

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 126 350 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
31.05.2006 Patentblatt 2006/22

(51) Int Cl.:
G05F 1/56 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **00103077.4**

(22) Anmeldetag: **15.02.2000**

(54) **Spannungs-Strom-Wandler**

Voltage-to-current converter

Convertisseur tension - courant

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT DE ES FR GB IT

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.08.2001 Patentblatt 2001/34

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

(72) Erfinder: **Viehmann, Hans-Heinrich**
81739 München (DE)

(74) Vertreter: **Epping - Hermann - Fischer**
Patentanwaltsgesellschaft mbH
Ridlerstrasse 55
80339 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 337 444 **EP-A- 0 454 243**
EP-A- 0 740 243 **US-A- 4 961 009**
US-A- 5 337 021 **US-A- 5 754 039**

EP 1 126 350 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Spannungs-Strom-Wandler mit einem ersten Stromspiegel, der zwei Transistoren aufweist, die derart ausgebildet sind, daß bei gleicher Ansteuerung der durch den ersten Transistor fließende Strom um einen vorbestimmten Faktor größer als der durch den zweiten Transistor fließende Strom ist, der den Ausgangsstrom des Spannungs-Strom-Wandlers darstellt.

[0002] Spannungs-Strom-Wandler sind im Stand der Technik gut bekannt und dienen dazu, eine Eingangsspannung in einen proportionalen Ausgangsstrom umzuwandeln. Dies wird beispielsweise für den spannungsgesteuerten Oszillator (auch kurz mit VCO bezeichnet) in einem Phasenregelkreis (auch kurz mit PLL bezeichnet) benötigt.

[0003] EP-0337444-A2 zeigt einen MOS-Spannungs-Strom-Wandler.

[0004] Der zu Beginn erwähnte bekannte Spannungs-Strom-Wandler ist in der FIG. 2 dargestellt. Er weist einen Stromspiegel 10 mit zwei selbstsperrenden n-Kanal-MOSFETs 12, 14 (Abkürzung für den englischen Begriff "metal-oxide-semiconductor fieldeffect transistor") auf. Der Stromspiegel 10 wird über einen Vorwiderstand 16 programmiert, der in Reihe mit dem Drain-Anschluß des ersten Transistors 12 an die Eingangsspannung U_E angeschlossen ist und den Drain-Strom I_{12} des ersten Transistors 12 festlegt, der den Eingangsstrom I_E des Stromspiegels 10 darstellt.

[0005] Die Gate-Anschlüsse der beiden Transistoren 12, 14 sind miteinander sowie mit dem Drain-Anschluß des ersten Transistors 12 verbunden, so daß beide Transistoren 12, 14 gleich angesteuert werden. Der Source-Anschluß des ersten Transistors 12 liegt an Masse. Der Source-Anschluß des zweiten Transistors 14 liegt an Masse, und an seinem Drain-Anschluß wird der Ausgangsstrom I_A des Spannungs-Strom-Wandlers abgenommen.

[0006] Der Stromspiegel 10 ist in dem Buch SEIFART, MANFRED, "Analoge Schaltungen - 5. Auflage", 1996, Verlag Technik GmbH, Berlin, DE (ISBN 3-341-01175-7), Bild 6.21 offenbart. Gemäß der FIG. 2 ist bei dem bekannten Spannungs-Strom-Wandler die dort gezeigte Schaltung jedoch dadurch abgewandelt, daß die Eingangsspannung U_E an Stelle der Versorgungsspannung U_{DD} an den Vorwiderstand 16 angeschlossen ist. Folglich ist die Eingangsspannung U_E entsprechend dem Widerstandswert des Vorwiderstands 16 proportional zu dem Eingangsstrom I_E .

[0007] Da die Transistoren 12, 14 im Sättigungsbereich betrieben werden, sind ihre jeweiligen Drain-Ströme I_{12} , I_{14} zueinander proportional. Diese Proportionalität kann einfach durch Auswahl der geometrischen Abmessungen der Transistoren 12, 14 bestimmt werden, wenn die übrigen Parameter, wie die Oberflächenbeweglichkeit der Ladungsträger im Kanal μ_0 , die Gate-Kapazität pro Fläche C_{ox} und die Schwellspannung U_T , für die Transistoren 12, 14 gleich sind. In diesem Fall gilt für die beiden Drain-Ströme I_{12} und I_{14} :

$$I_{14}/I_{12} = \beta_{14}/\beta_{12},$$

wobei $\beta=W/L$ der Geometriequotient eines Transistors mit der Kanalbreite W und der Kanallänge L ist.

