

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
17. März 2011 (17.03.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/029875 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02M 3/158 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/063244

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. September 2010 (09.09.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 041 217.4
11. September 2009 (11.09.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **AUSTRIAMICROSYSTEMS AG** [AT/AT];
Schloss Premstätten, A-8141 Unterpremstätten (AT).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SERDAREVIC, Emir**
[BA/AT]; Brucknerstrasse 6/28, A-8010 Graz (AT).

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATENT-
ANWALTSGESELLSCHAFT MBH**; Ridlerstraße 55,
80339 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

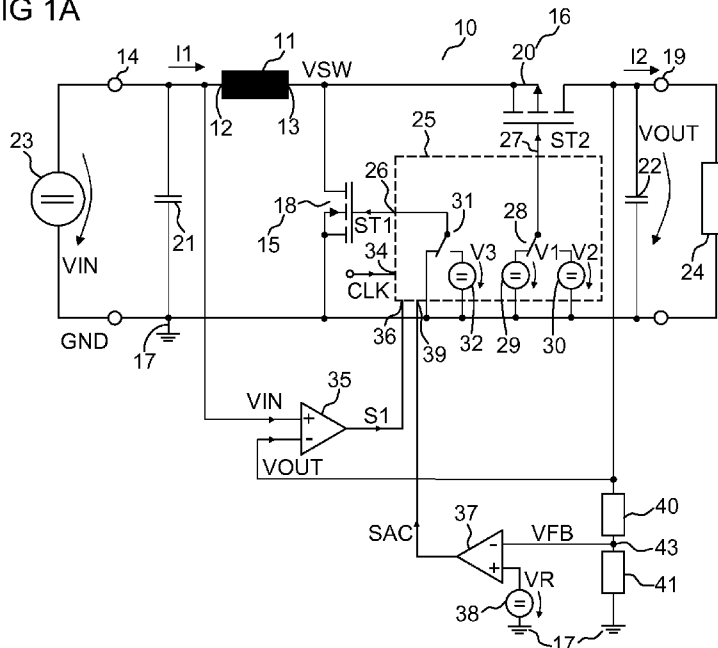
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: VOLTAGE TRANSFORMER AND METHOD FOR TRANSFORMING VOLTAGE

(54) Bezeichnung : SPANNUNGSWANDLER UND VERFAHREN ZUR SPANNUNGSWANDLUNG

FIG 1A



(57) Abstract: A voltage transformer (10) comprises an inductor (11), a first and a second switch (15, 16), and a control unit (25). A first terminal (12) of the inductor is supplied an input voltage (VIN). The first switch (15) is disposed between a second terminal (13) of the inductor (11) and a reference potential terminal (17). The second switch (16) is disposed between the second terminal (13) of the inductor (11) and an output (19) of the voltage transformer (10). The control unit (25) is designed to set the first switch (15) in a first and a second phase (A, B) of a first operating mode of the voltage transformer (10) into a blocking operating state and to set the second switch (16) in the first phase (A) into a conducting operating state and in the second phase (B) into an operating state having different conductivity.

(57) Zusammenfassung: Ein Spannungswandler (10) umfasst eine Induktivität (11), einen ersten und einen zweiten Schalter (15, 16) und eine Steuereinheit (25). Einem ersten Anschluss (12) der Induktivität wird eine Eingangsspannung (VIN) zugeführt. Der erste Schalter (15) ist zwischen einem zweiten Anschluss (13) der Induktivität (11) und einem Referenzpotentialanschluss (17) angeordnet. Der zweite Schalter (16) ist zwischen dem zweiten Anschluss (13) der Induktivität (11) und einem Ausgang (19) des Spannungswandlers (10) angeordnet. Die Steuereinheit (25) ist dazu ausgebildet, den ersten Schalter (15) in einer ersten und einer zweiten Phase (A, B) eines ersten Betriebsmodus des Spannungswandlers (10) in einen blockierenden Betriebszustand zu setzen und den zweiten Schalter (16) in der ersten Phase (A) in einen leitenden Betriebszustand und in der zweiten Phase (B) in einen Betriebszustand mit unterschiedlicher Leitfähigkeit zu setzen.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



zugeführt. Der erste Schalter (15) ist zwischen einem zweiten Anschluss (13) der Induktivität (11) und einem Bezugspotentialanschluss (17) angeordnet. Der zweite Schalter (16) ist zwischen dem zweiten Anschluss (13) der Induktivität (11) und einem Ausgang (19) des Spannungswandlers (10) angeordnet. Die Steuereinheit (25) ist ausgelegt, den ersten Schalter (15) in einer ersten und einer zweiten Phase (A, B) einer ersten Betriebsart des Spannungswandlers (10) in einen sperrenden Betriebszustand sowie den zweiten Schalter (16) in der ersten Phase (A) in einen leitenden Betriebszustand und in der zweiten Phase (B) in einen Betriebszustand mit einer anderen Leitfähigkeit einzustellen.

