



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **103 37 285.7**  
 (22) Anmeldetag: **13.08.2003**  
 (43) Offenlegungstag: **10.03.2005**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **13.02.2014**

(51) Int Cl.: **H03F 1/30 (2006.01)**  
**H03F 3/189 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Intel Mobile Communications GmbH, 85579,  
 Neubiberg, DE**

(74) Vertreter:  
**BOEHMERT & BOEHMERT, 28209, Bremen, DE**

(72) Erfinder:  
**Traub, Johann, 89415, Lauingen, DE**

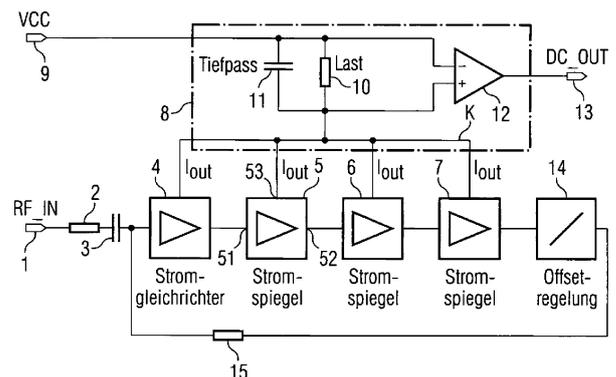
(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>US</b>	<b>6 252 455</b>	<b>B1</b>
<b>US</b>	<b>2003 / 0 052 726</b>	<b>A1</b>
<b>EP</b>	<b>0 926 819</b>	<b>A2</b>
<b>JP</b>	<b>2003- 046 341</b>	<b>A</b>

(54) Bezeichnung: **Verstärkeranordnung**

(57) Hauptanspruch: Verstärkeranordnung, mit:  
 mehreren Verstärkerstufen (4, 5, 6, 7), die eine Verstärkerkette bilden, wobei jede Verstärkerstufe folgende Merkmale umfaßt:

- einen Signaleingang (51),
- einen Signalausgang (52), und
- ein Stromauskoppelglied (55, 64, 65), das an den Signaleingang angeschlossen ist; und einem Summierglied (8), an dem eingangsseitig die Stromauskoppelglieder (55, 64, 65) der Verstärkerstufen angeschlossen sind und das ausgangsseitig ein Signal bereitstellt, welches den Leistungspegel eines hochfrequenten Signals am Eingang (1) der Verstärkeranordnung darstellt, dadurch gekennzeichnet, daß jede Verstärkerstufe einen Stromspiegel (54, 66, 67) ausgelegt zur Stromverstärkung umfaßt, der den Signaleingang mit dem Signalausgang koppelt.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Verstärkeranordnung.

**[0002]** Verstärkeranordnungen, die in der Nachrichtentechnik bei der hochfrequenten Signalübertragung in Empfangsschaltungen vorgesehen sind, haben normalerweise einen mehrstufigen Aufbau. Dabei ist es üblich, ein hochfrequentes Spannungssignal in die Kette von Verstärkerstufen einzuspeisen.

**[0003]** Die US 6 252 455 B1 zeigt eine Verstärkerkette aus mehreren regelbaren und nicht-regelbaren Verstärkern, der ein Einstellsignal zur Verstärkungsregelung zugeführt wird, welches von einem Fehlersignal abgeleitet wurde. Das Fehlersignal wird durch einen Vergleich von ausgekoppelten Signalanteilen am Anfang und am Ende des Verstärkers erzeugt.

**[0004]** Ein derartiger mehrstufiger Verstärker in einem Hochfrequenzempfänger wird oft auch dazu mitbenutzt, ein sogenanntes RSSI-Signal zu erzeugen. Das RSSI(Receive Signal Strength Indicator)-Signal repräsentiert den Leistungspegel des empfangenen Hochfrequenzsignals am Eingang des Verstärkers.

**[0005]** Hierfür wird normalerweise an jeder Verstärkerstufe ein gleichgerichtetes Signal erzeugt, welches am Emitterknoten des Differenzverstärkers der Verstärkerstufe anliegt. Mit einem weiteren Differenzverstärker in jeder Verstärkerstufe wird das gleichgerichtete Signal mit einer Referenzspannung verglichen. Die Ausgangsströme des zweiten Differenzverstärkers werden voneinander subtrahiert und diese Differenz wird mit den Differenzen der weiteren Verstärkerstufen addiert. Somit ist ein RSSI-Signal bereitgestellt.

**[0006]** Im unausgesteuerten Fall, d. h. bei einer Eingangsleistung von 0, sind die Ausgangsströme alle gleich und die Stromdifferenz ist 0. Bei maximaler Eingangsleistung sind alle zweiten Differenzverstärker voll ausgesteuert und es ergibt sich eine maximale Stromdifferenz. Kennzeichnend für einen derartigen Verstärker mit RSSI-Ausgang ist, daß die Kennlinie dB-linear ist, da sich der Ausgangsstrom pro Verstärkung einer Verstärkungsstufe um einen Differenzstrombetrag eines der zweiten Differenzverstärker erhöht.

**[0007]** Weiterhin ist bei der bekannten RSSI-Schaltung eine AC-Kopplung zwischen allen Verstärkerstufen zur Entkopplung der Offsets der Verstärker nötig, die beispielsweise mittels Koppelkapazitäten zwischen den Verstärkerstufen realisiert werden kann oder in Form einer Offsetregelung über die gesamte Kette.

**[0008]** Nachteilig bei der bekannten RSSI-Schaltung ist neben ihrem hohen Strombedarf die Tatsache, daß ihr Temperaturgang sowie Fertigungstoleranzen problematisch zu kompensieren sind und zudem die Anzahl der Verstärkerstufen den entstehenden Fehler potenziert.

**[0009]** Ein weiterer Nachteil liegt darin, daß die RSSI-Schaltung wegen den Übergängen zwischen den Verstärkerstufen einen Rippel in der Kennlinie erzeugt, der mit zusätzlichem Aufwand linearisiert werden muß.

**[0010]** Wenn der RSSI-Verstärker in einer Leistungs-Regelschleife in einem Funkempfänger angeordnet werden soll, ist es wünschenswert, daß speziell im oberen Leistungsbereich eine spannungslinere Kennlinie gegeben ist, da in diesen Bereich eine besonders hohe Genauigkeit gefordert ist.

**[0011]** Die EP 0 926 819 A2 beschreibt einen mobilen Funkempfänger mit einer Verstärkeranordnung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Weitere Verstärkeranordnungen sind in der JP 2003-046341 A und der US 2003/0052726 A1 beschrieben.

