(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2016 207 714 B4** 2018.08.23

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 207 714.7**
(22) Anmeldetag: **04.05.2016**
(43) Offenlegungstag: **09.11.2017**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **23.08.2018**

(51) Int Cl.: ***G05F 1/563*** (2006.01)
G05F 1/575 (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:
Dialog Semiconductor (UK) Limited, London, GB

(74) Vertreter:
MERH-IP Matias Erny Reichl Hoffmann Patentanwälte PartG mbB, 80336 München, DE

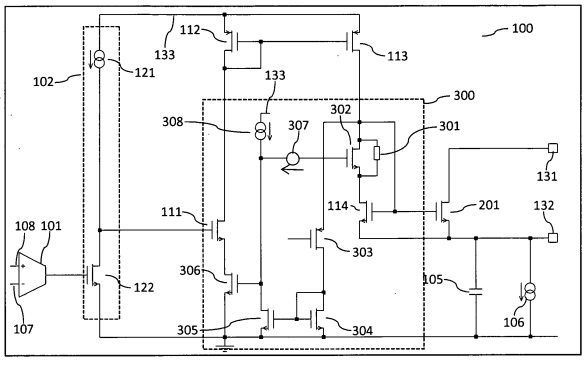
(72) Erfinder:
Bhattad, Ambreesh, Reading, GB; Kronmüller, Frank, 73230 Kirchheim, DE; Kurnaz, Hande, 73230 Kirchheim, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	**2004 / 0 140 845**	**A1**
US	**2006 / 0 164 053**	**A1**

(54) Bezeichnung: **Spannungsregler mit Stromstärkeverringerungsmodus und entsprechendes Verfahren**

(57) Hauptanspruch: Spannungsregler (100), der dazu ausgelegt ist, einen Ausgangsstrom bei einer Ausgangsspannung (132) an einem Ausgangsknoten basierend auf einer Eingangsspannung (131) an einem Eingangsknoten bereitzustellen, wobei der Spannungsregler (100) umfasst:
- einen Durchlasstransistor (201) zum Ableiten des Ausgangsstroms an dem Ausgangsknoten aus der Eingangsspannung (131) an dem Eingangsknoten;
- einen Ansteuertransistor (114), der in Verbindung mit dem Durchlasstransistor (201) einen Stromspiegel bildet, so dass der Ausgangsstrom durch den Durchlasstransistor (201) von einem Ansteuerstrom durch den Ansteuertransistor (114) abhängig ist;
- einen Hilfstransistor (302), der so angeordnet ist, dass zumindest ein Bruchteil des Ansteuerstroms durch den Ansteuertransistor (114) durch den Hilfstransistor (302) fließt;
- eine Verstärkungsschaltung (101, 102), die dazu ausgelegt ist, den Ansteuerstrom durch den Ansteuertransistor (114) in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung (132) und in Abhängigkeit von einer Referenzspannung (108) einzustellen, wenn der Spannungsregler (100) die Ausgangsspannung (132) regelt; und
- eine Steuerschaltung (300, 400), die zu Folgendem ausgelegt ist:
- Detektieren eines Hinweises auf eine Dropout-Situation, in der eine Differenz zwischen der Eingangsspannung (131) und der Ausgangsspannung (132) unter eine Dropoutspannung des Spannungsreglers (100) fällt; und
- als Reaktion darauf, Erhöhen eines Widerstands des Hilfstransistors (302), um den Bruchteil ...



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Das vorliegende Dokument bezieht sich auf einen Spannungsregler. Insbesondere bezieht sich das vorliegende Dokument auf einen Spannungsregler, der vor allem im Fall von Dropout-Situationen verringerte interne Verluste und/oder eine verringerte interne Stromstärke aufweist.

Hintergrund

[0002] Spannungsregler werden häufig verwendet, um eine Laststromstärke bei einer stabilen Lastspannung an verschiedene Arten von Verbrauchern (z. B. an die Prozessoren einer elektronischen Vorrichtung) zu liefern. Ein Spannungsregler leitet den Laststrom aus einem Eingangsknoten des Reglers ab, während er die Ausgangsspannung an dem Ausgangsknoten des Reglers in Übereinstimmung mit einer Referenzspannung regelt.

[0003] In der US 2006 / 0 164 053 A1 wird eine Kompensationstechnik zum Bereitstellen einer Stabilität über einen Bereich von Ausgangskapazitätswerten behandelt. US 2004 / 0 140 845 A1 betrifft eine regulierte Kaskodenstruktur für Spannungsregler.

[0004] Das vorliegende Dokument befasst sich mit dem technischen Problem des Bereitstellens eines Spannungsreglers, der besonders im Fall von Dropout-Situationen verringerte interne Verluste und/oder eine verringerte interne Stromstärke aufweist.

Zusammenfassung

[0005] Gemäß einem Aspekt ist ein Regler (insbesondere ein Spannungsregler wie beispielsweise ein Regler mit niedrigem Dropout (Regler mit niedrigem Mindestspannungsabfall, LDO-Regler)) beschrieben. Der Spannungsregler ist dazu ausgelegt, basierend auf einer Eingangsspannung an einem Eingangsknoten einen Ausgangsstrom bei einer Ausgangsspannung an einem Ausgangsknoten bereitzustellen.

[0006] Der Spannungsregler umfasst einen Durchlasstransistor (insbesondere einen n-Typ-MOS-Transistor) zum Ableiten des Ausgangsstroms an dem Ausgangsknoten aus der Eingangsspannung an dem Eingangsknoten. Weiterhin umfasst der Spannungsregler einen Ansteuertransistor, der in Verbindung mit dem Durchlasstransistor einen Stromspiegel bildet, so dass der Ausgangsstrom durch den Durchlasstransistor von einem Ansteuerstrom durch den Ansteuertransistor abhängt (z. B. proportional dazu ist). Zusätzlich umfasst der Spannungsregler einen Hilfstransistor, der so ausgelegt ist, dass zumindest ein Bruchteil des Ansteuerstroms durch den Ansteuertransistor durch den Hilfstransistor fließt.. Ferner umfasst der Spannungsregler eine Verstärkungsschaltung, die dazu ausgelegt ist, den Ansteuerstrom durch den Ansteuertransistor in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung und in Abhängigkeit von einer Referenzspannung einzustellen, wenn der Spannungsregler die Ausgangsspannung regelt.

[0007] Der Spannungsregler umfasst ferner eine Steuerschaltung, die dazu ausgelegt ist, einen Hinweis auf eine Dropout-Situation, bei der eine Differenz zwischen der Eingangsspannung und der Ausgangsspannung unter eine Dropout-Spannung des Spannungsreglers fällt, zu detektieren. Die Steuerschaltung ist ferner dazu ausgelegt, als Antwort darauf einen Widerstand des Hilfstransistors zu erhöhen, um den Bruchteil des Ansteuerstroms, der durch den Hilfstransistor fließt, zu verringern.

[0008] Durch Erhöhen des Widerstands eines Hilfstransistors kann die interne Stromstärke des Spannungsreglers während Dropout-Situationen verringert werden, wodurch die Energieeffizienz des Spannungsreglers erhöht wird.

[0009] Gemäß einem weiteren Aspekt ist ein entsprechendes Verfahren zum Betreiben eines Spannungsreglers beschrieben.

[0010] In dem vorliegenden Dokument bezieht sich der Begriff „koppeln“ oder „gekoppelt“ auf Elemente, die entweder direkt verbunden sind, z. B. über Kabel, oder in einer anderen Weise in elektrischer Kommunikation miteinander stehen.

Figurenliste

[0011] Die Erfindung wird im Folgenden in einer beispielhaften Weise unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen erklärt, in denen

Fig. 1a ein beispielhaftes Blockdiagramm eines LDO-Reglers zeigt;

Fig. 1b das beispielhafte Blockdiagramm eines LDO-Reglers genauer zeigt;

Fig. 1c ein Schaltungsdiagramm eines LDO-Reglers zeigt;

Fig. 2 ein Blockdiagramm eines Spannungsreglers mit einer anpassbaren Verstärkung zeigt;

Fig. 3 ein Schaltungsdiagramm eines Spannungsreglers mit einer Stromstärkeverringerungsschaltung zeigt;

Fig. 4 ein Schaltungsdiagramm eines Spannungsreglers mit einer Dropoutregelungsmodus-Schaltung zeigt;

Fig. 5 ein Schaltungsdiagramm eines Spannungsreglers mit einer Linearisierungsschaltung zeigt;

Fig. 6 ein Schaltungsdiagramm eines Spannungsreglers mit einer Dropoutregelungsmodus-Schaltung zeigt;

Fig. 7 ein Schaltungsdiagramm eines Spannungsreglers mit einer Pufferschaltung zeigt;

Fig. 8 ein Schaltungsdiagramm eines Spannungsreglers mit einer Replikstufe zeigt;

Fig. 9 ein Schaltungsdiagramm eines Spannungsreglers mit einer Dropoutregelungsmodus-Schaltung zeigt; und

Fig. 10 ein Ablaufdiagramm eines beispielhaften Verfahrens für das Betreiben eines Spannungsreglers zeigt.

Genaue Beschreibung

[0012] Wie oben beschrieben zielt das vorliegende Dokument darauf ab, einen Spannungsregler mit verringerten internen Verlusten bereitzustellen. Ein beispielhafter Spannungsregler ist ein Regler mit niedrigem Dropout (Regler mit niedrigem Mindestspannungsabfall, LDO-Regler). Ein typischer LDO-Regler **100** ist in **Fig. 1a** gezeigt. Der LDO-Regler **100** umfasst eine Ausgangsverstärkungsstufe oder Ausgangsstufe **103**, die beispielsweise einen Feldeffekttransistor (FET) umfasst, an dem Ausgang und eine Differentialverstärkungsstufe **101** (auch Fehlerverstärker genannt) an dem Eingang. Ein erster Eingang (fb) 107 der Differentialverstärkungsstufe **101** empfängt einen Bruchteil der Ausgangsspannung V_{OUT}, die durch den Spannungsteiler **104**, der Widerstände R0 und R1 umfasst, bestimmt wird. Der zweite Eingang (ref) in die Differentialverstärkungsstufe **101** ist eine stabile Spannungsreferenz V_{ref} 108 (auch Bandlückenreferenz genannt). Wenn sich die Ausgangsspannung V_{OUT} relativ zu der Referenzspannung V_{ref} ändert, ändert sich die Ansteuerspannung an der Ausgangsverstärkungsstufe, z. B. an dem Leistungs-FET (Durchlasstransistor genannt), durch einen Rückkopplungsmechanismus, der die Hauptrückkopplungsschleife (oder Spannungsreglerschleife) genannt wird, um eine Ausgangsspannung V_{OUT} konstant zu halten.

[0013] Der LDO-Regler **100** von **Fig. 1a** umfasst ferner eine zusätzliche Zwischenverstärkungsstufe **102**, die dazu ausgelegt ist, die Ausgangsspannung der Differentialverstärkungsstufe **101** zu verstärken. Eine Zwischenverstärkungsstufe **102** kann dazu verwendet werden, eine zusätzliche Verstärkung innerhalb des Verstärkerpfads bereitzustellen. Ferner kann die Zwischenverstärkungsstufe **102** eine Phasenumkehr bereitstellen.

