß (KB) der Stromquelle einstellenden Potential als auch von dem sich im stromgesteuerten Modus am ersten Eingangsanschluß (KA) der Stromquelle einstellenden Potential deutlich unterscheidet.

2. Stromquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** dann, wenn die Stromquelle im stromgesteuerten Modus betrieben werden soll,

- dem ersten Eingangsanschluß (KA) der Stromquelle ein Referenzstrom (I_{ref}) zugeführt wird, und
- der zweite Eingangsanschluß (KB) der Stromquelle auf ein Potential gelegt wird, durch welches das Ausgangssignal (CA) des Komparators (COMP) auf einen Wert gebracht wird,

3. Stromquelle nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,**

daß dann, wenn die Stromquelle im spannungsgesteuerten Modus betrieben werden soll,

- der erste Eingangsanschluß (KA) der Stromquelle über einen Widerstand (R) mit einem Bezugspotential (GND) verbunden wird, und
- an den zweiten Eingangsanschluß (KB) der Stromquelle eine Referenzspannung (V_{ref}) angelegt wird.

4. Stromquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

daß das im stromgesteuerten Modus an den zweiten Eingangsanschluß (KB) der Stromquelle angelegte Potential so gewählt ist, daß die Schwellenspannung des Komparators (COMP) zwischen diesem Potential und dem sich im spannungsgesteuerten Modus am zweiten Eingangsanschluß (KB) der Stromquelle einstellenden Potential liegt.

5. Stromquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

daß die Schwellenspannung des Komparators (COMP) so gewählt ist, daß sie in der Nähe des Potentials liegt, das im stromgesteuerten Modus an den zweiten Eingangsanschluß (KB) der Stromquelle anzulegen ist.

6. Stromquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

daß die Schwellenspannung des Komparators (COMP) so gewählt ist, daß sie in der Nähe des Potentials eines der Pole der Versorgungsspannung liegt.

7. Stromquelle nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet,**

daß die Schwellenspannung des Komparators (COMP) so gewählt ist, daß sie näher am Potential des einen Pols der Versorgungsspannung als am Potential des anderen Pols der Versorgungsspannung liegt.

8. Stromquelle nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet,**

daß die Schwellenspannung des Komparators (COMP) so gewählt ist, daß sie 100 bis 1500 mV über dem Potential des niedrigeren Potentials aufweisenden Pols der Versorgungsspannung

liegt.

9. Stromquelle nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Schwellenspannung des Komparators (COMP) so gewählt ist, daß sie 100 bis 1500 mV unter dem Potential des das höhere Potential aufweisenden Pols der Versorgungsspannung liegt. 5
10. Stromquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß das im stromgesteuerten Modus an den zweiten Eingangsanschluß (KB) der Stromquelle anzulegende Potential, und das sich im stromgesteuerten Modus am ersten Eingangsanschluß (KA) der Stromquelle einstellende Potential so gewählt sind, daß die Differenz zwischen diesen Potentialen so groß ist, daß der Operationsverstärker (OP) übersteuert wird. 10 15 20