**[0012]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Verstärkeranordnung anzugeben, die einen Ausgang zur Bereitstellung eines RSSI-Signals hat, die einen geringen Strombedarf aufweist und die zudem unempfindlich gegenüber Temperaturschwankungen und Fertigungsschwankungen ist.

**[0013]** Diese Ausgabe wird durch eine Verstärkeranordnung gemäß Anspruch 1 gelöst.

**[0014]** Erfindungsgemäß wird eine Verstärkeranordnung mit mehreren Verstärkerstufen bereitgestellt, die eine Serienschaltung bilden, bei der jede Verstärkerstufe umfaßt:

- einen Signaleingang,
- einen Signalausgang,
- einen Stromspiegel ausgelegt zur Stromverstärkung, der den Signaleingang mit dem Signalausgang koppelt,
- ein Stromauskoppelglied, das an den Signaleingang angeschlossen ist, und
- ein Summierglied, an dem eingangsseitig die Stromauskoppelglieder der Verstärkerstufen angeschlossen sind und das ausgangsseitig ein Signal bereitstellt, welches den Leistungspegel eines hochfrequenten Signals am Eingang der Verstärkeranordnung repräsentiert.

**[0015]** Jede Verstärkerstufe umfaßt gemäß dem vorgeschlagenen Prinzip einen Stromspiegel, der durch geeignete Dimensionierung der beteiligten Transistoren die gewünschte Verstärkung der Verstärkerstufe bereitstellt.

**[0016]** Gemäß dem vorgeschlagenen Prinzip erfolgt die Signalverarbeitung demnach so, daß die eigentliche Signalinformation jeweils in Form von Strömen, nicht wie bisher üblich in Form von Spannungen übermittelt wird. Dadurch kann auf Differenzverstärker verzichtet werden.

**[0017]** Durch die Verarbeitung der Signalinformation in Form von Strömen, nicht in Form von Spannungen, wird die Problematik eventuell auftretender Überspannungen deutlich verringert.

**[0018]** An den Verstärkerstufen wird jeweils ein Stromanteil mittels eines Stromauskoppelgliedes angekoppelt, und diese Teilströme werden mit einem Summierglied aufsummiert. Das derart gewonnene, summierte Signal repräsentiert die am Eingang der Verstärkeranordnung anliegende Leistung eines Signals.

**[0019]** Die vorgeschlagene Verstärkeranordnung zeichnet sich zusätzlich durch geringen Leistungsbedarf aus, da lediglich kleine Spannungshübe auftreten. Zwar ist die Signalinformation in Form eines Stroms gegeben, jedoch fallen an den wirksamen Impedanzen der Transistoren der Stromspiegel und den parasitären Kapazitäten geringe Spannungen ab. Da diese Spannungen jedoch sehr klein sind, ist nur sehr wenig Leistung erforderlich, um diese parasitären Kapazitäten umzuladen.

**[0020]** Ein zusätzlicher Vorteil der vorgeschlagenen Verstärkeranordnung ergibt sich durch die besonders einfache Realisierung in Metall-Isolator-Halbleiter-Schaltungstechnik, beispielsweise als CMOS-Schaltung.

**[0021]** Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des vorgeschlagenen Prinzips haben alle Stromspiegel der Verstärkerstufen ein gleiches Übersetzungsverhältnis zwischen Eingangsstrom und Ausgangsstrom.

**[0022]** Das Übersetzungsverhältnis eines Stromspiegels kann beispielsweise durch das Verhältnis der wirksamen Transistorfläche des Ausgangstransistors zur wirksamen Transistorfläche des Eingangstransistors bestimmt werden. Alternativ oder zusätzlich können ausgangsseitig auch mehrere Transistoren parallel geschaltet werden, um die gewünschte Stromverstärkung zu erhalten.

**[0023]** Dadurch, daß alle Verstärkerstufen ein konstantes Verstärkungsverhältnis bzw. Übersetzungsverhältnis aufweisen, ist die Signalverstärkung bezüglich ihrer Konstanz und Temperaturstabilität weiter verbessert.

**[0024]** Wenn das Eingangssignal der Verstärkeranordnung als Spannungssignal vorliegt, so kann be-

vorzugt am Eingang der Verstärkeranordnung ein Spannungs-/Stromumsetzer vorgesehen sein, der beispielsweise als einfacher Serienwiderstand ausgeführt sein kann. Somit wird eine hochfrequente Eingangsspannung in einen hochfrequenten Strom umgewandelt. Hierdurch werden die Transistoren der Verstärkeranordnung besonders gut vor hohen Überspannungen bei hohen Eingangspegeln geschützt.

**[0025]** Weiter bevorzugt ist am Ausgang des Summiergliedes ein Strom-/Spannungsumsetzer vorgesehen, der die aufsummierten Teilströme in ein entsprechendes Spannungssignal umsetzt, welches wiederum ein Maß ist für die Leistung eines am Eingang der Verstärkeranordnung anliegenden Signals.

**[0026]** Bevorzugt wird bei dem Spannungs-/Stromumsetzer und dem Strom-/Spannungs-Umsetzer je ein Widerstand vom gleichen Widerstandstyp eingesetzt, um gute Paarungseigenschaften zu erreichen, also ein gutes, sogenanntes Matching.

**[0027]** Eine zusätzliche Verbesserung des Ausgangssignals am Ausgang des Summiergliedes kann durch Anschließen eines Tiefpaßfilters erfolgen, da der Ausgangsstrom hochfrequent ist.

**[0028]** Die jeweils als Diode verschalteten Eingangstransistoren der Stromspiegel und die Ausgangstransistoren der Stromspiegel werden bevorzugt aus einer Strombank entsprechend dem Stromumsetzungsverhältnis mit Strom versorgt, wodurch mit Vorteil trotz einer eventuell vorhandenen Unsymmetrie des verstärkten Signals gegen Masse eine hohe Robustheit gegenüber einer Schwingneigung gegeben ist.

**[0029]** Der Eingang der eingangsseitigen Verstärkerstufe ist an den Eingang der Verstärkeranordnung bevorzugt über eine AC-Kopplung angeschlossen. Alternativ oder zusätzlich kann die AC-Kopplung über eine Offset-Regelung vom Ausgang der Verstärkeranordnung in einem Rückkopplungspfad bis zum Eingang der Verstärkeranordnung über alle Verstärkerstufen hinweg realisiert sein. Eine derartige Offset-Regelungsschleife benötigt lediglich eine geringe Fläche.