[0014] Zusätzlich kann der LDO-Regler **100** eine Ausgangskapazität C_{OUT} (auch Ausgangskondensator oder Stabilisierungskondensator oder Bypass-Kondensator genannt) 105 parallel zu der Last **106** umfassen. Die Ausgangskapazität **105** wird verwendet, um die Ausgangsspannung V_{OUT} in Abhängigkeit von einer Änderung der Last 106, insbesondere in Abhängigkeit von einer Änderung der angeforderten Laststromstärke oder Ausgangsstromstärke I_{load}/I_{OUT}, zu ändern.

[0015] **Fig. 1b** zeigt das Blockdiagramm eines LDO-Reglers **100**, wobei die Ausgangsverstärkungsstufe **103** genauer dargestellt ist. Insbesondere sind der Durchlasstransistor oder die Durchlassvorrichtung **201** und die Ansteuerstufe **110** der Ausgangsverstärkungsstufe **103** gezeigt. Typische Parameter eines LDO-Reglers **100** sind eine Versorgungsspannung von 3 V, eine Ausgangsspannung von 2 V und eine Ausgangsstromstärke oder Laststromstärke, die von 1 mA bis 100 oder 200 mA reicht. Andere Anordnungen sind möglich.

[0016] Das vorliegende Dokument zielt auf das Erhöhen der Stromausbeute ab, wenn ein Spannungsregler **100** (insbesondere ein NMOS-LDO) einem Dropout nahe ist oder in einem Dropout-Zustand ist. In solchen Situationen verursacht die Regelung des Spannungsreglers typischerweise relativ große interne Stromstärken bei dem Versuch, einen stabilen Betriebszustand aufrechtzuerhalten (besonders während des Versuchs, eine stabile Ausgangsspannung aufrechtzuerhalten). In diesem Zusammenhang ist es wünschenswert, die Gate-Ansteuerung (z. B. die Gate-Spannung) für den Transistor 201 zu maximieren, wobei die Gate-Ansteuerung von der Versorgungsspannung des Spannungsreglers **100** und/oder von der Eingangsspannung V_{in} des Spannungsreglers **100** und/oder von den Belastungsgrenzen des Oxid-Gates des Durchlasstransistors **201** abhängig sein kann. In dem vorliegenden Dokument ist eine Schaltung beschrieben, die die internen Stromstärken des Spannungsreglers 100 in einem solchen Regelungsverlust-Zustand (LoR-Zustand, insbesondere in einer Dropout-Situation) verringert. Die Situation einer begrenzten Versorgungsspannung und/oder Eingangsspannung V_{in} kann als Sonderfall für einen solchen LoR-Zustand betrachtet werden. Insbesondere ermöglicht die Schaltung maximal zulässige Gate-Spannungen für den Durchlasstransistor **201** (um Verluste an dem Durchlasstransistor **201** zu verringern) und verringerte interne Ansteuerstromstärken (um interne Verluste des Spannungsreglers **100** zu verringern) in einer Dropout-Situation.

[0017] **Fig. 1c** zeigt ein Schaltungsdiagramm eines dreistufigen Spannungsreglers **100**, der eine NMOS-Ausgangsstufe (mit einem NMOS-Durchlasstransistor **201**) umfasst. Die Differentialstufe **101** vergleicht die Referenzspannung **108** mit der Rückkopplungsspannung **107** (die aus der Ausgangsspannung **132** abgeleitet ist). Die zweite Stufe **102** umfasst einen Zweitstufen-Eingangstransistor **122** (NMOS) und eine Zweitstufen-Stromquelle **121**, um dadurch eine

Verstärkung zu liefern und einen erhöhten Signalhub zu ermöglichen. Die dritte Stufe **110** umfasst einen Ansteuerstromtransistor 111 (NMOS), der den Ausgangsstrom des Reglers **100** über den PMOS-Stromspiegel **112**, **113** (auch als der zweite Strom **112**, **113** bezeichnet) und den NMOS-Stromspiegel **114**, **201** (einschließlich des Durchlasstransistors **201** (NMOS)) steuert. Der Drain des Durchlasstransistors **201** kann mit einer verringerten Eingangsspannung Vin 131 (im Vergleich zu der Versorgungsspannung VDD **133**, die innerhalb des Spannungsreglers **100** intern verwendet wird) verbunden sein. Insbesondere kann die Eingangsspannung Vin **131** relativ nahe an der beabsichtigten Ausgangsspannung **132** liegen, um den Leistungsverlust über den Durchlasstransistor **201** hinweg zu reduzieren.

[0018] Der Spannungsregler **100** kann eine variable Impedanz innerhalb der Ausgangsstufe **103**, **110**, **201** umfassen. Dies ist in **Fig. 2** dargestellt. Ferner kann der Spannungsregler **100** eine Verstärkungssteuereinheit **213** umfassen, die die variable Impedanzeinheit 214 des Reglers **100** steuert, um die Ansteuerstromstärke **220**, die durch den NMOS-Stromspiegel **114**, **201** verstärkt wird, zu reduzieren, wodurch die interne Stromstärke des Spannungsreglers **100** verringert wird. Die variable Impedanzeinheit **214** kann aktiviert werden, wenn die Gesamtverstärkung von dem Eingang des Spannungsreglers **100** zu dem Ausgang des Reglers **100** durch ein Ereignis verringert wird, was einen Verstärkungsverlust bewirkt. Solch eine Verstärkungsverringerung des Spannungsreglers **100** kann verursacht werden, wenn eine untere Grenze der Eingangsspannung **131** erreicht wird oder wenn eine kritische VGS-Spannung (Gate-Source-Spannung) über dem Durchlasstransistor **201** erreicht wird. Die variable Impedanzeinheit **214** kann als eine Stromstärkebegrenzung fungieren, um die interne Stromstärke des Spannungsreglers **100** zu begrenzen. Die Begrenzung der internen Stromstärke kann die interne Verstärkung der Stromstärkesteuereinheit **211** ändern und kann daher die Ausgangsstromstärke des Spannungsreglers **100** ändern.

[0019] Im Falle einer Verstärkungsverringerung reagiert die Spannungsregelschleife des Spannungsreglers **100**, um eine Regelung aufrechtzuerhalten. Dies kann durch Beobachten von internen Knoten des Reglers **100** detektiert werden. Sobald eine Verstärkungsverringerung (d. h. ein Dropout-Zustand) detektiert wird, kann die variable Impedanz **214** durch die Verstärkungssteuereinheit **213** erhöht werden und dadurch die erforderliche Stromstärke für den Durchlasstransistor **201** verringert werden, wodurch der Wirkungsgrad erhöht wird. Die Ansteuerstufeneinheit **212** kann dazu ausgelegt sein, eine gesteuerte Eingangsstromstärke für alle Zustände der Versorgungsspannung **131** aufrechtzuerhalten.

[0020] Wie in **Fig. 2** gezeigt können die internen Ansteuerstromstärken (abgesehen von einem Abschnitt, der zum Laden des Durchlasstransistors **201** verwendet wird) aus einer alternativen Versorgungsspannung **133** abgeleitet werden (die möglicherweise weniger energieeffizient als die Primärversorgung Vin **131** ist). Folglich sollten die internen Stromstärken so weit wie möglich reduziert werden.

[0021] **Fig. 3** zeigt einen Spannungsregler **100**, der eine NMOS-Ausgangsstufe **201** aufweist. Der Spannungsregler **100** umfasst eine Schaltung zum Begrenzen der Gate-Spannung an dem Gate des Durchlasstransistors **201**, um eine Überspannungsbelastung über die Ansteuerdiode **114** (d.h. den Ansteuertransistor **114**) und den Durchlasstransistor **201** zu vermeiden. Ein Hilfstransistor **302** und eine oder mehrere parallele Begrenzungsvorrichtungen **301** (die auch als Widerstandsvorrichtungen bezeichnet werden, beispielsweise Widerstände) können in Reihe mit der Ansteuerdiode **114** angeordnet sein, wodurch eine steuerbare Impedanz gebildet wird.

[0022] Die Schaltung **300** umfasst ferner eine Spannungsklemmschaltung **303** zum Klemmen des Gates der NMOS-Ansteuerdiode 114. Die Schaltung **300** umfasst weiterhin eine Stromstärkebegrenzungsschaltung, die die NMOS-Transistoren **304**, **305**, **306** und die Stromquelle **308** umfasst und auf die Spannungsklemmschaltung 303 wirkt. Die Stromstärkebegrenzungsschaltung bildet die Stromstärkesteuereinheit **211** von **Fig. 2**. **Fig. 3** zeigt außerdem eine Spannungsquelle **307** zum Liefern einer Offsetspannung.

[0023] Die Gate-Spannung des Durchlasstransistors **201** sollte zu jeder Zeit (bis zu einem bestimmten Maximalwert) begrenzt bleiben. Sobald die Gate-Spannung eine solche Grenze erreicht, tritt ein Regelungsverlust-Zustand (LoR-Zustand) ein. Im Falle eines Regelungsverlust-Zustands sollte die interne Ansteuerstromstärke **220** verringert werden, während die Gate-Spannung begrenzt gehalten wird, wodurch der Wirkungsgrad des Reglers **100** erhöht wird.

[0024] Die Spannungsklemmschaltung **303** begrenzt die Gate-Source-Spannung über dem Durchlasstransistor **201** und stoppt eine weitere Erhöhung der Ansteuerstromstärke durch den Ansteuerstromtransistor **111**. Der Hilfstransistor **302** reduziert die Stromstärke, die zum Erzielen dieser Bedingung erforderlich ist.

[0025] Während die Stromstärkebegrenzungsschaltung **304**, **305**, 306, 308 die Gate-Spannung eines Stromstärkebegrenzungstransistors **306** entlädt, um die untere Regelungsgrenzspannung (was ungefähr die Schwellenspannung Vth des Stromstärkebegrenzungstransistors **306** ist) zu erreichen, wird auch der Hilfstransistor **302** ausgeschaltet. Die parallele Vor-

richtung **301** definiert dann die minimale Stromstärke, die in diesem Zweig fließt. Die Stromstärkebegrenzung würde sich dann auf diesem niedrigeren Stromstärkebedarf, der durch die Vorrichtung **301** gesetzt wird, einpendeln.

[0026] **Fig. 4** zeigt eine Steuerung der Spannungsklemmschaltung 302, die von der Stromstärkebegrenzungsschaltung entkoppelt ist.

[0027] Dies ermöglicht eine schnellere und stabilere Klemmung, da die Stromstärkereduzierung anschließend an die Aktivierung der Regelung der Gate-Spannungsbegrenzung ausgelöst werden kann. Darüber hinaus ermöglicht dies, dass die Klemmregelung zum Begrenzen der Gate-Spannung unter Verwendung einer erhöhten Stromstärke arbeitet, wodurch die Dauer der Überspannung an dem Gate des Durchlasstransistors **201** verringert wird.

