



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 34 793 T2** 2007.09.20

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 917 788 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H04L 25/02** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 34 793.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB98/00128**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 900 646.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1998/038773**

(86) PCT-Anmeldetag: **02.02.1998**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **03.09.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.05.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **07.06.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **20.09.2007**

(30) Unionspriorität:

97200526 25.02.1997 EP

(74) Vertreter:

Volmer, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 52066 Aachen

(73) Patentinhaber:

**Koninklijke Philips Electronics N.V., Eindhoven,
NL**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT, NL

(72) Erfinder:

NAUTA, Bram, NL-5656 AA Eindhoven, NL

(54) Bezeichnung: **LEITUNGSTREIBER MIT ADAPTIVER AUSGANGSIMPEDANZ**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Leitungstreiber, noch spezieller auf einen Leitungstreiber mit adaptiver Ausgangsimpedanz. Ein solcher Leitungstreiber ist aus der unter der Nr. WO 95/02931 veröffentlichten Internationalen Patentanmeldung bekannt. Ein Leitungstreiber ist ein elektronischer Pufferverstärker, der designt ist, eine Ausgangsimpedanz zu haben, die an die charakteristische Impedanz einer Übertragungsleitung angepasst ist. Übertragungsleitungen werden weithin verwendet, um elektrische Signale zu befördern. Um Reflexionen zu minimieren, sollten die Quellen- und Lastimpedanzen einer Übertragungsleitung gleich der charakteristischen Impedanz der Übertragungsleitung sein. Ein Standardwert für Videoanwendungen ist 75 Ohm. Ein Pufferverstärker, der designt ist, eine 75-Ohm-Übertragungsleitung zu treiben, sollte eine Ausgangsimpedanz von 75 Ohm haben, um Reflexionen zu minimieren. Der Puffer sieht einen Lastwiderstand von 75 Ohm, d.h. die Impedanz der abgeschlossenen Übertragungsleitung.

[0002] [Fig. 1](#) zeigt einen ersten bekannten Ansatz, einen solchen Puffer zu implementieren. Der Puffer stellt eine Spannungsquelle VS mit einem Serienwiderstand R_s mit einem Wert, der gleich der charakteristischen Impedanz der Übertragungsleitung ist, um die korrekte Ausgangsimpedanz des Leitungstreiber zu implementieren, bereit. Diese Art Leitungstreiber wird oft in Digital/Analog-Wandlern (DAC's) verwendet, wo die Ausgangsspannung durch ein digitales Eingangssignal gesteuert wird. Ein Nachteil dieser ersten bekannten Struktur ist, dass die Spannungsquelle VS die doppelte geforderte Ausgangsspannung liefern muss. Dies wird ein Problem, wo die verfügbare Versorgungsspannung abfällt, während die Signalpegel unverändert bleiben; z.B. eine 1,5 V_{ss} Ausgangsspannung bei 3 V Versorgungsspannung ist kaum möglich.

[0003] [Fig. 2](#) zeigt einen zweiten bekannten Ansatz. Die Spannungsquelle mit Serienwiderstand wird gegen eine Stromquelle CS mit einem Parallelwiderstand R_s ausgetauscht. In dieser Struktur wird keine Spannung verloren, aber der halbe des von der Stromquelle CS gelieferten Stroms wird in dem Parallelwiderstand R_s vergeudet. Diese Technik wird oft in DAC's verwendet, wo der Ausgangsstrom digital gesteuert wird.

[0004] Es zeigt sich, dass beide bekannten Lösungen nicht attraktiv sind, da entweder Spannung oder Strom vergeudet wird. Deshalb ist zu verstehen, dass ein Leitungstreiber mit einer spezifizierten Ausgangsimpedanz, die an die Impedanz einer Übertragungsleitung angepasst ist, und der nicht die doppelte Ausgangsspannung oder den doppelten Ausgangsstrom erfordert, erstrebenswert ist.

[0005] Es ist deshalb eine Aufgabe dieser Erfindung, einen Leitungstreiber mit spezifizierter Ausgangsimpedanz ohne den in dem Serienwiderstand-Ansatz inhärenten Spannungsverlust oder ohne den in dem Parallelwiderstand-Ansatz inhärenten Stromverlust zu schaffen. Erfindungsgemäß wird ein Leitungstreiber geschaffen, der Folgendes umfasst:

- einen Leitungstreiber-Eingangsanschluss zum Empfangen eines Eingangssignals;
- einen Leitungstreiber-Ausgangsanschluss zum Anschließen einer Last;
- einen Stromspiegel mit einer Stromverstärkung n , der Folgendes umfasst:
 - einen ersten Transistor mit einem Hauptstrompfad, der zwischen einem Spannungsversorgungsanschluss und einem Referenzknoten eingefügt ist, und einen zweiten Transistor mit einem Hauptstrompfad, der zwischen dem Spannungsversorgungsanschluss und dem Leitungstreiber-Ausgangsanschluss eingefügt ist, und jeweilige Steuerelektroden des ersten Transistors und des zweiten Transistors, die verbunden sind, um dieselbe Steuerspannung zu empfangen;
 - einen an den Referenzknoten gekoppelten Referenzwiderstand mit einem Widerstand, der gleich n -mal den charakteristischen Widerstand der Last ist;
 - einen ersten Verstärker mit Differenz-Eingangsanschlüssen, die an den Leitungstreiber-Eingangsanschluss und den Referenzknoten gekoppelt sind, und mit einem Ausgangsanschluss, der an die jeweiligen Steuerelektroden des ersten Transistors und des zweiten Transistors gekoppelt ist; und
 - einen zweiten Transkonduktanzverstärker mit Differenz-Eingangsanschlüssen, wobei einer der Differenz-Eingangsanschlüsse auf ein Signal, das im Wesentlichen gleich dem Eingangssignal an dem Leitungstreiber-Eingangsanschluss ist, reagiert, und der andere der Differenz-Eingangsanschlüsse an den Leitungstreiber-Ausgangsanschluss gekoppelt ist, mit einem an den Referenzknoten gekoppelten Ausgangsanschluss und mit einer Transkonduktanz, die gleich dem reziproken Wert des Widerstands des Referenzwiderstands ist.