**[0030]** Die Eingangsstufe der Verstärkeranordnung ist bevorzugt als Stromgleichrichter ausgelegt, so daß das Ausgangssignal der Verstärkeranordnung bei höherem Signalpegel spannungsproportional ist.

**[0031]** Die Stromauskoppelglieder sind bevorzugt als sogenannte geklemmte Transistoren ausgeführt, die jeweils an den Eingang jeder Verstärkerstufe angeschlossen sind. Der geklemmte Betrieb der Transistoren der Stromauskoppelglieder verhindert die Sättigung des Stromquellentransistors des jeweiligen Stromspiegels und führt diesen Strom zugleich als

Ausgangsstrom, das heißt als Teilstrom zur Bildung des RSSI-Signals, nach außen.

**[0032]** Weiter bevorzugt umfaßt das Summierglied ein Widerstandsnetzwerk, welches die Stromauskopplungsglieder der Verstärkerstufen derart miteinander koppelt, daß das am Ausgang des Summierglieds bereitgestellte Signal eine lineare, insbesondere spannungslineare Abhängigkeit von einem Leistungspegel eines am Eingang der Verstärkeranordnung anliegenden hochfrequenten Signals hat.

**[0033]** Damit entspricht die Kennlinie der vorgeschlagenen RSSI-, Receive Signal Strength Indicator-Schaltung derjenigen eines Hüllkurvendetektors mit erweitertem Dynamikbereich. Dabei werden die Ausgangsströme binär gewichtet addiert.

**[0034]** Alternativ kann die Addition der Teilströme auf beliebig andere Weise vorgenommen werden, so daß die resultierende RSSI-Kennlinie praktisch beliebig modellierbar ist.

**[0035]** Insbesondere kann es vorteilhaft sein, eine logarithmische Kennlinie für den unteren Leistungsbereich vorzusehen, um eine große Reserve gegen Schaltungsoffsets zu erzielen.

**[0036]** Weitere Einzelheiten und vorteilhafte Ausgestaltungen des vorgeschlagenen Prinzips sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0037]** Die Erfindung wird nachfolgend an mehreren Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen näher erläutert.

**[0038]** Es zeigen:

**[0039]** Fig. 1 den Schaltplan einer beispielhaften Verstärkeranordnung gemäß dem vorgeschlagenen Prinzip,

**[0040]** Fig. 2 den Schaltplan einer Verstärkerstufe der Schaltung von Fig. 1 anhand eines Beispiels,

**[0041]** Fig. 3 eine beispielhafte, alternative Ausführung einer Verstärkerstufe mit zusätzlicher Basistromverstärkung,

**[0042]** Fig. 4 ein Schaltplan eines Ausführungsbeispiels einer Zusammenschaltung mehrerer Verstärkerstufen gemäß Fig. 2,

**[0043]** Fig. 5 eine Weiterbildung des Ausführungsbeispiels von Fig. 1 mit spannungslinearer RSSI-Kennlinie,

**[0044]** Fig. 6 anhand eines Schaubildes die Ausgangsspannung des RSSI-Signals in logarithmischer

Darstellung aufgetragen über der Leistung am Eingang bei spannungslinearer Auslegung und

**[0045]** Fig. 7 ein Schaubild der RSSI-Kennlinie mit linearer Ausgangsspannung aufgetragen über logarithmisch angegebener Eingangsleistung.

**[0046]** Fig. 1 zeigt einen Schaltplan einer beispielhaften Ausführungsform einer Verstärkeranordnung gemäß dem vorgeschlagenen Prinzip, die zur Erzeugung eines RSSI, Received Signal Strength Indicator-Signals dient. Die Verstärkeranordnung hat einen Eingang **1** zum Anlegen eines hochfrequenten Eingangssignals. An den Eingang **1** ist ein Serienwiderstand **2** angeschlossen, der als Spannungs-/Strom-Umsetzer dient und eine hochfrequente Eingangsspannung in einen Strom konvertiert. An den Serienwiderstand **2** ist zur Wechselstromkopplung ein Serienkondensator **3** angeschlossen zur Gleichstrom-Entkopplung. An den Serienkondensator **3** sind insgesamt **4** Verstärkerstufen in einer Reihenschaltung angeschlossen, die die Bezugszeichen **4, 5, 6, 7** tragen. Die eingangsseitige Verstärkerstufe **4** ist zusätzlich als Stromgleichrichter ausgelegt, während alle Verstärkerstufen **4, 5, 6, 7** mit Stromspiegel-Verstärkern ausgeführt sind. Jede Verstärkerstufe **4, 5, 6, 7** hat einen Signaleingang und einen Signalausgang, wobei jeweils der Signaleingang einer nachgeschalteten Stufe **5, 6, 7** mit dem Signalausgang der vorhergehenden Verstärkerstufe **4, 5, 6** verbunden ist. Weiterhin weist jede Verstärkerstufe **4, 5, 6, 7** einen Ausgang auf, an dem ein Teilstrom  $I_{OUT}$  bereitgestellt wird.

**[0047]** In einem Summierglied **8** werden alle Teilströme der Verstärkerstufen **4, 5, 6, 7** zusammengefaßt. Hierfür weist das Summierglied einen Summierknoten **K** auf, in dem alle Stromausgänge der Verstärkerstufen **4, 5, 6, 7** verbunden sind. Zwischen einem Versorgungspotentialanschluß **9** und dem Summierknoten **K** ist ein Widerstand **10** angeschlossen, der als elektrische Last dient und zugleich als Strom-Spannungs-Umsetzer. Parallel zum Widerstand **10** ist ein Kondensator **11** geschaltet, der Tiefpaß-Filter-Eigenschaften des Summierglieds **8** bewirkt. Die Parallelschaltung aus Widerstand **10** und Kondensator **11** ist zwischen den invertierenden und den nicht-invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers **12** geschaltet. Der Ausgang des Operationsverstärkers **12** bildet den RSSI-Ausgang **13** der Verstärkeranordnung, an dem ein Signal bereitgestellt wird, welches den Leistungspegel am Hochfrequenzeingang **1** repräsentiert. Das RSSI-Signal am Ausgang **13** wird dabei als Gleichspannungssignal abgegeben.

**[0048]** Der Ausgang der ausgangsseitigen Verstärkerstufe **7** ist über einen Offset-Regelungsblock **14** und einen Serienwiderstand **15** mit dem Signaleingang der eingangsseitigen Verstärkerstufe **4** un-

ter Bildung eines Rückführungspfades gekoppelt zur Kompensation eines Offsets des Verstärkers.

