

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **87200162.3**

51 Int. Cl.⁴: **G05F 3/26**

22 Anmeldetag: **03.02.87**

30 Priorität: **07.02.86 DE 3603799**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.09.87 Patentblatt 87/38

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

71 Anmelder: **Philips Patentverwaltung GmbH**
Wendenstrasse 35 Postfach 10 51 49
D-2000 Hamburg 1(DE)

DE FR GB IT

Anmelder: **N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken**
Groenewoudseweg 1

NL-5621 BA Eindhoven(NL)

FR GB IT

72 Erfinder: **Matthies, Karl-Heinz**

Tarfenbööm 14 g

D-2000 Hamburg 62(DE)

74 Vertreter: **Hartmann, Heinrich, Dipl.-Ing. et al**
Philips Patentverwaltung GmbH

Wendenstrasse 35 Postfach 10 51 49

D-2000 Hamburg 1(DE)

54 **Stromspiegelschaltung.**

57 Die Erfindung bezieht sich auf eine Stromspiegelschaltung mit einem ersten und zweiten Transistor (3, 4). Der Basis und dem Kollektor des ersten PNP-Transistors (3) und der Basis des zweiten PNP-Transistors (4), die in einem Knoten (I) gekoppelt sind, wird ein Eingangsstrom (Ye) zugeführt. Der Ausgangsstrom (Ya) ist am Kollektor des zweiten PNP-Transistors (4) abnehmbar. Es ist eine Kompensationsschaltung (2) vorgesehen, die dem Knoten (I) einen Kompensationsstrom zuführt, der im wesentlichen der Summe der Basisströme entspricht.

EP 0 237 086 A1

Stromspiegelschaltung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Stromspiegelschaltung mit einem ersten Transistor, dessen Emittter mit einer Spannungsquelle gekoppelt ist und dessen Kollektor und Basis mit einem Knoten zum Zuführen eines Eingangsstromes gekoppelt sind, und mit wenigstens einem zweiten Transistor, dessen Emittter mit der Spannungsquelle und dessen Basis mit der Basis des ersten Transistors gekoppelt ist und dessen Kollektor den Ausgang zum Abgeben eines Ausgangsstromes bildet.

Eine solche Stromspiegelschaltung ist z.B. aus dem Buch von Jovan Antula, Schaltungen zur Mikroelektronik, Oldenbourg-Verlag, 1984, Seite 56 bis 59, bekannt. Die Funktion einer Stromspiegelschaltung besteht darin, einen Ausgangsstrom zu erzeugen, der in einem festen Verhältnis zum Eingangsstrom steht. Eine Stromspiegelschaltung hat bekanntermaßen einen niedrigen Eingangswiderstand und einen hohen Ausgangswiderstand. Der Ausgangsstrom ändert sich bei Belastung also nur sehr wenig. Weiterhin ist eine solche Schaltung weitgehend unabhängig von Temperatureinflüssen.

In der bekannten Schaltung ist bei hohen Gleichstromverstärkungsfaktoren der Eingangsstrom ungefähr gleich dem Ausgangsstrom. Der Symmetriefehler der Stromspiegelschaltung, der von den Basisströmen der beiden Transistoren hervorgerufen wird, ist bei hohen Gleichstromverstärkungsfaktoren nahezu vernachlässigbar.

Hauptsächlich werden Stromspiegelschaltungen in integrierten Schaltungen eingesetzt. Bei der Verwendung von PNP-Transistoren kann nun folgendes Problem auftreten. Die Stromverstärkung hängt wesentlich von der Emittterfläche eines PNP-Transistors ab. Eine Veränderung der Emittterfläche bedeutet eine Veränderung der Stromverstärkung. Es können bei der Fertigung von integrierten Schaltungen, die wenigstens eine Stromspiegelschaltung mit PNP-Transistoren enthalten, solche Exemplarstreuungen auftreten, daß die Symmetriefehler nicht mehr vernachlässigbar werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung der eingangs genannten Art so auszubilden, daß die Symmetriefehler verringert werden.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß eine mit weiteren Transistoren aufgebaute Kompensationsschaltung dem Knoten einen Kompensationsstrom zuführt, der im wesentlichen der Summe der Basisströme des ersten und zweiten Transistors entspricht.

In der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung wird mit Hilfe der Kompensationsschaltung der von den Basisströmen der beiden Stromspiegeltransistoren hervorgerufene Symmetriefehler kompensiert.

