

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 608 694 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **94100236.2**

(51) Int. Cl.⁵: **G05F 3/22**

(22) Anmeldetag: **10.01.94**

(30) Priorität: **27.01.93 DE 4302221**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.08.94 Patentblatt 94/31

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
D-80333 München(DE)

(72) Erfinder: **Thomas, Volker, Dipl.-Ing.**
Georgenstrasse 124
D-80798 München(DE)

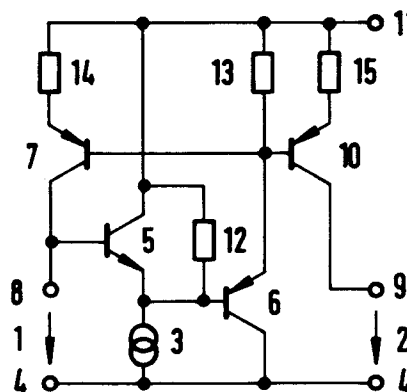
(54) **Integrierbare Stromquellenschaltung.**

(57) Integrierbare Stromquellenschaltung zur Erzeugung eines zu einem Eingangsstrom (1) proportionalen Ausgangsstromes (2), bei der eine Stromquelle (3) einerseits an ein Bezugspotential (4) und andererseits an den Emitter eines ersten Transistors (5) des einen Leitungstyps sowie an die Basis eines kollektorseitig an dem Bezugspotential (4) liegenden zweiten Transistors (6) des anderen Leitungstyps angeschlossen ist,

die Basis des ersten Transistors (5) mit dem Kollektor eines dritten Transistors (7) des anderen Leitungstyps sowie mit einem Eingangsanschluß (8) zur Einspeisung des Eingangsstromes (1) verbunden ist, der Emitter des zweiten Transistors (6) mit der Basis des dritten Transistors (7) sowie mit der Basis eines kollektorseitig mit einem Ausgangsanschluß (9) zur Abnahme des Ausgangsstromes (2) verbundenen vierten Transistors (10) des anderen Leitungstyps gekoppelt ist,

der Kollektor des ersten Transistors (5) sowie die Emitter von drittem und viertem Transistor (7, 10) an ein Versorgungspotential (11) angeschlossen sind und die Stromverstärkung des ersten Transistors (5) größer ist als die Stromverstärkungen von zweitem, drittem und viertem Transistor (6, 7, 10).

FIG 1



EP 0 608 694 A2

Die Erfindung betrifft eine integrierbare Stromquellenschaltung zur Erzeugung eines zu einem Eingangsstrom proportionalen Ausgangsstromes.

Derartige Stromquellenschaltungen bestehen üblicherweise aus Stromspiegeln, wie sie beispielsweise aus Paul R. Gray, Analysis and design of analog integrated circuits, John Wiley and Sons, 1984, Seiten 234 bis 239 bekannt sind. Bei der einfachsten Form dieser Stromspiegel wird eine Diode oder ein zu einer Diode verschalteter Eingangstransistor in Durchlaßrichtung mit einem Eingangsstrom angesteuert und mit der über der Diode abfallenden Spannung ein Ausgangstransistor angesteuert, durch den ein zu dem Eingangsstrom proportionaler Ausgangsstrom eingeprägt wird. Verbesserungen dieses einfachen Schaltungsprinzips sehen vor, in die Emitterleitung des Ausgangstransistors einen Widerstand zu schalten oder die Diode durch eine Anordnung aus zwei Transistoren zu ersetzen, wobei der Eingangsstrom über die Kollektor-Emitter-Strecke eines der beiden Transistoren geführt wird und Kollektor und Basis des einen Transistors mit Basis bzw. Emitter des kollektorseitig an ein Versorgungspotential angeschlossenen anderen Transistors verbunden sind. Die Spannung zur Ansteuerung des Ausgangstransistors wird dabei zwischen Emitter und Basis des einen Transistors abgenommen.