**[0049]** Der Widerstand **2** und der Widerstand **10** sind vom gleichen Widerstandstyp.

**[0050]** Mit dem Widerstand **2** wird die hochfrequente Eingangsspannung in einen hochfrequenten Strom umgewandelt. Dadurch können auch bei hohen Eingangspegeln keine Überspannungen an den Transistoren der Verstärkerstufen **4** bis **7** auftreten. Die Verstärkerstufen **4** bis **7** umfassen jeweils Stromspiegel mit konstantem und identischem Übersetzungsverhältnis zwischen jeweiligem Eingangs- und Ausgangsstrom der Verstärkerstufe **4**, **5**, **6**, **7**. Hierdurch ist die Signalverstärkung der Verstärkeranordnung besonders konstant und temperaturstabil.

**[0051]** Die Eingangsstufe **4** wirkt als Stromgleichrichter, derart, daß das Ausgangssignal der Verstärkeranordnung am Ausgang **13** bei höheren Signalleistungspegeln spannungsproportional ist. Die Ausgangsströme der Verstärkerstufen **4** bis **7**, die mit jeweiligen Klemmtransistoren ausgekoppelt werden, deren Sättigung durch die Klemmung verhindert wird, werden in dem Knoten **K** zusammengefaßt und über den Widerstand **10** unmittelbar in einer Ausgangsspannung konvertiert.

**[0052]** Da bei dem vorgeschlagenen Prinzip lediglich geringe Spannungshübe auftreten, ist der Leistungsbedarf der Schaltung insgesamt gering. Da die Spannung des verstärkten Signals klein ist, ist verhältnismäßig wenig Leistung nötig, um parasitäre Kapazitäten umzuladen.

**[0053]** Der als Diode verschaltete Eingangstransistor und die Ausgangstransistoren der Stromspiegel der Verstärkerstufen **4** bis **7** werden aus einer Strombank entsprechend dem Stromumsetzungsverhältnis mit Strom versorgt, so daß trotz einer eventuell vorhandenen Unsymmetrie des verstärkten Signals gegen Masse eine hohe Robustheit gegenüber Schwingneigung besteht.

**[0054]** Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Verstärkerstufe **5** von Fig. 1, welche den gleichen Aufbau hat wie die Verstärkerstufen **6** und **7**. Die Verstärkerstufe **5** weist einen hochfrequenten Signaleingang **51**, einen Hochfrequenz-Signalausgang **52** sowie einen Ausgangsanschluß **53** auf, an dem ein Teilstromsignal  $I_{out}$  zur Bildung des RSSI-Signals abgegeben wird. Zwischen den Signalein- und den Signalausgang **51**, **52** ist ein Stromspiegel **54** geschaltet, der ein Übersetzungsverhältnis  $n$  hat und der als Eingangstransistor einen als Diode verschalteten npn-Bipolartransistor aufweist und als Ausgangstransistor mehrere, parallel geschaltete Teiltransistoren **57**, **58**. Alle Transistoren **56**, **57**, **58** sind mit ihren Basisanschlüssen und Emitteranschlüssen jeweils mitein-

ander verbunden. Die Emitteranschlüsse der Transistoren des Stromspiegels **54** sind mit Bezugspotential verbunden. Ein Versorgungspotentialanschluß VDD ist über eine Stromquelle  $I_0$  mit dem Kollektoranschluß des Diodentransistors **56** des Stromspiegels **54** verbunden. Ebenso sind die Ausgangstransistoren **57**, **58** des Stromspiegels **54** in einer Serienschaltung umfassend mehrere, parallel geschaltete Stromquellen  $n \cdot I_0$ , die einen  $n$ -fachen Strom bereitstellen, angeordnet. Am gemeinsamen Kollektoranschluß der Ausgangstransistoren **57**, **58** ist der Signalausgang **52** gebildet. Die Ausgangstransistoren **57**, **58** sind ebenfalls als npn-Transistoren ausgeführt. Das Flächenverhältnis der Ausgangstransistoren **57**, **58** zum Eingangstransistor **56** des Stromspiegels **54** bestimmt das Übersetzungsverhältnis und damit die Stromverstärkung. Als Stromauskoppelglied ist ein Transistor **55** vorgesehen, der als npn-Bipolartransistor ausgeführt ist. Am Basisanschluß des Transistors **55** ist ein Bias-Signal zuführbar. Der Emitteranschluß des Transistors **55** ist mit dem Signaleingang **51** verbunden. Der Kollektoranschluß des Transistors **55** bildet den Ausgang **53**. Der Transistor **55** ist somit als geklemmter Transistor verschaltet.

**[0055]** Fig. 3 zeigt eine Weiterbildung der Verstärkerstufe **5** von Fig. 2, bei der zusätzlich eine Basisstromverstärkung vorgesehen ist. Die Schaltung von Fig. 3 entspricht in Aufbau und vorteilhafter Funktionsweise weitgehend der Schaltung von Fig. 2. Insofern wird die Beschreibung an dieser Stelle nicht wiederholt. Zusätzlich ist bei der Schaltung von Fig. 3 ein Strompfad vorgesehen zwischen dem Versorgungspotentialanschluß VDD und den Basisanschlüssen der Stromspiegeltransistoren **56**, **57**, **58**, der einen weiteren npn-Bipolartransistor **60** umfaßt. Der Basisanschluß des Bipolartransistors **60** ist an den Hochfrequenz-Signaleingang **51** angeschlossen. Außerdem ist ein Basiswiderstand **61** zwischen die Basisanschlüsse der Stromspiegeltransistoren **56**, **57**, **58** und den Bezugspotentialanschluß des Stromspiegels **54** geschaltet. Die zusätzliche Basisstromverstärkung hat den Vorteil, daß die AC(Alternating Current)-Stromverstärkung erhöht wird.

**[0056]** Fig. 4 zeigt an einem Ausführungsbeispiel die Zusammenschaltung mehrerer Verstärkerstufen **5**, **6**, **7**, die jeweils einen Aufbau wie in Fig. 2 gezeigt haben als Teil einer Verstärkeranordnung wie in Fig. 1 gezeigt. Man erkennt, daß die Übersetzungsverhältnisse der Stromspiegel **54**, **66**, **67** der Verstärkerstufen **5**, **6**, **7** jeweils identisch ausgelegt sind. Weiterhin wird deutlich, daß die Stromquellen  $I_0$  der Eingangstransistoren der Stromspiegel **54**, **66**, **67** jeweils identisch sind, ebenso wie die Stromquellen  $2 \times I_0$  der Ausgangstransistoren der Stromspiegel **54**, **66**, **67** ebenfalls identisch sind. Zudem ist die Anordnung der Stromauskoppelglieder **55**, **64**, **65** gezeigt, die jeweils an den Signaleingängen der Verstärkerstufen **5**, **6**, **7** angeordnet und von einem gemeinsamen Bias-

Signal an ihren Basisanschlüssen angesteuert sind. Die Kollektoranschlüsse der Stromauskoppelglieder **55**, **64**, **65** sind miteinander im Summierknoten K zur Bildung eines RSSI-Signals verbunden. Durch die gezeigte Verschaltung der Verstärkerstufen ergeben sich die bei der Beschreibung von **Fig. 1** bereits erläuterten Vorteile.

