

19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 689 880 A5

51 Int. Cl.⁶: G 05 F 003/26
G 04 G 001/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 03653/94

22 Anmeldungsdatum: 02.12.1994

30 Priorität: 24.12.1993 DE A4344447.4

24 Patent erteilt: 31.12.1999

45 Patentschrift
veröffentlicht: 31.12.1999

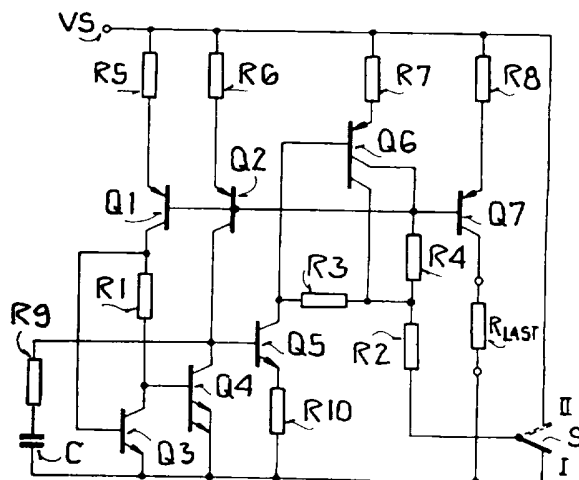
73 Inhaber:
TEMIC Semiconductor GmbH, Theresienstrasse 2,
74025 Heilbronn (DE)

72 Erfinder:
Böhme, Rolf, Bad Friedrichshall (DE)
Wirth, Jens, Heilbronn (DE)
Eckstein, Wolfgang, Obersulm-Sülzbach (DE)

74 Vertreter:
Kirker & Cie SA, 122, rue de Genève Case postale 65,
1226 Thônex (Genève) (CH)

54 Konstantstromquelle.

57 Es wird eine Konstantstromquelle vorgeschlagen, die eine Band-Gap-Referenzspannungsquelle mit drei Transistoren enthält, wobei der dritte Transistor (Q5) mit dem Eingang einer Stromspiegelschaltung (Q6) verbunden ist, deren Ausgang Stromquellen für den ersten (Q3) und zweiten (Q4) Transistor der Band-Gap-Referenzspannungsquelle als auch eine Stromquelle zur Erzeugung eines konstanten Ausgangsstromes steuert und über einen Widerstand (R2) sowohl mit der Betriebsspannungsquelle als auch mit dem Bezugspotenzial mittels eines Schalters (5) verbindbar ist. Diese Schaltung führt zu einem geringen Energieverbrauch, da sie mittels des Schalters nur bei Bedarf eingeschaltet wird und im ausgeschalteten Zustand einen minimalen Leckstrom aufweist.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Konstantstromquelle nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Eine solche Konstantstromquelle ist aus der DE 3 610 158 bekannt.

Die in der DE 3 610 158, insbesondere Fig. 4 beschriebene Konstantstromquelle enthält eine Band-Gap-Referenzspannungsquelle, mit der ein Konstantstrom erzeugt wird. Eine solche Band-Gap-Schaltung wird in der Regel in integrierter Schaltungstechnik ausgeführt, die eine Ausgangsspannung liefert, welche im Wesentlichen bei Temperaturänderungen konstant bleibt. Hierbei wird von einer bestimmten temperaturabhängigen Charakteristik der Basis-Emitter-Spannung V_{BE} eines Transistors Gebrauch gemacht, indem ein als Diode betriebener erster Transistor und ein zweiter Transistor mit unterschiedlichen Emitterstromstärken betrieben werden, um eine Spannung über einem ersten Widerstand zu bilden, die der Differenz der entsprechenden Basis/Emitter-Spannungen V_{BE} proportional ist. Diese Differenzspannung besitzt einen positiven Temperaturkoeffizienten und infolgedessen auch der den ersten Widerstand durchfließende Strom. Mithilfe einer Stromspiegelschaltung wird dieser Strom in eine Ausgangsschaltung kopiert. In der DE 3 610 158 wird aufgezeigt, wie der Temperaturkoeffizient dieses Ausgangsstromes durch ein oder zwei Zusatzwiderstände zu null gemacht werden kann.