Mit obengenannten Stromspiegeln werden in integrierten Schaltkreisen bei Einsatz von npn-Transistoren zufriedenstellende Ergebnisse erzielt, da die verwendeten npn-Transistoren üblicherweise eine hohe Stromverstärkung mit einer untereinander geringen Streuung aufweisen, wodurch Abweichungen zwischen Ausgangs- und Eingangsstrom gering gehalten werden. Dagegen finden bei Stromquellen pnp-Transistoren Verwendung, deren Stromverstärkung wesentlich geringer ist und deren Streuung hinsichtlich der Stromverstärkung untereinander wesentlich höher ist als bei npn-Transistoren. Dadurch wird eine wesentlich größere Differenz zwischen Eingangs- und Ausgangsstrom hervorgerufen, so daß die Genauigkeit dabei insgesamt wesentlich geringer ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine integrierbare Stromquellenschaltung mit höherer Genauigkeit auch bei Verwendung von Transistoren mit geringer Stromverstärkung und großer Streuung der Stromverstärker untereinander bereitzustellen.

Die Aufgabe wird bei einer Stromquellenschaltung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß eine Konstantstromquelle einerseits an ein Bezugspotential und andererseits an den Emitter eines ersten Transistors des einen Leitungstyps sowie an die Basis eines kollektorseitig an dem Bezugspotential liegenden zweiten Transistors des anderen Leitungstyps angeschlossen ist, daß die Basis des ersten Transistors mit dem Kollektor

eines dritten Transistors des anderen Leitungstyps sowie mit einem Eingangsanschluß zur Einspeisung des Eingangsstromes verbunden ist, daß der Emitter des zweiten Transistors mit der Basis des dritten Transistors sowie mit der Basis eines kollektorseitig mit einem Ausgangsanschluß zur Abnahme des Ausgangsstromes verbundenen vierten Transistors des anderen Leitungstyps gekoppelt ist, daß der Kollektor des ersten Transistors sowie die Emitter von drittem und viertem Transistor an ein Versorgungspotential angeschlossen sind und daß die Stromverstärkung des ersten Transistors größer ist als die Stromverstärkungen von zweitem, drittem und viertem Transistor.

Neben einer höheren Genauigkeit wird darüber hinaus erreicht, daß auch bei niedriger Versorgungsspannung ein größerer Eingangsstrombereich zulässig ist und daß sowohl die den Eingangsstrom erzeugende Stromquelle als auch die durch den Ausgangsstrom gespeiste Last an einem gemeinsamen Bezugspotential liegen.

Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, daß zwischen die Basen von zweitem und viertem Transistor einerseits und das Versorgungspotential andererseits jeweils ein Widerstand geschaltet ist. Damit wird eine schnelle Ausräumung der jeweiligen Basiszone bei geschaltetem oder moduliertem Eingangsstrom erreicht.

In Weiterbildung der Erfindung ist auch vorgesehen, in die Emitterleitung von drittem und viertem Transistor jeweils einen Emitterwiderstand zu schalten. Mit den beiden Emitterwiderständen kann das Sättigungsverhalten von drittem und viertem Transistor beeinflußt werden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform werden dritter und vierter Transistor durch jeweils eine bestimmte Anzahl von parallel geschalteten identischen Teiltransistoren gebildet.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt:

Figur 1 eine allgemeine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Stromquellenschaltung und

Figur 2 die Anwendung einer weiteren Ausführungsform bei einer Referenzspannungsquelle.

Bei der Ausführungsform nach Figur 1 sind die Emitter zweier pnp-Transistoren 7 und 10 über jeweils einen Widerstand 14 bzw. 15 mit einem positiven Versorgungspotential 11 verbunden. Die Basen der beiden Transistoren 7 und 10 sind miteinander gekoppelt und zum einen über einen Widerstand 13 an das positive Versorgungspotential 11 und zum anderen direkt an den Emitter eines pnp-Transistors 6 angeschlossen. Die Basis des Transistors 6 wiederum, dessen Kollektor an einem Bezugspotential 4 liegt, ist mit dem Emitter eines

