



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 100 66 032 B4 2010.01.28**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **100 66 032.0**
 (22) Anmeldetag: **28.07.2000**
 (43) Offenlegungstag: **02.05.2002**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **28.01.2010**

(51) Int Cl.⁸: **H03F 1/30 (2006.01)**
H03F 3/45 (2006.01)

Innerhalb von drei 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).

(62) Teilung aus:
100 38 693.8

(73) Patentinhaber:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

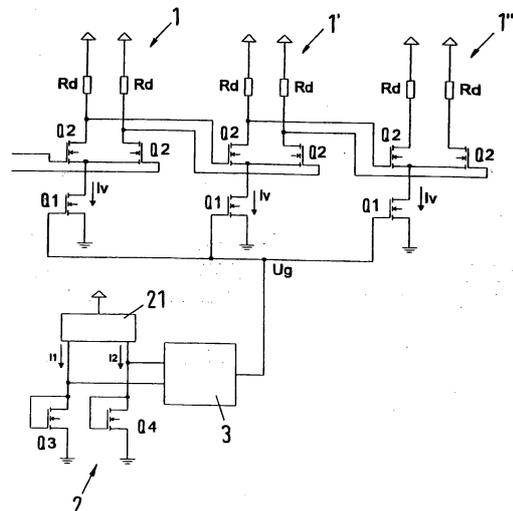
(72) Erfinder:
**Schroedinger, Karl, 14089 Berlin, DE; Stimma,
 Jaro, 13587 Berlin, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

US 58 18 294 A
US 46 36 742 A
US 53 36 943

(54) Bezeichnung: **Schaltungsanordnung zur Steuerung der Verstärkung einer Verstärkerschaltung**

(57) Hauptanspruch: Schaltungsanordnung zur Steuerung der Verstärkung einer Verstärkerschaltung (1, 1', 1'') mit
 – einem als Stromquelle für die Verstärkerschaltung (1, 1', 1'') dienenden FET-Steuertransistor (Q1) und
 – Mitteln (2, 3) zur Steuerung der Gatespannung des Steuertransistors (Q1) derart, dass der Strom durch den Steuertransistor (Q1) bei abnehmenden Temperaturen der Verstärkerschaltung (1, 1', 1'') reduziert ist, um eine temperaturunabhängige Verstärkung (V) der Verstärkerschaltung (1, 1', 1'') einzustellen,
 – wobei die Mittel (2, 3) zur Steuerung der Gatespannung des Steuertransistors (Q1) einen Temperatursensor und eine weitere Verstärkerschaltung (3) umfassen,
 – wobei der Temperatursensor eine erste FET-Transistorschaltung (Q4, Q4', Q4'') und eine zweiten FET-Transistorschaltung (Q3) aufweist,
 – wobei der Temperatursensor die Temperatur der Verstärkerschaltung (1, 1', 1'') erfasst, indem eine Differenzspannung (U₂ – U₁)...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Steuerung der Verstärkung einer Verstärkerschaltung.

[0002] Mit Feldeffekttransistoren (FETs) hergestellte Verstärkerstufen für hochfrequente digitale Signale weisen eine erhebliche Temperaturabhängigkeit der Verstärkung auf. Der Grund hierfür ist eine Änderung der Transistorsteilheit über der Temperatur, die multipliziert mit dem Lastwiderstand die Verstärkung einer Stufe festlegt (Verstärkung $V = \text{Lastwiderstand } RL \cdot \text{Steilheit des Transistors } gm$). Um einer Abnahme der Steilheit des Transistors und damit der Verstärkung über der Temperatur entgegenzuwirken, ist es bekannt, einen Vorhalt in die Verstärkerstufe einzubauen. Der Vorhalt sorgt jedoch nachteilig bei kleinen Temperaturen für eine erhebliche Zunahme der Verstärkung, die wegen der dann zunehmenden Schwingneigung unerwünscht ist.

[0003] Dementsprechend besteht ein Bedürfnis, eine Schaltung für eine Verstärkerstufe zu entwickeln, die die Temperaturabhängigkeit der Verstärkung reduziert, im besten Fall sogar aufhebt, ohne daß im Bereich kleiner Temperaturen eine Verstärkungszunahme erfolgt.