Es ist auch bekannt, eine temperaturunabhängige Ausgangsspannung zu erzeugen, indem man den Strom über eine Reihenschaltung aus einer Diode und einen Widerstand leitet.

Die oben genannte bekannte Konstantstromquelle enthält eine Anlaufschaltung, die bei anliegender Versorgungsspannung die Konstantstromquelle aktiviert und aktiv hält.

Im Hinblick auf einen geringen Energieverbrauch ist es für manche Anwendungen nützlich, bei Bedarf die Konstantstromquelle abschalten zu können. Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, eine Konstantstromquelle der eingangs genannten Art anzugeben, die bei anliegender Versorgungsspannung sowohl ein- als auch abgeschaltet werden kann und sich des Weiteren durch einen geringen Energieverbrauch auszeichnet.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Hiernach ist der Kollektor eines dritten Transistors, der zur Band-Gap-Referenzstromquelle gehört, mit dem Eingang einer Stromspiegelschaltung verbunden, deren Ausgang drei Stromquellen steuert. Die beiden ersten Stromquellen beliefern jeweils den ersten und zweiten Transistor der Band-Gap-Referenzspannungsquelle und die dritte Stromquelle erzeugt an einer Last den gewünschten Konstantstrom. Ferner kann der Ausgang der Stromspiegelschaltung über einen Widerstand entweder mit dem Bezugspotenzial verbunden werden, wodurch die Stromquelle in Gang gesetzt wird, oder auf das Betriebspotenzial der Schaltung gelegt werden, wodurch die Stromquelle inaktiviert wird. Diese erfin-

dungsgemässe Konstantstromquelle erlaubt bei anliegender Versorgungsspannung das Ein- und Ausschalten der Konstantstromfunktion, wobei insbesondere im ausgeschalteten Zustand nur ein minimaler Leckstrom fließt. Die erfindungsgemässe Konstantstromquelle kann so ausgeführt werden, dass sie bei Ausführung in integrierter Schaltungstechnik lediglich einen Strom von weniger als 100 nA aufnimmt.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemässen Konstantstromquelle ist die Stromspiegelschaltung aus einer Transistordiode und einem zugehörigen Stromquellentransistor aufgebaut. Ferner verbindet ein Widerstand den Kollektor des Diodentransistors mit dessen Basis und ein weiterer Widerstand den Ausgang der Stromspiegelschaltung, also den Kollektor des zugehörigen Stromquellentransistors mit dem Kollektor des Diodentransistors. Mit diesen beiden zusätzlichen Widerständen wird eine bessere dynamische Stabilität der Konstantstromquelle erreicht.

Für die als Diodentransistor und zugehörigen Stromquellentransistor ausgeführte Stromspiegelschaltung wird ein Doppelkollektortransistor verwendet, wodurch bei einer Integration der Schaltung nur wenig Fläche benötigt wird.

Weiterhin sind Massnahmen zur Unterdrückung der Schwingungsneigung der Konstantstromquelle vorgesehen, indem an die Basis des dritten zur Band-Gap-Referenzspannungsquelle gehörigen Transistors ein RC-Glied geschaltet wird.

Im Folgenden soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Zeichnungen dargestellt und erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Konstantstromquelle,

Fig. 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Konstantstromquelle und

Fig. 3 ein Blockschaltbild eines Anwendungsbeispiels für eine Konstantstromquelle gemäss Fig. 1 oder 2.

Nach Fig. 1 besteht eine Band-Gap-Konstantspannungsquelle aus einem ersten npn-Transistor Q3, einem zweiten npn-Transistor Q4 und einem dritten npn-Transistor Q5, wobei der zweite Transistor Q4 gegenüber dem ersten Transistor Q3 eine grössere Emitterfläche aufweist. Alle drei Transistoren Q3, Q4 und Q5 liegen mit ihren Emittern auf dem Bezugspotenzial der Schaltung. Die Basis-Elektrode des ersten Transistors Q3 ist über einen ersten Widerstand R1 mit dessen Kollektor als auch mit der Basis des zweiten Transistors Q4 verbunden. Der Kollektor des zweiten Transistors Q4 ist auf die Basis des dritten Transistors Q5 geführt, dessen Kollektor mit einer Stromspiegelschaltung Q6 verbunden ist. Diese Stromspiegelschaltung Q6 besteht aus einem Diodentransistor sowie einem zugehörigen Stromquellentransistor und ist dabei als pnp-Doppelkollektortransistor ausgeführt. Dabei ist die Basis mit dem einen Kollektor-Anschluss zur Bildung des Einganges verbunden und der zweite Kollektor-Anschluss bildet dabei den Ausgang der