nnp-Transistors 5 direkt sowie über einen Widerstand 12 mit dem positiven Versorgungspotential 11 und über eine Konstantstromquelle 3 mit dem Bezugspotential 4 gekoppelt. Die Basis des Transistors 5, dessen Kollektor mit dem positiven Versorgungspotential 11 verbunden ist, ist mit dem Kollektor des Transistors 7 und mit einem Anschluß 8 verschaltet, an dem ein gegenüber dem Bezugspotential 4 positiver Eingangsstrom 1 eingespeist wird. An einem Anschluß 9 schließlich, der mit dem Kollektor des Transistors 10 verbunden ist, ist ein gegenüber dem Bezugspotential 4 positiver Ausgangsstrom abnehmbar. Bei einer erfindungsgemäßen Stromquellenschaltung wird der Eingangsstrom von dem Kollektorstrom des Transistors 7 subtrahiert und der sich daraus ergebende Differenzstrom einer ersten Emitterfolgerstufe mit dem Transistor 5 und der Stromquelle 3 zugeführt. Am Ausgang dieser Emitterfolgerstufe, nämlich am Emitter des Transistors 5, ist eine zweite, zur ersten komplementäre Emitterfolgerstufe mit dem Transistor 6 und dem Widerstand 13 nachgeschaltet. Der Widerstand 13 kann dabei auch durch die Eingangswiderstände der Transistoren 7 und 10 gebildet werden. Um jedoch eine schnelle Ausräumung der Basiszonen bei den Transistoren 7 und 10 zu erzielen, wird bevorzugt der Widerstand 13 eingesetzt. Den gleichen Zweck erfüllt auch der Widerstand 12 für die Basiszone beim Transistor 6. Eine schnellere Ausräumung der Basiszonen ist insbesondere bei geschaltetem oder moduliertem Eingangsstrom 1 erstrebenswert, um eine höhere Grenzfrequenz der Stromquellenschaltung zu erzielen. Mit der Ausgangsspannung der zweiten Emitterfolgerstufe werden die beiden Transistoren 7 und 10 angesteuert, die für sich oder in Verbindung mit den Widerständen 14 und 15 als Stromquellen wirken, wobei vom Kollektorstrom des Transistors 7 der Eingangsstrom 1 subtrahiert wird und der Kollektorstrom des Transistors 10 den Ausgangsstrom 2 bildet. Die Kollektorströme der Transistoren 7 und 10 stehen dabei in einem festen Verhältnis zueinander, das durch die Sättigungsströme der beiden Transistoren 7 und 10 vorgegeben ist. Zur genauen Einstellung der Sättigungsströme können zusätzlich die beiden Widerstände 14 und 15 vorgesehen werden. Die Sättigungsströme der Transistoren 7 und 10 verhalten sich dabei zueinander wie die Kehrwerte der jeweils zugehörigen Emitterwiderstände 14 und 15 zueinander.

Die erfindungsgemäße Stromquellenschaltung ist im besonderen Maße für die Integration geeignet, da die zur Realisierung von Stromquellen mit npn-Transistoren am Ausgang diese eine bei integrierter Schaltungstechnik übliche niedrige Stromverstärkung aufweisen dürfen, wobei die Stromverstärkung über einen großen Bereich streuen darf. Dennoch ist eine höhere Genauigkeit erzielbar als

mit den bekannten Stromspiegelschaltungen und dies bei relativ geringem schaltungstechnischen Aufwand. Darüber hinaus zeichnen sich die Stromquellenschaltungen gemäß der Erfindung durch eine geringere Mindestversorgungsspannung aus, wobei jedoch ein großer Bereich für die am Eingang auftretende Spannung zur Verfügung steht. Neben der gezeigten Ausführungsform mit positivem Versorgungspotential ist natürlich in gleicher Weise auch eine Stromquellenschaltung mit negativem Versorgungspotential realisierbar, in dem entsprechend pnp-Transistoren durch npn-Transistoren und umgekehrt ersetzt werden.