[0006] Aufgrund des Verstärkungsfaktors des ersten Verstärkers ist die Spannung an dem Referenzknoten im Wesentlichen gleich der Eingangsspannung. Das Eingangssignal wird in einen Strom durch den Referenzwiderstand umgewandelt. Ein n -mal verstärkter Strom fließt durch die Last. Da der Widerstand des Referenzwiderstands gleich n -mal den Widerstand der Last ist, ist die Spannung über der Last gleich der Eingangsspannung. Keine Signalspannung wird vergeudet. Die Versorgungsspannung kann niedrig sein und sollte nur einen richtigen Spannungsabfall über dem zweiten Transistor erlauben.

Ferner wird kaum Signalstrom vergeudet, außer für einen relativ kleinen Strom, der durch den ersten Transistor und den Referenzwiderstand fließt. Indem die Stromverstärkung des Stromspiegels ausreichend hoch gemacht wird, beispielsweise $n = 10$ bis $n = 40$, ist die Stromvergeudung vernachlässigbar.

[0007] Der zweite Transkonduktanzverstärker tastet jegliche unerwünschten reflektierten Spannungen an dem Leitungstreiber-Ausgangsanschluss ab und wandelt diese reflektierten Spannungen in einen Ausgangsstrom um, der von dem Ausgangsanschluss des zweiten Transkonduktanzverstärkers in den ersten Transistor fließt. Der Ausgangsstrom des zweiten Transkonduktanzverstärkers wird in dem Stromspiegel kopiert und multipliziert. Reflexionen an dem Leitungstreiber-Ausgangsanschluss wird so entgegengearbeitet und der Leitungstreiber verhält sich wie eine Quelle mit einer Ausgangsimpedanz gleich der Lastimpedanz.

[0008] Der zweite Transkonduktanzverstärker tastet die unerwünschten reflektierten Spannungen durch Vergleichen der Ausgangsspannung an dem Leitungstreiber-Ausgangsanschluss und der Eingangsspannung an dem Leitungstreiber-Eingangsanschluss ab. Zu diesem Zweck ist in einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Leitungstreibers der genannte eine der Differenz-Eingangsanschlüsse des zweiten Transkonduktanzverstärkers an den Leitungstreiber-Eingangsanschluss gekoppelt.

[0009] Zu demselben Zweck ist in einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Leitungstreibers der genannte eine der Differenz-Eingangsanschlüsse des zweiten Transkonduktanzverstärkers an den Referenzanschluss gekoppelt. Aufgrund der Verstärkung des ersten Verstärkers ist die Spannung an dem Referenzknoten im Wesentlichen gleich der Eingangsspannung. Abtasten der Spannung über dem Referenzwiderstand hat deshalb im Wesentlichen denselben Effekt wie Abtasten der Eingangsspannung.

[0010] Die Linearität des Leitungstreibers kann in einer Ausführungsform erhöht werden, die außerdem eine an den Referenzknoten gekoppelte erste Vorstromquelle zum Liefern eines ersten Vorstroms und eine an den Leitungstreiber-Ausgangsanschluss gekoppelte zweite Vorstromquelle zum Liefern eines zweiten Vorstroms mit einem Wert, der gleich n -mal den Wert des ersten Vorstroms ist, umfasst.

[0011] Die Genauigkeit des Widerstands des Referenzwiderstands kann in bestimmten integrierenden Prozessen unzureichend sein. Wenn dieser Mangel an Genauigkeit ein Problem ist, kann der Leitungstreiber außerdem Mittel zum Einstellen des Widerstands des Referenzwiderstands als Reaktion auf eine niederfrequente Spannungsdifferenz zwischen

dem Leitungstreiber-Ausgangsanschluss und wahlweise entweder dem Leitungstreiber-Eingangsanschluss oder dem Referenzknoten umfassen, oder er kann alternativ außerdem Mittel zum Einstellen der Stromverstärkung n des Stromspiegels als Reaktion auf eine niederfrequente Spannungsdifferenz zwischen dem Leitungstreiber-Ausgangsanschluss und wahlweise entweder dem Leitungstreiber-Eingangsanschluss oder dem Referenzknoten, oder außerdem Mittel zum Einstellen der Transkonduktanz des zweiten Transkonduktanzverstärkers als Reaktion auf eine niederfrequente Spannungsdifferenz zwischen dem Leitungstreiber-Ausgangsanschluss und wahlweise entweder dem Leitungstreiber-Eingangsanschluss oder dem Referenzknoten umfassen.

