



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

**PATENT** A5

11

**647 109**

21 Gesuchsnummer: 2171/80

22 Anmeldungsdatum: 19.03.1980

24 Patent erteilt: 28.12.1984

45 Patentschrift veröffentlicht: 28.12.1984

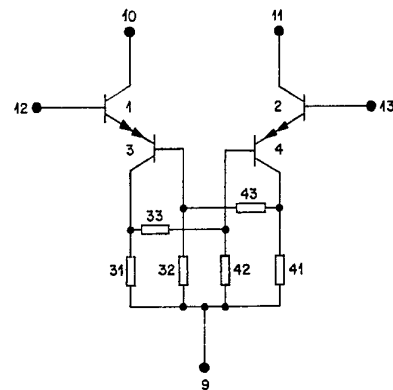
73 Inhaber:  
Firma Willi Studer, Regensdorf

72 Erfinder:  
Zogg, Urs, Rümlang

74 Vertreter:  
Dr. A.R. Egli & Co., Patentanwälte, Zürich

**54 Differentialstufe mit genauem exponentiellem Zusammenhang zwischen dem Kollektorstromverhältnis und der Spannung zwischen den beiden Basen.**

57 Die Differentialstufe wird innerlich durch zusätzliche Transistoren (3, 4, 7, 8) so kompensiert, dass der Anwender dieser Schaltungsanordnung von aussen nichts merkt und auch keine Rücksicht zu nehmen braucht. Vor allem werden die Basen (12, 13) der Differentialstufe zur Kompensation nicht benutzt. Die Kompensation ist auch geeignet für hohe Frequenzen.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Differentialstufe mit genauem exponentiellem Zusammenhang zwischen dem Kollektorstromverhältnis und der Spannung zwischen den beiden Basen, wobei die beiden Zweige der Differentialstufe je aufgebaut sind als Serieschaltung von Transistoren entgegengesetzter Polarität, dadurch gekennzeichnet, dass in jedem Zweig je ein Transistor (3, 4, 7, 8) zur Kompensation der Spannungsabfälle über den Bahn- und Kontaktierungs-Widerständen angeordnet ist.

2. Differentialstufe nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Schaltungsanordnung:

- zwei Transistoren erster Art (1, 2) sind emitterseitig über zwei Transistoren zweiter Art (3, 4) so zusammengesaltet, dass in jedem Zweig zwei Emitter entgegengesetzter Polarität miteinander verbunden sind,

- jeder der beiden Zweige enthält zwei niederohmige Zuleitungswiderstände (31, 32; 41, 42), die an den Kollektoren und Basen der Transistoren der zweiten Art (3, 4) angeschlossen sind,

- zwei weitere Widerstände (33, 43) sind zwischen dem Kollektor des einen Transistors zweiter Art (3) und der Basis des anderen Transistors zweiter Art (4) angeordnet (Fig. 1).

3. Differentialstufe nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Schaltungsanordnung:

- zwei Transistoren erster Art (5, 6) sind emitterseitig über zwei Transistoren zweiter Art (7, 8) so zusammengesaltet, dass in jedem Zweig zwei Emitter entgegengesetzter Polarität miteinander verbunden sind,

- jeder der beiden Zweige enthält einen niederohmigen Zuleitungswiderstand (71; 81) zu den Kollektoren der Transistoren der zweiten Art (7, 8),

- Verbindungen zwischen der Basis des einen Transistors zweiter Art und der Basis des anderen Transistors zweiter Art sind vorgesehen (Fig. 2).

Die Erfindung betrifft Differentialstufen mit genauem exponentiellem Zusammenhang zwischen dem Kollektorstromverhältnis und der Spannung zwischen den beiden Basen, wobei die beiden Zweige der Differentialstufe je aufgebaut sind als Serieschaltung von Transistoren entgegengesetzter Polarität.

Differentialstufen werden an sehr vielen Stellen der analogen Signalverarbeitung benötigt:

- in der Analogrechenntechnik, z.B. für Logarithmierer, Antilogarithmierer, Multiplizierer (1)
- in der Audiotechnik für spannungsgesteuerte Verstärker (2) und für Spannungs-Strom-Wandler mit spannungsgesteuerter Steilheit (3)
- in der Regelungstechnik für Integratoren mit spannungsgesteuerter Zeitkonstante
- in der Filtertechnik für Filter mit spannungsgesteuerter Eckfrequenz (4)
- im Messgerätebau für Funktionsgeneratoren und Sinusoszillatoren mit gesteuerter Frequenz (4)
- in der HF-Technik für AGC-Schaltungen (5).

## Literatur

(1) Wong & Ott: Function Circuits, McGraw - Hill Book Company, 1976.

(2) Blackmer, D.E.: Multiplier Circuits; United States Patent 3 714 462.