[0008] Wenn folglich das Layout des ersten Transistors 12 und des zweiten Transistors 14 auf dem Chip geometrisch so dimensioniert wird, daß $\beta_{12}=10\cdot\beta_{14}$ gilt, indem beispielsweise der Kanal des ersten Transistors 12 gleich lang, aber zehnmal breiter als der Kanal des zweiten Transistors 14 gemacht wird, dann gilt entsprechend auch $I_{12}=10\cdot I_{14}$.

[0009] In diesem Fall ist also wegen der zuvor erwähnten Proportionalität zwischen Eingangsspannung U_E und Eingangsstrom $I_E=I_{12}$ auch der Drain-Strom I_{14} des zweiten Transistors 14, der den Ausgangsstrom I_A des bekannten Spannungs-Strom-Wandlers darstellt, proportional zu der Eingangsspannung U_E .

[0010] Da bei den genannten Anwendungsfällen des Phasenregelkreises die Eingangsspannung U_E meist im Bereich zwischen 2 und 5 Volt vorliegt und die gewünschte Ausgangsstromstärke I_A im Bereich von wenigen Nanoampere liegen soll, muß der Vorwiderstand 16 einen Widerstandswert im Bereich von einigen Megaohm aufweisen. Widerstände in dieser Größenordnung benötigen jedoch in integrierten Schaltungen eine sehr große Fläche, was einen großen Nachteil darstellt, da die Kosten von integrierten Schaltungen hauptsächlich durch den Flächenbedarf beeinflusst werden.

[0011] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, einen Spannungs-Strom-Wandler der genannten Art zur Verfügung zu stellen, der weniger Fläche benötigt.

[0012] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß:

- ein zweiter Stromspiegel vorgesehen ist, der zwei Transistoren aufweist;
- die beiden Stromspiegel derart in Reihe an eine Versorgungsspannung angeschlossen sind, daß die beiden ersten Transistoren und die beiden zweiten Transistoren jeweils in Reihe geschaltet sind; und
- ein MOSFET vorgesehen ist, der in Reihe zu dem ersten Transistor des ersten Stromspiegels geschaltet und mit seinem Gate-Anschluß an die Eingangsspannung angeschlossen ist.

[0013] Bei diesem Spannungs-Strom-Wandler wird folglich auf den bisher in dem bekannten Spannungs-Strom-Wand-

ler benötigten Vorwiderstand 16 verzichtet, und da der nunmehr vorgesehene MOSFET im Vergleich zu einem Widerstand eine erheblich kleinere Fläche in einem IC hat, wird eine erhebliche Flächensparnis erzielt, obwohl im Vergleich zu dem bekannten Spannungs-Strom-Wandler mehr Bauteile vorgesehen sind.

[0014] Zur einfacheren Erläuterung der Funktionsweise dieses Spannungs-Strom-Wandlers wird im folgenden angenommen, daß in dem zweiten Stromspiegel die beiden Transistoren identisch sind, was hier bedeuten soll, daß durch sie bei gleicher Ansteuerung gleich große Ströme fließen, und daß zudem der Faktor gleich zehn ist.

[0015] Falls der erste Stromspiegel allein betrachtet wird, würden durch seine beiden Transistoren bei gleicher Ansteuerung unterschiedlich große Ströme fließen, genauer gesagt betrüge der Strom durch den ersten Transistor entsprechend dem Faktor das Zehnfache des Stromes durch den zweiten Transistor. Anders ausgedrückt weist der erste Transistor einen Leitwert auf, der entsprechend dem Faktor das Zehnfache des Leitwertes des zweiten Transistors beträgt.