[0028] Im Falle eines LoR-Zustands tritt ein Spannungsanstieg in der zweiten Stufe **102** auf. Dies aktiviert die Steuerschaltung **400** für die Spannungsklemmschaltung **302** über den Transistor **404**, den Stromspiegel **403**, **402** und die Stromquelle **401**. Als Ergebnis davon wird der Hilfstransistor **302** ausgeschaltet, wodurch die Stromstärke der Stromstärkebegrenzungsschleife **304**, **305**, **306**, **308** verringert wird.

[0029] **Fig. 5** zeigt einen Spannungsregler **100**, der einen linearen Weitbereichs-Stromspiegel einsetzt, um eine kontrollierte (lineare) Stromstärke innerhalb des Ansteuerstromtransistors **111** sicherzustellen, wenn der PMOS-Stromspiegel **112**, **113** in einen Dropout-Zustand fällt. Als Folge davon wird die VDS-Spannung (Drain-Source-Spannung) über dem Transistor **113** auch über dem Transistor **112** angelegt, um denselben Betriebspunkt zu erzwingen und die Linearität des Stromspiegelverhältnisses aufrechtzuerhalten. **Fig. 5** zeigt eine mögliche Lösung für eine solche Linearitätssteuerung unter Verwendung einer geregelten Kaskade **500** mit einem Operationsverstärker **501** und einem Transistor **502**.

[0030] **Fig. 6** zeigt einen Spannungsregler **100** ohne Transistor **303** zum Klemmen der Gate-Begrenzung des Durchlasstransistors **201**.

[0031] Als Ergebnis davon wird eine versorgungsbegrenzte Gate-Ansteuerung mit reduzierten internen Strömen erzielt. Die Steuerschaltung **400** für die Spannungsklemmschaltung **302** detektiert einen erhöhten Strombedarf an dem Ausgang des Reglers **100**, der durch eine erhöhte Zwischenausgangsspannung der zweiten Verstärkungsstufe **102** angegeben wird. Als Ergebnis davon wird der Hilfstransistor **302** ausgeschaltet, wodurch die Ansteuerstromstärke in dem Ansteuerstromtransistor **111** verringert wird, weil der Weitbereichs-Stromspiegel **112**, **113** in einem Dropout-Zustand ist. Die parallele Vorrichtung **301** zu dem Hilfstransistor **302** und/oder eine parallele Vorrichtung zu dem Transistor **502** (nicht dargestellt) definieren die minimale Stromstärke in den jeweiligen Zweigen.

[0032] Als Ergebnis des Verringerns des Ansteuerstroms (und des Erhöhens der Impedanz) ändert sich typischerweise der Pol des Ausgangsknotens an dem Transistor **302**. **Fig. 7** stellt eine Schaltung zum Erhöhen der Stabilität des Spannungsreglers **100** dar. Insbesondere zeigt **Fig. 7** die Verwendung eines Puffers **700** zum Entkoppeln des Ausgangsknotens an dem Transistor **302** von der Gate-Kapazität **701** des Durchlasstransistors **201**. Insbesondere kann der Puffer **700** zwischen der Ansteuerdiode **114** und dem Durchlasstransistor **201** hinzugefügt werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Entkopplung durch Hinzufügen einer Replikstufe (Transistoren **813**, 802, 814 und Vorrichtung **801**) erreicht werden, wie es in **Fig. 8** gezeigt ist. Dies ermöglicht eine weitere Reduzierung der internen Stromstärken, während die Regelschleife stabil bleibt.

[0033] Ein LoR-Zustand kann auftreten, wenn die Eingangsspannung **131** unter die Ausgangsspannung **132** fällt. Als Folge davon fällt die Ausgangsspannung **132** schließlich auf den Pegel der Eingangsspannung 131, wodurch bewirkt wird, dass die Gatespannung des Durchlasstransistors **201** steigt (um dem Abfall der Ausgangsspannung **132** entgegenzuwirken). Die erhöhte Gatespannung kann beispielsweise unter Verwendung der Steuerschaltung **400** von **Fig. 6** oder der Schaltung, die in **Fig. 3**/8 gezeigt ist, detektiert werden, wodurch der Hilfstransistor **302** ausgeschaltet wird und wodurch die internen Stromstärken durch die Ansteuerdiode **114** und/oder durch den Ansteuerstromtransistor **111** begrenzt werden. Ferner kann die Gate-Spannung des Durchlasstransistors **201** unter Verwendung des Klemmtransistors **303** auf eine Spannungsbegrenzung geklemmt werden.

[0034] **Fig. 9** zeigt eine weitere Implementierung eines Spannungsreglers **100**, der einen Dropoutregelungsmodus aufweist. Der Spannungsregler **100** von **Fig. 9** umfasst eine Steuerschaltung **400**, wie sie oben für die Steuerung des Hilfstransistors **302** beschrieben ist. Die Steuerschaltung wird eingeschaltet, wenn die VGS-Begrenzungsschaltung **303** und die Stromstärkebegrenzungsschleife 304, 305, 306, 308 aktiviert werden und reduziert letztendlich die Stromstärke in dem Transistor **306** und dahinter.

[0035] Es kann vorkommen, dass eine Verstärkungsbegrenzung durch andere Bedingungen verursacht wird, z. B. eine unzureichende Ansteuerspannung über der Ansteuerdiode **114**, wenn sich die Versorgungsspannung VDD **133** und die Ausgangsspannung Vout **132** zu nahe sind. In diesem Fall würde

die Ausgabe der zweiten Stufe 102 reagieren, aber die VGS-Begrenzungsschleife (insbesondere Steuerschaltung **400**) würde nicht aktiviert werden. **Fig. 9** umfasst eine Steuerschaltung **900**, die unter einer solchen Bedingung aktiviert wird. Diese Steuerschaltung **900** steuert das Gate des Transistors 902, wodurch die Stromstärke durch den Ansteuerstromtransistor **111** verringert wird, da der Transistor **902** (und mögliche Replikvorrichtungen) dann im linearen Modus sind. Ferner kann der Hilfstransistor **302** durch den zusätzlichen Transistor **901** in die Dropoutregelungsmodus-Schleife heruntergezogen werden.

[0036] An sich beschreibt das vorliegende Dokument einen Spannungsregler **100**, der dazu ausgelegt ist, eine Ausgangsstromstärke bei einer Ausgangsspannung **132** an einem Ausgangsknoten des Spannungsreglers **100** auf der Grundlage einer Eingangsspannung 131 an einem Eingangsknoten des Spannungsreglers **100** zu liefern. Die Eingangsspannung **131** kann von einer Versorgungsspannung 133 verschieden sein, die zum Betreiben des Spannungsreglers **100** verwendet wird. Insbesondere kann die Eingangsspannung **131** näher an der (Ziel-)Ausgangsspannung 132 liegen als die Versorgungsspannung **133**, wodurch der Wirkungsgrad des Spannungsreglers 100 steigt.

[0037] Der Spannungsregler **100** umfasst einen Durchlasstransistor **201** (insbesondere einen NMOS- oder n-Typ-Metall-Oxid-Halbleitertransistor) zum Ableiten des Ausgangsstroms an dem Ausgangsknoten aus der Eingangsspannung **131** an dem Eingangsknoten. Ferner umfasst der Spannungsregler **100** einen Ansteuertransistor **114** (insbesondere einen NMOS-Transistor), der in Verbindung mit dem Durchlasstransistor **201** einen Stromspiegel bildet, so dass der Ausgangsstrom durch den Durchlasstransistor **201** abhängig von (insbesondere proportional zu) einem Ansteuerstrom durch den Ansteuertransistor **114** (insbesondere zu der Ansteuerdiode **114**) ist. Insbesondere kann ein Gate des Durchlasstransistors **201** (direkt) mit einem Gate des Ansteuertransistors **114** gekoppelt sein. Ferner können die Sources des Durchlasstransistors **201** und des Ansteuertransistors **114** (direkt) gekoppelt sein.

[0038] Zusätzlich umfasst der Spannungsregler **100** einen Hilfstransistor **302** (insbesondere einen NMOS-Transistor), der so ausgelegt ist, dass zumindest ein Bruchteil des Ansteuerstroms durch den Ansteuertransistor **114** durch den Hilfstransistor **302** fließt. Insbesondere kann die Source des Hilfstransistors **302** (direkt) mit dem Drain des Ansteuertransistors **114** gekoppelt sein. Ferner kann der Drain des Hilfstransistors **302** (direkt) mit dem Gate des Ansteuertransistors **114** gekoppelt sein.

[0039] Der Spannungsregler **100** umfasst ferner eine Verstärkungsschaltung **101**, **102**, die dazu ausgelegt ist, den Ansteuerstrom durch den Ansteuertransistor **114** in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung **132** (insbesondere einer Rückkopplungsspannung **107**, die aus der Ausgangsspannung **132** abgeleitet wird, beispielsweise proportional zu ihr ist) und in Abhängigkeit von einer Referenzspannung **108** einzustellen, wenn der Spannungsregler **100** die Ausgangsspannung 132 regelt. Die Verstärkungsschaltung **101**, **102** kann eine Differentialverstärkungsstufe **101** (insbesondere einen Differentialverstärker) umfassen, der dazu ausgelegt ist, eine erste Zwischenausgangsspannung in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung **132** und in Abhängigkeit von der Referenzspannung **108** zu bestimmen. Darüber hinaus kann die Verstärkungsschaltung **101**, **102** einen Ansteuerstromtransistor **111** (beispielsweise einen NMOS-Transistor) umfassen, der dazu ausgelegt ist, einen internen Strom in Abhängigkeit von der ersten Zwischenausgangsspannung zu erzeugen. Der Ansteuerstrom kann dann aus dem internen Strom abgeleitet werden (z. B. unter Verwendung eines Stromspiegels **112**, **113**). Ferner kann die Verstärkungsschaltung **101**, **102** eine zweite Verstärkungsstufe **102** umfassen, die dazu ausgelegt ist, eine zweite Zwischenausgangsspannung in Abhängigkeit von der ersten Zwischenausgangsspannung zu erzeugen. Der Ansteuerstromtransistor **111** kann dann dazu ausgelegt sein, den internen Strom in Abhängigkeit von der zweiten Zwischenausgangsspannung zu erzeugen.

[0040] Der Spannungsregler **100** umfasst ferner eine Steuerschaltung **300**, **400**, die dazu ausgelegt ist, einen Hinweis auf eine Dropout-Situation zu detektieren. Eine Dropout-Situation kann eine Situation sein, für die eine Differenz zwischen der Eingangsspannung 131 und der Ausgangsspannung **132** unter eine Dropoutspannung des Spannungsreglers **100** fällt. Als Folge davon kann die Spannungsregelschleife des Spannungsreglers **100** gestört werden. Der Hinweis auf die Dropout-Situation kann z. B. basierend auf der Ansteuerstromstärke (wie z. B. im Zusammenhang mit **Fig. 3** dargestellt) und/oder basierend auf der ersten und/oder der zweiten Zwischenausgangsspannung (wie z. B. im Zusammenhang mit **Fig. 6** dargestellt) detektiert werden.