Es sei erwähnt, daß aus der US-PS 39 16 331 eine Kompensationsschaltung für einen Eingangstransistor bekannt ist, der ein Eingangssignal an seiner Basis empfängt und dieses zu einer Differenzverstärkerstufe weiterleitet. Dabei wird der Basisstrom des Eingangstransistors kompensiert, in dem aus dem Strom aus seinem Kollektor ein Kompensationsstrom gewonnen wird. Damit soll der Eingangswiderstand dieser Schaltungsanordnung erhöht werden.

In einer ersten Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Emittter des ersten Transistors über einen ersten Widerstand, und der Emittter des zweiten Transistors über einen zweiten Widerstand, der nahezu den gleichen Wert wie der erste aufweist, mit der Spannungsquelle gekoppelt ist. Mit dem ersten und zweiten Widerstand wird verhindert, daß durch Streuungen bedingte unterschiedliche Basis-Emittter-Spannungen der beiden Stromspiegeltransistoren die Funktion der Stromspiegelschaltung verändern.

Zur Verbesserung der dynamischen Eigenschaften der Stromspiegelschaltung ist ein dritter Widerstand zwischen der Basis des ersten Transistors und dem Knoten angeordnet. Mit Hilfe dieses dritten Widerstandes wird erreicht, daß ein Impuls im wesentlichen unverzerrt über die Stromspiegelschaltung übertragen wird. Dabei sollte der dritte Widerstand im wesentlichen den gleichen Wert wie der erste Widerstand aufweisen.

In einer anderen Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß der erste und zweite Transistor jeweils ein PNP-Transistor ist und daß der von der Kompensationsschaltung, die weitere PNP-Transistoren enthält, erzeugte Kompensationsstrom in gleicher Weise von der Emittterfläche der PNP-Transistoren in der Kompensationsschaltung abhängt wie die Summe der Basisströme des ersten und zweiten Transistors von ihrer Emittterfläche.

In der Kompensationsschaltung wird ein Kompensationsstrom erzeugt, dessen Größe abhängig ist von der Emittterfläche der in der Kompensationsschaltung verwendeten PNP-Transistoren. Die bei der Fertigung von integrierten Schaltungen auftretenden Streuungen der Emittterfläche zwischen verschiedenen Exemplaren bewirkt einen jeweils anderen Gleichstromverstärkungsfaktor, da der Gleichstromverstärkungsfaktor von der Emittterfläche eines

Transistors abhängt. Es tritt jedoch keine Änderung des Verhältnisses der Emitterflächen der verschiedenen Transistoren in der integrierten Schaltung untereinander auf. Daher werden der Kompensationsstrom und die Summe der Basisströme des ersten und zweiten PNP-Transistors von der Emitterfläche der Transistoren bestimmt.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß in der Kompensationsschaltung ein dritter PNP-Transistor, dessen Basis mit dem Knoten und dessen Emitter mit der Spannungsquelle gekoppelt ist, seinen Kollektorstrom über eine Emitter-Basis-Strecke eines vierten PNP-Transistors, dessen Kollektor an einem Bezugspotential liegt, einem invertierenden Verstärker zuführt, der dem Knoten von seinem Ausgang einen Strom zuleitet, der im wesentlichen gleich der Summe der Basisströme des ersten, zweiten und dritten PNP-Transistors ist. Dabei kann der Emitter des dritten Transistors über einen vierten Widerstand mit der Spannungsquelle gekoppelt sein.

Der Strom am Ausgang des Verstärkers entspricht dem Basisstrom des ersten, zweiten und dritten PNP-Transistors. Um bei verschiedenen Exemplaren von integrierten Schaltungen, die die Stromspiegelschaltung enthalten, d.h. die verschiedenen Exemplare der Stromspiegelschaltung haben unterschiedliche Emitterflächen, die von den ersten beiden PNP-Transistoren hervorgerufene Summe der Basisströme kompensieren zu können, weist die Emitterfläche des dritten bzw. des vierten PNP-Transistors ein konstantes Verhältnis zu der Emitterfläche des ersten bzw. zweiten PNP-Transistors auf. Der vierte Widerstand und der Gleichstromverstärkungsfaktor des Verstärkers müssen so gewählt werden, daß der Verstärker einen Strom abgibt, der der Summe der Basisströme des ersten, zweiten und dritten Transistors entspricht. Der Wert des vierten Widerstandes kann nun so gewählt werden, daß dieser im wesentlichen gleich dem doppelten Wert des ersten Widerstandes ist und der Gleichstromverstärkungsfaktor des invertierenden Verstärkers so, daß dieser einen Wert von 3 hat. In diesem Fall ist der Basisstrom des dritten PNP-Transistors ungefähr so groß wie der halbe Summenstrom der Basisströme des ersten und zweiten PNP-Transistors.