[0016] Dieser erste Stromspiegel ist jedoch nicht allein, sondern in Reihe mit dem zweiten Stromspiegel an die Versorgungsspannung, die wie die Eingangsspannung meist im Bereich zwischen 2 und 5 Volt liegt, angeschlossen, wobei zum einen die beiden ersten und zum anderen die beiden zweiten Transistoren in Reihe geschaltet sind und sozusagen den Eingangsstrompfad bzw. den Ausgangsstrompfad des Spannungs-Strom-Wandlers bilden. Die beiden identischen Transistoren des zweiten Stromspiegels sorgen nun dafür, daß auch durch die beiden ungleichen Transistoren des ersten Transistors gleich große Ströme fließen. Da deren Leitwerte aber hierdurch unverändert bleiben, fällt über dem ersten Transistor eine Spannung ab, die entsprechend dem Faktor nur ein Zehntel der über dem zweiten Transistor abfallenden Spannung beträgt. Die Restspannung, also die Differenz zwischen diesen beiden Spannungen, fällt schließlich über dem in Reihe zu dem ersten Transistor geschalteten MOSFET ab und stellt somit dessen Drain-Source-Spannung dar.

[0017] Diese Drain-Source-Spannung bleibt in guter Näherung konstant und beträgt beispielsweise 60 mV. Dieser Wert ist in Hinblick auf den zuvor erwähnten Bereich der Eingangsspannung zwischen 2 und 5 Volt ausgewählt und reicht aus, damit sie kleiner ist als die Gate-Ansteuerung des MOSFET, also die Differenz zwischen der an ihn angelegten Gate-Source-Spannung, die ja durch die Eingangsspannung gebildet wird, und seiner Schwellspannung. Folglich wird der MOSFET in starker Inversion betrieben, so daß er sich im Widerstandsbereich der Ausgangskennlinie befindet, der auch als "linearer Bereich" oder "aktiver Bereich" bezeichnet wird.

[0018] Im Widerstandsbereich ist der Drain-Strom in guter Näherung proportional zur Drain-Source-Spannung. Wegen dieser Proportionalität kann also dem Kanal des MOSFET ein Widerstandswert oder Leitwert zugeordnet werden. Dieser Leitwert ist seinerseits proportional zur Gate-Ansteuerung. Eine Vergrößerung der Eingangsspannung und damit der Gate-Ansteuerung bewirkt also eine proportionale Vergrößerung des Leitwertes und damit auch des Drain-Stromes. Da der Drain-Strom den ersten Stromspiegel programmiert, wird folglich der durch den zweiten Transistor fließende Strom, der ja den Ausgangsstrom des Spannungs-Strom-Wandlers bildet, ebenfalls proportional vergrößert, bleibt aber entsprechend dem Faktor nur bei einem Zehntel des Stromes durch den ersten Transistor. Somit ist der Ausgangsstrom proportional zur Eingangsspannung, wie es von einem Spannungs-Strom-Wandler ja auch erwartet wird.

[0019] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0020] Bevorzugt ist vorgesehen, daß der erste Stromspiegel einen dritten Transistor aufweist, der an die Masse angeschlossen ist, wobei nun der durch ihn fließende Strom und nicht mehr der durch den zweiten Transistor fließende Strom den Ausgangsstrom des Spannungs-Strom-Wandlers darstellt. Dieser dritte Transistor dient somit als Auskoppeltransistor, so daß die Eingangsspannung nicht mit dem Ausgangsstrom belastet wird. Dadurch wird ein hoher Eingangswiderstand des Spannungs-Strom-Wandlers erzielt. Außerdem kann mit diesem dritten Transistor der Ausgangsstrom unabhängig von dem zweiten Transistor auf die gewünschte Größenordnung skaliert werden.

[0021] Bevorzugt ist weiter vorgesehen, daß in dem zweiten Stromspiegel der durch den ersten Transistor fließende Strom dem durch den zweiten Transistor fließenden Strom gleicht. Dadurch wird der Entwurf der Schaltung und des Layouts erleichtert.

[0022] Bevorzugt ist außerdem vorgesehen, daß in dem ersten Stromspiegel der erste Transistor und der zweite Transistor in schwacher Inversion betrieben werden. Dadurch bleibt die Drain-Source-Spannung über einen größeren Bereich von mehreren Dekaden konstant, so daß die Genauigkeit des Spannungs-Strom-Wandlers verbessert wird.

[0023] Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen näher beschrieben.

Fig. 1 ist ein Schaltplan eines Spannungs-Strom-Wandlers in einer bevorzugten Ausführungsform; und

Fig. 2 ist ein Schaltplan eines bekannten Spannungs-Strom-Wandlers.