**[0057]** **Fig. 5** zeigt eine alternative Ausführungsform einer Verstärkeranordnung mit mehreren Verstärkerstufen gemäß dem vorgeschlagenen Prinzip, welche so ausgeführt ist, daß eine spannungslineare Kennlinie bei der RSSI-Signalerzeugung erzielt ist. Hierfür ist das Summierglied **8'** als Widerstandsnetzwerk entsprechend ausgeführt. Die Schaltung von **Fig. 5** entspricht in Aufbau und vorteilhafter Wirkungsweise weitgehend der Schaltung von **Fig. 1** und soll an dieser Stelle insoweit nicht noch einmal beschrieben werden. Im Unterschied zur Schaltung von **Fig. 1** ist das Summierglied **8'** von **Fig. 5** nicht so ausgeführt, da alle Stromauskoppelglieder der Verstärkerstufen **4**, **5**, **6**, **7** in einen gemeinsamen Knoten K verbunden sind, sondern die Ausgänge der Verstärkerstufen **4**, **5**, **6**, **7**, an denen jeweils ein Teilstrom  $I_{out}$  zur Bildung des RSSI-Signals bereitgestellt wird, sind in einem Widerstandsnetzwerk miteinander verbunden. Im einzelnen ist der Ausgang der Verstärkerstufe **4** weiterhin über eine Parallelschaltung aus einem Lastwiderstand **10** und einem Tiefpaßkondensator **11** mit Versorgungspotential verbunden, wobei die Parallelschaltung aus Widerstand **10** und Kondensator **11** mit den beiden Eingängen des Operationsverstärkers **12** verbunden ist. Der Ausgang **53** der Verstärkerstufe **5** ist über einen Widerstand **16** mit dem Ausgang der vorangegangenen Verstärkerstufe **4** und über einen Widerstand **17** mit Versorgungspotential verbunden. Der Ausgang der Verstärkerstufe **6** ist über einen Widerstand **18** mit dem Ausgang der vorangegangenen Verstärkerstufe **53** und über einen Widerstand **19** mit Versorgungspotentialanschluß **9** verbunden. Der Ausgang der Verstärkerstufe **7** ist über einen Widerstand **20** mit dem Ausgang der Verstärkerstufe **6** und über einen Widerstand **21** mit Versorgungspotentialanschluß **9** verbunden. Die Ströme, die an den Stromausgängen der Verstärkerstufen **4**, **5**, **6**, **7** jeweils als Teilströme  $I_{out}$  zur Bildung eines RSSI-Signals bereitgestellt werden, werden bei der Schaltung von **Fig. 5** gewichtet addiert, nämlich mit binärer Gewichtung. Somit ergibt sich eine spannungslineare Kennlinie des RSSI-Verstärkers. Dabei ist das Spannungssignal am Ausgang **13** der Verstärkeranordnung von **Fig. 5** bezogen auf die Leistung am Hochfrequenzeingang **1**.

**[0058]** Durch geeignete Dimensionierung des Widerstandsnetzwerkes **8'** ist es möglich, die Kennlinie der Verstärkeranordnung beliebig einzustellen und zu modellieren. Dabei kann die Kennlinie zwischen spannungslinear und logarithmisch eingestellt werden. Somit können beispielsweise Eigenschaften von

Kennlinien anderer Schaltungsteile innerhalb eines Regelkreises kompensiert werden. Damit ist es möglich, eine konstante Verstärkung über den Aussteuerbereich zu erzielen.

**[0059]** **Fig. 6** zeigt ein beispielhaftes Schaubild einer Verstärkeranordnung mit mehreren Verstärkerstufen gemäß dem vorgeschlagenen Prinzip. Dabei ist in einer doppelt logarithmischen Darstellung die Ausgangsspannung am Ausgang **13** aufgetragen über der Leistung in dBm am Hochfrequenzeingang **1**. Während die Kennlinie A eine logarithmische RSSI-Kennlinie repräsentiert, wie sie durch eine Schaltung gemäß **Fig. 1** erzeugbar ist, repräsentiert die Kennlinie B die RSSI-Kennlinie in spannungslinearer Ausführung, wie sie durch eine binäre Gewichtung gemäß der Schaltung von **Fig. 5** erzeugt wird.

**[0060]** **Fig. 7** zeigt ebenfalls ein Schaubild der RSSI-Kennlinien gemäß dem vorgeschlagenen Prinzip. Dabei ist die Ausgangsspannung am Ausgang **13** linear aufgetragen über der Leistung in dBm am Eingang **1** in halblogarithmischer Darstellung. Auch bei der Darstellung von **Fig. 7** hat die Kennlinie A einen logarithmischen Kennlinienverlauf, während die Kennlinie B eine spannungslineare Kennlinie ist, wie sie mit der Schaltung gemäß **Fig. 5** erzeugt wird.

**[0061]** Insgesamt erkennt man bei den Schaubildern gemäß **Fig. 6** und **Fig. 7**, daß im oberen Leistungsbereich immer eine spannungslineare Kennlinie vorherrscht wegen der stromgleichrichtenden Wirkung des Stromspiegels in der Verstärkerstufe **4** der Schaltungen von **Fig. 1** und **Fig. 5**, welche jeweils als Stromgleichrichter arbeitet.

**[0062]** Im unteren Leistungsbereich hingegen kommen die unterschiedlichen Additionen der Ströme in dem Summierglied **8**, **8'** zum Tragen, die einmal gleichwertig mit logarithmischer Kennlinie und einmal binär gewichtet mit spannungslinearer Kennlinie zusammengefaßt wurden.