[0004] Aus der Druckschrift US-A 4 636 742 ist eine Schaltung für eine Verstärkerstufe bekannt, durch die der Verstärkerstufe temperaturunabhängig ein konstanter Strom zugeführt wird. Hierzu werden eine Stromquelle mit einem positiven Temperaturkoeffizienten und eine Stromquelle mit einem negativen Temperaturkoeffizienten addiert. Der kombinierte Strom dieser beiden Stromquellen ist dann temperaturunabhängig. In einer anderen Ausführungsvariante wird nur eine Stromquelle mit einem positiven Temperaturkoeffizienten verwendet. Allerdings wird bei dieser bekannten Schaltung aufgrund der Verwendung einer Konstantstromquelle die Ausgangsspannung des Verstärkers konstant gehalten, nicht dagegen die Verstärkung. Letztere nimmt vielmehr mit zunehmender Temperatur ab.

[0005] Die US-A-5 818 294 beschreibt eine Schaltungsanordnung, die einen temperaturunabhängigen, konstanten Stromwert bereitstellt. Hierzu werden zwei temperaturabhängige Ströme mit unterschiedlicher Temperaturabhängigkeit zusammen geführt.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung zur Steuerung der Verstärkung einer Verstärkerschaltung zur Verfügung zu stellen, die eine im wesentlichen temperaturunabhängige Verstärkung der Verstärkerschaltung bewirkt.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Schaltungsanordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0008] Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0009] Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung weist Mittel zur Steuerung der Gatespannung (Steuerspannung) eines FET-Steuertransistors auf, der als Stromquelle für die Verstärkerschaltung dient. Die Steuerung des FET-Steuertransistors erfolgt erfindungsgemäß derart, daß der Strom durch den Steuertransistor bzw. die Stromquelle bei zunehmend geringeren Temperaturen der Verstärkerstufe derart reduziert ist, daß eine im wesentlichen temperaturunabhängige Verstärkung erfolgt.

[0010] Die erfindungsgemäße Lösung beruht auf der Überlegung, die Verstärkung der Verstärkerschaltung bei kleinen Temperaturen zu vermindern. Dazu wird der Strom I_v durch den Steuertransistor für kleine Temperaturen zunehmend so reduziert, daß die Verstärkung im wesentlichen konstant bleibt. Ein kleinerer Strom führt zu einer reduzierten Verstärkung, da die Steilheit eines Transistors proportional zur Wurzel des Drain-Stroms ist. Ein verminderter Drain-Strom ergibt somit eine kleinere Steilheit, so daß die Verstärkung sinkt.

[0011] Die erfindungsgemäße Lösung beruht insofern auf einem völlig neuen Konzept, als nicht wie bisher im Stand der Technik die Temperaturabhängigkeit der Verstärkung durch eine zusätzliche Verstärkung im Bereich hoher Temperaturen kompensiert wird, sondern statt dessen ausgehend von einer ausreichenden Verstärkung V_0 bei der höchsten Betriebstemperatur der Strom durch den Steuertransistor bzw. die Verstärkerschaltung mit abnehmender Temperatur reduziert wird, so daß sich eine insgesamt im wesentlichen konstante Verstärkung ergibt.

[0012] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung umfassen die Mittel zur Steuerung der Steuerspannung des Steuertransistors einen Temperatursensor. Der Temperatursensor erfaßt die Temperatur der Verstärkerschaltung und erzeugt dabei eine Spannung, die nahezu linear von der anliegenden Temperatur abhängt. Die Spannung wird in eine Steuerspannung zur Steuerung des Steuertransistors und damit des Stroms durch die Verstärkerschaltung umgesetzt. Über die Steuerspannung wird somit die Stromquelle für die Verstärkerschaltung gesteuert.

[0013] Der Temperatursensor ist bevorzugt dadurch gekennzeichnet, daß eine erste FET-Transistorschaltung in einem Arbeitsbereich betrieben wird, der oberhalb des temperaturunabhängigen Arbeitspunk-

tes und in einem Bereich liegt, in dem für einen konstanten Drain-Source-Strom die Gatespannung der ersten FET-Transistorschaltung mit zunehmender Temperatur zunimmt. Eine zweite FET-Transistorschaltung wird dagegen an einem Arbeitspunkt betrieben, in dem für einen konstanten Drain-Source-Strom die Gatespannung der zweiten FET-Transistorschaltung im wesentlichen temperaturunabhängig ist. Dies führt dazu, daß die Differenz der Spannungen an der ersten und der zweiten FET-Transistorschaltung ein Maß für die Temperatur an der ersten FET-Transistorschaltung darstellt und entsprechend ausgewertet wird.