Die Anwendung einer erfindungsgemäßen Stromquellenschaltung bei einer Referenzspannungsquelle ist in Figur 2 dargestellt. Dabei ist das Ausführungsbeispiel nach Figur 1 dahingehend erweitert, daß ein npn-Transistor 16, der beispielsweise aus fünf parallel geschalteten Einzeltransistoren besteht, kollektorseitig mit dem Eingangsanschluß 8 der Stromquellenschaltung und emitterseitig über einen aus zwei Widerständen 17 und 18 bestehenden Spannungsteiler mit dem Bezugspotential 4 verbunden ist. Kollektor und Emitter des Transistors 16 sind zudem mit dem Kollektor bzw. dem Emitter eines npn-Transistors 19 verschaltet, dessen Basis mit den Basen eines npn-Transistors 20 und eines npn-Transistors 21 verbunden ist. Die Emitter der beiden Transistoren 20 und 21 sind an das Bezugspotential 4 angeschlossen. Basis und Kollektor des Transistors 21 sind miteinander verschaltet und zum einen über einen Widerstand 22 mit dem positiven Versorgungspotential 11 und zum anderen über einen Widerstand 23 mit dem Emitter eines npn-Transistors 24, mit der Basis eines npn-Transistors 25 und mit der Basis des Transistors 16 gekoppelt. Beim Transistor 24 ist der Kollektor an das positive Versorgungspotential 11 und die Basis an die Ausgangsklemme 9 der Stromquellenschaltung angeschlossen.

Mit dem Ausgangsanschluß 9 ist auch der Kollektor des Transistors 25 verbunden, dessen Emitter an den Abgriff des Spannungsteilers mit den Widerständen 17 und 18 angeschlossen ist.

Gegenüber Figur 1 ist das Ausführungsbeispiel nach Figur 2 auch dahingehend abgeändert, daß die Stromquelle 3 aus Figur 1 nun durch einen Stromspiegel bestehend aus den Transistoren 20 und 21 ersetzt worden ist, so daß der Kollektor des Transistors 20 nun mit dem Emitter des Transistors 5 und der Basis des Transistors 6 verbunden ist. Außerdem treten an die Stelle der Transistoren 7 und 10 nun pnp-Transistoren 7' und 10', die jeweils aus sieben identischen Teiltransistoren bestehen.

Bei der in Figur 2 gezeigten Referenzspannungsquelle handelt es sich um eine sogenannte Bandgap-Referenz, deren Ausgangsspannung mittels der Widerstände 17 und 18 einstellbar ist. Kern

der Bandgap-Referenz sind die beiden Transistoren 16 und 25, deren Kollektorströme in einen vorgegebenen, durch die Stromquellenschaltung festgelegten Verhältnis zueinander stehen. Beim gezeigten Ausführungsbeispiel sind jedoch die Kollektorströme gleich groß gewählt und stattdessen die Transistorflächen in das vorgegebene Verhältnis gesetzt. Die Einstellung der Stromquellenschaltung erfolgt dabei ebenfalls über die Flächenaufteilung der Transistoren 7 und 10 in Verbindung mit den Widerständen 14 und 15. Da Eingangsstrom und Ausgangsstrom gleich groß sein sollen, bestehen die Transistoren 7' und 10' aus jeweils der gleichen Anzahl von identischen Teiltransistoren. Zusätzlich wirken auch die Widerstände 14 und 15 auf das Sättigungsverhalten der Transistoren 7' und 10'. Da sich die Sättigungsströme der Transistoren 7' und 10' zueinander in diesem Fall wie die Kehrwerte der jeweils zugehörigen Emitterwiderstände 14 und 15 zueinander verhalten, ergibt sich dementsprechend, daß sich der Wert des Widerstandes 14 zum Wert des Widerstandes 15 verhält wie die Anzahl der Teiltransistoren des Transistors 10' zur Anzahl der Teiltransistoren des Transistors 7'. Da beide aus jeweils sieben Teiltransistoren bestehen, ergeben sich somit gleiche Werte für die Widerstände 14 und 15. Je nach Anwendungsfall lassen sich aber auch beliebige Verhältnisse zwischen Eingangs- und Ausgangsstrom erzeugen.

Die Transistoren 16 und 25 werden über den als Emitterfolger betriebenen Transistor 24, dessen Emitteranschluß den Ausgang der Bandgap-Referenz darstellt, durch das Kollektorpotential des Transistors 25 angesteuert. Die dabei erforderliche Differenzbildung zwischen dem Kollektorpotential des Transistors 25 und dem Kollektorpotential des Transistors 16 erfolgt über eine Stromquellenschaltung bestehend aus dem zu einer Diode verschalteten Transistor 21 und dem, dem Transistor 16 parallel geschalteten Transistor 19. In Verbindung mit dem Transistor 21 wird der Transistor 20 angesteuert, der zur Speisung der Stromquellenschaltung vorgesehen ist. Der Eingangsstrom für die durch den Transistor 21 gebildete Diode setzt sich zum einen aus einem durch den Widerstand 22 vom Versorgungspotential 11 aus in die Diode fließenden Strom und zum anderen durch den durch den Widerstand 23 vom Emitter des Transistors 24 aus in die Diode fließenden Strom zusammen.