**[0063]** Alternativ können die beschriebenen Ausführungsbeispiele in Metal Oxide Semiconductor, MOS-Schaltungstechnik realisiert sein.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Hochfrequenzeingang
<b>2</b>	Serienwiderstand
<b>3</b>	Serienkapazität
<b>4</b>	Verstärkerstufe
<b>5</b>	Verstärkerstufe
<b>6</b>	Verstärkerstufe
<b>7</b>	Verstärkerstufe
<b>8</b>	Summierglied
<b>8'</b>	Summierglied
<b>9</b>	Versorgungspotentialanschluß
<b>10</b>	Widerstand

11	Kondensator
12	Operationsverstärker
13	RSSI-Ausgangsanschluß
14	Offset-Regelung
15	Widerstand
16	Widerstand
17	Widerstand
18	Widerstand
19	Widerstand
20	Widerstand
21	Widerstand
51	Signaleingang
52	Signalausgang
53	Stromausgang
54	Stromspiegel
55	Stromauskoppelglied
56	Diode
57	Transistor
58	Transistor
60	Transistor
61	Widerstand
A	db-lineare Kennlinie
B	spannungslineare Kennlinie
K	Summierknoten
$I_0$	Stromquelle
$I_{out}$	Teilstrom
n	Übersetzungsverhältnis

### Patentansprüche

1. Verstärkeranordnung, mit:  
mehreren Verstärkerstufen (4, 5, 6, 7), die eine Verstärkerkette bilden, wobei jede Verstärkerstufe folgende Merkmale umfaßt:

- einen Signaleingang (51),
  - einen Signalausgang (52), und
  - ein Stromauskoppelglied (55, 64, 65), das an den Signaleingang angeschlossen ist; und
- einem Summierglied (8), an dem eingangsseitig die Stromauskoppelglieder (55, 64, 65) der Verstärkerstufen angeschlossen sind und das ausgangsseitig ein Signal bereitstellt, welches den Leistungspegel eines hochfrequenten Signals am Eingang (1) der Verstärkeranordnung darstellt,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß  
jede Verstärkerstufe einen Stromspiegel (54, 66, 67) ausgelegt zur Stromverstärkung umfaßt, der den Signaleingang mit dem Signalausgang koppelt.

2. Verstärkeranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stromspiegel (54, 66, 67) der jeweiligen Verstärkerstufe (5, 6, 7) ein gleiches Übersetzungsverhältnis (n) haben, welches festgelegt ist durch das Verhältnis von Ausgangsstrom zu Eingangsstrom des Stromspiegels (54, 66, 67).

3. Verstärkeranordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Spannungs-/Strom-Umsetzer (2) vorgesehen ist, der den Eingang

(1) der Verstärkeranordnung mit dem Signaleingang einer Verstärkerstufe (4) koppelt.

4. Verstärkeranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Strom-/Spannungs-Umsetzer (10) vorgesehen ist, der am Ausgang des Summierglieds (8) angeschlossen ist.

5. Verstärkeranordnung nach Anspruch 3 und 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Spannungs-/Strom-Umsetzer (2) als Eingangswiderstand und der Strom-/Spannungs-Umsetzer (10) als Lastwiderstand ausgeführt ist, und daß der Eingangswiderstand und der Lastwiderstand vom gleichen Widerstandstyp sind.

6. Verstärkeranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Rückführungszweig (14, 15) vorgesehen ist, der den Ausgang der Verstärkeranordnung mit ihrem Eingang koppelt zur Kompensation eines Offsets.

7. Verstärkeranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Summierglied (8) einen Operationsverstärker (12) umfaßt, der eingangsseitig mit den Stromauskoppelgliedern (55, 64, 65) der Verstärkerstufen (5, 6, 7) und mit einem Versorgungspotentialanschluß (9) gekoppelt ist.

8. Verstärkeranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Summierglied (8) ein Tiefpaßfilter (11) umfaßt.

9. Verstärkeranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stromspiegel (54, 66, 67) der Verstärkerstufen (5, 6, 7) in Bipolarer Schaltungstechnik ausgeführt sind und eine Basisstromverstärkung (60, 61) umfassen.

10. Verstärkeranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Summierglied (8') ein Widerstandsnetzwerk (10, 16, 17, 18, 19, 20, 21) umfaßt, welches die Stromauskoppelglieder (55, 64, 65) der Verstärkerstufen (4, 5, 6, 7) derart miteinander koppelt, daß das am Ausgang (13) des Summierglieds (8') bereitgestellte Signal eine lineare Abhängigkeit von dem Leistungspegel eines hochfrequenten Signals am Eingang (1) der Verstärkeranordnung hat.

11. Verstärkeranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß diejenige Verstärkerstufe (4), die am Eingang der Verstärkerkette der mehreren Verstärkerstufen (4, 5, 6, 7) angeordnet ist, als Stromgleichrichter ausgelegt ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