[0014] Es wird darauf hingewiesen, daß jeder Feldeffekttransistor einen Arbeitspunkt aufweist, in dem für einen konstanten Drain-Source-Strom die Gatespannung im wesentlichen temperaturunabhängig ist (englisch: zero-temperature-coefficient-point). Unterhalb dieses Arbeitspunktes weist der Drain-Source-Strom einen positiven Temperaturkoeffizienten, oberhalb dieses Arbeitspunktes einen negativen Temperaturkoeffizienten auf. Dies ist in der Literatur zu Feldeffekttransistoren ausführlich beschrieben.

[0015] Der bevorzugte Temperatursensor weist den Vorteil auf, daß durch Betreiben der beiden FET-Transistorschaltungen zum einem im "zero-temperature-coefficient-point" und zum anderen oberhalb dieses Punktes eine im wesentlichen lineare Abhängigkeit des Ausgangssignals von der Temperatur besteht. Das Ausgangssignal ist dabei die Differenz der an den beiden FET-Transistorschaltungen anliegenden Spannungen. Zusätzlich wird eine gegenüber dem Stand der Technik (z. B. US-A-5,336,943) größere Ausgangsspannung erzeugt, so daß sich das Ausgangssignal leicht weiterverarbeiten läßt.

[0016] Die Mittel des Temperatursensors zum Betreiben der ersten FET-Transistorschaltung und die Mittel zum Betreiben der zweiten FET-Transistorschaltung weisen bevorzugt einen Stromgenerator auf, der die beiden Transistorschaltungen mit konstanten Strömen speist. Mit Vorteil besteht der Stromgenerator dabei aus zwei gekoppelten Stromquellen, die die FET-Transistorschaltungen speisen. Durch Verwendung eines Stromgenerators, der die beiden FET-Transistorschaltungen mit unterschiedlichen Strömen betreibt, lassen sich die gewünschten Arbeitspunkte der Transistorschaltungen einfach und zuverlässig einstellen.

[0017] Alternativ weisen die Mittel zum Betreiben der ersten und zweiten FET-Transistorschaltung jeweils einen Widerstand auf, der mit der jeweiligen FET-Transistorschaltung in Reihe geschaltet ist. In dieser Ausführungsvariante werden die FET-Transistorschaltungen durch die Widerstände gespeist.

[0018] In einer Weiterbildung des Temperatursen-

sors ist zusätzlich eine Verstärkerschaltung vorgesehen, die Mittel zum Erfassen der Differenz der Spannungen an der ersten und zweiten FET-Transistorschaltung aufweist und die Differenzspannung in eine Steuerspannung für eine nachgestaltete Verstärkerschaltung umsetzt. Aufgrund der gegebenen Temperaturabhängigkeit nimmt die Differenzspannung im wesentlichen linear mit der Temperatur zu. Die Verstärkerschaltung verstärkt die Differenzspannung und paßt sie im Arbeitspunkt an.

[0019] Die FET-Transistorschaltungen weisen bevorzugt jeweils mindestens einen MOS-Transistor auf, der in Diodenschaltung betrieben wird, d. h. das Gate ist mit dem Drain-Anschluß verbunden.

[0020] Um eine variabelere Generierung der Differenzspannung zwischen den beiden FET-Transistorschaltungen zu ermöglichen, ist an einer weiteren Ausgestaltung des Temperatursensors vorgesehen, für die erste und/oder die zweite FET-Transistorschaltung kaskadierte MOS-Transistoren einzusetzen. Dabei kann in einfacher Weise durch Variation der Speiseströme sowie der Transistorgrößen die Differenzspannung über einen sehr weiten Spannungsbereich eingestellt werden.

[0021] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Verstärkerschaltung weist diese mindestens einen Differenzverstärker auf, insbesondere mehrere in Kaskadenschaltung angeordnete Differenzverstärker. Die Verstärkung der Verstärkerschaltung beruht dabei bevorzugt auf Transistorsteilheit.