[0041] Die Steuerschaltung **300**, **400** kann dazu ausgelegt sein, einen Widerstand des Hilfstransistors **302** zu erhöhen, um den Bruchteil des Ansteuerstroms, der durch den Hilfstransistor **302** fließt, als Antwort auf das Detektieren eines Hinweises auf eine Dropout-Situation zu reduzieren. Als Ergebnis davon kann der interne Strom in dem Spannungsregler **100** während eines Dropout-Zustands des Spannungsreglers **100** verringert werden, wodurch der Energieverbrauch des Spannungsreglers **100** verringert werden kann.

[0042] Der Spannungsregler **100** kann eine Widerstandsvorrichtung **301** umfassen, die parallel zu dem Hilfstransistor **302** angeordnet ist, wobei die Widerstandsvorrichtung **301** z. B. einen Widerstand umfassen kann. Der (gesamte) Ansteuerstrom kann dann durch die parallele Anordnung des Hilfstransistors **302** und der Widerstandsvorrichtung **301** fließen. Durch Verwendung einer Widerstandsvorrichtung **301** kann den internen Strom innerhalb des Spannungsreglers **100** auf eine zuverlässige und präzise Art und Weise begrenzt werden.

[0043] Der Spannungsregler **100** kann eine Schaltung **304**, **305**, 308 zum bestimmen einer Angabe der Ansteuerstromstärke und zum Vergleichen der Angabe der Ansteuerstromstärke mit einer ersten Dropout-Referenzstromstärke umfassen. Insbesondere kann die Steuerschaltung **300**, **400** einen ersten Stromspiegel **304**, **305** (insbesondere einen NMOS-Stromspiegel) und eine erste Stromquelle **308** umfassen, wobei die erste Stromquelle **308** dazu ausgelegt ist, die erste Dropout-Referenzstromstärke bereitzustellen. Ein erster Eingangstransistor **304** (insbesondere ein NMOS-Transistor) des ersten Stromspiegels **304**, **305** kann mit dem Hilfstransistor **302** gekoppelt sein. Insbesondere kann ein Drain des ersten Eingangstransistors 304 (direkt oder indirekt) mit einem Drain des Hilfstransistors **302** gekoppelt sein. Ein erster Ausgangstransistor **305** (beispielsweise ein NMOS-Transistor) des ersten Stromspiegels **304**, **305** kann mit der ersten Stromquelle **308** gekoppelt sein.

[0044] Die Schaltungsanordnung **304**, **305**, **308** zum Bestimmen einer Angabe der Ansteuerstromstärke und zum Vergleichen der Angabe der Ansteuerstromstärke mit einer ersten Dropout-Referenzstromstärke kann Teil der Steuerschaltung **300**, **400** sein und der Hinweis auf eine Dropout-Situation kann basierend auf dem Vergleich zwischen der Angabe der Ansteuerstromstärke und der ersten Dropout-Referenzstromstärke detektiert werden. Insbesondere kann ein Gate des Hilfstransistors **302** mit einem Mittelpunkt zwischen dem ersten Ausgangstransistor **305** und der ersten Stromquelle **308**, insbesondere über eine Offsetspannung **307**, gekoppelt sein. Als Ergebnis davon kann der Hilfstransistor **302** ausgeschaltet werden (beispielsweise mit einer gewissen Verzögerung, die durch die Offsetspannung **307** gegeben ist), wenn der Mittelpunkt zwischen dem ersten Ausgangstransistor **305** und der ersten Stromquelle **308** angibt, dass die Ansteuerstromstärke steigt (beispielsweise über die erste Dropout-Referenzstromstärke hinaus). Somit wird eine zuverlässige Detektion einer Dropout-Situation bereitgestellt.

[0045] Der Spannungsregler **100** kann einen Spannungsklemmtransistor **303** (beispielsweise einen PMOS-Transistor) umfassen, der dazu ausgelegt ist, die Ansteuerspannung an dem Gate des Durchlasstransistors **201** auf einen festen Spannungspegel zu klemmen (insbesondere wenn eine Dropout-Situation detektiert worden ist). Der Spannungsklemmtransistor **303** kann mit dem ersten Eingangstransistor **304** in Reihe angeordnet sein. Ferner kann der (die Source des) Spannungsklemmtransistor(s) 303 mit dem Gate des Durchlasstransistors **201** und mit dem Drain des Hilfstransistors **302** gekoppelt sein. Darüber hinaus kann der Drain des Spannungsklemmtransistors **303** (direkt) mit dem Drain des ersten Eingangstransistors **304** gekoppelt sein. Durch klemmen des Gates des Durchlasstransistors 201 auf einen festen Spannungspegel können der Durchlasstransistor **201** und/oder der Ansteuertransistor **114** während einer Dropout-Situation geschützt werden, während gleichzeitig der Durchlasstransistor 201 eingeschaltet bleibt (um Leistungsverluste des Spannungsreglers **100** zu verringern).

[0046] Der Spannungsregler **100** kann einen Stromstärkebegrenzungstransistor **306** (beispielsweise einen NMOS-Transistor) umfassen, der in Reihe mit dem Ansteuerstromtransistor **111** angeordnet ist. Insbesondere kann ein Drain des Stromstärkebegrenzungstransistors **306** mit einer Source des Ansteuerstromtransistors **111** gekoppelt sein. Der Stromstärkebegrenzungstransistor **306** kann basierend auf dem Vergleich zwischen der Angabe der Ansteuerstromstärke und der ersten Dropout-Referenzstromstärke, insbesondere basierend auf dem Spannungspegel an dem Mittelpunkt zwischen dem ersten Ausgangstransistor **305** und der ersten Stromquelle **308**, gesteuert werden. Zu diesem Zweck kann das Gate des Stromstärkebegrenzungstransistors **306** (direkt) mit dem Mittelpunkt zwischen dem ersten Ausgangstransistor **305** und der ersten Stromquelle **308** gekoppelt sein. Durch Verwendung eines Stromstärkebegrenzungstransistors **306** kann die Stromstärkebegrenzung innerhalb des Spannungsreglers **100** weiter verbessert werden.

[0047] Der Spannungsregler **100** kann einen zweiten Stromspiegel 112, 113 (beispielsweise einen PMOS-Stromspiegel) umfassen, der einen zweiten Eingangstransistor **112** (beispielsweise einen PMOS-Transistor), der mit dem Ansteuerstromtransistor **111** in Reihe angeordnet ist, und einen zweiten Ausgangstransistor **113** (beispielsweise einem PMOS-Transistor), der mit dem Hilfstransistor **302** in Reihe angeordnet ist, umfasst. Insbesondere kann ein Drain des zweiten Eingangstransistors **112** (direkt) mit einem Drain des Ansteuerstromtransistors **111** gekoppelt sein. Weiterhin kann ein Drain des zweiten Ausgangstransistors **113** (direkt) mit dem Drain des Hilfstransistors 302 gekoppelt sein. Der zweite Stromspiegel **112**, **113** kann verwendet werden, um den Ansteuerstrom aus dem Strom, der durch den Ansteuerstromtransistor **111** fließt, zu erzeugen.

[0048] Wie oben angegeben kann der zweite Stromspiegel **112**, **113** ein p-Typ Stromspiegel sein. Der

Spannungsregler **100** kann eine Schaltung **500** umfassen, um zu erzwingen, dass die Gate-Drain-Spannung über dem zweiten Eingangstransistor **112** gleich der Gate-Drain-Spannung über dem zweiten Ausgangstransistor **113** ist. Auf diese Weise kann die Linearität des zweiten Stromspiegels **112**, **113** verbessert werden.

[0049] Die Steuerschaltung **300**, **400** kann dazu ausgelegt sein, den Hilfstransistor **302** in Abhängigkeit von der zweiten Zwischenausgangsspannung zu steuern. Mit anderen Worten kann eine Dropout-Situation auf der Grundlage der zweiten Zwischenausgangsspannung detektiert werden. Die Steuerschaltung **300**, **400** kann eine Schaltung **404** (beispielsweise einen (PMOS-)Transistor) umfassen, um einen Steuerstrom in Abhängigkeit von der zweiten Zwischenausgangsspannung zu erzeugen. Die zweite Zwischenausgangsspannung kann an eine Source des PMOS-Transistors angelegt sein. Ferner kann die Steuerschaltung **300**, **400** eine Schaltung **401**, **402**, **403** zum Vergleichen der Steuerstromstärke mit einer zweiten Dropout-Referenzstromstärke umfassen, wobei der Hilfstransistor **302** in Abhängigkeit von dem Vergleich zwischen der Steuerstromstärke und der zweiten Dropout-Referenzstromstärke gesteuert wird. Insbesondere kann die Schaltung **401**, **402**, **403** zum Vergleichen einen Stromspiegel **402**, **403** und eine Stromquelle **401** zum Erzeugen der zweiten Dropout-Referenzstromstärke umfassen. Ein Mittelpunkt zwischen dem Ausgangstransistor **402** des Stromspiegels **402**, **403** und der Stromquelle **401** kann (direkt) mit dem Gate des Hilfstransistors **302** gekoppelt sein. Dadurch kann eine Dropout-Situation in zuverlässiger Weise detektiert werden und interne Stromstärken können entsprechend verringert werden.

[0050] Die Verstärkungsschaltung **101**, **102** kann unter Verwendung einer Versorgungsspannung **133** betrieben werden, die von der Eingangsspannung **131** verschieden ist (wobei die Versorgungsspannung **133** typischerweise höher als die Eingangsspannung **131** ist). Der Durchlasstransistor **201** wird typischerweise über eine Ansteuerspannung gesteuert, die an das Gate des Durchlasstransistors **201** angelegt ist. Der Spannungsregler **100** kann einen zweiten Hilfstransistor **902** (beispielsweise einen PMOS-Transistor) umfassen, der mit dem Ansteuerstromtransistor **111** in Reihe angeordnet ist. Ein Drain des zweiten Hilfstransistors **902** kann mit dem Drain des Ansteuerstromtransistors **111** gekoppelt sein. Ferner kann eine Source des zweiten Hilfstransistors **902** mit dem Drain des zweiten Eingangstransistors **112** des zweiten Stromspiegels **112**, **113** gekoppelt sein. Weiterhin kann eine zweite Widerstandsvorrichtung (beispielsweise ein Widerstand) parallel zu dem zweiten Hilfstransistor **902** angeordnet sein.

[0051] Der Spannungsregler **100** kann eine zweite Steuerschaltung 900 umfassen, die dazu ausgelegt ist, einen Hinweis auf eine Situation zu detektieren, in der die Ansteuerspannung nicht ausreicht, um den Spannungsregler **100** zu befähigen, die Ausgangsspannung **132** zu regeln. Eine solche Situation kann beispielsweise auftreten, wenn die Versorgungsspannung **133** der Ausgangsspannung **132** zu nahe kommt. Die Steuerschaltung **900** kann ferner dazu ausgelegt sein, als Antwort auf das Detektieren einer solchen Situation, einen Widerstand des zweiten Hilfstransistors **902** zu erhöhen, um die interne Stromstärke durch den Ansteuerstromtransistor **111** zu verringern. Dadurch kann die Energieeffizienz des Spannungsreglers **100** weiter erhöht werden.

