

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 080 567**A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 82108273.2

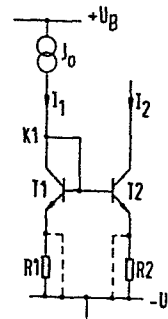
(51) Int. Cl.³: **G 05 F 3/20**

(22) Anmeldetag: 08.09.82

(30) Priorität: 16.09.81 DE 3136780

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.06.83 Patentblatt 83/23(64) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Berlin und München Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)(72) Erfinder: **Kriedt, Hans, Ing. grad.**
Triester Strasse 33
D-8000 München 80(DE)(72) Erfinder: **Dietze, Andreas, Dipl.-Ing.**
Teufelsgrabenweg 4
D-8155 Valley/Grub(DE)(72) Erfinder: **Fenk, Josef, Dipl.-Ing.**
Deutenhauser Strasse 10
D-8057 Eching(DE)**(54) Integrierte Stromquelle.**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine integrierte Halbleiterschaltung mit einer als Stromspiegel ausgebildeten und mehrere, zur Beaufschlagung je eines Lastelements, z.B. je eines Differenzverstärkers mit emittergekoppelten Transistoren, dienende und durch je einen Transistor gegebene Ausgangsteile aufweisende Stromquelle. Bekanntlich sind bei solchen Stromquellenschaltungen mehrere Ausgangstransistoren durch einen gemeinsamen Referenzstrom, d.h. über einen gemeinsamen und als Diode geschalteten Transistor gesteuert. Dies führt erfahrungsgemäß bei hoher Belastung der Stromquelle zu Schwankungen der von der Stromquelle an die integrierte weitergegebenen Versorgungsströme. Diese Schwankungen sollen durch die Erfindung vermieden werden. Hierzu wird die belastete Stromquelle unter Vermittlung eines Regelkreises gesteuert, dessen Sollwertgeber eine unbelastete und als Stromspiegel ausgebildete Konstantstromquelle ist.

FIG 1

Siemens Aktiengesellschaft
Berlin und München

Unser Zeichen

VPA

81 P 1128 E

- 1 -

Integrierte Halbleiterschaltung

BEZUGSPOTENTIAL
siehe: Seite 3

Die Erfindung bezieht sich auf eine integrierte Halbleiterschaltung mit einer als Stromspiegel ausgebildeten
5 und mehrere zur Beaufschlagung je eines Lastelements dienende und durch je einen Transistor gegebene Ausgangsteile aufweisenden Stromquelle.

Stromquellen dieser Art sind z.B. in "Philips Technische Rundschau" 32 (1971/72) Nr. 1, S. 4-8, beschrieben.
10 Die Aufgabe solcher Stromquellen besteht darin, einen Strom zu liefern, der von der an der Stromquelle anliegenden Spannung möglichst unabhängig ist. Außerdem möchte man die Höhe des abgegebenen Stromes steuern, was z.B.
15 durch die Zuführung eines Referenzstromes geschehen kann. Neben den einfachen Stromquellschaltungen gibt es auch solche Stromquellen, bei denen ein aus npn-Transistoren zusammengesetzter Stromspiegel mit einem aus pnp-Transistoren zusammengesetzten Stromspiegel kombiniert ist.
20 Ein Schaltbeispiel für einen solchen Stromspiegel ist in Figur 2 dargestellt, während in Figur 1 der einfache Stromspiegel gezeigt ist. Ersichtlich kann man mehrere Transistoren desselben Leitungstyps als je einen Ausgang der Stromquelle vorsehen, die dann gemeinsam an
25 einen als Diode geschalteten Transistor vom gleichen Typ über ihre Steuerelektroden angeschlossen sind und ihrerseits zur Stromversorgung je eines Lastelements L vorgesehen sind. Zu bemerken ist schließlich, daß solche Stromspiegelkonstantstromquellen sowohl in Bipolartechnik
30 als auch in MOS-Technik ausgeführt werden können.