[0012] Diese und andere Aspekte der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden als Beispiel näher beschrieben. Es zeigen:

[0013] [Fig. 1](#) ein Schaltbild eines konventionellen Leitungstreibers mit Spannungsquelle und Serienwiderstand;

[0014] [Fig. 2](#) ein Schaltbild eines konventionellen Leitungstreibers mit Stromquelle und Parallelwiderstand;

[0015] [Fig. 3](#) ein Schaltbild einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Leitungstreibers;

[0016] [Fig. 4](#) ein Schaltbild einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Leitungstreibers;

[0017] [Fig. 5](#) ein Schaltbild einer dritten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Leitungstreibers; und

[0018] [Fig. 6](#) ein Schaltbild einer vierten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Leitungstreibers.

[0019] In den Figuren haben entsprechende Elemente die gleichen Bezugszeichen.

[0020] [Fig. 3](#) zeigt das Schaltbild einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Leitungstreibers. Der Leitungstreiber hat einen Leitungstreiber-Eingangsanschluss **2**, der ein Eingangssignal V_{in} empfängt. Das Eingangssignal kann ein Videosignal, ein Audiosignal, ein Telefonsignal, ein digitales Datensignal usw. sein, das mit einer passenden Gleich-Vorspannung bereitgestellt ist. Der Leitungstreiber hat außerdem einen Leitungstreiber-Ausgangsanschluss **4**, um eine Last **6** über eine Übertragungsleitung TL anzuschließen. Die Übertragungsleitung aber ist optional und kann, wenn gewünscht, weggelassen werden. Der Widerstand R_L der Last **6**

ist gleich der charakteristischen Impedanz der Übertragungsleitung TL, beispielsweise 75 Ohm. Wie aus der Technik von Übertragungsleitungen bekannt ist, ist die an dem Leitungstreiber-Ausgangsanschluss **4** gesehene Impedanz gleich der charakteristischen Impedanz RL der Übertragungsleitung TL. Der Leitungstreiber umfasst außerdem einen Referenzknoten **8**, an den ein Referenzwiderstand **10** angeschlossen ist. Der Referenzwiderstand hat einen Widerstand R1, der n-mal den Widerstand RL der Last **6** ist, d.h. $R1 = n \cdot RL$, wobei n eine positive Zahl ist.

[0021] Der Hauptstrompfad eines ersten PMOS-Transistors M1 ist zwischen dem Referenzknoten **8** und einem positiven Versorgungsanschluss **12** eingefügt und der Hauptstrompfad eines zweiten PMOS-Transistors M2 ist zwischen dem Leitungstreiber-Ausgangsanschluss **4** und dem positiven Versorgungsanschluss **12** eingefügt. Die Steuerelektroden oder Gates der Transistoren M1 und M2 sind miteinander verbunden und empfangen dieselbe Ansteuerungsspannung. Die Transistoren M1 und M2 bilden so einen Stromspiegel oder Stromverstärker, d.h. es gibt ein festes Verhältnis (Stromverstärkung) zwischen dem Strom durch den ersten Transistor M1 und dem Strom durch den zweiten Transistor M2. Durch ein passendes Design, beispielsweise durch Dimensionierung der Geometrien des ersten und zweiten Transistors M1 und M2 im Verhältnis 1:n, kann das Stromverhältnis bei demselben Faktor n fixiert werden, wie vorher in Bezug auf die Widerstände des Referenzwiderstands **10** und der Last **6** erwähnt wurde. Ein typischer Wert für die Stromverstärkung n liegt in dem Bereich von 10 bis 40.

[0022] Ein erster Verstärker, der ein normaler Operationsverstärker oder ein Transkonduktanz-Operationsverstärker (OTA) A1 sein kann, ist mit seinem nicht-invertierenden Eingangsanschluss **14** an den Referenzknoten **8** gekoppelt und mit seinem invertierenden Eingangsanschluss **16** an den Leitungstreiber-Eingangsanschluss **2** gekoppelt. Der Ausgangsanschluss **18** des ersten OTA A1 treibt die miteinander verbundenen Steuerelektroden der Transistoren M1 und M2. Angenommen, dass es eine ausreichende Verstärkung in dem Verstärker in dem System von Verstärker A1 und Transistor M1 gibt, ist die Signalspannung an dem Referenzknoten **8** im Wesentlichen gleich der Eingangsspannung Vin an dem Leitungstreiber-Eingangsanschluss **2**. Die Eingangsspannung Vin verursacht dann, dass ein Strom $i1 = Vin/R1$ durch den Referenzwiderstand **10** fließt. Da $R1 = n \cdot RL$ ist, ist dieser Strom auch gleich $i1 = Vin/(n \cdot RL)$. Aufgrund der Stromverstärkung n ist der Strom $i2$ durch Transistor M2 n-mal den Strom durch Transistor M1: $i2 = n \cdot i1 = Vin/RL$. Dies bedeutet, dass die Ausgangsspannung Vout an dem Leitungstreiber-Ausgangsanschluss **4** auch gleich Vin ist. Keine Signalspannung wird zwischen der Eingangsspannung Vin an dem Leitungstreiber-Eingangsanschluss

2 und der Ausgangsspannung Vout an dem Leitungstreiber-Ausgangsanschluss **4** vergeudet. Die positive Versorgungsspannung an dem positiven Versorgungsspannungsanschluss **12** sollte hoch genug sein, um einen richtigen Spannungsabfall über den Transistoren M1 und M2 zu erlauben. Eine Versorgungsspannung so niedrig wie 3 V ist ausreichend, um 1,5 Vss an einer 75-Ohm-Last zu treiben.