[0052] Der Spannungsregler **100** kann eine Entkopplungsschaltung 700, 802, 813, 814 zum Entkoppeln der Verstärkungsschaltung **101**, 102 von einer Gate-Kapazität **701** des Durchlasstransistors **201** umfassen. Die Entkopplungsschaltung **700**, **802**, **813**, **814** kann beispielsweise einen Puffer **700** umfassen, der zwischen dem Gate des Ansteuertransistors **114** und dem Gate des Durchlasstransistors **201** angeordnet ist. Alternativ oder zusätzlich kann die Entkopplungsschaltung **700**, **802**, **813**, **814** beispielsweise eine Replikschaltung 813, 814, 802 des Hilfstransistors **302** und des Ansteuertransistors 114 umfassen. Durch Verwendung der Entkopplungsschaltung **700** 802, 813, 814 kann die Stabilität des Spannungsreglers **100** erhöht werden (insbesondere während Dropout-Situationen).

[0053] **Fig. 10** zeigt ein Ablaufdiagramm eines beispielhaften Verfahrens **1000** zum Betreiben eines Spannungsreglers **100**. Wie oben dargelegt umfasst der Spannungsregler **100** einen Durchlasstransistor **201** zum Ableiten eines Ausgangsstroms bei einer Ausgangsspannung **132** aus einer Eingangsspannung **131**. Ferner umfasst der Spannungsregler **100** einen Ansteuertransistor **114**, der in Verbindung mit dem Durchlasstransistor **201** einen Stromspiegel bildet, so dass die Ausgangsstromstärke durch den Durchlasstransistor **201** von einer Ansteuerstromstärke durch den Ansteuertransistor **114** abhängig ist. Zusätzlich umfasst der Spannungsregler **100** einen Hilfstransistor **302**, der so angeordnet ist, dass zumindest ein Bruchteil des Ansteuerstroms durch den Ansteuertransistor **114** durch den Hilfstransistor **302** fließt. Der Spannungsregler **100** umfasst ferner eine Verstärkungsschaltung **101**, **102**, die dazu ausgelegt ist, die Ansteuerstromstärke durch den Ansteuertransistor **114** in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung **132** und in Abhängigkeit von einer Referenzspannung **108** einzustellen, wenn der Spannungsregler **100** die Ausgangsspannung **132** regelt.

[0054] Das Verfahren **1000** umfasst ein Detektieren **1001** eines Hinweises auf eine Dropout-Situation, während der eine Differenz zwischen der Eingangsspannung **131** und der Ausgangsspannung 132 unter eine Dropoutspannung des Spannungsreglers **1001**

fällt. Das Verfahren **1000** umfasst ferner als Reaktion darauf ein Erhöhen 1002 eines Widerstands des Hilfstransistors **302**, um den Bruchteil des Ansteuerstroms zu reduzieren, der durch den Hilfstransistor **302** fließt.

[0055] Es ist zu beachten, dass die Beschreibung und die Zeichnungen die Prinzipien der vorgeschlagenen Verfahren und Systeme veranschaulichen. Fachleute auf dem Gebiet werden in der Lage sein, verschiedene Anordnungen zu implementieren.

Patentansprüche

1. Spannungsregler (100), der dazu ausgelegt ist, einen Ausgangsstrom bei einer Ausgangsspannung (132) an einem Ausgangsknoten basierend auf einer Eingangsspannung (131) an einem Eingangsknoten bereitzustellen, wobei der Spannungsregler (100) umfasst:
- einen Durchlasstransistor (201) zum Ableiten des Ausgangsstroms an dem Ausgangsknoten aus der Eingangsspannung (131) an dem Eingangsknoten;
- einen Ansteuertransistor (114), der in Verbindung mit dem Durchlasstransistor (201) einen Stromspiegel bildet, so dass der Ausgangsstrom durch den Durchlasstransistor (201) von einem Ansteuerstrom durch den Ansteuertransistor (114) abhängig ist;
- einen Hilfstransistor (302), der so angeordnet ist, dass zumindest ein Bruchteil des Ansteuerstroms durch den Ansteuertransistor (114) durch den Hilfstransistor (302) fließt;
- eine Verstärkungsschaltung (101, 102), die dazu ausgelegt ist, den Ansteuerstrom durch den Ansteuertransistor (114) in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung (132) und in Abhängigkeit von einer Referenzspannung (108) einzustellen, wenn der Spannungsregler (100) die Ausgangsspannung (132) regelt; und
- eine Steuerschaltung (300, 400), die zu Folgendem ausgelegt ist:
- Detektieren eines Hinweises auf eine Dropout-Situation, in der eine Differenz zwischen der Eingangsspannung (131) und der Ausgangsspannung (132) unter eine Dropoutspannung des Spannungsreglers (100) fällt; und
- als Reaktion darauf, Erhöhen eines Widerstands des Hilfstransistors (302), um den Bruchteil des Ansteuerstroms zu reduzieren, der durch den Hilfstransistor (302) fließt.

2. Spannungsregler (100) nach Anspruch 1, wobei
- der Spannungsregler (100) eine Widerstandsvorrichtung (301) umfasst, die parallel zu dem Hilfstransistor (302) angeordnet ist;
- der Ansteuerstrom durch die parallele Anordnung des Hilfstransistors (302) und der Widerstandsvorrichtung (301) fließt; und
- die Widerstandsvorrichtung (301) z. B. einen Widerstand umfasst.

3. Spannungsregler (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Spannungsregler (100) eine Schaltung (304, 305, 308) zum Bestimmen einer Angabe der Ansteuerstromstärke und zum Vergleichen der Angabe der Ansteuerstromstärke mit einer ersten Dropout-Referenzstromstärke umfasst.

4. Spannungsregler (100) nach Anspruch 3, wobei
- die Schaltung (304, 305, 308) zum Bestimmen einer Angabe der Ansteuerstromstärke und zum Vergleichen der Angabe der Ansteuerstromstärke mit einer ersten Dropout-Referenzstromstärke ein Teil der Steuerschaltung (300, 400) ist; und
- der Hinweis auf eine Dropout-Situation basierend auf dem Vergleich zwischen der Angabe der Ansteuerstromstärke und der ersten Dropout-Referenzstromstärke detektiert wird.

5. Spannungsregler (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
- die Steuerschaltung (300, 400) einen ersten Stromspiegel (304, 305) und eine erste Stromquelle (308), die dazu ausgelegt ist, eine erste Dropout-Referenzstromstärke bereitzustellen, umfasst;
- ein erster Eingangstransistor (304) des ersten Stromspiegels (304, 305) mit dem Hilfstransistor (302) gekoppelt ist; und
- ein erster Ausgangstransistor (305) des ersten Stromspiegels (304, 305) mit der ersten Stromquelle (308) gekoppelt ist.

6. Spannungsregler (100) nach Anspruch 5, wobei
- ein Gate des Hilfstransistors (302) mit einem Mittelpunkt zwischen dem ersten Ausgangstransistor (305) und der ersten Stromquelle (308) gekoppelt ist; und
- das Gate des Hilfstransistors (302) mit dem Mittelpunkt zwischen dem ersten Ausgangstransistor (305) und der ersten Stromquelle (308) z. B. über eine Offsetspannung (307) gekoppelt ist.

7. Spannungsregler (100) nach einem der Ansprüche 5 bis 6, wobei
- der Spannungsregler (100) einen Spannungsklemmtransistor (303) umfasst, der dazu ausgelegt ist, eine Ansteuerspannung an einem Gate des Durchlasstransistors (201) auf einen festen Spannungspegel zu klemmen;
- der Spannungsklemmtransistor (303) mit dem ersten Eingangstransistor (304) in Reihe angeordnet ist; und
- der Spannungsklemmtransistor (303) mit dem Gate des Durchlasstransistors (201) und mit einem Drain des Hilfstransistors (302) gekoppelt ist.

8. Spannungsregler (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verstärkungsschaltung (101, 102) umfasst:
- eine Differentialverstärkungsstufe (101), die dazu ausgelegt ist, eine erste Zwischenausgangsspannung in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung

(132) und in Abhängigkeit von der Referenzspannung (108) zu bestimmen; und
- einen Ansteuerstromtransistor (111), der dazu ausgelegt ist, einen internen Strom in Abhängigkeit von der ersten Zwischenausgangsspannung zu erzeugen; wobei die Ansteuerstromstärke von der internen Stromstärke abhängig ist.

9. Spannungsregler (100) nach Anspruch 8 unter Rückbezug auf einen der Ansprüche 3 bis 7, wobei
- der Spannungsregler (100) einen Stromstärkebegrenzungstransistor (306) umfasst, der in Reihe mit dem Ansteuerstromtransistor (111) angeordnet ist; und
- der Stromstärkebegrenzungstransistor (306) basierend auf dem Vergleich zwischen der Angabe der Ansteuerstromstärke und der ersten Dropout-Referenzstromstärke, insbesondere basierend auf einer Spannung an dem Mittelpunkt zwischen dem ersten Ausgangstransistor (305) und der ersten Stromquelle (308), gesteuert wird.

10. Spannungsregler (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 9, wobei der Spannungsregler (100) einen zweiten Stromspiegel (112, 113) umfasst, der einen zweiten Eingangstransistor (112), der mit dem Ansteuerstromtransistor (111) in Reihe angeordnet ist, und einen zweiten Ausgangstransistor (113), der mit dem Hilfstransistor (302) in Reihe angeordnet ist, umfasst.

11. Spannungsregler (100) nach Anspruch 10, wobei
- der zweite Stromspiegel (112, 113) ein p-Typ-Stromspiegel ist; und
- der Spannungsregler (100) eine Schaltung (500) zum Erzwingen, dass eine Gate-Drain-Spannung über dem zweiten Eingangstransistor (112) gleich einer Gate-Drain-Spannung über dem zweiten Ausgangstransistor (113) ist, umfasst.

12. Spannungsregler (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei
- die Verstärkungsschaltung (101, 102) eine zweite Verstärkungsstufe (102) umfasst, die dazu ausgelegt ist, eine zweite Zwischenausgangsspannung in Abhängigkeit von der ersten Zwischenausgangsspannung zu erzeugen;
- der Ansteuerstromtransistor (111) dazu ausgelegt ist, den internen Strom in Abhängigkeit von der zweiten Zwischenausgangsspannung zu erzeugen; und
- die Steuerschaltung (300, 400) dazu ausgelegt ist, den Hilfstransistor (302) in Abhängigkeit von der zweiten Zwischenausgangsspannung zu steuern.

13. Spannungsregler (100) nach Anspruch 12, wobei die Steuerschaltung (300, 400) umfasst:
- eine Schaltung (404) zum Erzeugen eines Steuerstroms in Abhängigkeit von der zweiten Zwischenausgangsspannung; und
- eine Schaltung (401, 402, 403) zum Vergleichen der Steuerstromstärke mit einer zweiten Dropout-Referenzstromstärke; wobei der Hilfstransistor (302) in Abhängigkeit von dem Vergleich zwischen der Steuerstromstärke und der zweiten Dropout-Referenzstromstärke gesteuert wird.