Stromspiegelschaltung. Dieser Ausgang ist an die Basis-Elektroden von drei pnp-Stromquellentransistoren Q1, Q2 und Q7 angeschlossen, deren Emitter-Elektroden direkt auf dem Betriebspotenzial V_S liegen. Der erste Stromquellentransistor Q1 erzeugt einen Strom für die Basis des ersten Transistors Q3 als auch dessen Kollektorstrom, während der zweite Stromquellentransistor Q2 über dessen Kollektor mit dem Kollektor-Anschluss des zweiten Transistors Q4 verbunden ist. Der dritte Stromquellentransistor Q7 dient als Ausgangsstromquelle und leitet einen konstanten Ausgangsstrom I_{out} in eine Last R_{Last} . Schliesslich ist an den Ausgang der Stromspiegelschaltung Q6 ein zweiter Widerstand R2 angeschlossen, der seinerseits über einen Wechselschalter S entweder mit dem Bezugspotenzial der Schaltung (Stellung I) oder mit dem Betriebspotenzial V_S der Schaltung (Stellung II) verbunden werden kann.

In Fig. 1 wird die Bandgap-Zelle durch die beiden Transistoren Q3 und Q4 und den Widerstand R1 gebildet. Dabei wird der durch die unterschiedlichen Stromdichten der Emitterbasisflächen der beiden Transistoren Q3 und Q4 bewirkte Spannungsunterschied über dem Widerstand R1 wirksam. Die gleiche Wirkung kann mit einem Widerstand R1 erreicht werden, der entgegen der Fig. 1 nicht in den Kollektorzweig des Transistors Q3 geschaltet ist, sondern im Emitterzweig des Transistors Q4 liegt, wobei dann die Basis des Transistors Q3 direkt mit dessen Kollektor verbunden ist. Die beiden Alternativen bezüglich der Schaltung des Widerstandes R1 sind auch in der schon eingangs genannten Patentschrift DE 36 10 158 in den Fig. 1a und 1b aufgezeigt.

In Stellung I des Schalters S erfolgt der Anlauf der Schaltung, indem durch die Ableitung der Basisströme der Transistoren Q1, Q2 und Q7 über diesen Widerstand R2 ein Kollektorstrom der Transistoren Q1 und Q2 hervorgerufen wird. Diese Kollektorströme der Transistoren Q1 und Q2 setzen den Regelmechanismus der die Band-Gap-Konstantspannungsquelle bestimmenden Transistoren Q3, Q4 und Q5 in Gang. Diese Funktionsweise im Zusammenhang mit der Stromspiegelschaltung Q6 sowie der gesteuerten Stromquellen Q1 und Q2 sollen im Folgenden erläutert werden.

Bei sehr kleinen Strömen kann zunächst der Spannungsabfall über dem Widerstand R1 vernachlässigt werden. Da die von den Stromquellen Q1 und Q2 erzeugten Ströme untereinander gleich sind, das Flächenverhältnis der Emitterbasisflächen von Transistor Q4 zu Transistor Q3 aber grösser als eins ist, geht der Transistor Q4 in die Sättigung. Hierdurch werden der Transistor Q5 und der Stromspiegel Q6 stromlos, so dass der Strom durch den Widerstand R2 nur in die Basen der Stromquellentransistoren Q1, Q2 und Q7 fliesst. Mit steigendem Strom wird der Spannungsabfall wesentlich und reduziert die Basis-Emitter-Spannung des Transistors Q4 gegenüber derjenigen des Transistors Q3. Wenn der Transistor Q4 aus der Sättigung austritt, beginnt ein Stromfluss durch den Transistor Q5, der weiter über den Stromspiegel Q6 dem Strom durch den Widerstand R2 entgegenwirkt. Damit ist der

Abgleichpunkt der Schaltung erreicht und bei weiter steigendem Strom durch den Widerstand R2 ändern sich die von den Stromquellen Q1, Q2 und Q7 angetriebenen Ströme praktisch nicht mehr. Der Wert des Widerstandes R2 bestimmt den Wert der Versorgungsspannung, bei der der Ausgangsstrom I_{out} konstant wird.