In einer Ausführungsform für den invertierenden Verstärker ist vorgesehen, daß dieser einen ersten NPN-Transistor enthält, dessen Kollektor und Basis mit der Basis des vierten PNP-Transistors und dessen Emitter mit dem Bezugspotential gekoppelt sind, und einem zweiten NPN-Transistor, dessen Emitterfläche im wesentlichen gleich der dreifachen Emitterfläche des ersten NPN-Transistors ist und dessen Basis mit der Basis des ersten NPN-Transistors und dessen Emitter mit dem Bezugspotential und dessen Kollektor mit dem Knoten

gekoppelt ist. Der Verstärker ist hier als eine einfache Stromspiegelschaltung aus NPN-Transistoren ausgebildet, die in der Regel eine so hohe Verstärkung haben, daß die durch die Basisströme hervorgerufenen Symmetriefehler kaum bemerkbar sind.

Anhand der Zeichnung wird im folgenden ein Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert:

Der Eingangsstrom I_e fließt einem Knoten I zu, der die Kompensationsschaltung 2 und den Kollektor eines ersten PNP-Transistors 3, die Basis eines zweiten PNP-Transistors 4 und einen Anschluß eines Widerstandes 5 verbindet. Der andere Anschluß des Widerstandes 5 ist an die Basis des Transistors 3 angeschlossen. Der Emitter des Transistors 3 ist über einen Widerstand 6 und der Emitter des Transistors 4 über einen Widerstand 7 an eine Spannungsquelle U_b angeschlossen. Der Ausgangsstrom I_a der Stromspiegelschaltung wird vom Kollektor des Transistors 4 geliefert. Die Widerstände 6 und 7 sollten so gewählt werden, daß an ihnen eine Spannung abfällt, die größer ist als ein Drittel der Basis-Emitter-Spannung des Transistors 3 oder 4. Bevorzugt werden sollte ein solcher Wert, bei dem ein Spannungsabfall auftritt, der der Hälfte der Basis-Emitter-Spannung eines Transistors 3 oder 4 entspricht. Mit den Widerständen 6 und 7 wird verhindert, daß durch Streuungen bedingte unterschiedliche Basis-Emitter-Spannungen des Transistors 3 bzw. 4 die Funktion der Stromspiegelschaltung verändern.

In der Kompensationsschaltung 2 ist die Basis eines PNP-Transistors 8 mit dem Knoten I verbunden, dessen Emitter über einen Widerstand 9 mit der Spannungsquelle U_b verbunden ist und dessen Kollektor an den Emitter eines PNP-Transistors 12 angeschlossen ist. Der Kollektor des Transistors 12 ist an Masse gelegt und dessen Basis mit der Basis und dem Kollektor eines NPN-Transistors 10 verbunden. Der Emitter dieses Transistors 10 ist ebenso wie der Emitter eines NPN-Transistors 11 an Masse gelegt, dessen Basis mit der Basis des Transistors 10 verbunden ist und dessen Kollektor an den Knoten I angeschlossen ist. Die Transistoren 10 und 11 bilden eine einfache Stromspiegelschaltung, bei der nur sehr kleine vernachlässigbare Symmetriefehler auftauchen, da in der Regel die Gleichstromverstärkung eines NPN-Transistors sehr hoch ist.

Die Emitterfläche des Transistors 8 bzw. des Transistors 12 ist gleich der Hälfte der Emitterfläche des Transistors 3 bzw. des Transistors 4. Die Emitterfläche des Transistors 11 ist gleich der dreifachen Emitterfläche des Transistors 10. Die Emitterfläche des NPN-Transistors 10 kann z.B. gleich einem Sechstel und die Emitterfläche des NPN-Transistors 11 gleich der Hälfte der Emitterfläche des Transistors 3 bzw. des Transistors 4 sein. Der aus

den NPN-Transistoren 10 und 11 gebildete invertierende Verstärker weist einen Gleichstromverstärkungsfaktor von 3 auf. Der Wert des Widerstandes 9 ist gleich dem doppelten Wert des Widerstandes 6 bzw. des Widerstandes 7.

Mit Hilfe der Stromspiegelschaltung soll ein Ausgangsstrom erzeugt werden, der in einem festen Verhältnis zum Eingangsstrom steht, z.B. einem Verhältnis von eins. Bei der bekannten Schaltungsanordnung, d.h. ohne den Widerstand 5 und die Kompensationsschaltung 2 weist die Stromspiegelschaltung einen Symmetriefehler auf, der durch die beiden Basisströme der Transistoren 3 und 4 hervorgerufen wird. Mit Hilfe der Kompensationsschaltung 2 wird ein Kompensationsstrom erzeugt, der der Summe der Basisströme der Transistoren 3 und 4 entgegenwirkt. Dieser Kompensationsstrom ist ungefähr gleich dem doppelten Basisstrom des Transistors 8.