Bei der in Figur 1 dargestellten Schaltung für eine solche Konstantstromquelle hat man zwei Versorgungsanschlüsse $+U_B$ und $-U_B$, von denen der eine, im Beispielsfall der Anschluß $-U_B$ geerdet, d.h. also als Bezugspoten-

35

tialanschluß verwendet ist. Zwei npn-Transistoren T1 und T2 sind mit ihren Basisanschlüssen verbunden, wobei der Kollektor des Transistors T1 ebenfalls an der Basis dieser beiden Transistoren T1 und T2 liegt. Aufgrund
5 dieser Anschaltung wirkt der Transistor T1 als Diode und kann deshalb gegebenenfalls auch durch eine solche ersetzt sein. Die Emitter der beiden npn-Transistoren T1 und T2 liegen entweder unmittelbar oder über einen Widerstand R1 und R2 an dem Bezugspotential $-U_B$.

10

Unter Bezug auf Figur 1 ist nun folgendes festzustellen: Wird in dem Knotenpunkt K1 ein Strom I_1 eingespeist, so fließt je nach Größe der Emitterfläche des Transistors T2 und des Widerstandes R2 ein proportionaler Strom I_2 in
15 den Kollektor des Transistors T2. Wird nun die Konstantstromquelle entsprechend Figur 2 ausgebildet, so wird die in Figur 1 dargestellte Kombination der Transistoren T1 und T2 durch eine komplementäre Anordnung des anderen Leitungstyps so ergänzt, daß der Kollektor des
20 Transistors T_1' als Stromquelle des Stromes I_1 für den Transistor T1 an den Knotenpunkt K1 geschaltet ist. Die Basisanschlüsse der pnp-Transistoren T_1' und T_2' sind mit dem Kollektor des Transistors T_2' zusammengeschaltet und liegen am Kollektor des npn-Transistors T2. Die Emitter
25 der pnp-Transistoren T_1' und T_2' liegen direkt oder über Widerstände vom Versorgungspotential $+U_B$. Wird der den Emitter des npn-Transistors T1 mit dem Bezugspotential $-U_B$ verbindende Widerstand R1 durch einen Kurzschluß ersetzt und erhält der npn-Transistor T2 eine n-fache Emitterfläche, so ergibt sich die - ebenfalls bekannte -
30 PTC-Stromquelle (PTC = positive temperature currentsource).

Die in Figur 2 angedeuteten Lasten $L_3, \dots, L_n$ bzw. $L_3', \dots, L_n'$ werden durch die Stromquellentransistoren $T_3, \dots, T_n$
35 versorgt, deren Basispotential identisch mit dem Basispotential der npn-Transistoren T1 und T2 bzw. der pnp-Transistoren T_1' und T_2' ist.

Der Vorteil einer Schaltung gemäß Figur 2 zur Stromversorgung einer integrierten Schaltung, die mit der Stromquelle monolithisch zusammengefaßt ist, besteht darin, daß die Schaltung auch bei Betriebsspannungen $U_B \leq 1,5$ V noch funktionsfähig ist, was bei normalen aus Konstantspannungsquellen abgeleiteten Stromspiegel-Stromquellen nicht gewährleistet ist. Außerdem weist diese Schaltung einen für viele Anwendungen günstigen positiven Temperaturkoeffizienten auf.

Die bekannten Stromquellen auf Stromspiegelbasis, wie sie in Figur 1 und Figur 2 dargestellt sind, und bei denen gleichzeitig durch einen Referenzstrom I_1 mehrere Ausgangstransistoren $T_3, \dots, T_n$ bzw. $T'_3, \dots, T'_n$ gesteuert werden, zeichnen sich erfahrungsgemäß dadurch aus, daß bei stärkeren Beanspruchungen durch die Basisströme der Transistoren $T_3, \dots, T_n$ bzw. $T'_3, \dots, T'_n$ eine merkliche Beeinflussung der Größe der an den einzelnen Ausgängen der Stromquellen abgegebenen Ströme auftritt. Da ferner produktionsbedingt unterschiedliche Stromverstärkungsfaktoren der einzelnen Ausgangstransistoren des Stromspiegels unvermeidbar sind und sich diese Unterschiede in Unterschieden der Basisströme dieser Transistoren bemerkbar machen, ist eine daraus resultierende Beeinflussung der an den Ausgängen der Konstantstromquelle abgegebenen Ströme ebenfalls bei den bekannten Schaltungen unvermeidlich.