[0022] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

[0023] [Fig. 1](#) – das Schaltbild einer Verstärkerschaltung mit einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung und einem Temperatursensor;

[0024] [Fig. 2](#) – schematisch die Verstärkung und den Steuerstrom in Abhängigkeit von der Temperatur mit und ohne Verstärkungssteuerung;

[0025] [Fig. 3a](#) – schematisch die Transistorkennlinie eines MOS-Transistors für zwei Temperaturen;

[0026] [Fig. 3b](#) – die Schaltung eines MOS-Transistors bei Aufnahme der Transistorkennlinie gemäß [Fig. 3a](#), und

[0027] [Fig. 4](#) – ein Schaltbild eines Ausführungsbeispiels eines Temperatursensors;

[0028] [Fig. 1](#) zeigt eine Verstärkerschaltung mit drei Verstärkerstufen **1**, **1'**, **1''**, die jeweils aus MOS-Transistoren Q1, Q2 und Drain-Widerständen Rd beste-

hen. Die Verstärkerstufen **1**, **1'**, **1''** können identisch ausgebildet sein. Dies ist jedoch nicht notwendigerweise der Fall.

[0029] Die Source-Anschlüsse der beiden Transistoren Q2 einer Verstärkerstufe sind gemeinsam an den Drain-Anschluß des Transistors Q1 angeschlossen, der als Stromquelle dient. Der Source-Anschluß des Transistors Q1 ist mit Masse verbunden. Die Drain-Anschlüsse der Transistoren Q2 sind jeweils über einen Drain-Widerstand R_d mit einer Spannungsquelle verbunden. Die an den Drain-Anschlüssen der Transistoren Q2 anliegenden Spannungen einer Stufe **1**, **1'** werden dem Differenzverstärker der nächsten Stufe **1'**, **1''** als Eingang zugefügt. Derartige Verstärkerstufen sind an sich bekannt.

[0030] Durch die Gatespannung am Transistor Q1 wird jeweils der Strom durch die einzelnen Verstärkerstufen **1**, **1'**, **1''** eingestellt. Wie nachfolgend erläutert, wird die Gatespannung dabei so eingestellt, daß der Strom I_v durch die Verstärkerstufen mit abnehmender Temperatur reduziert wird. Dies führt dazu, daß ausgehend von einer ausreichenden Verstärkung V_0 bei einer höchsten Betriebstemperatur die Verstärkung bzw. die Transistorsteilheit g_m mit abnehmender Temperatur konstant bleibt.

[0031] Dieser Zusammenhang ist schematisch in [Fig. 2](#) dargestellt. Der obere Graph G1 in [Fig. 2](#) zeigt die Verstärkung V (die proportional zur Transistorsteilheit g_m ist) bei konstantem Strom, ohne die nachfolgend erläuterte Steuerung der Gatespannung des Transistor Q1. Die Verstärkung V nimmt mit zunehmender Betriebstemperatur T quadratisch ab und erreicht bei einer maximalen Betriebstemperatur T_{max} den Wert V_0 .

[0032] Die untere Kurve G3 zeigt den Strom I_v durch die Verstärkerstufe, der erfindungsgemäß durch eine entsprechende Einstellung der Steuerungspannung bzw. Gatespannung des Transistors Q1 mit abnehmender Temperatur hin reduziert wird.

[0033] Da die Steilheit eines im Sättigungsbereich betriebenen Transistors proportional zur Wurzel des Drain-Stroms I_d ist, wird durch den reduzierten Strom I_v die Verstärkung der Verstärkerstufe bei kleinen Temperaturen entsprechend reduziert. Dies führt dazu, daß die Verstärkung über den gesamten Temperaturbereich im wesentlichen konstant ist und dem Wert V_0 entspricht. Dies ist in dem mittleren Graphen G2 der [Fig. 2](#) dargestellt.

[0034] Eine Steuerung der Gatespannung U_g der Transistoren Q1 erfolgt mittels eines Temperatursensors **2** und einer Verstärkerschaltung **3**.

[0035] Der Temperatursensor **2** wird gemäß [Fig. 1](#) durch zwei MOS-Transistoren Q3 und Q4 realisiert,

die in Diodenschaltung angeordnet sind, d. h. der Gate-Anschluß und der Drain-Anschluß der Transistoren sind miteinander verbunden. Über einen Stromgenerator **21** mit zwei gekoppelten Stromquellen werden die Transistoren Q3 und Q4 mit unterschiedlichen Strömen I_1 und I_2 betrieben. Der Stromgenerator **21** ist dabei mit dem Gate-Anschluß verbunden; der Source-Anschluß der beiden Transistoren ist jeweils geerdet.