[0024] Die Fig. 1 zeigt einen Spannungs-Strom-Wandler in einer bevorzugten Ausführungsform, der einen ersten Stromspiegel 18, einen zweiten Stromspiegel 20 und einen MOSFET 22 aufweist. Bei der dargestellten Ausführungsform hat dieser MOSFET 22 einen selbstsperrenden n-Kanal. Sein Source-Anschluß liegt an Masse, und die Eingangsspan-

nung U_E des Spannungs-Strom-Wandlers ist an seinen Gate-Anschluß gelegt und bildet daher die Gate-Source-Spannung U_{GS} .

[0025] Der dargestellte erste Stromspiegel 18 weist drei Transistoren 24, 26, 28 auf, die bei der dargestellten Ausführungsform ebenfalls selbstsperrende n-Kanal-MOSFETs sind, die im Sättigungsbereich betrieben werden. Ihre Gate-Anschlüsse sind miteinander sowie mit dem Drain-Anschluß des ersten Transistors 24 verbunden, so daß alle drei Transistoren 24, 26, 28 gleich angesteuert werden. Der Source-Anschluß des ersten Transistors 24 ist mit dem Drain-Anschluß des MOSFET 22 verbunden, so daß der erste Transistor 24 und der MOSFET 22 in Reihe geschaltet sind. Der Source-Anschluß des zweiten Transistors 26 liegt an Masse. Der Source-Anschluß des dritten Transistors 28 liegt an der Masse, und an seinem Drain-Anschluß wird der Ausgangsstrom I_A des Spannungs-Strom-Wandlers abgenommen. Der erste Stromspiegel 18 wird also durch den Kanalwiderstand des MOSFET 22 programmiert.

[0026] Der dargestellte zweite Stromspiegel 20 weist zwei Transistoren 30, 32 auf, die bei der dargestellten Ausführungsform selbstsperrende p-Kanal-MOSFETs sind, die im Sättigungsbereich betrieben werden. Ihre Gate-Anschlüsse sind miteinander sowie mit dem Drain-Anschluß des zweiten Transistors 32 verbunden, so daß beide Transistoren 30, 32 gleich angesteuert werden. Ihre Source-Anschlüsse liegen an der Versorgungsspannung U_{DD} . Der Drain-Anschluß des ersten Transistors 30 ist mit dem Drain-Anschluß des ersten Transistors 24 des ersten Stromspiegels 18 verbunden, während der Drain-Anschluß des zweiten Transistors 32 mit dem Drain-Anschluß des zweiten Transistors 26 des ersten Stromspiegels 18 verbunden ist, so daß die beiden ersten Transistoren 24, 30 und die beiden zweiten Transistor 26, 32 jeweils in Reihe an die Versorgungsspannung U_{DD} angeschlossen sind.

[0027] In dieser bevorzugten Ausführungsform sind in dem ersten Stromspiegel 18 die drei Transistoren 24, 26, 28 derart ausgebildet, daß bei gleicher Ansteuerung der durch den ersten Transistor 24 fließende Drain-Strom I_{24} um einen vorbestimmten ersten Faktor K_1 größer als der durch den zweiten Transistor 26 fließende Drain-Strom I_{26} und um einen vorbestimmten zweiten Faktor K_2 größer als der durch den dritten Transistor 28 fließende Drain-Strom I_{28} ist. Anders ausgedrückt weist der erste Transistor 24 einen Kanalleitwert G_{24} auf, der das K_1 -fache des Kanalleitwertes G_{26} des zweiten Transistors 26 und das K_2 -fache des Kanalleitwertes G_{28} des dritten Transistors 28 beträgt. Dies kann einfach durch geeignete Auswahl der geometrischen Abmessungen der drei Transistoren 24, 26, 28 bei im übrigen gleichen Parametern erreicht werden, so daß auch ihre Geometriequotienten β_{24} , β_{26} , β_{28} die genannten proportionalen Verhältnisse einhalten. Es gilt demnach:

$$K_1 = I_{24}/I_{26} = G_{24}/G_{26} = \beta_{24}/\beta_{26}$$

und

$$K_2 = I_{24}/I_{28} = G_{24}/G_{28} = \beta_{24}/\beta_{28}$$

[0028] Außerdem sind in dieser bevorzugten Ausführungsform in dem zweiten Stromspiegel 20 die beiden Transistoren 30, 32 identisch im oben genannten Sinne ausgebildet, so daß bei gleicher Ansteuerung der durch den ersten Transistor 30 fließende Drain-Strom I_{30} gleich dem durch den zweiten Transistor 32 fließende Drain-Strom I_{32} ist. Folglich sind auch ihre Kanalleitwerte G_{30} , G_{32} gleich. Dies kann einfach durch geeignete Auswahl der geometrischen Abmessungen der beiden Transistoren 30, 32 bei im übrigen gleichen Parametern erreicht werden, so daß auch ihre Geometriequotienten β_{30} , β_{32} gleich sind.