Aufgabe der Erfindung ist es nun, die Einwirkung derartiger Abweichungen auf die von der Stromquelle abgegebenen Ströme auszugleichen und für eine Verbesserung der Unabhängigkeit der gelieferten Ströme von der Belastung der Stromquelle zu sorgen.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird die eingangsdefinierte integrierte Halbleiterschaltung derart ausgestaltet, daß gemäß der Erfindung eine Stromquelle als Ist-

wertgeber für einen - ein in der Stromquelle vorgesehe-
nes und auf diese steuernd einwirkendes Stellglied ent-
haltenden - Regelkreis dient und daß als Sollwertgeber
für diesen Regelkreis eine von der genannten Stromquelle
5 unabhängige weitere Konstantstromquelle vorgesehen ist.

Es wird also eine der eingangs gegebenen Definition ent-
sprechende Schaltung gemäß der Erfindung so ausgestaltet,
daß eine unbelastete Stromquellenschaltung als Sollwert-
10 geber für einen Regelkreis dient, der eine zweite - be-
lastete - Stromquelle steuert.

Die der Figur 1 entsprechende Ausgestaltung der Erfin-
dung ist in Figur 3 und die der Figur 2 entsprechende
15 Ausgestaltung in Figur 4 gezeigt.

Bei Betrachtung der in Figur 3 dargestellten Art der
erfindungsgemäßen Schaltung stellt man folgendes fest:
Bedingt durch den Strom aus den Stromquellen J_{OR} und J_O
20 stellen sich an den als Dioden geschalteten Transistoren
 T_{1R} und T_1 die Spannungen U_{ref} und U_1 ein. Wenn viele
Verbraucher $T_2, T_3, \dots, T_n$ vorliegen, wird ein - nicht
mehr vernachlässigbarer - Basisstrom

$$\sum i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$$

25 entnommen. Dies führt zu einer Fehlerspannung $U_1 - \Delta U$.
Der Regelverstärker OP erfaßt diese Größe und stellt
über das Stellglied SG den Summenstrom $\sum i$ bereit. Da-
bei verbleibt eine Restabweichung entsprechend der Regel-
verstärkung.

30 Bei der weiter verbesserten und auf Figur 3 zurückgehen-
den Ausgestaltung einer Anlage gemäß der Erfindung, wie
sie in Figur 4 dargestellt ist, stellt sich über die
Stromquellen J_{OR} bzw. J_O am Widerstand r bzw. R eine
35 Spannung U_{ref} bzw. U_1 ein. Wird nun an den Transistoren
 $T_1, T_2, \dots, T_n$ ein nicht mehr vernachlässigbarer Basisstrom
$$\sum i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$$
 entnommen, so erhält man

so erhält man am Widerstand R eine Fehlerabweichung von $U_2 - \Delta U$. Der Regelverstärker OP erfaßt diese Größe und stellt über das Stellglied SG den Summenstrom Σi bereit. Auch hier verbleibt eine Restabweichung entsprechend der Regelverstärkung.

Schaltungsmäßig ist zu der Ausgestaltung gemäß Figur 3 festzustellen, daß bei dieser ein zwischen der Referenzstromquelle J_{OR} und einer in Flußrichtung liegenden und durch den npn-Transistor T_{1R} gegebenen Diode liegender Knotenpunkt K zur Beaufschlagung des direkten Eingangs + des zugleich als Komparator dienenden Regelverstärkers OP vorgesehen ist. Der invertierende Eingang des Regelverstärkers liegt am Knoten K1 zwischen dem Transistor T1 und der ihn beaufschlagenden Stromquelle J_O . Diese Beaufschlagung wird durch das Stellglied SG eingestellt.

Bei der in Figur 4 dargestellten Ausgestaltung ist die Referenzstromquelle ebenfalls zu einem Stromspiegel ergänzt. Zu diesem Zweck ist der Knoten K in der Schaltung gemäß Figur 4 nicht unmittelbar wie bei der Schaltung gemäß Figur 3 sondern über einen npn-Transistor T_{2R} an den +-Eingang des Regelverstärkers OP gelegt. Zu diesem Zweck ist der Knoten K mit der Basis des Transistors T_{2R} verbunden, dessen Kollektor einerseits über einen Widerstand r am Versorgungspotential $+U_B$ und andererseits an dem besagten Eingang des Regelverstärkers OP liegt. Der Emitter des Stromspiegelausgangstransistors T_{2R} ist entweder unmittelbar oder über einen Widerstand r_O an das Bezugspotential $-U_B$ geschaltet. Zur Beaufschlagung des anderen Eingangs des Regelverstärkers ist bei der Schaltung gemäß Figur 4 in Abweichung von der Schaltung gemäß Figur 3 nicht der Knotenpunkt K_1 zwischen dem Transistor T1 und der Stromquelle J_O sondern ein Knotenpunkt vorgesehen, der zwischen dem Kollektor des Transistors T2 und einem diesen mit dem Versorgungspotential $+U_B$ liegenden Lastwiderstand R liegt und mit