Die erfindungsgemäße Stromquellenschaltung ermöglicht damit den Aufbau einer sehr genauen Bandgap-Referenz, die zudem nur eine geringe Versorgungsspannung benötigt. Beispielsweise ist bei einer Versorgungsspannung von mindestens 2,4 V eine Ausgangsspannung am Ausgangsanschluß 26 von 1,3 V erzielbar. Dies ist mit verhältnismäßig geringem schaltungstechnischen Aufwand zu erreichen, wobei insbesondere bei integrierter

Schaltungstechnik die Verwendung mehrerer identisch aufgebauter Bauelemente die Genauigkeit der gesamten Anordnung weiter erhöht.

5 Patentansprüche

1. Integrierbare Stromquellenschaltung zur Erzeugung eines zu einem Eingangsstrom (1) proportionalen Ausgangsstromes (2),

10 **dadurch gekennzeichnet, daß**

15 eine Stromquelle (3) einerseits an ein Bezugspotential (4) und andererseits an den Emitter eines ersten Transistors (5) des einen Leitungstyps sowie an die Basis eines kollektorseitig an dem Bezugspotential (4) liegenden zweiten Transistors (6) des anderen Leitungstyps angeschlossen ist,

20 die Basis des ersten Transistors (5) mit dem Kollektor eines dritten Transistors (7) des anderen Leitungstyps sowie mit einem Eingangsanschluß (8) zur Einspeisung des Eingangsstromes (1) verbunden ist,

25 der Emitter des zweiten Transistors (6) mit der Basis des dritten Transistors (7) sowie mit der Basis eines kollektorseitig mit einem Ausgangsanschluß (9) zur Abnahme des Ausgangsstromes (2) verbundenen vierten Transistors (10) des anderen Leitungstyps gekoppelt ist,

30 der Kollektor des ersten Transistors (5) sowie die Emitter von drittem und viertem Transistor (7, 10) an ein Versorgungspotential (11) angeschlossen sind und

35 die Stromverstärkung des ersten Transistors (5) größer ist als die Stromverstärkungen von zweitem, drittem und viertem Transistor (6, 7, 10).

2. Stromquellenschaltung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen die Basis von zweitem und/oder viertem Transistor (6, 10) einerseits und das Versorgungspotential (11) andererseits (jeweils) einen Widerstand (12, 13) geschaltet ist.

3. Stromquellenschaltung nach Anspruch 1 oder 2,

40 **dadurch gekennzeichnet, daß** in die Emitterleitung von drittem und viertem Transistor (7, 10) jeweils ein Emitterwiderstand (14, 15) geschaltet ist.

4. Stromquellenschaltung nach Anspruch 1, 2 oder 3,

55 **dadurch gekennzeichnet, daß** dritter und vierter Transistor (7, 10) durch jeweils eine bestimmte Anzahl von parallel geschalteten identischen Teiltransistoren gebildet werden.

FIG 1

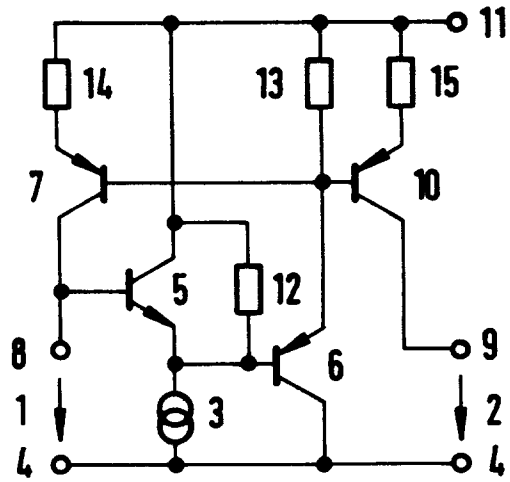


FIG 2