25

30

35

40

45

50

55

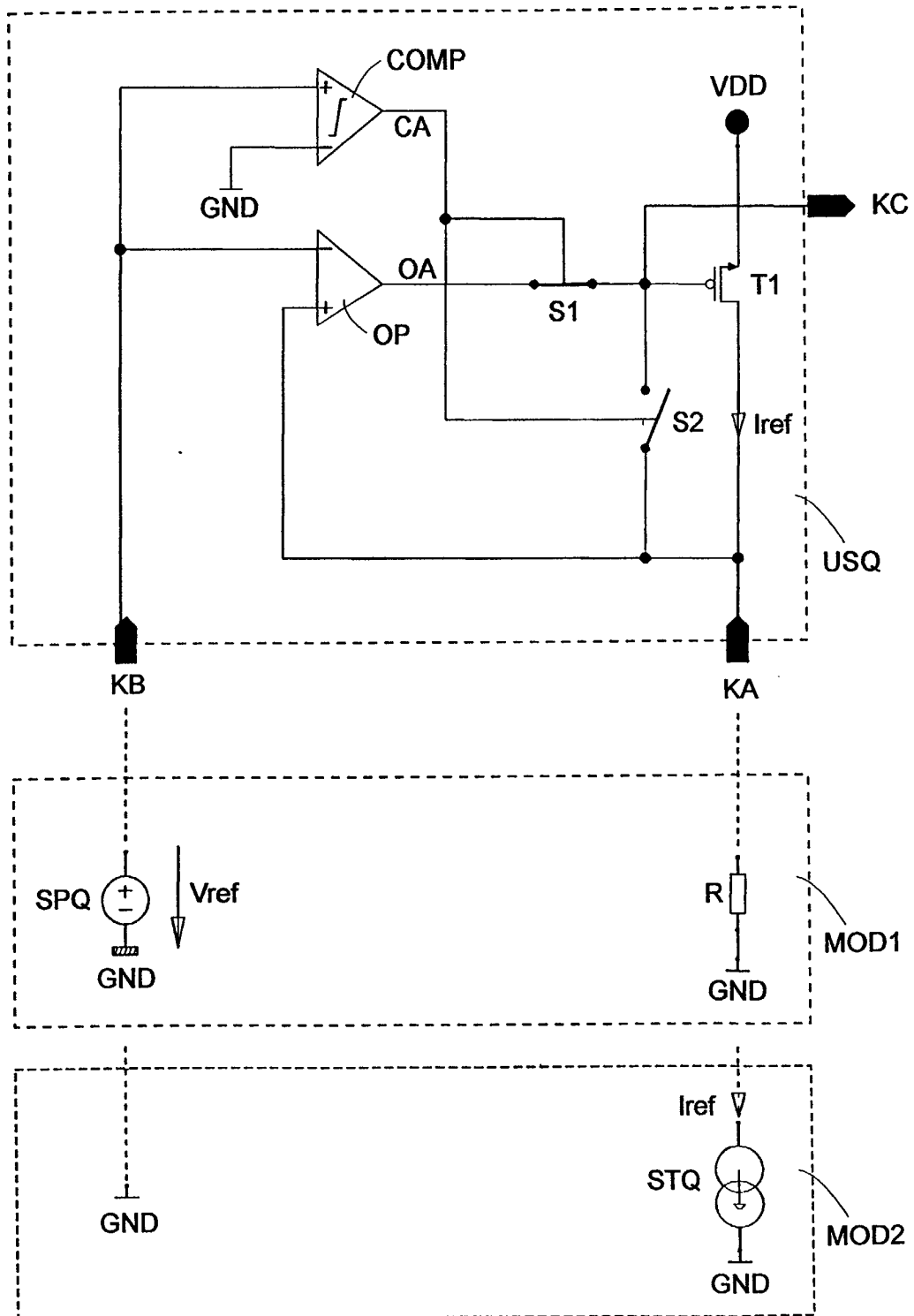


FIG 1

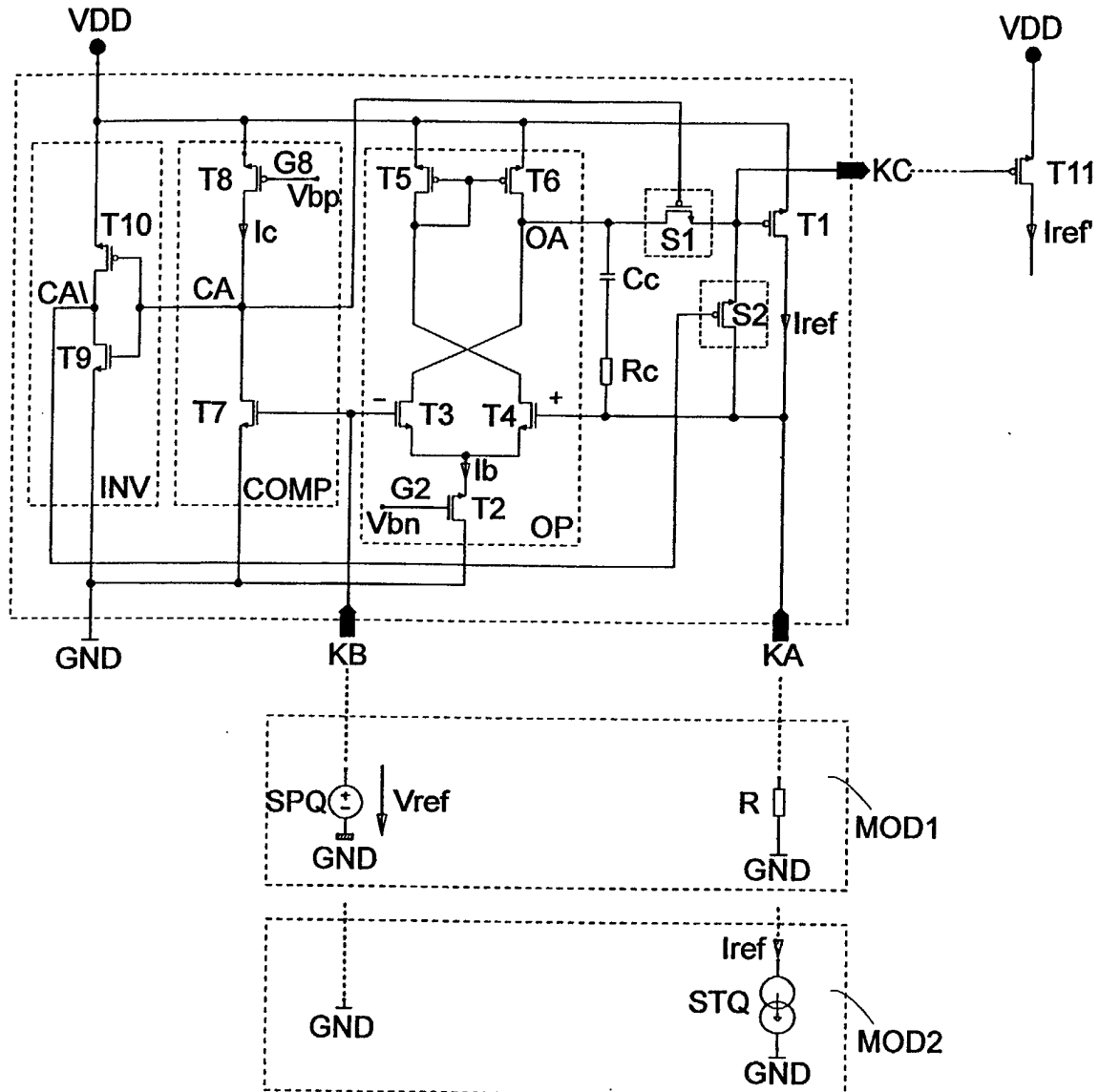


FIG 2