[0029] Im folgenden wird die Funktionsweise des dargestellten Spannungs-Strom-Wandlers beschrieben. Hierzu wird der Verlauf von der Versorgungsspannung U_{DD} über den ersten Transistor 30 des zweiten Stromspiegels 20, den ersten Transistor 24 des ersten Stromspiegels 18 und den MOSFET 22 zur Masse als "Eingangsstrompfad" des Spannungs-Strom-Wandlers bezeichnet, während der Verlauf von der Versorgungsspannung U_{DD} über den zweiten Transistor 32 des zweiten Stromspiegels 20 und den zweiten Transistor 26 des ersten Stromspiegels 18 zur Masse als "Ausgangsstrompfad" des Spannungs-Strom-Wandlers bezeichnet wird.

[0030] Der zweite Stromspiegel 20 sorgt mit seinen identischen Transistoren 30, 32 dafür, daß der Strom I_E im Eingangsstrompfad und der Strom I_1 im Ausgangsstrompfad gleich groß sind. In dem ersten Stromspiegel 18 verursachen jedoch diese gleichen Ströme I_E , I_1 gemäß der Gleichung $U=R \cdot I=I/G$ über dem ersten Transistor 24 einen Spannungsabfall U_{24} , der entsprechend dem oben genannten Leitwertverhältnis $K_1=G_{24}/G_{26}$ kleiner als der über dem zweiten Transistor 26 abfallende Spannungsabfall U_{26} ist. Es gilt folglich:

EP 1 126 350 B1

$$K_1 = U_{26}/U_{24}$$

5
[0031] Da beide Strompfade parallel von der Versorgungsspannung U_{DD} zur Masse verlaufen, fällt über ihnen insgesamt dieselbe Spannung ab, nämlich die Versorgungsspannung U_{DD} . Im Ausgangsstrompfad gilt also:

$$10 \quad U_{DD} = U_{32} + U_{26}$$

15 [0032] Hingegen muß im Eingangsstrompfad, obwohl $U_{30}=U_{32}$ gilt, wegen $U_{24}<U_{26}$ folgendes gelten:

$$20 \quad U_{30} + U_{24} < U_{DD}$$

[0033] Dort ist aber vor der Masse noch der MOSFET 22 vorhanden, an dem die restliche Spannung als seine Drain-Source-Spannung U_{DS} abfällt, so daß gilt:

$$25 \quad U_{DD} = U_{30} + U_{24} + U_{DS}$$

30 [0034] Der erste Faktor K_1 wird nun mit Hilfe der Geometriequotienten β_{24} , β_{26} derart gewählt, daß der MOSFET 22 im Widerstandsbereich betrieben wird. Es muß also folgendes gelten:

$$35 \quad U_{DS} < U_{GS} - U_T \equiv U_{eff}$$

worin U_{GS} die Gate-Source-Spannung ist, die durch die Eingangsspannung U_E gebildet wird, U_T die Schwellspannung ist, und U_{eff} die Gate-Ansteuerung ist.

40 [0035] Umgekehrt wird durch den Kanalleitwert G_{22} des MOSFET 22, da dieser im Eingangsstrompfad liegt, der erste Stromspiegel 18 programmiert, das heißt, daß der auch durch den MOSFET 22 fließende Strom I_E im Eingangsstrompfad den Drain-Strom I_{26} durch seinen zweiten Transistor 26, und somit auch den Strom I_1 im Ausgangsstrompfad, sowie den Drain-Strom I_{28} durch seinen dritten Transistor 28 festlegt. Es gilt somit wegen der oben erwähnten Gleichung $K_2=I_{24}/I_{28}$:

$$45 \quad I_{28} = I_{24}/K_2 = I_E/K_2$$

50 [0036] Dieser Drain-Strom I_{28} durch den dritten Transistor 28 stellt den Ausgangsstrom I_A des Spannungs-Strom-Wandlers dar, so daß der zweite Geometriequotient K_2 derart gewählt werden kann, daß der Ausgangsstrom I_A in der gewünschten Größenordnung liegt.