K3 bezeichnet ist. Wie bei der Schaltung gemäß Figur 3 wirkt das vom Ausgang des Regelverstärkers OP gesteuerte Stellglied auf den Stromfluß am Eingang K1 des zu regelnden Stromspiegels ein.

5

Die Ausgestaltung gemäß Figur 5 geht auf die Struktur der in Figur 2 dargestellten komplementären Konstantstromquelle T1, T2, t1, t2 zurück. Gemäß der Erfindung ist nun als Sollwertgeber ebenfalls ein aus zwei zueinander komplementären Stromspiegeln zusammengesetzter Referenzschaltungsteil in Form einer sog. "PTC"-Anlage vorgesehen. Dieser besteht aus den beiden zu einem npn-Stromspiegel zusammengefaßten npn-Transistoren T_{1R}, T_{2R} sowie aus den beiden zu einem pnp-Stromspiegel zusammengefaßten pnp-Transistoren t_{1R} und t_{2R}, die in der - bereits aus Figur 2 ersichtlichen Weise - aneinander und an die beiden Versorgungsanschlüsse +U_B und -U_B gelegt sind. Zur Beaufschlagung des Referenzeinganges des Regelverstärkers OP dient ein Schaltungspunkt U_R zwischen dem als Diode geschalteten npn-Transistor T_{1R} und dem nicht als Diode geschalteten pnp-Transistor t_{2R}. Dabei kann zwischen dem genannten Schaltungspunkt U_R und dem als Diode geschalteten npn-Transistor T_{2R} noch ein Widerstand R_r vorgesehen sein, auf den noch näher eingegangen wird.

25

Der andere Signaleingang - des Regelverstärkers OP liegt an einem Schaltungspunkt P zwischen dem als Diode geschalteten npn-Transistor T1 und dem nicht als Diode geschalteten pnp-Transistor T₂¹, dessen Emitter-Kollektorstrecke mit der des npn-Transistors T1 in Reihe geschaltet ist. Auch hier kann zwischen dem Anschlußpunkt P der zum Regelverstärker OP führenden Abzweigung und dem als Diode geschalteten npn-Transistor ein dem Widerstand R_r entsprechender Widerstand R_s vorgesehen sein.

35

Bei der in Figur 5 dargestellten Schaltung dient die Kombination der beiden Stromspiegel T1, T2 und T₁¹, T₂¹ als

Istwertgeber als auch als Regler, wobei die Beaufschlagungsstelle des Reglers durch die Basisanschlüsse der den pnp-Stromspiegel bildenden Transistoren T_1' und T_2' gegeben ist.

5

Hinsichtlich der Wirkung der Schaltung läßt sich nun folgendes feststellen:

Die Schwellenspannung des als Diode geschalteten npn-Transistors T_{1R} im Referenzstromspiegel wird mit der Schwelle des als Diode geschalteten npn-Transistors T_1 mittels des Regelverstärkers OP verglichen. Stellt sich dabei heraus, daß die Schwelle des Transistors T_1 infolge der Basisstrombelastung in der Stromquelle, d.h. also in den Transistoren $T_3, \dots, T_n$ bzw. $T_3', \dots, T_m'$ kleiner als die des npn-Transistors T_{1R} ist, so wird über den als Differenzstromverstärker ausgebildeten Regelverstärker OP ein zusätzlicher Strom in den pnp-Transistor T_1' der Stromquelle eingespeist und über den pnp-Transistor T_2' gespiegelt. Dieser Regelprozeß wird automatisch solange durchgeführt, bis die Schwellenspannung des als Diode geschalteten npn-Transistors T_1 wieder so groß wie die des als Diode geschalteten npn-Transistors T_{1R} in der unbelasteten Referenzstromquelle geworden ist. Dadurch ist das angestrebte Ziel der Aufhebung einer Abweichung der über die Stromausgänge $T_2', T_3', \dots, T_m'$ und $T_2, T_3, \dots, T_n$ der Stromquelle fließenden Ströme zu den Lastelementen L' bzw. L von dem über die Diode T_{1R} fließenden Referenzstrom erreicht.