[0023] Die Ausgangsimpedanz des zweiten Transistors M2 ist hoch und wäre nicht an die charakteristische Impedanz RL der abgeschlossenen Übertragungsleitung TL angepasst. Ein zweiter Transkonduktanzverstärker A2 wird hinzugefügt, um die korrekte Ausgangsimpedanz RL an dem Leitungstreiber-Ausgangsanschluss **4** zu emulieren. Der zweite Transkonduktanzverstärker A2 hat vorzugsweise eine Transkonduktanz gm, die gleich dem reziproken Wert des Widerstands R1 des Referenzwiderstands **10** ist, d.h. $gm = 1/R1$. Der invertierende Eingangsanschluss **20** des zweiten Transkonduktanzverstärkers A2 ist an den Leitungstreiber-Eingangsanschluss **2**, der nicht-invertierende Eingangsanschluss **22** an den Leitungstreiber-Ausgangsanschluss **4** gekoppelt. Der Ausgangsanschluss **24** des zweiten Transkonduktanzverstärkers A2 ist an den Referenzanschluss **8** gekoppelt. Der zweite Transkonduktanzverstärker A2 hat eine Transkonduktanz gm, was bedeutet, dass der an dem Ausgangsanschluss **24** gelieferte Strom gleich gm mal der Spannungsdifferenz zwischen dem nicht-invertierenden Eingangsanschluss **2** und dem invertierenden Eingangsanschluss **20** ist.

[0024] Wenn keine Reflexion an dem Leitungstreiberanschluss **4** auftritt, d.h. wenn $Vout = Vin$, ist die Differenzeingangsspannung für den zweiten Transkonduktanzverstärker A2 Null und der zweite Transkonduktanzverstärker hat keinen weiteren Effekt. In dem Fall von Reflexionen aber tritt der zweite Transkonduktanzverstärker A2 in Aktion. Angenommen, dass die reflektierte Spannung gleich dVout ist, dann ist die Ausgangsspannung $Vout + dVout$ und der zweite Transkonduktanzverstärker A2 sieht an seinen Eingangsanschlüssen **20** und **22** eine Differenzspannung dVout. Als Reaktion auf die Spannungsdifferenz erzeugt der zweite Transkonduktanzverstärker A2 einen Ausgangsstrom $gm \cdot dVout$. Dieser Ausgangsstrom fließt in Transistor M1 und wird in Transistor M2 kopiert und mit einem Faktor n multipliziert. Das Ergebnis ist, dass der Ausgangsstrom $i2$ um einen Faktor $dVout \cdot gm \cdot n$ abnimmt, wobei diese Abnahme gleich der Zunahme $dVout \cdot RL$ in dem Ausgangsstrom $i2$ sein muss. Wenn die Transkonduktanz gm die folgende Bedingung erfüllt: $gm = 1/(n \cdot RL) = 1/(R1)$, hat der Leitungstreiber eine Ausgangsimpedanz, die gleich der charakteristischen Impedanz RL ist.

[0025] [Fig. 4](#) zeigt eine Modifikation zu dem Schaltbild von [Fig. 3](#). In [Fig. 4](#) ist der Eingangsanschluss

20 des zweiten Transkonduktanzverstärkers A2 an den Referenzanschluss **8** anstatt an den Leitungstreiber-Eingangsanschluss **2** angeschlossen. Aufgrund der hohen Verstärkung des Verstärkers A1 ist die Spannungsdifferenz zwischen den Eingangsanschlüssen **14** und **16** des Verstärkers A1 klein und vernachlässigbar. Deshalb ist das Signal an dem Referenzanschluss **8** im Wesentlichen gleich der Eingangsspannung V_{in} an dem Leitungstreiber-Eingangsanschluss **2**. Verbinden des Eingangsanschlusses **20** des zweiten Transkonduktanzverstärkers A2 mit dem Referenzanschluss **8** hat also im Wesentlichen denselben Effekt wie eine Verbindung mit dem Eingangsanschluss **2**. Diese Modifikation kann auch auf die unten mit Bezug auf die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) diskutierten Ausführungsformen angewendet werden.

[0026] Um auf [Fig. 3](#) zurückzukommen: [Fig. 3](#) zeigt außerdem eine optionale erste, an den Referenzknoten **8** angeschlossene Vorstromquelle **26**, die einen Vorstrom I_{dc} durch den ersten Transistor M1 bereitstellt. Ähnlich ist eine zweite Vorstromquelle **28** an den Leitungstreiber-Ausgangsanschluss **4** angeschlossen und stellt einen Vorstrom $n \cdot I_{dc}$ durch den zweiten Transistor M2 bereit. Das Hinzufügen der beiden Vorstromquellen **26** und **28** verbessert die Linearität des Leitungstreibers, während ein wenig mehr Leistung verbraucht wird.