[0037] Da im Widerstandsbereich die Gate-Ansteuerung $U_{eff}=U_E-U_T$ proportional zum Kanalleitwert G_{22} und dieser gemäß der Gleichung $I=G \cdot U$ wiederum proportional zum Drain-Strom I_E ist, gilt für den MOSFET 22:

55

$$U_E \approx I_E$$

5

[0038] Hieraus folgt wegen der Programmierung, gemäß der $I_E \approx I_{28} = I_A$ gilt, schließlich noch:

10

$$U_E \approx I_A$$

also die für einen Spannungs-Strom-Wandler gewünschte Proportionalität zwischen dem Ausgangsstrom I_A und der Eingangsspannung U_E .

15 **[0039]** Auch müssen die Transistoren 30, 32 des zweiten Stromspiegels 20 nicht identisch sein, vielmehr können sie sich beispielsweise ähnlich wie die Transistoren 24, 26, 28 des ersten Stromspiegels 18 um einen Faktor unterscheiden.

[0040] Außerdem ist der Typ der Transistoren 24, 26, 28, 30, 32 der beiden Stromspiegel 18, 20 nicht auf die beschriebenen MOSFETs beschränkt, vielmehr können sie beispielsweise MOSFETs mit anderer Polarität und/oder Dotation, aber auch JFETs oder Bipolar-Transistoren sein.

20

Patentansprüche

25 1. Spannungs-Strom-Wandler, der eine Eingangsspannung (U_E) in einen proportionalen Ausgangsstrom (I_A) umwandelt, mit:

30 - einem ersten Stromspiegel (18), der zwei Transistoren (24, 26) aufweist, die derart ausgebildet sind, daß bei gleicher Ansteuerung der durch den ersten Transistor (24) fließende Strom um einen vorbestimmten Faktor (K_1) größer als der durch den zweiten Transistor (26) fließende Strom (I_1) ist, der den Ausgangsstrom des Spannungs-Strom-Wandlers darstellt,

wobei

35 - ein zweiter Stromspiegel (20) vorgesehen ist, der zwei Transistoren (30, 32) aufweist;
- die beiden Stromspiegel (18, 20) derart in Reihe an eine Versorgungsspannung (U_{DD}) angeschlossen sind, daß die beiden ersten Transistoren (24, 26) und die beiden zweiten Transistoren (30, 32) jeweils in Reihe geschaltet sind; und

dadurch gekennzeichnet, daß

40 - ein MOSFET (22) vorgesehen ist, der in Reihe zu dem ersten Transistor (24) des ersten Stromspiegels (18) geschaltet und mit seinem Gate-Anschluß an die Eingangsspannung (U_E) angeschlossen ist.

45 2. Spannungs-Strom-Wandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** in dem zweiten Stromspiegel (20) der durch den ersten Transistor (30) fließende Strom dem durch den zweiten Transistor (32) fließenden Strom gleicht.

3. Spannungs-Strom-Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** in dem ersten Stromspiegel (18) der erste Transistor (24) und der zweite Transistor (26) in schwacher Inversion betrieben werden.

50

4. Spannungs-Strom-Wandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der MOSFET (22) eine Schwellenspannung aufweist, so daß die Spannungs-Strom-Kennlinie bei 0 beginnt.

55 Claims

1. Voltage-current converter, which converts an input voltage (V_E) into a proportional output current (I_A), having:

EP 1 126 350 B1

- a first current mirror (18) containing two transistors (24, 26) that are designed such that under identical drive conditions the current flowing through the first transistor (24) is greater than the current (I_1) flowing through the second transistor (26), which constitutes the output current of the voltage-current converter, by a predetermined factor (K_1),

5

wherein

- a second current mirror (20) is provided containing two transistors (30, 32);
- the two current mirrors (18, 20) are connected in series to a supply voltage (U_{DD}) such that the two first transistors (24, 26) and the two second transistors (30, 32) respectively are connected in series;

10

characterized in that

- a MOSFET (22) is provided that is connected in series with the first transistor (24) of the first current mirror (18), and whose gate is connected to the input voltage (U_E).