30

In Figur 5 sind in gestrichelter Form zwei weitere Ausgestaltungen der Schaltung angedeutet:

1.) Durch die bereits erwähnte Einführung der beiden Widerstände R_r und R_s , die z.B. gleichgroß bemessen sind, erreicht man eine Versteilerung der Regelung und damit ein verbessertes Ausregelverhalten.

35

2.) Eine Vereinfachung der Schaltung kann man erreichen, wenn man den npn-Stromspiegel als 1:1 Stromspiegel ausgestaltet, was den Verzicht auf den zwischen dem npn-Transistor T2 und dem Versorgungspotential $+U_B$ vorgesehenen Widerstand R im Hauptversorgungskreis bedeutet. Zusätzlich kann auch auf die Transistorflächen-Übersetzung von T1 auf T2 verzichtet werden.

3.) Eine an/der Kollektoren der beiden pnp-Transistoren T₁ oder T₂ im Referenzkreis ~~über je einen Ausgang~~ gelegte Anlaufschaltung AS kann das Einschaltverhalten der Stromstabilisierung für die Ausgänge der zu regelnden Stromquelle sicherstellen.

Hinsichtlich der Figur 5 ist noch festzustellen, daß die Anlaufschaltung AS ein in üblicher Weise ausgestalteter Schaltungsteil ist, der gewährleistet, daß nach dem Anlegen der Versorgungsspannung U_B sich die erforderlichen Ströme im Sollwertgeber aufbauen können. Zum Beispiel kann die Anlaufschaltung AS im einfachsten Fall aus einem Widerstand bestehen, der eine unmittelbare Verbindung zwischen der Basis des npn-Transistors T_{1R} zum Versorgungspotential $+U_B$ bildet. Weiter ist zu bemerken, daß der Sollwertstrom durch das Verhältnis der Emitterflächen der beiden Transistoren T_{1R} und T_{2R} bestimmt ist, was durch die Beschriftung angedeutet ist.

Schließlich ist im Hinblick auf den bei einer Schaltung gemäß der Erfindung anzuwendenden Regelverstärker noch folgendes festzustellen: Der Regelverstärker besteht aus dem Operationsverstärker OP (der u.a. die Funktion des Komparators zur Feststellung der Regelabweichung hat) und dem von ihm beaufschlagten Stellglied. Er ist in bekannter Weise so ausgestaltet, daß am Eingang des Regelverstärkers eine Differenz zwischen den Istwertströmen und den Sollwertströmen (ggf. nach Umsetzung der Differenz der Stromwerte in eine Spannungsdifferenz) abge-

tastet und so umgesetzt wird, daß am Summationspunkt der Istwert-Stromquelle mit dem Regelverstärkerausgang der Istwertstrom mit dem Sollwertstrom übereinstimmt. Im allgemeinen handelt es sich bei der Ausgestaltung des Regel-
5 verstärkers um übliche Maßnahmen, so daß sich weitere diesbezügliche Ausführungen erübrigen.

Zu bemerken ist schließlich noch, daß bei den gezeigten
10 Ausführungsbeispielen anstelle der npn-Transistoren pnp-Transistoren und anstelle der pnp-Transistoren npn-Transistoren bei entsprechender Abänderung der Polarität von Bezugspotential und des anderen Versorgungspotentials möglich ist. Anstelle der Bipolartransistoren können auch
15 MOS-Feldeffekttransistoren vom selbstsperrenden Typ verwendet werden, indem z.B. in den Ausführungsbeispielen die npn-Transistoren durch n-Kanal-MOS-FET's und die pnp-Transistoren durch p-Kanal-MOS-FET's ersetzt werden.