[0036] Die Verstärkerschaltung **3** weist zwei Eingänge auf, von denen der eine Eingang mit dem Drain-Anschluß des Transistors Q3 und der andere Eingang mit dem Drain-Anschluß des Transistors Q4 verbunden ist. Die Steuerschaltung **3** erfaßt damit die Differenzspannung an den beiden Transistoren Q3 und Q4 und setzt diese Differenzspannung in eine Steuerungspannung U_g um, die die Gatespannung der als Stromquellen dienenden Transistoren Q1 der Verstärkerstufen **1**, **1'**, **1''** bildet.

[0037] In Abhängigkeit von der Stromdichte ergibt sich eine unterschiedliche Temperaturabhängigkeit der Gatespannung, die zur Temperaturmessung ausgenutzt wird. [Fig. 3a](#) zeigt schematisch die Transistorkennlinie eines MOS-Transistors (etwa des Transistors Q3 oder des Transistors Q4 der [Fig. 1](#)) für zwei Temperaturen T_1 und T_2 , wobei T_2 kleiner als T_1 ist. Die zugehörige Schaltung, bei der die Transistorkennlinie aufgenommen ist, ist in [Fig. 3b](#) dargestellt. Der Transistor wird bei Aufnahme der Transistorschaltung in Diodenschaltung betrieben.

[0038] Gemäß [Fig. 3a](#) existiert ein Arbeitspunkt A, in dem der Temperaturkoeffizient gleich Null ist, d. h. für einen konstanten Drain-Source-Strom I_d ist die Gatespannung U_g temperaturunabhängig. Unterhalb dieses Punktes A ist der Temperaturkoeffizient des Drain-Source-Stroms I_d positiv, oberhalb des Punktes A negativ.

[0039] Bei der Schaltung gemäß [Fig. 1](#) wird nun der Transistor Q4 bei einer Stromstärke I_2 betrieben, die dem temperaturunabhängigen Arbeitspunkt A entspricht. Dementsprechend ist die Spannung U_2 am Transistor Q4 konstant.

[0040] Demgegenüber wird der Transistor Q3 an einem Arbeitspunkt oberhalb des temperaturunabhängigen Arbeitspunktes A betrieben. In diesem Bereich ist der Temperaturkoeffizient von I_d negativ, d. h. mit zunehmender Temperatur wird eine höhere Spannung zur Realisierung einer vorgegebenen Stromstärke I_2 benötigt. So werden in [Fig. 3a](#) zur Realisierung der Stromstärke I_2 bei der (niedrigeren) Temperatur T_2 die Spannung U_{1T2} und bei der (höheren) Temperatur T_1 die höhere Spannung U_{1T1} benötigt.

[0041] Da der Transistor Q4 im Arbeitspunkt I_1 und der Transistor Q3 im Arbeitspunkt I_2 betrieben wer-

den, variiert die Spannung im Arbeitspunkt I1 in Abhängigkeit von der Temperatur, während sie im Arbeitspunkt I2 konstant bleibt. Die Differenzspannung ($U_2 - U_1$) ist proportional zur anliegenden Temperatur T, d. h. mit zunehmender Temperatur des Transistors T3 nimmt auch die Differenzspannung ($U_2 - U_1$) zu.

[0042] Die Differenzspannung ($U_2 - U_1$) wird von der Verstärkerschaltung **3** in die Steuerspannung U_g umgesetzt, wobei neben einer Verstärkung auch eine Anpassung des Arbeitspunktes erfolgt. Durch die Steuerspannung U_g wird die Gatespannung der Transistoren Q1 entsprechend dem gewünschten Strom I_v eingestellt. Dabei wird die Temperaturabhängigkeit der Verstärkung bzw. der Steilheit der Transistoren Q2 dadurch kompensiert, daß mit abnehmender Temperatur der Strom I_v durch die Verstärkerstufen **1**, **1'**, **1''** reduziert wird. Dabei sind die Transistoren Q3, Q4 sowie die Transistoren Q1 und Q2 natürlich thermisch gekoppelt, so daß über den Transistor Q4 die Temperatur der Transistoren Q2 ermittelt werden kann. Zur thermischen Kopplung sind die entsprechenden Transistoren beispielsweise in einem Siliziumplättchen integriert ausgebildet.