14. Spannungsregler (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 13, wobei
- die Verstärkungsschaltung (101, 102) unter Verwendung einer Versorgungsspannung (133) betrieben wird, die von der Eingangsspannung (131) verschieden ist;
- der Durchlasstransistor (201) über eine Ansteuerspannung, die an ein Gate des Durchlasstransistors (201) angelegt ist, gesteuert wird;
- der Spannungsregler (100) einen zweiten Hilfstransistor (902), der mit dem Ansteuerstromtransistor (111) in Reihe angeordnet ist, umfasst; und
- der Spannungsregler (100) eine zweite Steuerschaltung (900) umfasst, die zu Folgendem ausgelegt ist:
- Detektieren eines Hinweises auf eine Situation, in der die Ansteuerspannung nicht ausreichend ist, um den Spannungsregler (100) dazu zu befähigen, die Ausgangsspannung (132) zu regeln; und
- als Reaktion darauf, Erhöhen eines Widerstands des zweiten Hilfstransistors (902), um die interne Stromstärke durch den Ansteuerstromtransistor (111) zu reduzieren.

15. Spannungsregler (100) nach einem vorhergehenden Ansprüche, wobei
- der Spannungsregler (100) eine Entkopplungsschaltung (700, 802, 813, 814) zum Entkoppeln der Verstärkungsschaltung (101, 102) von einer Gate-Kapazität (701) des Durchlasstransistors (201) umfasst;
- die Entkopplungsschaltung (700, 802, 813, 814) z. B. einen Puffer (700) umfasst, der zwischen einem Gate des Ansteuertransistors (114) und einem Gate des Durchlasstransistors (201) angeordnet ist; und/oder
- die Entkopplungsschaltung (700, 802, 813, 814) z. B. eine Replikschaltung (813, 814, 802) des Hilfstransistors (302) und des Ansteuertransistors (114) umfasst.

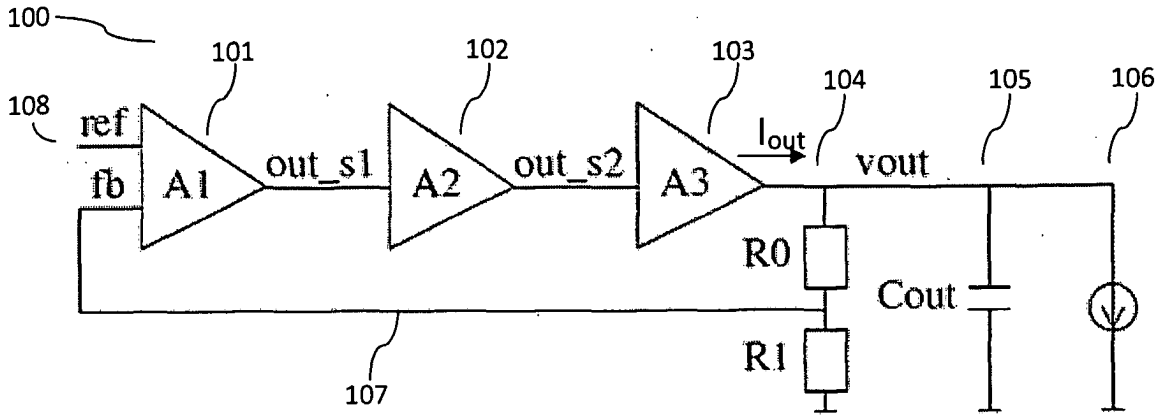
16. Verfahren (1000) zum Betreiben eines Spannungsreglers (100), wobei der Spannungsregler (100) umfasst: einen Durchlasstransistor (201) zum Ableiten eines Ausgangsstroms bei einer Ausgangsspannung aus einer Eingangsspannung (131), einen Ansteuertransistor (114), der in Verbindung mit dem Durchlasstransistor (201) einen Stromspiegel bildet, so dass der Ausgangsstrom durch den Durchlasstransistor (201) von einem Ansteuerstrom durch den Ansteuertransistor (114) abhängig ist, einen Hilfstransistor (302), der so angeordnet ist, dass zumindest ein Bruchteil des Ansteuerstroms durch den Ansteuertransistor (114) durch den Hilfstransistor (302)

fließt, und eine Verstärkungsschaltung (101, 102), die dazu ausgelegt ist, den Ansteuerstrom durch den Ansteuertransistor (114) in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung (132) und in Abhängigkeit von einer Referenzspannung (108) einzustellen, wenn der Spannungsregler (100) die Ausgangsspannung (132) regelt; wobei das Verfahren (1000) umfasst:

- Detektieren (1001) eines Hinweises auf eine Dropout-Situation, in der eine Differenz zwischen der Eingangsspannung (131) und der Ausgangsspannung (132) unter eine Dropoutspannung des Spannungsreglers (100) fällt; und
- als Reaktion darauf, Erhöhen (1002) eines Widerstands des Hilfstransistors (302), um den Bruchteil des Ansteuerstroms, der durch den Hilfstransistor (302) fließt, zu verringern.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Stand der Technik