5 Figuren

10 Patentansprüche

Patentansprüche

- 1.) Integrierte Halbleiterschaltung mit einer als Stromspiegel ausgebildeten und mehrere, zur Beaufschlagung je eines Lastelements dienende und durch je einen Transistor gegebene Ausgangsteile aufweisenden Stromquelle, dadurch gekennzeichnet, daß eine Stromquelle (T_1 , T_2 , ... T_n) als Istwertgeber für einen - ein in der Stromquelle vorgesehenes und auf diese steuernd einwirkendes Stellglied (SG) enthaltenden - Regelkreis dient und daß als Sollwertgeber für diesen Regelkreis eine von der genannten Stromquelle unabhängige weitere Konstantstromquelle (J_{OR} , T_{2R}) vorgesehen ist.
- 2.) Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Konstantstromquelle (T_{2R} , T_{1R}) ebenfalls als Stromspiegel ausgebildet ist.
- 3.) Schaltung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl in der zu regelnden Stromquelle (T_1 , T_2 , ... T_n) als auch im Sollwertgeber jeweils die Kombination zweier Stromspiegel vorgesehen ist, wobei der aus Transistoren vom einen Leitungstyp bestehende eine Stromspiegel derart in Serie zu dem aus Transistoren vom anderen Leitungstyp bestehenden Stromspiegel geschaltet ist, daß jeweils ein als Diode geschalteter Transistor (T_1 bzw. (T_1') von dem jeweils einen Leitungstyp bezüglich seiner Emitter-Kollektorstrecke in Reihe mit der Emitter-Kollektorstrecke eines nicht als Diode geschalteten Transistors (T_2' bzw. T_2) vom jeweils entgegengesetzten Leitungstyp geschaltet ist.
- 4.) Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang eines als Differenzverstärker ausgebildeten Regelverstärkers (OP) unmittelbar an die miteinander verbundenen Basisanschlüsse des einen der beiden zueinander komplementären Stromspiegel

(T_1 , T_2) des Istwertgebers als Stellglied (SG) gelegt ist. (Fig. 5).

5.) Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Sollwertgeber aus der Serienschaltung einer Konstantstromquelle (J_{OR}) mit einem als Diode geschalteten Transistor (T_{1R}) besteht, die an den beiden Enden durch je eine der beiden Versorgungspotentiale ($+U_B$, $-U_B$) beaufschlagt ist und daß der eine Eingang (+) des Regelverstärkers (OP) mit dem Teilerpunkt (K) dieser Serienschaltung verbunden ist.

6.) Schaltung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die als Sollwertgeber dienende und zugleich als Stromspiegel ausgebildete Stromquelle mit ihrem Ausgang einerseits an den einen Eingang des Regelverstärkers (OP) und andererseits - insbesondere unter Vermittlung eines Widerstands (r) an das eine Versorgungspotential ($+U_B$) gelegt ist.

20

7.) Schaltung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der andere Eingang des Regelverstärkers (OP) durch einen Schaltungspunkt (R) zwischen dem als Diode geschalteten Eingangstransistor; des mit seinen Stromeingangselektroden am Bezugspotential ($-U_B$) liegenden und zu regelnden Stromspiegels (T_1 , T_2) und einer die Verbindung zum anderen Versorgungspotential ($+U_B$) bildenden Stromquelle (J_O) gesteuert ist (Fig. 3, Fig. 5).

8.) Schaltung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der andere Eingang des Regelverstärkers (OP) durch einen Schaltungspunkt zwischen dem Ausgangstransistor (T_2) des zu regelnden und mit seinen Stromeingangselektroden am Bezugspotential ($+U_B$) liegenden Stromspiegels (T_1 , T_2) und einem die Verbindung zum anderen Versorgungspotential ($+U_B$) bildenden Lastelement (R) gesteuert ist.

5 9.) Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Beaufschlagung des zu regelnden Stromspiegels durch den Regelverstärker (OP,SG) am Kollektor und an der Basis des als Diode geschalteten Eingangstransistors (T1) des Stromspiegels erfolgt.

10 10.) Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die verwendeten Transistoren als Bipolartransistoren, z.B. vom npn-Typ, ausgebildet sind.