[0027] [Fig. 5](#) zeigt eine Ausführungsform, in welcher der Referenzwiderstand ein elektronisch variierbarer Widerstand RV mit einem Widerstandsregelungsanschluss **30** zum Variieren des Widerstands des Referenzwiderstands **10**. Der Widerstandsregelungsanschluss **30** wird von einem Ausgang **32** eines Differenzverstärkers A3 getrieben, dessen einer Eingang, beispielsweise ein nicht-invertierender Eingang **34**, angeschlossen ist, um die Eingangsspannung V_{in} zu empfangen, und dessen anderer Eingang, beispielsweise ein invertierender Eingang **36**, angeschlossen ist, um die Ausgangsspannung V_{out} zu empfangen. Der Verstärker A3 hat vorzugsweise eine geringe Bandbreite und stellt den Gleichspannungswiderstand R_1 des variablen Widerstands RV auf den gewünschten Wert $n \cdot R_L$ ein. Die Einstellung kann nützlich sein, wo die Genauigkeit des Referenzwiderstands **10** aufgrund von Prozessvariationen ein Problem ist oder wo eine Last mit unterschiedlichem Widerstand angeschlossen wird. Der nicht-invertierende Eingang **34** des Verstärkers A3 kann alternativ angeschlossen werden, um die Spannung an dem Referenzknoten **8** anstatt an dem Leitungstreiber-Eingangsanschluss **2** zu empfangen, wie in [Fig. 5](#) mit einer gestrichelten Linie angedeutet ist.

[0028] Zusätzlich zu der Einstellung des Referenzwiderstands **10** kann der Wert der Transkonduktanz g_m des zweiten Transkonduktanzverstärkers A2 einstellbar gemacht werden, um Ungenauigkeiten in

dem normalen Wert der Transkonduktanz g_m zu korrigieren. Zu diesem Zweck hat der zweite Transkonduktanzverstärker A2 eine variable Transkonduktanz, die mit einem passenden Regelsignal an einem Regelungseingang **38** des zweiten Transkonduktanzverstärkers A2 geregelt werden kann. Der Ausgang **32** des Verstärkers A3 stellt das Regelsignal an dem Regelungseingang **38** bereit und stellt die Transkonduktanz g_m auf den gewünschten Wert $1/(R_1)$ ein.

[0029] Anstatt, oder zusätzlich zu, dem Einstellen des Widerstands des Referenzwiderstands **10** und/oder dem Einstellen der Transkonduktanz g_m des zweiten Transkonduktanzverstärkers A2 kann die Stromverstärkung n eingestellt werden, indem die Stromverstärkung des Stromspiegels M1/M2 variabel gemacht wird. [Fig. 6](#) illustriert eine mögliche Lösung, um die Stromverstärkung n variabel zu machen. Ein variabler Widerstand RV2 wird in Serie mit der Source von Transistor M1 geschaltet. Der Steuerungsanschluss **40** des variablen Widerstands RV2 wird an den Ausgang **32** des Differenzverstärkers A3 angeschlossen. Die Eingangsanschlüsse **34** und **36** des Differenzverstärkers A3 werden wie in [Fig. 5](#) gezeigt angeschlossen. Wieder ist eine alternative Verbindung mit dem Referenzknoten **8** mit einer gestrichelten Linie angedeutet. Ein weiterer Widerstand **42** kann aus Gründen der Symmetrie in Serie mit der Source von Transistor M2 geschaltet werden.

[0030] Die Erfindung ist nicht auf die in den Figuren gezeigten Ausführungsformen limitiert. Anstatt unipolarer MOS-Transistoren können Bipolartransistoren eingesetzt werden, in welchem Fall Basis, Emitter und Kollektor eines Bipolartransistors Gate, Source und Drain eines unipolaren Transistors ersetzen.

[0031] Die Stromspiegelkonfiguration kann eine höher entwickelte oder kompliziertere sein. Kaskoden-Transistoren können in Serie mit den Drains der Transistoren M1 und M2 eingefügt werden usw. Im Prinzip kann jede Stromspiegelkonfiguration mit einer Stromverstärkung n für diesen Zweck verwendet werden, aber es wird zu verstehen sein, dass komplexe Stromspiegelkonfigurationen allgemein mehr Versorgungsspannung benötigen, um richtig zu funktionieren.

[0032] Allgemeiner wird ein Leitungstreiber offenbart, der einen ersten Transistor M1, einen ersten Verstärker A1 und einen Referenzwiderstand **10** zum Umwandeln einer Eingangsspannung V_{in} in einen ersten Strom i_1 durch den ersten Transistor M1 umfasst. Ein zweiter Strom $i_2 = n \cdot i_1$ fließt durch einen zweiten Transistor M2, der einen $1:n$ – Stromspiegel mit dem ersten Transistor M1 bildet. Der Strom i_2 fließt über eine Übertragungsleitung TL durch eine Last **6**. Die Übertragungsleitung TL aber ist optional. Die Impedanz der Last **6** ist gleich der charakteristi-

schen Impedanz RL der Übertragungsleitung TL. So ist die von dem Leitungstreiber gesehene Impedanz gleich RL. Ein zweiter Transkonduktanzverstärker A2 wirkt reflektierten Signalen dV in dem Ausgangssignal Vout entgegen, die durch Fehlanpassung zwischen der Ausgangsimpedanz des Stromspiegel M1, M2 und der von dem Leitungstreiber gesehenen Impedanz verursacht werden.