Fig. 1a

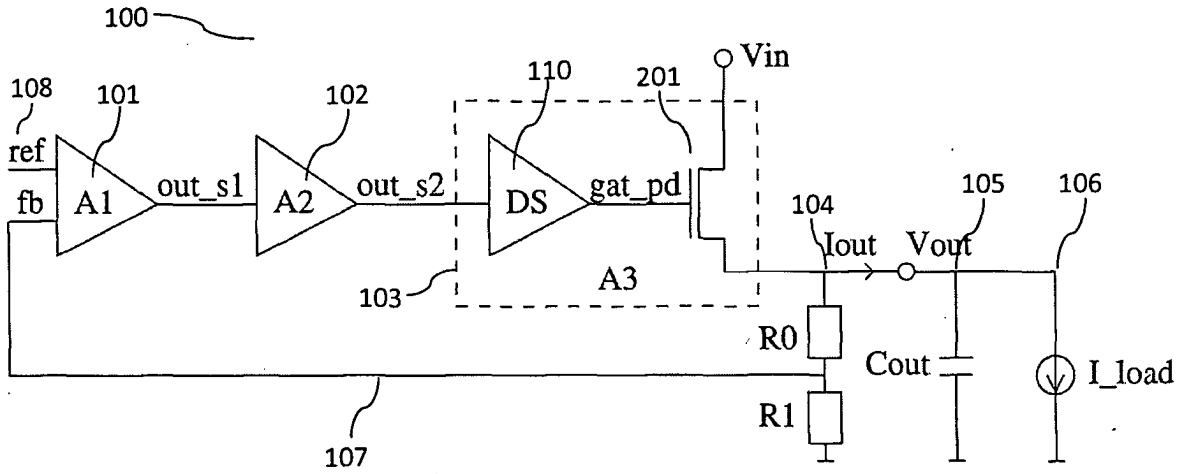


Fig. 1b

Stand der Technik

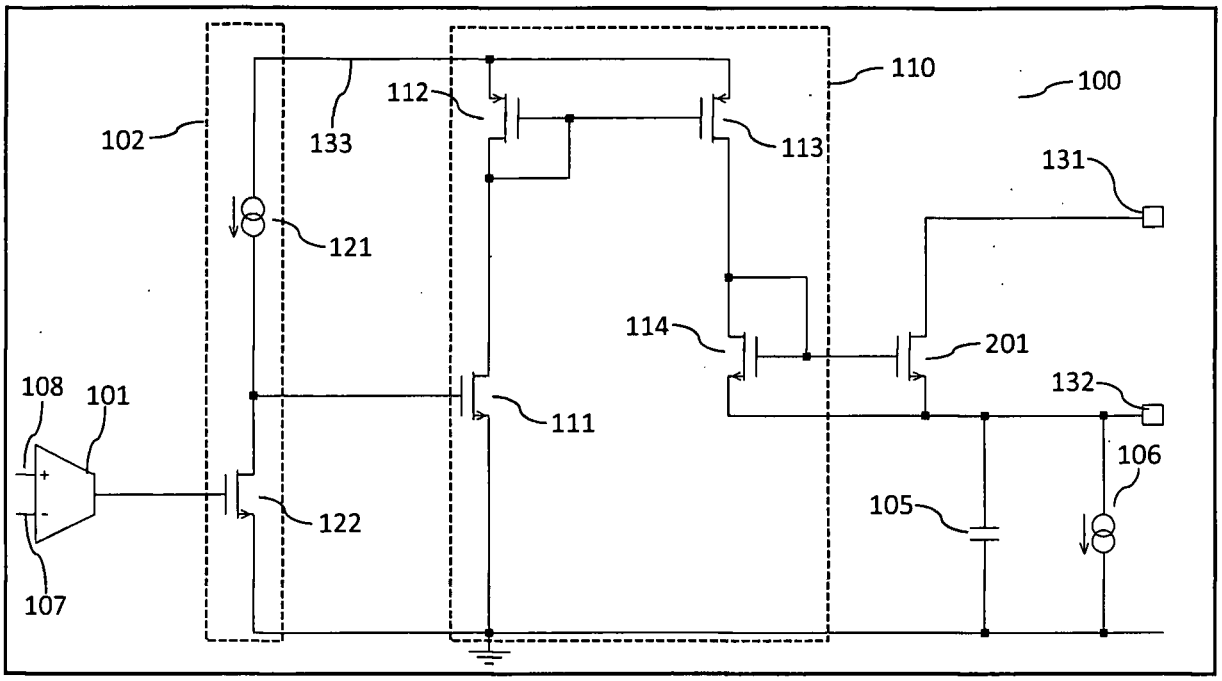


Fig. 1c **Stand der Technik**

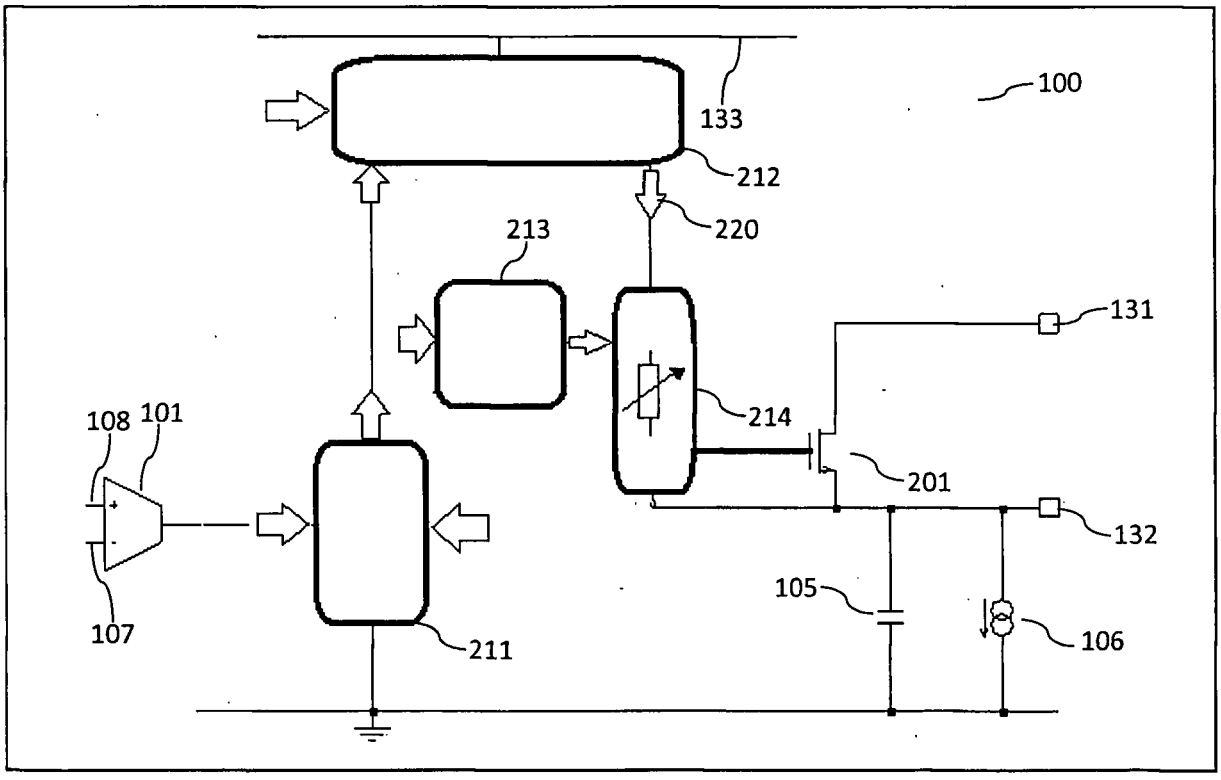


Fig. 2

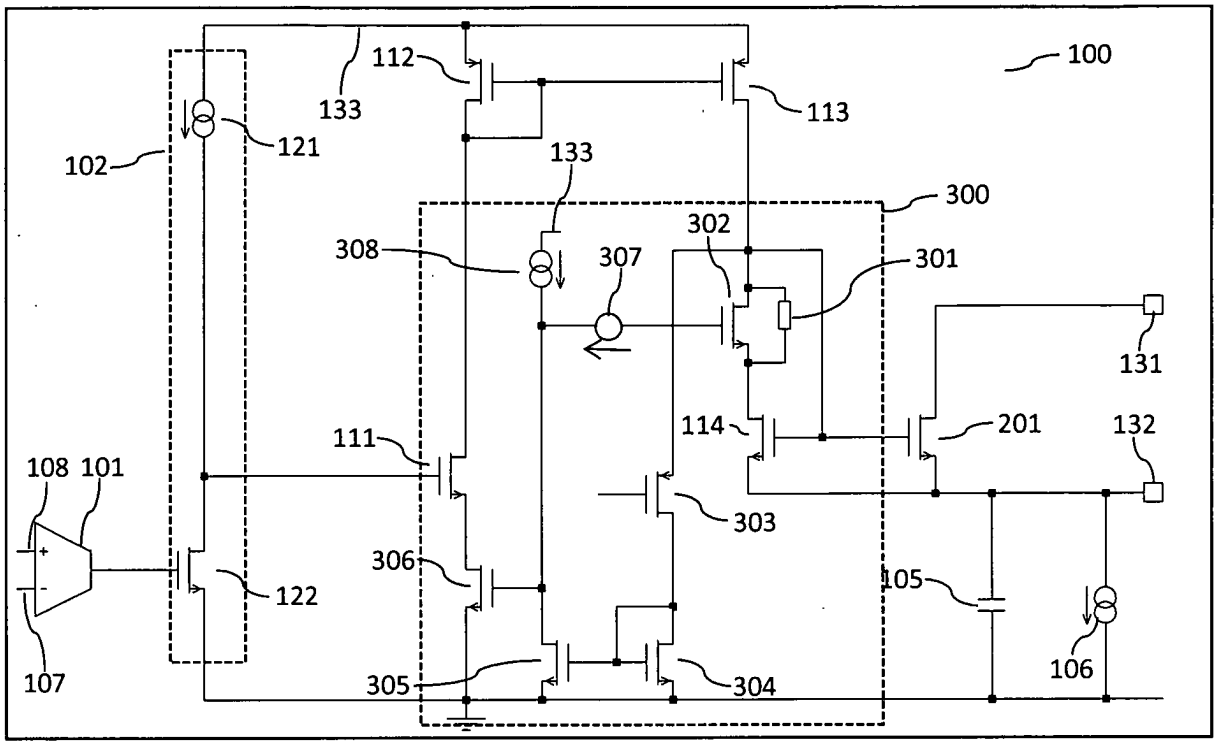

100
112
133
113
121
102
133
300
308
307
302
301
131
111
114
201
132
108
101
303
306
105
122
107
305
304
106

Fig. 3

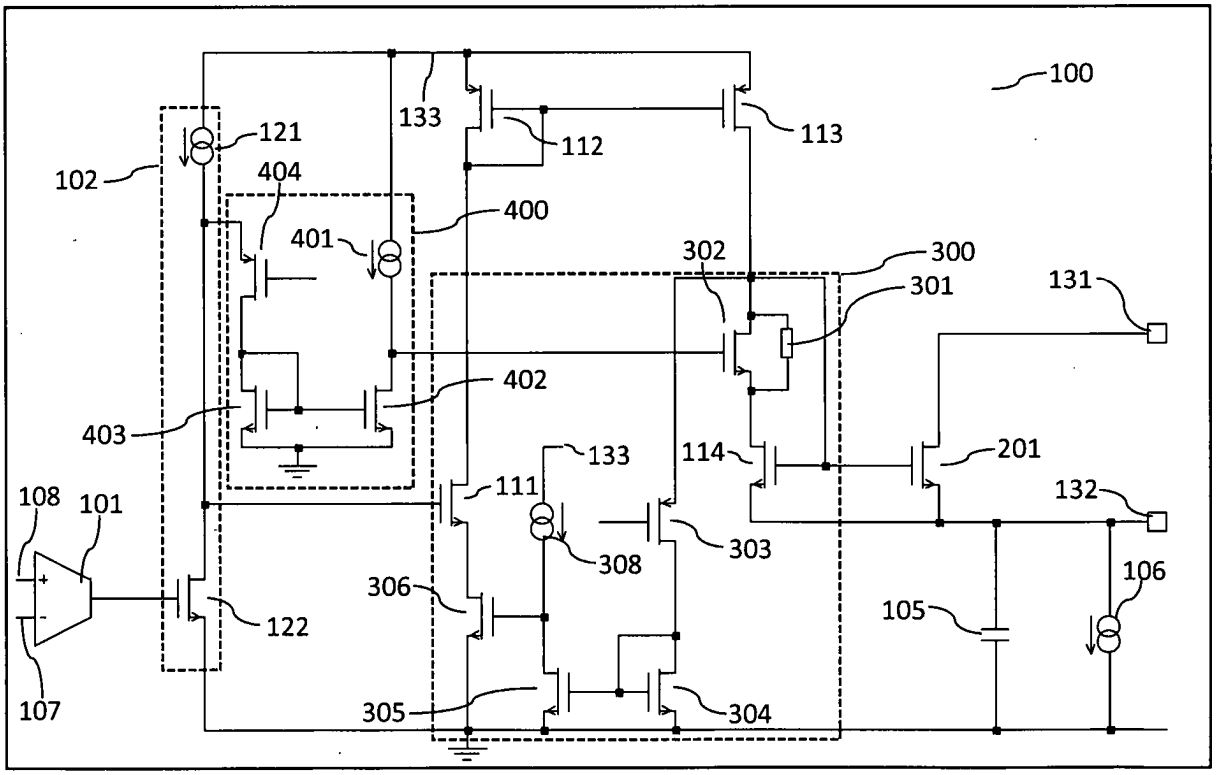

100
133
113
121
112
102
404
400
401
302
300
301
131
402
403
133
114
201
111
132
108
101
303
308
306
106
105
122
107
305
304