Eine solche Stromspiegelschaltung wird in der Regel in einer integrierten Schaltung eingesetzt. Die Emitterflächen der Transistoren können bei den verschiedenen Exemplaren der integrierten Schaltung unterschiedlich sein. Diese Emitterflächen verändern sich relativ zueinander nicht, sondern nur die absolute Größe der Emitterfläche eines Transistors kann sich verändern. Da die Gleichstromverstärkung der Transistoren abhängig von der Emitterfläche ist, weisen unterschiedliche Exemplare der Stromspiegelschaltung auch unterschiedliche Gleichstromverstärkungen auf. Mit einer Änderung der Gleichstromverstärkung, ergibt sich auch eine Änderung der Basisströme der Transistoren 3 und 4. Da sich die Emitterflächen der Transistoren 8, 9, 10 und 11 ebenfalls ändern, ändert sich auch deren Gleichstromverstärkung und somit der Kompensationsstrom. Die erfindungsgemäße Stromspiegelschaltung kann also auch angewendet werden, wenn die Gleichstromverstärkungen sehr klein sind, da sich die Symmetriefehler, die sich bei der bekannten Stromspiegelschaltung auswirken würden, kompensiert werden.

Der Widerstand 5, der den gleichen Wert hat wie der Widerstand 6 bzw. der Widerstand 7 verbessert die Übertragungseigenschaften der Stromspiegelschaltung. Bei einem Eingangsstromimpuls würde ohne diesen Widerstand 5 der Ausgangsstromimpuls einen sehr langsamen Flankenanstieg aufweisen. Durch den Widerstand 5 ergibt sich eine höhere Flankensteilheit. In einer praktischen Schaltungsrealisierung wurden für die Widerstände 5, 6 und 7 ein Wert von 5 kOhm und für den Widerstand 9 ein Wert von 10 kOhm gewählt. Wie sich in praktischen Untersuchungen gezeigt hat, ist die Stromspiegelschaltung auch weitgehend unabhängig von Temperaturschwankungen.

Ansprüche

1. Stromspiegelschaltung mit einem ersten Transistor (3), dessen Emitter mit einer Spannungsquelle (U_b) gekoppelt ist und dessen Kollektor und Basis mit einem Knoten (I) zum Zuführen eines Eingangsstromes (Y_e) gekoppelt sind, und mit wenigstens einem zweiten Transistor (4), dessen Emitter mit der Spannungsquelle (U_b) und dessen Basis mit der Basis des ersten Transistors (3) gekoppelt ist und dessen Kollektor den Ausgang zum Abgeben eines Ausgangsstromes (Y_a) bildet,

dadurch gekennzeichnet, daß eine mit weiteren Transistoren aufgebaute Kompensationsschaltung - (2) dem Knoten (I) einen Kompensationsstrom zuführt, der im wesentlichen der Summe der Basisströme des ersten und zweiten Transistors (3, 4) entspricht.

2. Stromspiegelschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Emitter des ersten Transistors (3) über einen ersten Widerstand - (6), und der Emitter des zweiten Transistors (4) über einen zweiten Widerstand (7), der nahezu den gleichen Wert wie der erste aufweist, mit der Spannungsquelle (U_b) gekoppelt ist.

3. Stromspiegelschaltung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein dritter Widerstand (5) zwischen der Basis des ersten Transistors (3) und dem Knoten (I) angeordnet ist.

4. Stromspiegelschaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der dritte Widerstand (5) im wesentlichen den gleichen Wert wie der erste Widerstand (6) aufweist.

5. Stromspiegelschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erste und der zweite Transistor (3, 4) jeweils ein PNP-Transistor ist und daß der von der Kompensationsschaltung - (2), die weitere PNP-Transistoren enthält, erzeugte Kompensationsstrom in gleicher Weise von der Emitterfläche der PNP-Transistoren in der Kompensationsschaltung (2) abhängt wie die Summe der Basisströme des ersten und zweiten Transistors (3, 4) von ihrer Emitterfläche.

6. Stromspiegelschaltung nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in der Kompensationsschaltung (2) ein dritter PNP-Transistor (8), dessen Basis mit dem Knoten (I) und dessen Emitter mit der Spannungsquelle gekoppelt ist, seinen Kollektorstrom über eine Emitter-Basis-Strecke eines vierten PNP-Transistors (12), dessen Kollektor an einem Bezugspotential liegt, einem invertierenden Verstärker (10, 11) zuführt, der dem Knoten (I) von seinem Ausgang einen Strom zulei-

tet, der im wesentlichen gleich der Summe der Basisströme des ersten, zweiten und dritten PNP-Transistors (8, 3, 4) ist.