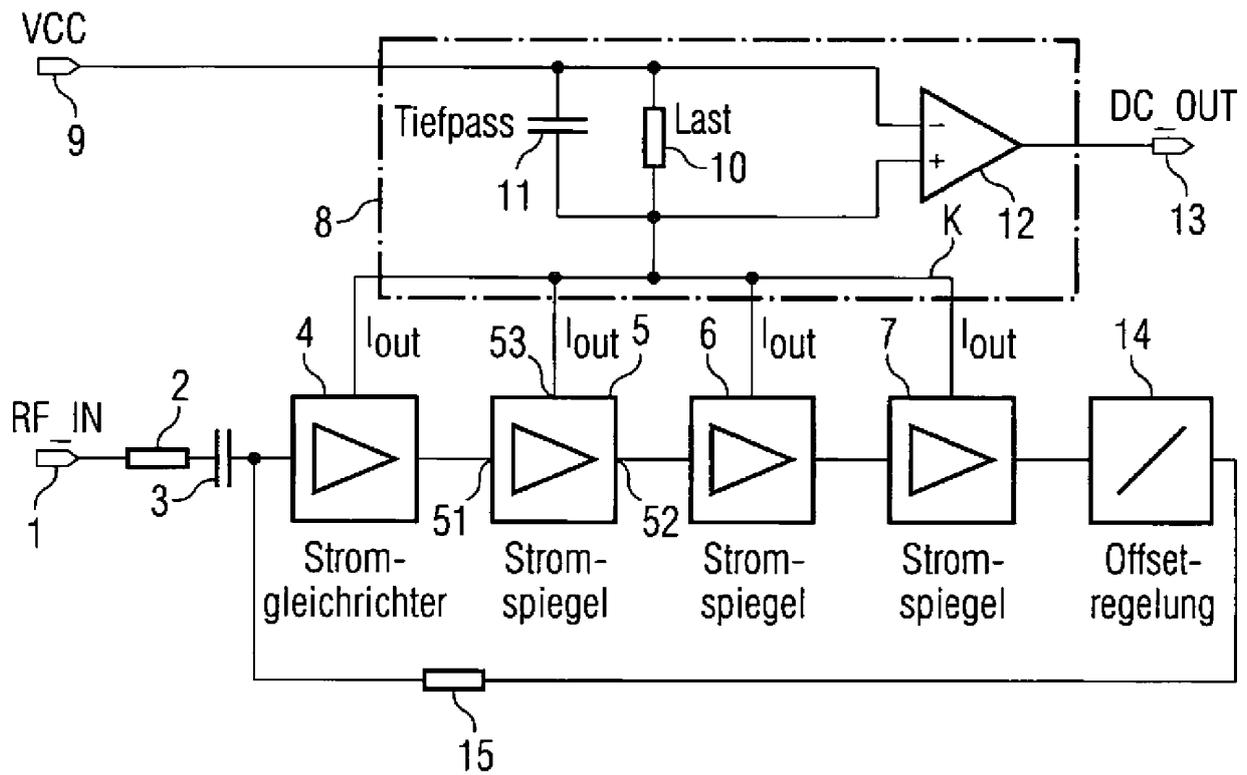


FIG 2

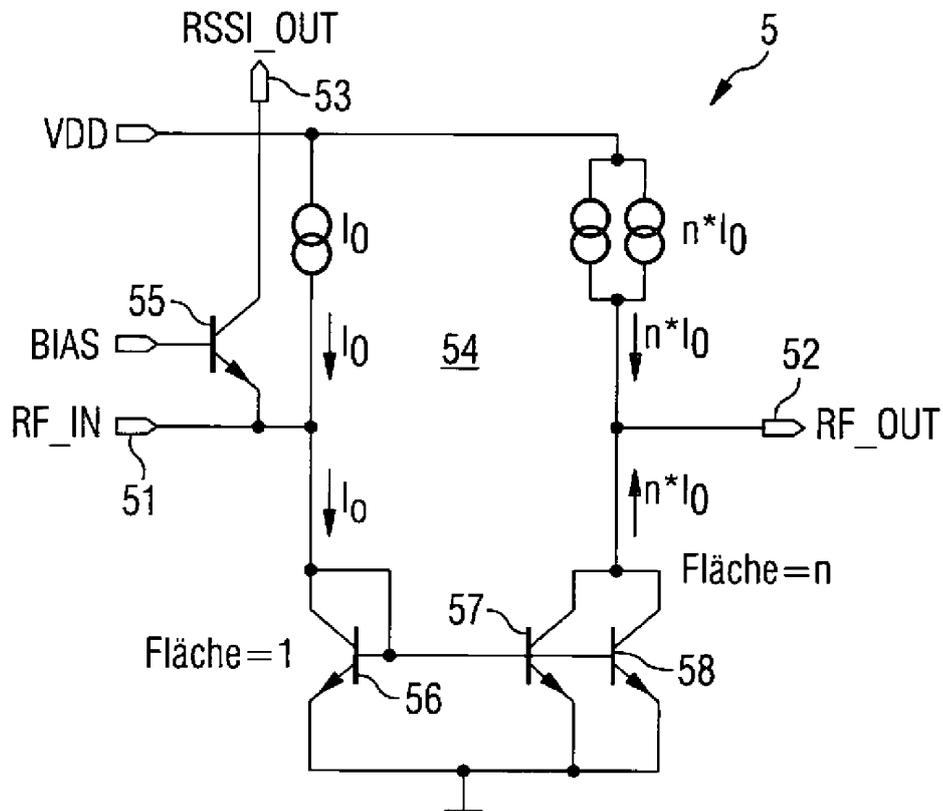


FIG 3

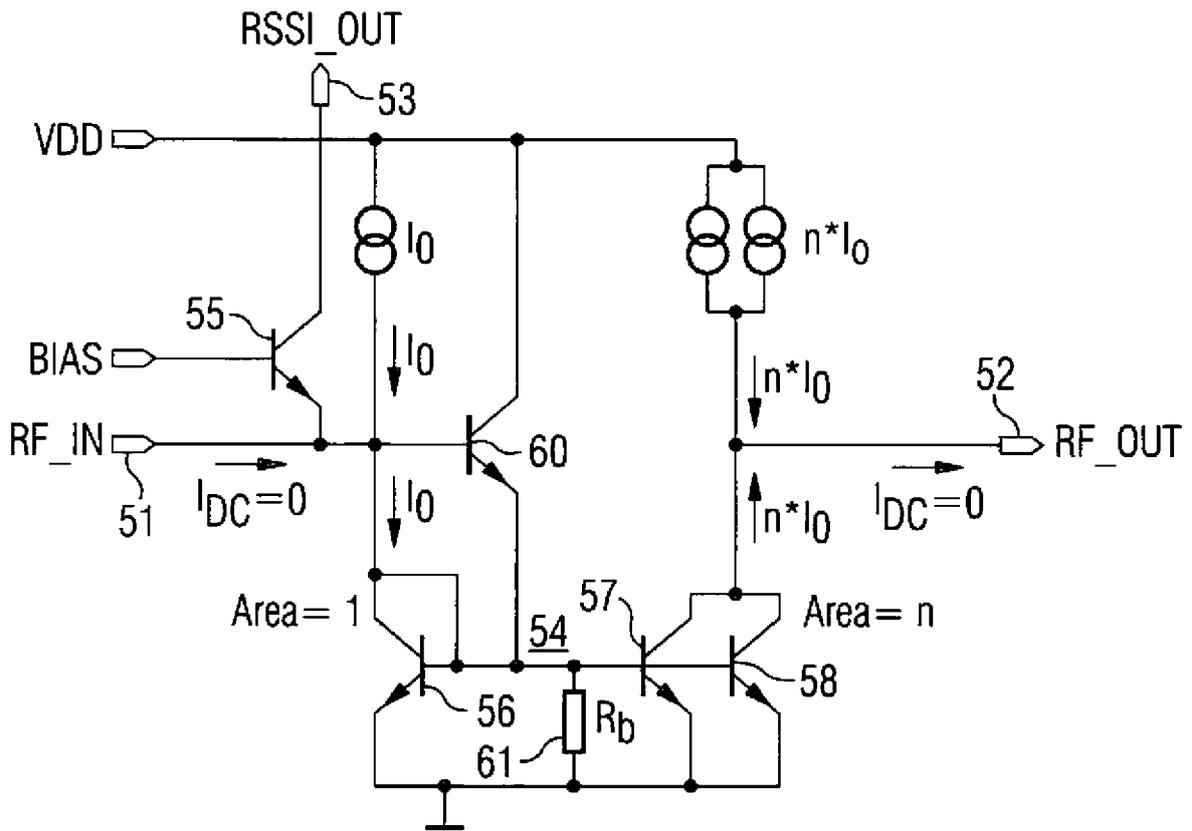