Patentansprüche

1. Leitungstreiber für eine Übertragungsleitung, wobei der genannte Leitungstreiber Folgendes umfasst:

- einen Leitungstreiber-Eingangsanschluss (2) zum Empfangen eines Eingangssignals;
- einen Leitungstreiber-Ausgangsanschluss (4) zum Anschließen einer Last (TL, 6);
- einen Stromspiegel (M1, M2) mit einer Stromverstärkung n, der Folgendes umfasst:
einen ersten Transistor (M1) mit einem Hauptstrompfad, der zwischen einem Spannungsversorgungsanschluss (12) und einem Referenzknoten (8) eingefügt ist, und einen zweiten Transistor (M2) mit einem Hauptstrompfad, der zwischen dem Spannungsversorgungsanschluss (12) und dem Leitungstreiber-Ausgangsanschluss (4) eingefügt ist, und jeweilige Steuerelektroden des ersten Transistors (M1) und des zweiten Transistors (M2), die verbunden sind, um dieselbe Steuerspannung zu empfangen;
- einen an den Referenzknoten (8) gekoppelten Referenzwiderstand (10) mit einem Widerstand, der gleich n-mal den charakteristische Widerstand der Last (TL, 6) ist;
- einen ersten Verstärker (A1) mit Differenz-Eingangsanschlüssen (14, 16), die an den Leitungstreiber-Eingangsanschluss (2) und den Referenzknoten (8) gekoppelt sind, und mit einem Ausgangsanschluss (18), der an die jeweiligen Steuerelektroden des ersten Transistors (M1) und des zweiten Transistors (M2) gekoppelt ist; und
- einen zweiten Transkonduktanzverstärker (A2) mit Differenz-Eingangsanschlüssen (20, 22), wobei einer (20) der Differenz-Eingangsanschlüsse auf ein Signal, das im Wesentlichen gleich dem Eingangssignal an dem Leitungstreiber-Eingangsanschluss (2) ist, reagiert, und der andere (22) der Differenz-Eingangsanschlüsse an den Leitungstreiber-Ausgangsanschluss (4) gekoppelt ist, mit einem an den Referenzknoten (8) gekoppelten Ausgangsanschluss (24) und mit einer Transkonduktanz, die gleich dem reziproken Wert des Widerstands des Referenzwiderstands (10) ist.

2. Leitungstreiber nach Anspruch 1, worin der genannte eine (20) der Differenz-Eingangsanschlüsse des zweiten Transkonduktanzverstärkers (A2) an den Leitungstreiber-Eingangsanschluss (2) gekoppelt ist.

3. Leitungstreiber nach Anspruch 1, worin der genannte eine (20) der Differenz-Eingangsanschlüsse des zweiten Transkonduktanzverstärkers (A2) an den Referenzanschluss (8) gekoppelt ist.

4. Leitungstreiber nach Anspruch 1, 2 oder 3, der außerdem eine an den Referenzknoten (8) gekoppelte erste Vorstromquelle (26) zum Liefern eines ersten Vorstroms und eine an den Leitungstreiber-Ausgangsanschluss (4) gekoppelte zweite Vorstromquelle (28) zum Liefern eines zweiten Vorstroms mit einem Wert, der gleich n-mal den Wert des ersten Vorstroms ist, umfasst.

5. Leitungstreiber nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, der außerdem Mittel (A3, 30, RV) zum Einstellen des Widerstands des Referenzwiderstands (10) als Reaktion auf eine niederfrequente Spannungsdifferenz zwischen dem Leitungstreiber-Ausgangsanschluss (4) und wahlweise entweder dem Leitungstreiber-Eingangsanschluss (2) oder dem Referenzknoten (8) umfasst.

6. Leitungstreiber nach Anspruch 5, worin die Mittel zum Einstellen einen an den Referenzknoten (8) gekoppelten variablen Widerstand (RV) und einen Differenzverstärker (A3) mit Differenz-Eingangsanschlüssen (34, 36), die an den Leitungstreiber-Ausgangsanschluss (4) und wahlweise entweder an den Leitungstreiber-Eingangsanschluss (2) oder an den Referenzknoten (8) gekoppelt sind, und einen an einen Widerstandsregelungsanschluss (30) des variablen Widerstands (RV) gekoppelten Ausgang (32) umfassen.

7. Leitungstreiber nach Anspruch 1, 2, 3, 4, 5 oder 6, der außerdem Mittel (A3, RV2, 40) zum Einstellen der Stromverstärkung n des Stromspiegels als Reaktion auf eine niederfrequente Spannungsdifferenz zwischen dem Leitungstreiber-Ausgangsanschluss (4) und wahlweise entweder dem Leitungstreiber-Eingangsanschluss (2) oder dem Referenzknoten (8) umfasst.

8. Leitungstreiber nach Anspruch 7, worin die Mittel zum Einstellen der Stromverstärkung n einen variablen Widerstand (RV2), der zwischen dem Spannungsversorgungsanschluss (12) und wahlweise entweder dem ersten Transistor (M1) oder dem zweiten Transistor (M2) eingefügt ist, und einen Differenzverstärker (A3) mit Differenz-Eingangsanschlüssen (34, 36), die an den Leitungstreiber-Ausgangsanschluss (4) und wahlweise entweder an den Leitungstreiber-Eingangsanschluss (2) oder den Referenzknoten (8) gekoppelt sind, und einen an einen Widerstands-Steuerungsanschluss (40) des variablen Widerstands (RV2) gekoppelten Ausgang (32) umfassen.