In der Stellung II des Schalters S ist die erfindungsgemässe Konstantstromquelle inaktiv, d.h., die Stromquelle Q7 liefert keinen konstanten Ausgangsstrom I_{out} . Weil in diesem Zustand der Schaltung die Basen der Stromquellentransistoren Q1, Q2 und Q7 keine Restspannungen führen, fliessen nur minimale Leckströme.

Im eingeschalteten Zustand der Konstantstromquelle nach Fig. 1 wird der durch den Widerstand R2 fliessende Strom vom Strom durch den Stromspiegel Q6 kompensiert. Bei einer grossen Schwankungsbreite dieses Stromes durch den Widerstand R2 wird es schwierig, dynamische Stabilität für alle Arbeitspunkte der Schaltung zu sichern.

Die Fig. 2 zeigt dazu eine verbesserte Ausführung einer Konstantstromquelle nach Fig. 1. Diese besteht im Wesentlichen aus den gleichen Bauelementen, die deshalb mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind. So sind eine mit einem ersten, zweiten und dritten npn-Transistor Q3, Q4 und Q5 gebildete Band-Gap-Konstantspannungsquelle vorgesehen, sowie die von der Stromspiegelschaltung Q6 gesteuerten Stromquellen Q1, Q2 und Q7. Schliesslich kann auch der für den Anlauf der Schaltung dienende zweite Widerstand R2 über den Wechselschalter S entweder mit dem Bezugspotenzial (Stellung I) oder mit dem Betriebspotenzial V_S (Stellung II) verbunden werden.

Gegenüber der Schaltung nach Fig. 1 weist die Schaltung nach Fig. 2 einen dritten und vierten Widerstand R3 und R4 auf. Der dritte Widerstand R3 ist zwischen der Basis-Elektrode des Doppelkollektortransistors Q6 und dessen einer Kollektor-Elektrode, die zum Diodentransistor gehört, geschaltet. Der vierte Widerstand R4 verbindet die andere Kollektor-Elektrode der Stromspiegelschaltung Q6 mit dem zweiten Widerstand R2, wobei dessen Verbindungspunkt mit diesem vierten Widerstand R4 auf die erstgenannte Kollektor-Elektrode des Doppel-emitter-Transistors Q6 geführt ist.

Da ein Spannungsversorgungsbereich von 1,2 bis 5,25 V vorgesehen ist, würde der Spannungsabfall an dem zweiten Widerstand R2 in der Schaltung nach Fig. 1 zwischen 0,6 und 4,65 V schwanken. Dies würde zu einer Schwankungsbreite des Kollektorstromes des dritten Transistors Q5 von 1:7–8 führen, wodurch die dynamische Stabilität beeinträchtigt würde und auch eine Schwingungsneigung der Schaltung in Kauf zu nehmen wäre. Die beiden zusätzlich vorgesehenen Widerstände R3 und R4 nach Fig. 2 führen an dem Transistor Q5 dagegen nur noch zu einer Schwankungsbreite von ca. 2:3, und somit wird eine wesentlich bessere dynamische Stabilität über den gesamten obengenannten Spannungsversorgungsbereich erzielt.

Des Weiteren sind den pnp-Transistoren Q1, Q2, Q6 und Q7 Emitterwiderstände RS, R6, R7 und R8

zugeordnet, wodurch Exemplarstreuungen und kapazitive Beeinträchtigungen reduziert werden.

Um die Schwingungsneigung der erfindungsgemässen Konstantstromquelle zu reduzieren, ist ausserdem ein aus einem Widerstand R9 und einer Kapazität C bestehendes RC-Glied zwischen der Basis des dritten Transistors Q5 und dem Bezugspotenzial der Schaltung angeordnet sowie ein Emitterwiderstand R10 desselben Transistors QS vorgesehen.