FIG 4

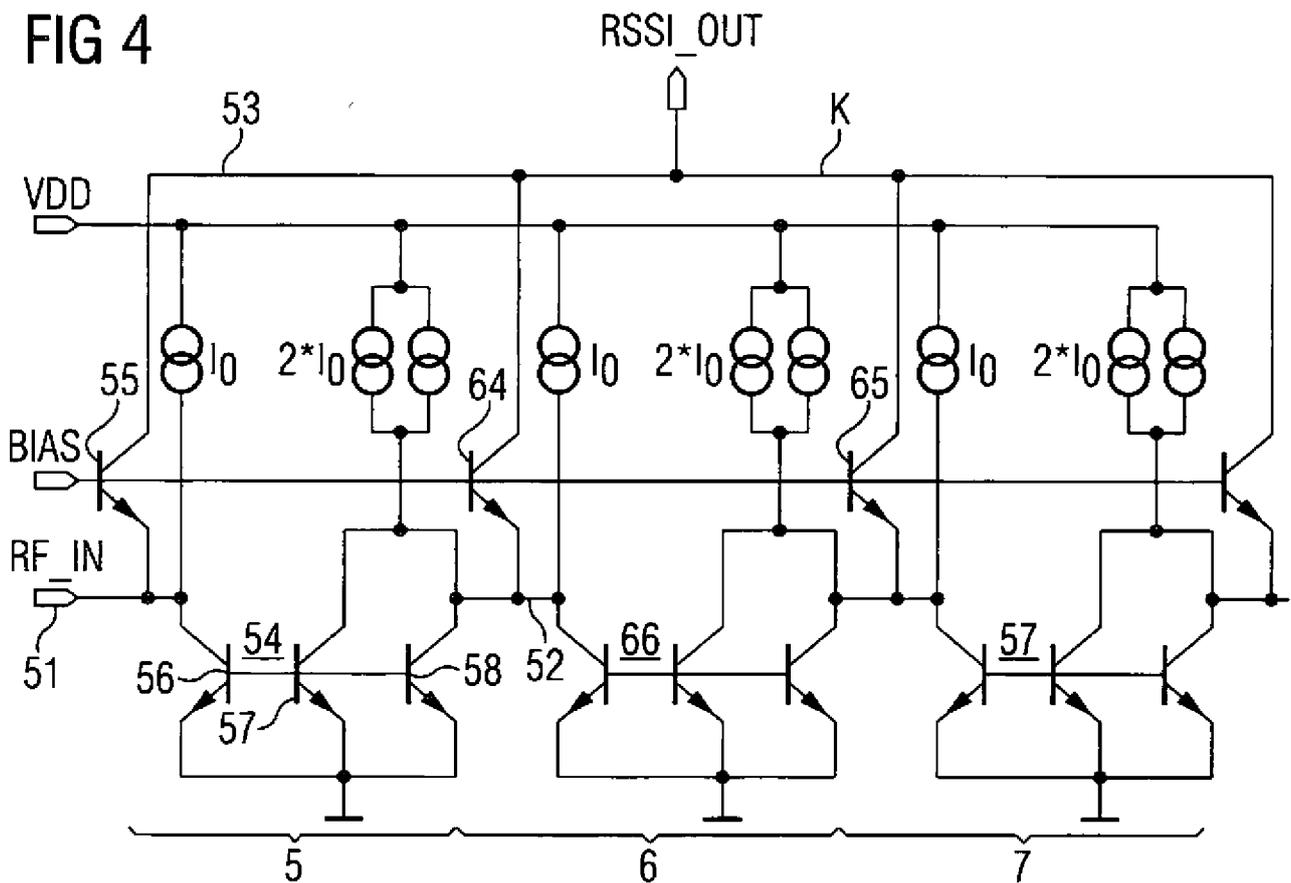




FIG 6

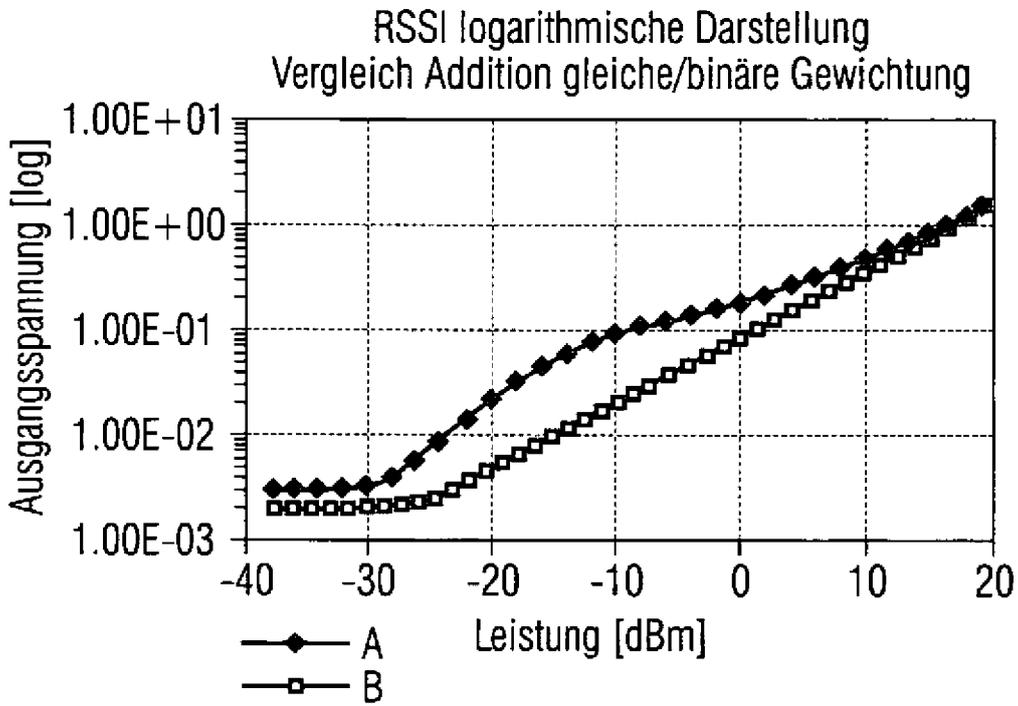


FIG 7