15

2. Voltage-current converter according to Claim 1, **characterized in that** in the second current mirror (20), the current flowing through the first transistor (30) is equal to the current flowing through the second transistor (32).
3. Voltage-current converter according to one of the previous claims, **characterized in that** in the first current mirror (18), the first transistor (24) and the second transistor (26) are operated in weak inversion.
4. Voltage-current converter according to one of the previous claims, **characterized in that** the MOSFET (22) has a threshold voltage so that the voltage-current characteristic starts at 0.

20

25

Revendications

1. Convertisseur tension-courant, qui convertit une tension d'entrée (U_E) en un courant de sortie proportionnel (I_A), ayant :

30

- un premier miroir de courant (18) qui comporte deux transistors (24, 26) qui sont conçus de telle sorte que, pour une commande identique, le courant passant dans le premier transistor (24) est supérieur d'un premier facteur (K_1) au courant (I_1) passant dans le deuxième transistor (26) et représentant le courant de sortie du convertisseur tension-courant,

35

tel que :

- il est prévu un deuxième miroir de courant (20) qui comporte deux transistors (30, 32) ;
- les deux miroirs de courant (18, 20) sont raccordés de telle sorte en série à une tension d'alimentation (U_{DD}) que les deux premiers transistors (24, 26) et les deux deuxièmes transistors (30, 32) sont branchés à chaque fois en série ; et **caractérisé par le fait que**
- il est prévu un MOSFET (22) qui est branché en série avec le premier transistor (24) du premier miroir de courant (18) et qui est raccordé par sa borne de grille à la tension d'entrée (U_E).

40

2. Convertisseur tension-courant selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que**, dans le deuxième miroir de courant (20), le courant passant dans le premier transistor (30) est égal au courant passant dans le deuxième transistor (32).
3. Convertisseur tension-courant selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que**, dans le premier miroir de courant (18), le premier transistor (24) et le deuxième transistor (26) fonctionnent en inversion faible.
4. Convertisseur tension-courant selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** le MOSFET (22) comporte une tension de seuil de telle sorte que la courbe caractéristique tension-courant commence à 0.

50

55

FIG. 1

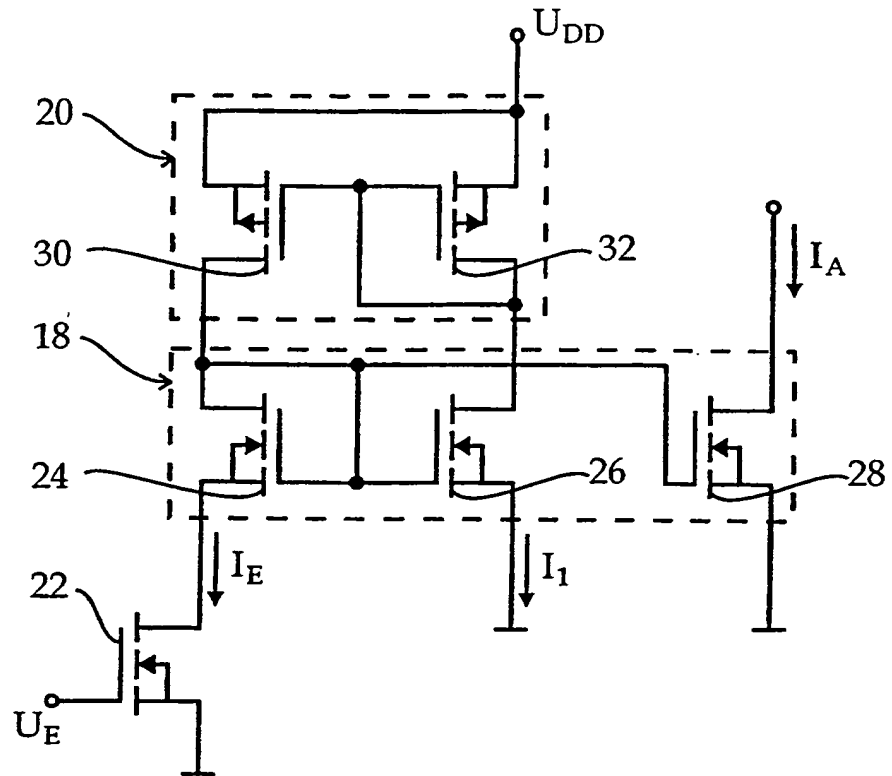


FIG. 2 -Stand der Technik-