9. Leitungstreiber nach Anspruch 1, 2, 3, 4, 5, 6,

7 oder 8, der außerdem Mittel (A3, A2, **38**) zum Einstellen der Transkonduktanz des zweiten Transkonduktanzverstärkers (A2) als Reaktion auf eine niederfrequente Spannungsdifferenz zwischen dem Leitungstreiber-Ausgangsanschluss (**4**) und wahlweise entweder dem Leitungstreiber-Eingangsanschluss (**2**) oder dem Referenzknoten (**8**) umfasst.

10. Leitungstreiber nach Anspruch 9, worin der zweite Transkonduktanzverstärker (A2) eine variable Transkonduktanz hat und worin die Mittel zum Einstellen der Transkonduktanz einen Differenzverstärker (A3) umfassen, der Differenz-Eingangsanschlüsse (**34**, **36**), die an den Leitungstreiber-Ausgangsanschluss (**4**) und wahlweise entweder an den Leitungstreiber-Eingangsanschluss (**2**) oder den Referenzknoten (**8**) gekoppelt sind, und einen an einen Transkonduktanz-Regelungsanschluss (**38**) des zweiten Transkonduktanzverstärkers (A2) gekoppelten Ausgang (**32**) hat.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

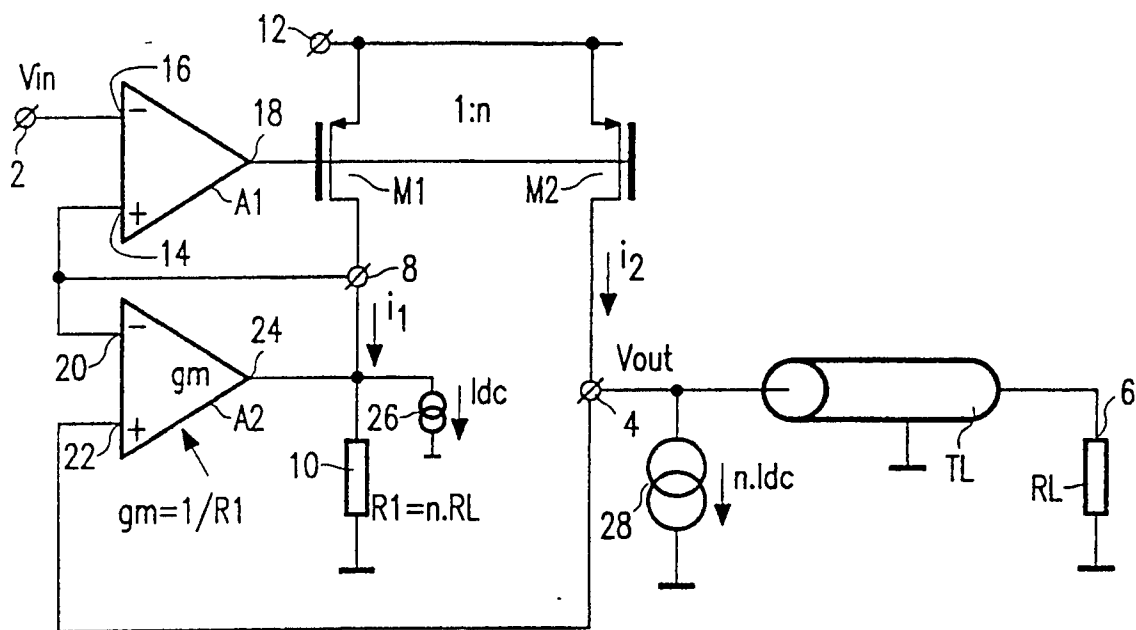


FIG. 4

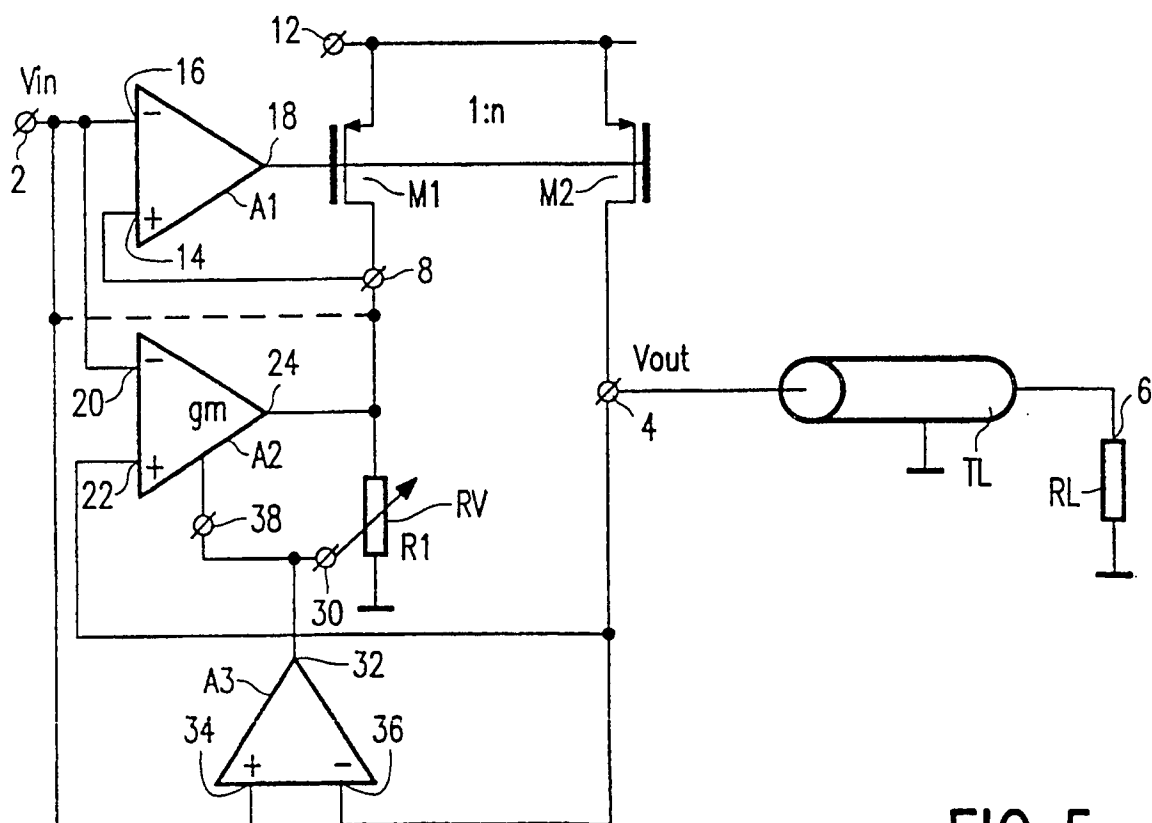


FIG. 5

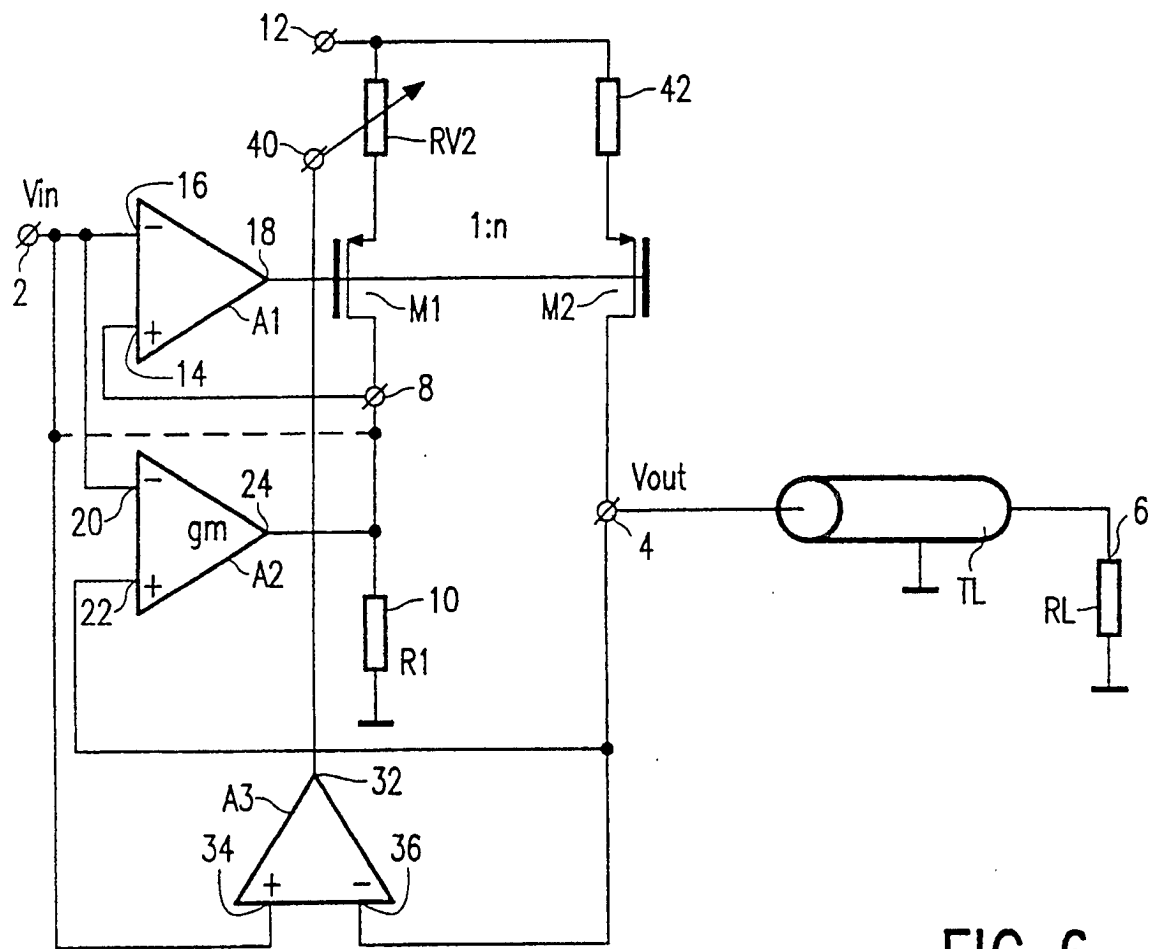


FIG. 6