[0043] Bei einer Abnahme der Temperatur sinkt die Spannung U_1 am Transistor Q3 des Temperatursensors **2**. Dementsprechend sinkt auch die Differenzspannung ($U_2 - U_1$). Damit ist auch die Steuerspannung U_g , die die Gatespannung der Transistoren Q1 darstellt, vermindert. Dies führt bei abnehmenden Temperaturen zu einem reduzierten Strom I_v durch die Verstärkerstufen. Somit stellt die dargestellte Schaltung sicher, daß bei kleinen Temperaturen ein nur reduzierter Strom durch die Verstärkerstufen fließt, was wiederum zu einer verminderten Verstärkung führt, die die Zunahme der Verstärkung bei niedrigen Temperaturen kompensiert.

[0044] [Fig. 4](#) zeigt detaillierter ein Ausführungsbeispiel eines Temperatursensors **2'** und einer Verstärkerschaltung **3'**. Im Unterschied zur [Fig. 1](#) ist der Transistor Q4 durch zwei Transistoren Q4', Q4'' ersetzt, die kaskadiert angeordnet sind. Zwei Transistoren Q5 und Q6 dienen als Stromquellen für die Ströme I1 und I2.

[0045] Die Verstärkerschaltung **3'** wird durch eine an sich bekannte Subtraktionsschaltung für die beiden Eingangsspannungen U_2 und U_1 ausgebildet. Die Subtraktionsschaltung weist einen invertierenden Operationsverstärker **31** auf, dem die Eingangsspannung U_1 über einen Spannungsteiler an den nicht invertierenden Eingang zugeführt wird. Da das Verhältnis der Widerstände R1, R2 am invertierenden und am nicht invertierenden Eingang gleich ist, wird nur die Differenz der Eingangsspannungen ($U_2 - U_1$) verstärkt und als Steuerspannung U_g ausgegeben.

[0046] Durch Variation der Ströme I1 und I2 sowie der Transistorgrößen Q3, Q4', Q4'' kann die Differenzspannung ($U_2 - U_1$) bei der Schaltung gemäß [Fig. 4](#) fast beliebig eingestellt werden. Damit kann diese Spannung mittels des Operationsverstärker **31** auf die benötigte Spannung U_g umgesetzt werden.

Bezugszeichenliste

| | |
|-------------------|-----------------------------|
| 1, 1', 1'' | Verstärkerstufe |
| 2, 2' | Temperatursensor |
| 21 | Stromgenerator |
| 3, 3' | Verstärkerschaltung |
| 31 | Operationsverstärker |
| Q | Transistor |
| Rd | Drain-Widerstand |
| Iv | Strom durch Verstärkerstufe |
| Id | Drain-Source-Strom |
| Ug | Steuerspannung |
| T | Temperatur |
| V | Verstärkung |

Patentansprüche

- Schaltungsanordnung zur Steuerung der Verstärkung einer Verstärkerschaltung (**1, 1', 1''**) mit
 - einem als Stromquelle für die Verstärkerschaltung (**1, 1', 1''**) dienenden FET-Steuertransistor (Q1) und
 - Mitteln (**2, 3**) zur Steuerung der Gatespannung des Steuertransistors (Q1) derart, dass der Strom durch den Steuertransistor (Q1) bei abnehmenden Temperaturen der Verstärkerschaltung (**1, 1', 1''**) reduziert ist, um eine temperaturunabhängige Verstärkung (V) der Verstärkerschaltung (**1, 1', 1''**) einzustellen,
 - wobei die Mittel (**2, 3**) zur Steuerung der Gatespannung des Steuertransistors (Q1) einen Temperatursensor und eine weitere Verstärkerschaltung (**3**) umfassen,
 - wobei der Temperatursensor eine erste FET-Transistorschaltung (Q4, Q4', Q4'') und eine zweiten FET-Transistorschaltung (Q3) aufweist,
 - wobei der Temperatursensor die Temperatur der Verstärkerschaltung (**1, 1', 1''**) erfasst, indem eine Differenzspannung ($U_2 - U_1$) zwischen einer ersten Gatespannung (U_2) der ersten FET-Transistorschaltung (Q4, Q4', Q4'') und einer zweiten Gatespannung (U_1) der zweiten FET-Transistorschaltung (Q3) erzeugt wird, und
 - wobei die weitere Verstärkerschaltung (**3**) die Differenzspannung ($U_2 - U_1$) in eine Steuerspannung (U_g) für das Gate des Steuertransistors (Q1) verstärkt.

- Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperatursensor aufweist:
 - Mittel zum Betreiben der zweiten FET-Transistorschaltung (Q4, Q4', Q4'') an einem Arbeitspunkt, in dem für einen konstanten Drain-Source-Strom (I_2)

der zweiten FET-Transistorschaltung (Q4, Q4', Q4'') die Gatespannung (U2) der zweiten FET-Transistorschaltung (Q4, Q4', Q4'') temperaturunabhängig ist, und

– Mittel zum Betreiben der ersten FET-Transistorschaltung in einem Arbeitsbereich, der oberhalb des temperaturunabhängigen Arbeitspunkts (A) und in einem Bereich liegt, in dem für einen konstanten Drain-Source-Strom (I1) der ersten FET-Transistorschaltung die Gatespannung (U1T1, U1T2) der ersten FET-Transistorschaltung mit zunehmender Temperatur zunimmt.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Betreiben der ersten FET-Transistorschaltung (Q3) und die Mittel zum Betreiben der zweiten FET-Transistorschaltung (Q4, Q4', Q4'') einen Stromgenerator (**21**) aufweisen, der die beiden FET-Transistorschaltungen mit konstanten Strömen (I1, I2) speist.

4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Stromgenerator (**21**) zwei gekoppelte Stromquellen (Q5, Q6) aufweist, die die FET-Transistorschaltungen speisen.

5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Betreiben der ersten FET-Transistorschaltung und die Mittel zum Betreiben der zweiten FET-Transistorschaltung jeweils einen Widerstand aufweisen, der mit der jeweiligen FET-Transistorschaltung in Reihe geschaltet ist.

6. Schaltungsanordnung nach mindestens der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die erste FET-Transistorschaltung und die zweite FET-Transistorschaltung jeweils einen FET-Transistor (Q3; Q4, Q4', Q4'') aufweisen, der in Diodenschaltung betrieben wird.

7. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die erste FET-Transistorschaltung und/oder die zweite FET-Transistorschaltung kaskadierte FET-Transistoren (Q4', Q4'') aufweisen.

8. Schaltungsanordnung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärkerschaltung mindestens einen Differenzverstärker (**1, 1', 1''**) aufweist, insbesondere mehrere Differenzverstärker (**1, 1', 1''**) aufweist, wobei ein Ausgang eines Differenzverstärkers mit einem Eingang eines weiteren Differenzverstärkers verbunden ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Fig.1