~~11.) Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die verwendeten Transistoren als MOS-Feldeffekttransistoren, insbesondere vom selbstsperrenden Typ, ausgebildet sind.~~

15

1/2

FIG 1

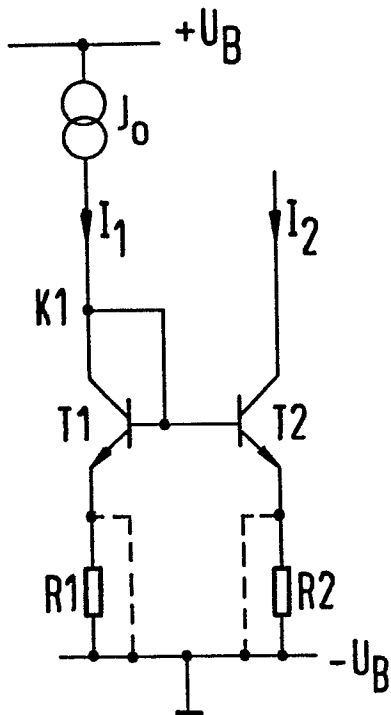


FIG 2

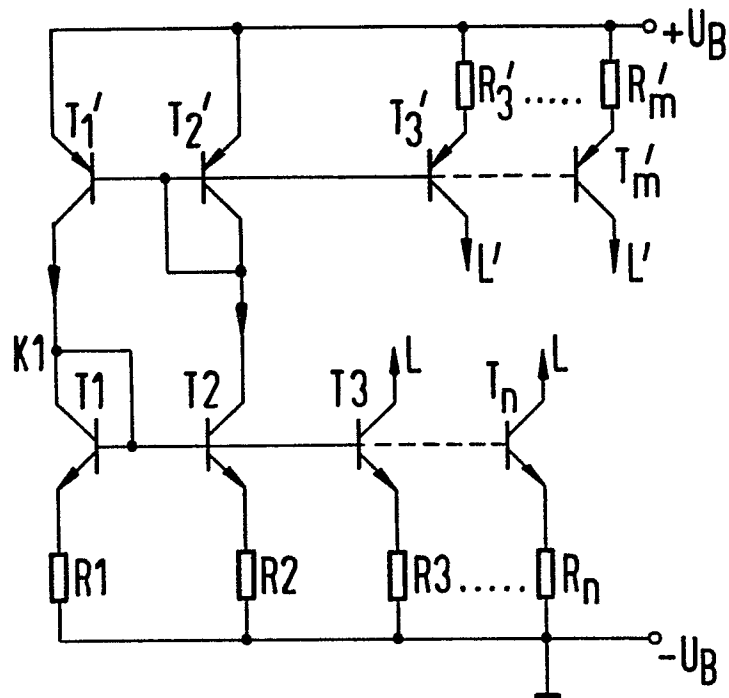
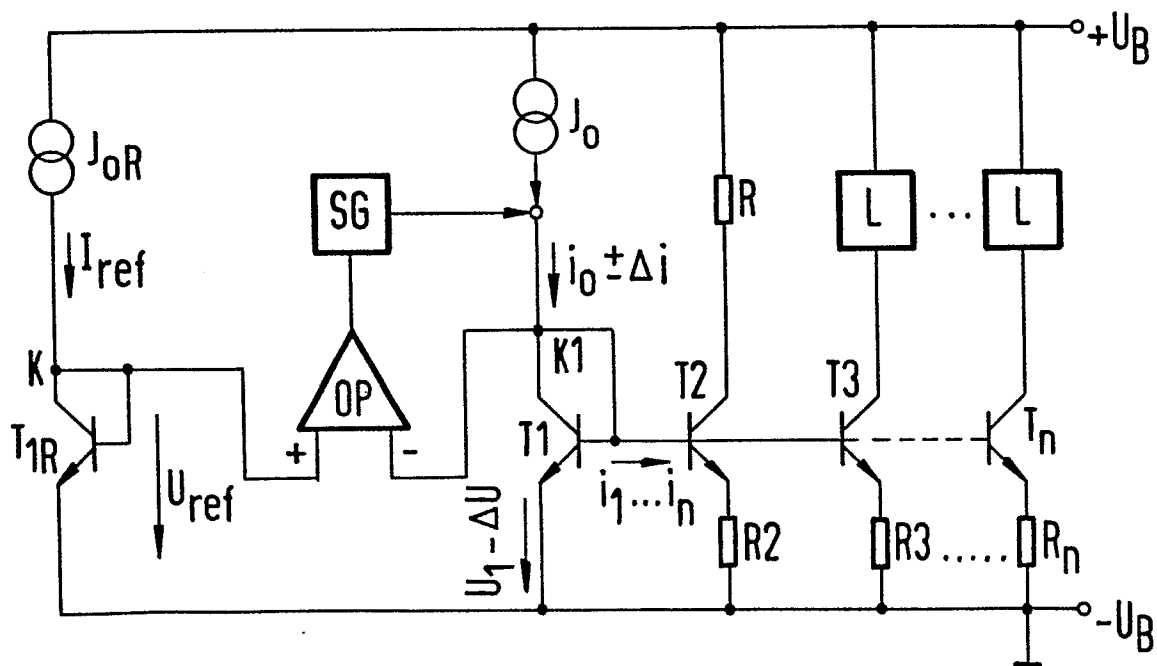