Die erfindungsgemässe Konstantstromquelle nach Fig. 2 kann beispielsweise in einem Funkuhrschaltkreis nach Fig. 3 eingesetzt werden. Hiernach besteht die Funkuhr aus einem Empfängerschaltkreis 1, der die erfindungsgemässe Konstantstromquelle 2 aufweist sowie mit einer Antenne 4 verbunden ist. Dieser Empfängerschaltkreis führt über eine Leitung 1a einem Prozessor 5 die Empfängerinformation zu, der seinerseits über eine Leitung 5a das Ein- bzw. Ausschalten der Konstantstromquelle 2 bewirkt, also die Funktion des Schalters S nach Fig. 2 übernimmt. Der Prozessor 5 steuert über eine weitere Leitung 5b den eigentlichen Uhrenschaltkreis 6. Bei einer solchen Anwendung der erfindungsgemässen Konstantstromquelle nimmt diese im aktiven Zustand 20 bis 300 μA und im ausgeschalteten Zustand lediglich weniger als 100 nA auf, wobei der Quarzuhr-Schaltkreis 6 0,5 μA aufnimmt.

Die in den Fig. 1 und 2 gezeigten Ausführungsbeispiele können auch mit Transistoren vom entgegengesetzten Leitfähigkeitstyp aufgebaut werden. Schliesslich kann der in der Bandgap-Zelle eingesetzte Widerstand R1 bei den Ausführungsbeispielen auch im Emitterzweig des Transistors Q4 angeordnet werden, wobei dann die Basis des Transistors Q3 direkt an dessen Kollektor angeschlossen ist.