Fig. 4

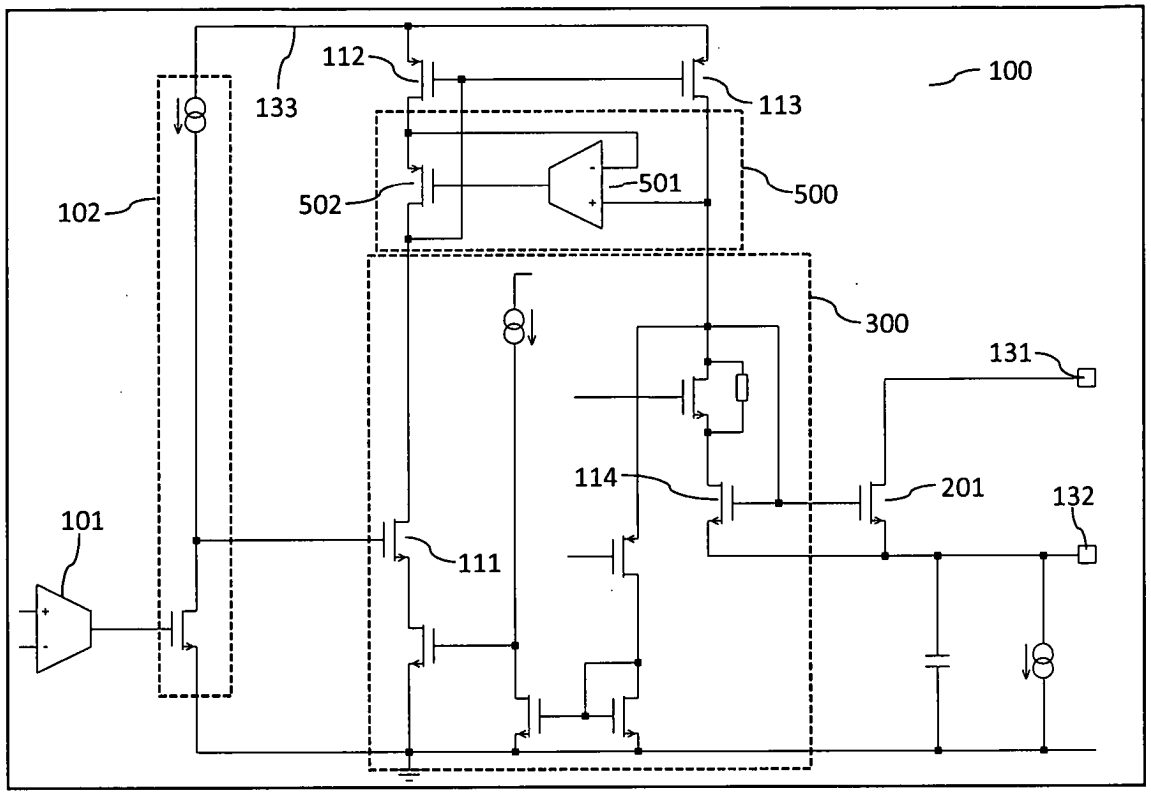

133
112
113
100
102
502
501
500
300
131
114
201
132
101
111

Fig. 5

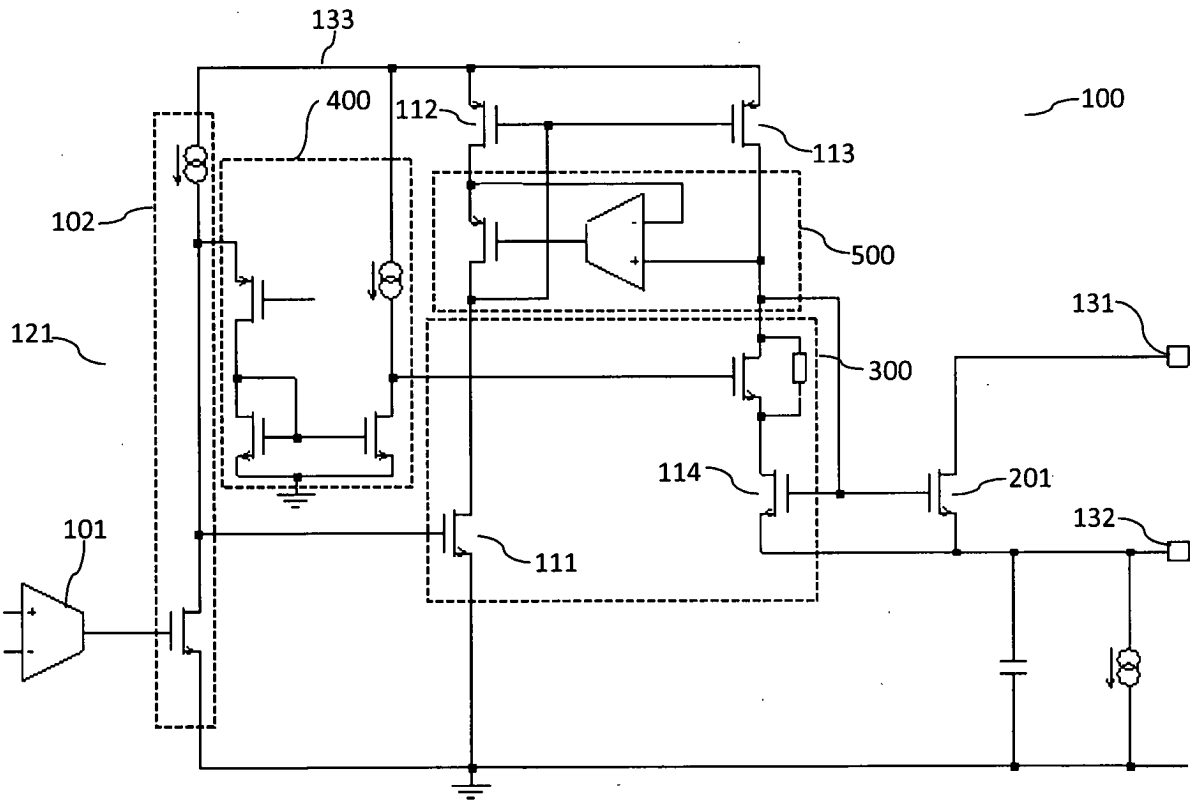

133
400
112
113
100
102
500
131
121
300
114
201
132
101
111

Fig. 6

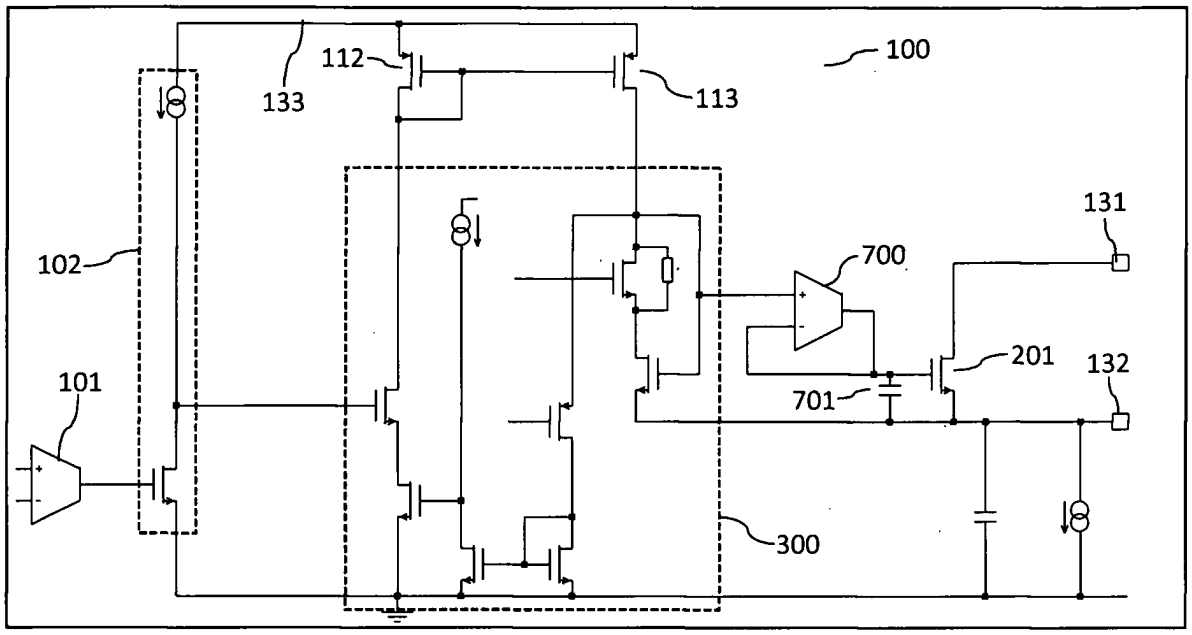

100
112
133
113
131
102
700
201
132
101
701
300

Fig. 7

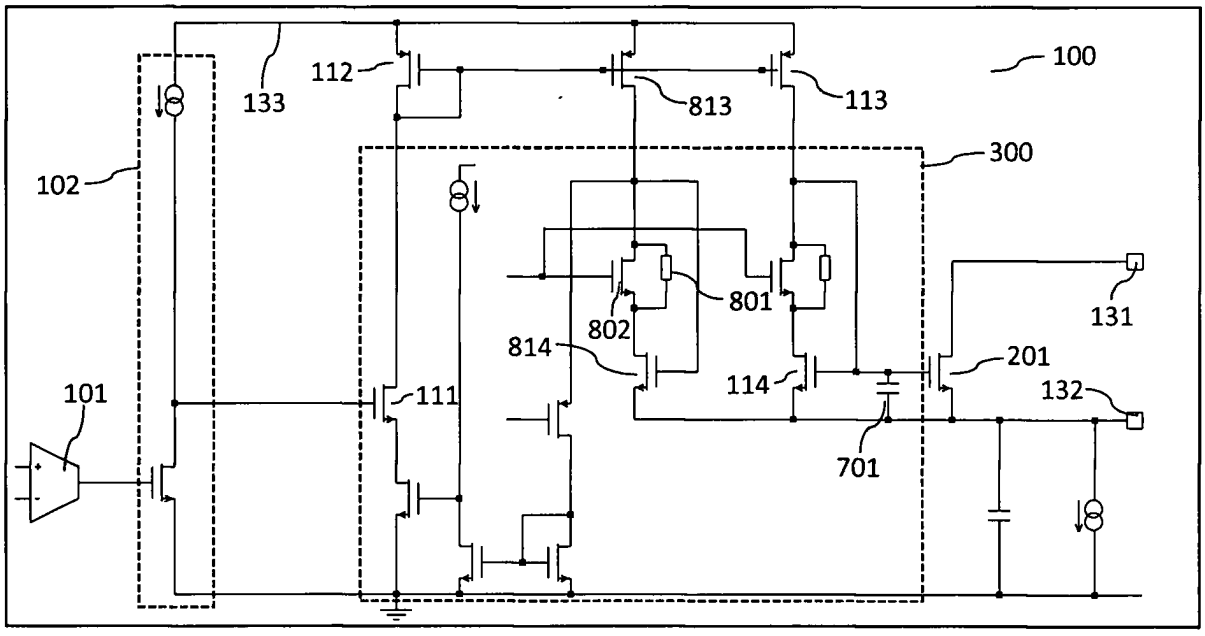

100
133
112
813
113
300
102
801
802
131
814
201
101
111
114
132
701

Fig. 8

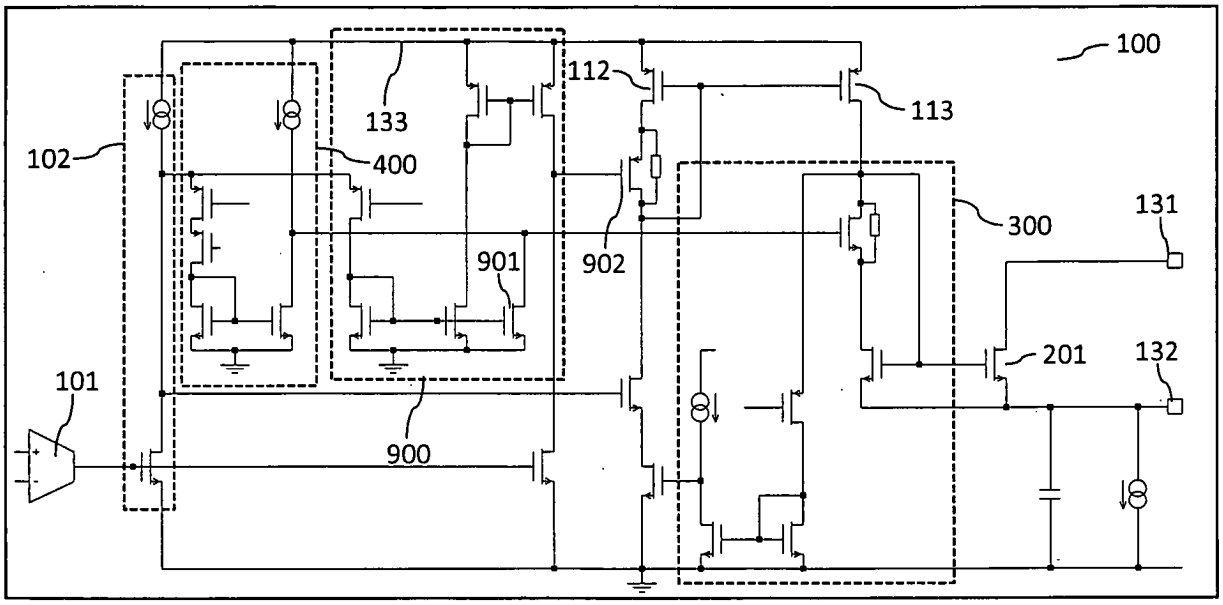


Fig. 9

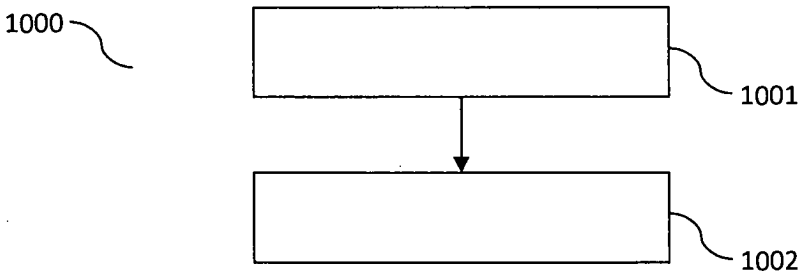


Fig. 10

Stand der Technik