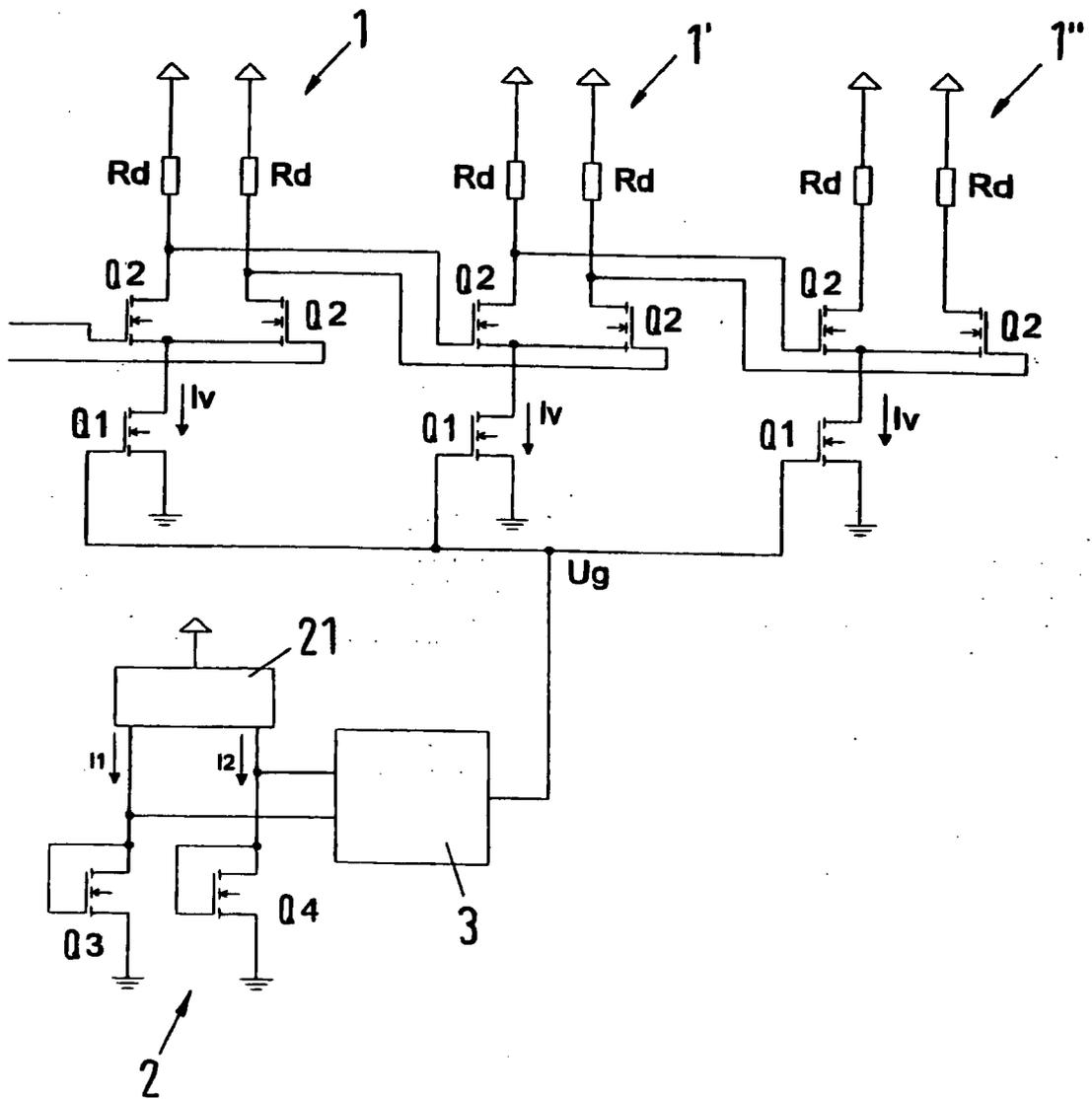


Fig.2

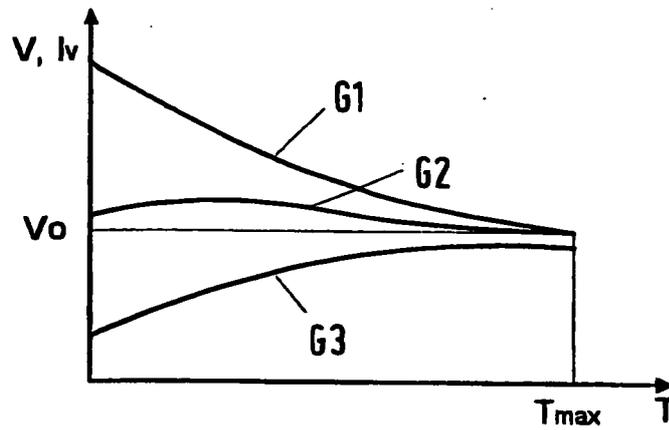


Fig. 3a

Fig. 3b

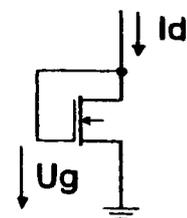
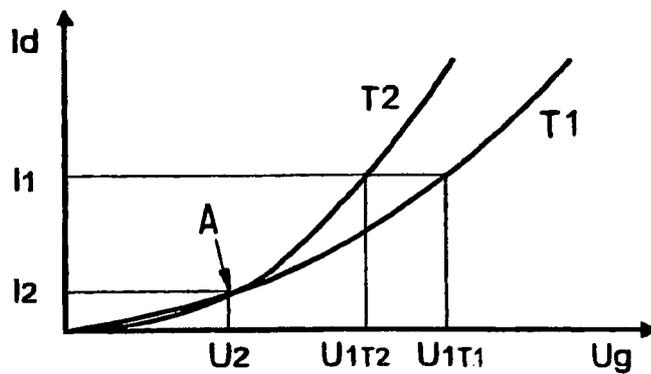


Fig.4