(3) Zogg, Urs: Patentanmeldung in der Schweiz, 1980.

(4) Zogg, Urs: Studienarbeit am Institut für Technische Physik, ETH-Zürich, 1978.

(5) Solomon & Davis: Automatic Gain Control Amplifier, United States Patent 3 684 974.

Gewöhnliche Differentialstufen zeigen Abweichungen vom exponentiellen Zusammenhang, verursacht durch die Basis-Bahnwiderstände und die Emitterkontaktierungswiderstände. Die Spannungsabfälle über diesen Widerständen können kompensiert werden (1).

Die bisher bekannten Kompensationsschaltungen weisen folgende Nachteile auf:

- Die Basen der Transistoren werden zur Kompensation benutzt und sind somit nicht mehr so frei schaltbar.

- Die Kompensation kann nur dann mit Widerständen durchgeführt werden, wenn eine Spannung proportional zu den Strömen durch diese Widerstände vorliegt. Zudem muss diese Spannung noch das richtige Vorzeichen aufweisen.

Weiter wird der Knoten mit der erwähnten proportionalen Spannung durch die Kompensationswiderstände strommässig belastet.

- Liegt keine Spannung proportional zu den Strömen der Widerstände vor, so muss sie erzeugt werden durch eine Schaltung mit Transistoren. Diese zusätzlichen Transistoren sind parallel geschaltet und verursachen einen doppelt so grossen Strom, der dann erst noch gespiegelt werden muss.

Diese Kompensationen werden ungenau bei hohen Frequenzen und sind kaum integrierbar.

- Der Kompensationsfehler in Funktion der Temperatur ist nicht derselbe bei NPN- und PNP-Differentialstufen.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, die genannten Nachteile der bekannten Differentialstufen zu beseitigen. Diese Aufgabe wird durch die in Patentanspruch 1 definierte Erfindung gelöst.

Die genannten Nachteile werden durch folgende Massnahmen beseitigt:

- Die Basen der Transistoren werden zur Kompensation nicht benutzt.

- Es werden keine Hilfsspannungen oder Hilfsströme ausserhalb der Differentialstufen benutzt.

- Spannungen proportional zu den Strömen durch die Bahn- und Kontaktierungswiderstände werden erzeugt durch Transistoren in Serie. Diese Transistoren können vom Anwender der kompensierten Differentialstufe als Dioden betrachtet werden. Sie verursachen im allgemeinen keine zusätzlichen Verlustleistungen der Gesamtschaltung.

- Der Kompensationsfehler in Funktion der Temperatur ist bei N-Differentialstufen und bei P-Differentialstufen derselbe, wenn bei beiden Differentialstufen in jedem Zweig je gleich viele NPN- und PNP-Transistoren verwendet werden.

- Die Kompensation ist auch bei hohen Frequenzen genau, da keine Phasenverschiebungen durch Stromspiegel auftreten.

- Die Differentialstufen sind integrierbar mit Prozessoren mit dielektrischer Isolation.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden an Hand der folgenden Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 eine N-Differentialstufe bestehend aus zwei NPN- und zwei PNP-Transistoren und aus sechs Kompensationswiderständen,

Fig. 2 eine N-Differentialstufe bestehend aus zwei NPN- und zwei PNP-Transistoren und aus zwei Kompensationswiderständen.

Da gewisse Änderungen in den Schaltanordnungen möglich sind, beziehungsweise je nach der Technologie der Schaltung nötig sind, ohne von der Grundidee der Erfindung abzuweichen, sind die gegebenen Figuren nur im illustrierenden Sinne und nicht im limitierenden Sinne zu verstehen.

Die Fig. 1 zeigt eine N-Differentialstufe, bestehend aus

zwei NPN-Transistoren 1, 2 und zwei PNP-Transistoren 3, 4 sowie aus sechs Kompensationswiderständen 31, 32, 33 und 41, 42, 43. Die Widerstände 31, 32 sind Kollektor- und Basis-Zuleitungswiderstände für den einen PNP-Transistor 3. Die Widerstände 41, 42 sind Kollektor- und Basis-Zuleitungswiderstände für den anderen PNP-Transistor 4. Der Widerstand 33 ist zwischen dem Kollektor des einen Transistors 3 und der Basis des anderen Transistors 4 eingeschaltet. Der Widerstand 43 ist zwischen der Basis des einen Transistors 3 und dem Kollektor des anderen Transistors 4 angeordnet. Die vier Zuleitungswiderstände 31, 32, 41, 42 sind mit ihrem einen Ende zu einem einzigen Punkt 9 verbunden. Dieser Punkt ist der Emitter der N-Differentialstufe der Fig. 1. Die Zuleitungswiderstände besitzen in diesem Ausführungsbeispiel einen Wert von 10 Ohm. Die Widerstände können auch andere Werte haben, wobei diese Widerstandswerte auch unterschiedlich zueinander sein können. Wesentlich bei diesem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist, dass der Spannungsabfall zum Beispiel am Widerstand 32 gleich ist mit der Summe der Spannungsabfälle an den Zuleitungs- und Kontaktierungswiderständen der beiden Transistoren 2 und 4. Das gleiche gilt natürlich umgekehrt für den Spannungsabfall am Widerstand 42, der der Summe der Spannungsabfälle an den Zuleitungs- und Kontaktierungswiderständen der Transistoren 3 und 4 gleich sein muss. Die beiden anderen Widerstände 33 und 43 müssen einen solchen Widerstandswert aufweisen, dass die eben genannte Bedingung immer erfüllt ist. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 haben die beiden Widerstände einen Wert von je 50 Ohm. Die beiden Widerstände können auch voneinander unterschiedliche Widerstandswerte