7. Stromspiegelschaltung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Emitter des dritten Transistors (8) über einen vierten Widerstand - (9) mit der Spannungsquelle gekoppelt ist.

5

8. Stromspiegelschaltung nach Anspruch 7 in integrierter Schaltungstechnik, dadurch gekennzeichnet, daß die Emitterfläche des dritten und des vierten PNP-Transistors (8, 12) im wesentlichen gleich der Hälfte der Emitterfläche des ersten PNP-Transistors (3) ist, daß der Wert des vierten Widerstandes (9) im wesentlichen gleich dem doppelten Wert des ersten Widerstandes (6) ist und daß der invertierende Verstärker (10, 11) einen Gleichstromverstärkungsfaktor von drei hat.

10

15

9. Stromspiegelschaltung nach Anspruch 8 in integrierter Schaltungstechnik, dadurch gekennzeichnet, daß der invertierende Verstärker einen ersten NPN-Transistor (10) enthält, dessen Kollektor und Basis mit der Basis des vierten PNP-Transistors (12) und dessen Emitter mit dem Bezugspotential gekoppelt sind, und einen zweiten NPN-Transistor (11), dessen Emitterfläche im wesentlichen gleich der dreifachen Emitterfläche des ersten NPN-Transistors (10) ist und dessen Basis mit der Basis des ersten NPN-Transistors (10) und dessen Emitter mit dem Bezugspotential und dessen Kollektor mit dem Knoten (1) gekoppelt ist.

20

25

30

35

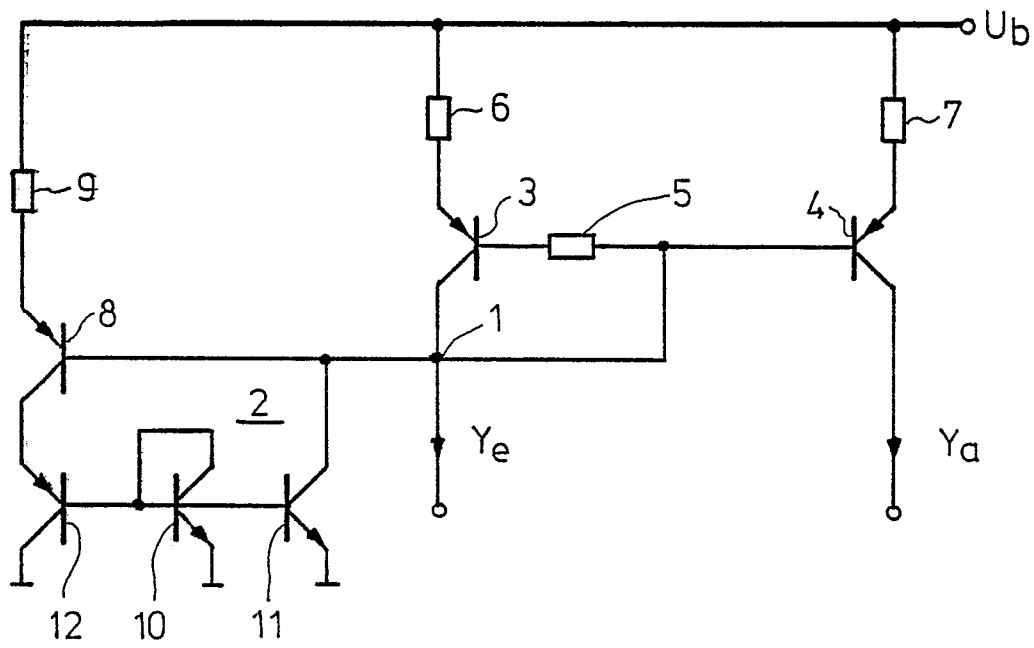
40

45

50

55

5





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 87 20 0162

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
A	US-A-4 525 683 (JASON) * Figur 3; Spalte 3, Zeilen 18-52; Spalte 4, Zeilen 1-33 *	1	F 01 G 05F/26
A	--- US-A-4 103 249 (BURDICK) * Figur 2; Spalte 5, Zeilen 1-29 *	1	
A	--- EP-A-0 103 768 (SIEMENS) * Figur 1 *	3	

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4) G 05 F 3/00 H 03 F 1/00 H 03 F 3/00
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 27-04-1987	Prüfer CLEARY F.M.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			