FIG 3



2/2

FIG 4

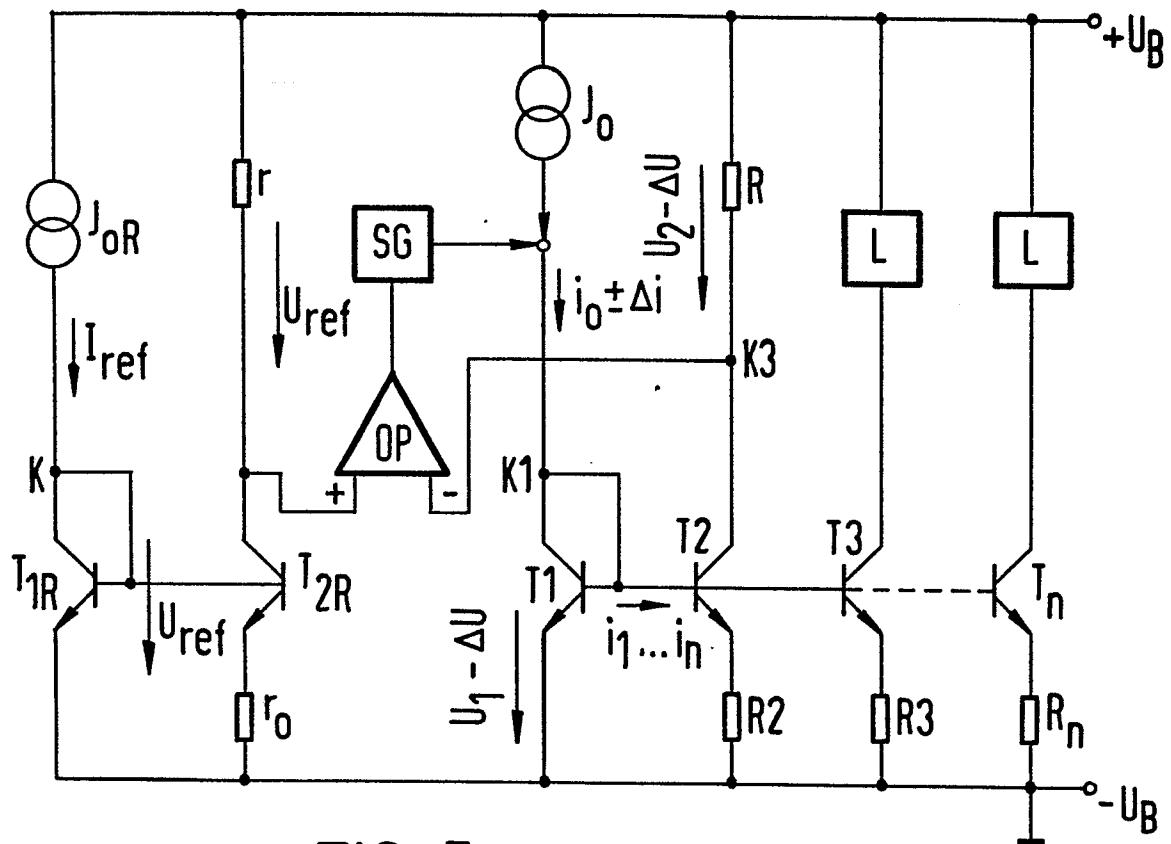


FIG 5