Patentansprüche

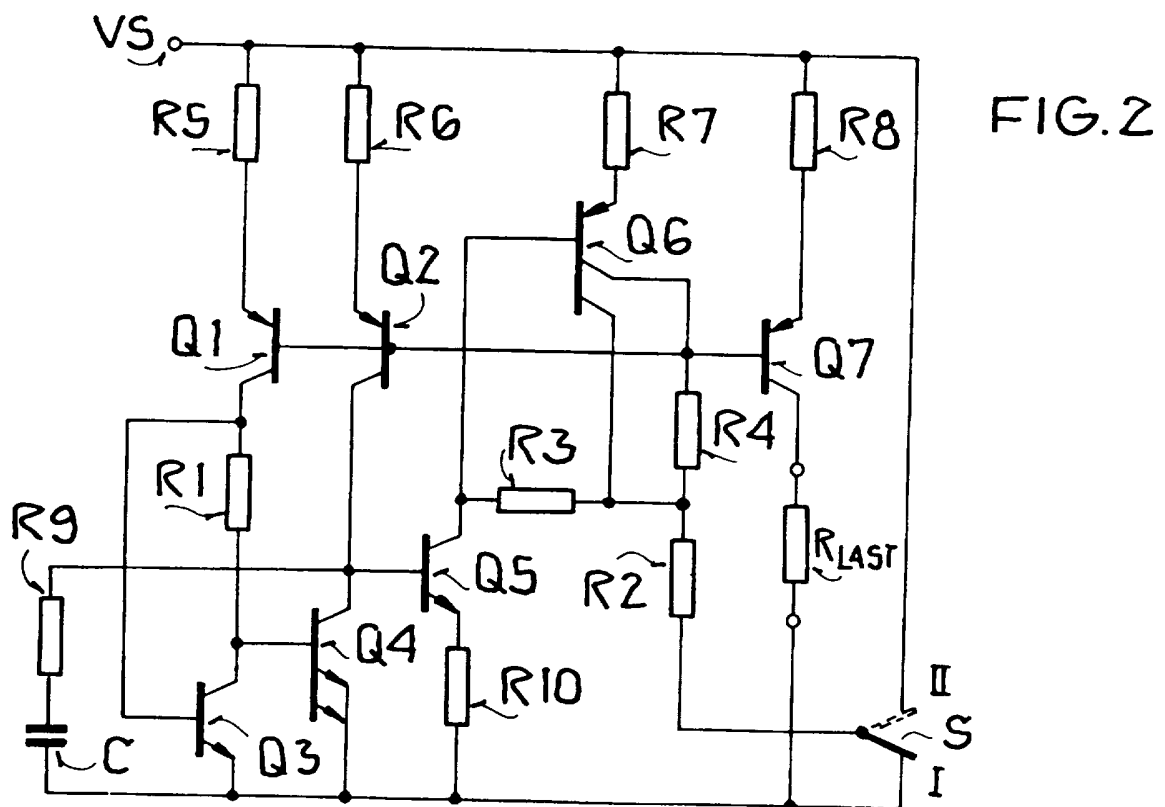
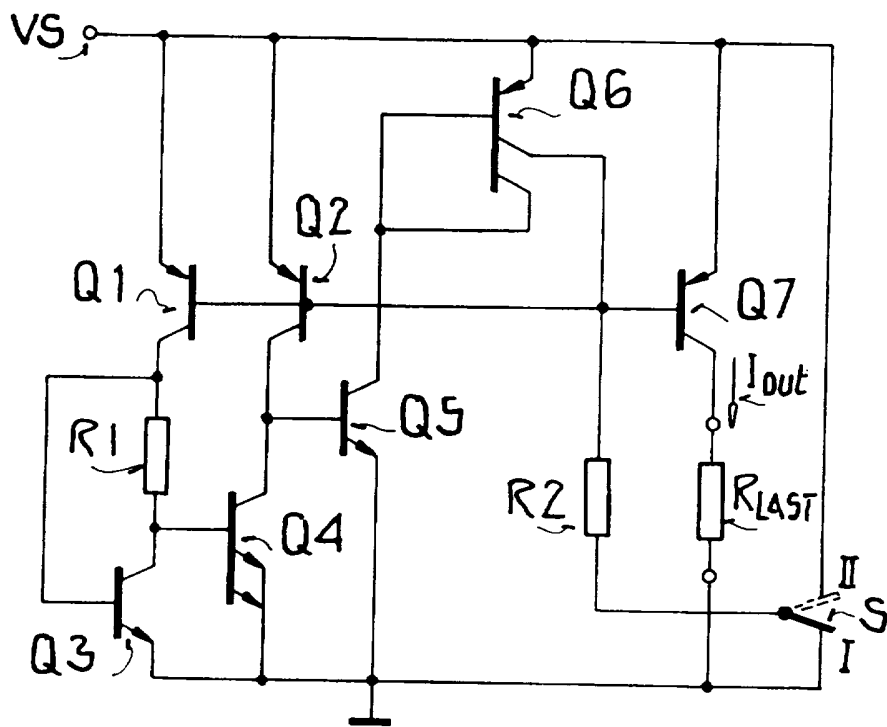
1. Konstantstromquelle mit einer ersten und zweiten gesteuerten Stromquelle (Q1, Q2), einem ersten, zweiten und dritten Transistor (Q3, Q4, Q5) und einem ersten Widerstand (R1), bei der die Basis des zweiten Transistors (Q4) am Kollektor des ersten Transistors (Q3) angeschlossen ist, der Emitter des ersten Transistors (Q3) auf dem Bezugspotenzial der Schaltung liegt, die erste gesteuerte Stromquelle (Q1) mit der Basis des ersten Transistors (Q3) verbunden ist, die zweite gesteuerte Stromquelle (Q2) an den Kollektor des zweiten Transistors (Q4) angeschlossen ist, der seinerseits auf die Basis des dritten Transistors (Q5) geführt ist, und bei der entweder der erste Widerstand (R1) die Basis des ersten Transistors (Q3) mit dessen Kollektor verbindet und der Emitter des zweiten Transistors (Q4) auf dem Bezugspotenzial liegt oder der erste Widerstand (R1) den Emitter des zweiten Transistors (Q4) mit dem Bezugspotenzial verbindet und die Basis des ersten Transistors (Q3) direkt an dessen Kollektor angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, dass eine Stromspiegelschaltung (Q6) mit einem Eingang und einem Ausgang vorgesehen ist, deren Eingang an den Kollektor des drit-

ten Transistors (Q5) angeschlossen ist und dessen Ausgang einerseits die beiden Stromquellen (Q1, Q2) ansteuert und andererseits über einen zweiten Widerstand (R2) mittels eines Wechselschalters (S) mit dem Bezugspotenzial der Schaltung oder mit der Betriebsspannungsquelle (V_S) verbindbar ist und dass eine von der Stromspiegelschaltung (Q6) gesteuerte dritte Stromquelle (Q7) einen Konstantstrom (I_{out}) liefert.

2. Konstantstromquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromspiegelschaltung (Q6) aus einer Transistordiode und einem Stromquellentransistor aufgebaut ist, dass ein dritter und vierter Widerstand (R3, R4) vorgesehen ist, dass der dritte Widerstand (R3) den Kollektor des Diodentransistors mit dessen Basis verbindet, dass der vierte Widerstand (R4) zwischen dem Ausgang der Stromspiegelschaltung (Q6) und dem zweiten Widerstand (R2) geschaltet ist und dass der Kollektor des Diodentransistors der Stromspiegelschaltung (Q6) an den den zweiten mit dem vierten Widerstand verbindenden (R2, R4) Verbindungspunkt angeschlossen ist.

3. Konstantstromquelle nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Stromspiegelschaltung (Q6) ein Doppelkollektortransistor verwendet wird.

4. Konstantstromquelle nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Basis des dritten Transistors (Q5) und dem Bezugspunkt der Schaltung ein RC-Glied (R9, C) geschaltet ist.



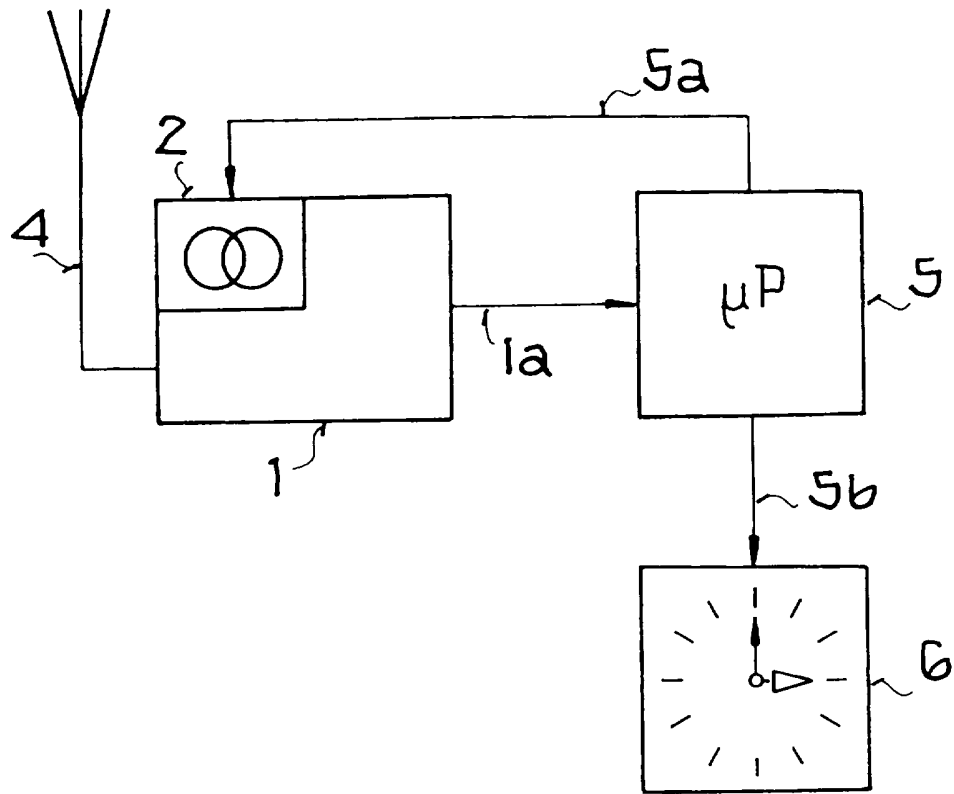


FIG.3