annehmen. Die in der Fig. 1 dargestellte N-Differentialstufe enthält Basen 12, 13, die den Basen der Transistoren 1, 2 entsprechen. Die Kollektoren 10, 11 dieser N-Differentialstufe entsprechen den Kollektoren der gleichen Transistoren 1, 2.

Die Fig. 2 zeigt eine N-Differentialstufe, bestehend aus den beiden NPN-Transistoren 5, 6 und den beiden PNP-Transistoren 7, 8 sowie aus den zwei Kompensationswiderständen 71, 81. Dies Ausführungsbeispiel ist einfacher als das der Fig. 1. Bei der Differentialstufe der Fig. 2 ist zu beachten, dass die Widerstandswerte der beiden Widerstände 71, 81 in jedem Zweig so bestimmt werden müssen, dass der Spannungsabfall über dem Kompensationswiderstand eines Zweiges gleich der Summe der Spannungsabfälle über den Zuleitungs- und Kontaktierungswiderständen der Transistoren dieses Zweiges ist. Die Basis des Transistors 8 ist mit dem Kollektor des Transistors 7 und dem Widerstand 71 verbunden. Die Basis des Transistors 7 ist am Kollektor des Transistors 8 und am Widerstand 81 angeschlossen. Die anderen Enden der beiden Widerstände 71, 81 sind zusammengeführt zum Emitter 9 der gesamten N-Differentialstufe. Die Kollektoren 10, 11 der beiden Transistoren 5, 6 sind die Kollektoren der Differentialstufe. Ebenfalls sind die Basen 12, 13 der beiden Transistoren 5, 6 die Basen der Differentialstufe.

Es wird noch darauf hingewiesen, dass die beiden Widerstände 71, 81 Widerstandswerte in der Größenordnung von je 2 Ohm besitzen. Diese Widerstände können entweder durch diskrete Widerstände, wie in der Fig. 2 dargestellt, realisiert werden oder durch Kontaktierungen bzw. Bahngebiete auf dem gleichen Halbleiter-Chip zum Emitter 9 der Differential-schaltung.

Fig. 1

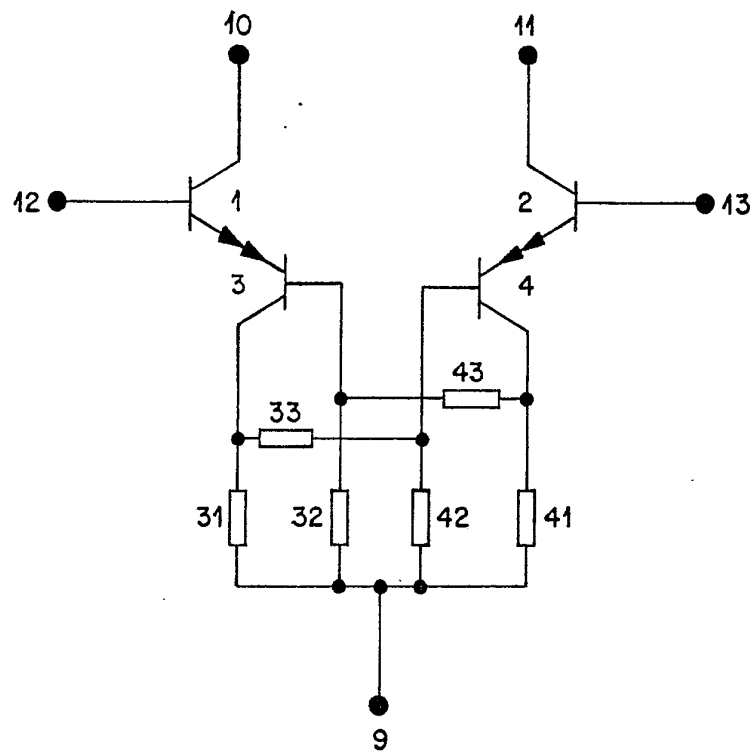


Fig. 2