Beschreibung

Spannungswandler und Verfahren zur Spannungswandlung

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft einen Spannungswandler und ein Verfahren zur Spannungswandlung.

Spannungswandler werden häufig entweder als Aufwärtswandler oder als Abwärtswandler entworfen. Wird ein Spannungswandler
10 eingangsseitig an eine Batterie angeschlossen, deren Spannung mit der Zeit abnimmt, so kann es notwendig sein, mit einem für die Aufwärtswandlung vorgesehenen Spannungswandler eine Abwärtswandlung durchzuführen.

- 15 Dokument US 2004/0135556 A1 beschreibt einen Gleichspannungskonverter mit einer Induktivität und zwei Schaltern. Ein erster Schalter verbindet einen ausgangsseitigen Anschluss der Induktivität mit einem Bezugspotenzialanschluss. Weiter verbindet ein zweiter Schalter den ausgangsseitigen Anschluss
20 der Induktivität mit einem Ausgang des Spannungskonverters. Zur Abwärtswandlung wird der erste Schalter abwechselnd leitend und sperrend geschaltet.

- Dokument US 2008/0211467 A1 befasst sich mit einem Schalt-
25 kreis zur Reduzierung von Schwingungen in Schaltwandlern und zeigt verschiedene Wandler. Eine Periodendauer kann drei Phasen mit unterschiedlichen Betriebszuständen aufweisen.

- Datenblatt "AS1329 Low Voltage, Micropower, DC-DC Step-Up
30 Converters", austriamicrosystems AG, Österreich, Stand 1.06, 2009 beschreibt einen Aufwärtswandler.

In Dokument US 2003/0178974 A1 ist ein Aufwärts-Abwärtsspannungswandler mit einer Induktivität und einem ersten sowie einem zweiten Schalter angegeben.

- 5 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Spannungswandler und ein Verfahren zur Spannungswandlung bereitzustellen, die eine hohe Effektivität der Energienutzung ermöglichen.
- 10 Diese Aufgabe wird mit dem Gegenstand des Patentanspruchs 1 sowie dem Verfahren gemäß Patentanspruch 11 gelöst. Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind jeweils Gegenstand der abhängigen Ansprüche.
- 15 In einer Ausführungsform umfasst ein Spannungswandler eine Induktivität, einen ersten und einen zweiten Schalter sowie eine Steuereinheit. Die Induktivität weist einen ersten und einen zweiten Anschluss auf. Der erste Schalter koppelt den zweiten Anschluss der Induktivität mit einem Bezugspotenzial-
- 20 anschluss. Der zweite Schalter koppelt den zweiten Anschluss der Induktivität mit einem Ausgang des Spannungswandlers. Eine Eingangsspannung wird dem ersten Anschluss der Induktivität zugeleitet. Die Steuereinheit ist ausgelegt dazu, in einer ersten Betriebsart des Spannungswandlers den ersten
- 25 Schalter in einer ersten sowie in einer zweiten Phase in einen sperrenden Betriebszustand zu versetzen. Weiter ist die Steuereinheit ausgelegt dazu, den zweiten Schalter in der ersten Phase in einen leitenden Betriebszustand und in der zweiten Phase in einen Betriebszustand mit einer anderen
- 30 Leitfähigkeit einzustellen.

Mit Vorteil ist in der ersten Betriebsart des Spannungswandlers der erste Schalter offen geschaltet. Somit wird ein Stromfluss zum Bezugspotenzialanschluss vermieden. Ein Strom-

fluss ist somit ausschließlich durch die Induktivität und den zweiten Schalter zum Ausgang des Spannungswandlers ermöglicht. Dadurch wird eine hohe Effektivität bei der Energienutzung erzielt.

5

In einer Ausführungsform umfassen ein Halbleiterkörper und die mit dem Halbleiterkörper verbundene Induktivität den Spannungswandler. Der Spannungswandler kann mittels der Induktivität und genau einem Halbleiterkörper, an den die Induktivität angeschlossen ist, realisiert werden.

In einer Ausführungsform führt der Spannungswandler in der ersten Betriebsart eine Abwärtswandlung durch. Dabei ist ein Wert der Eingangsspannung höher als ein Wert einer Ausgangsspannung, die am Ausgang des Spannungswandlers anliegt.

In einer Ausführungsform ist der Spannungswandler in einer zweiten Betriebsart zur Aufwärtswandlung ausgelegt.

In einer Ausführungsform fließt ein erster Strom durch die Induktivität und den zweiten Schalter zum Ausgang. Aufgrund des Spannungsabfalls an nur einem Schalter, nämlich dem zweiten Schalter, wird die Effizienz der Energienutzung erhöht.

In einer Weiterbildung weisen der erste und der zweite Schalter eine hohe Stromtragefähigkeit auf. Mit Vorteil fließt ein hoher Strom ausschließlich über die beiden Schalter. Daher erfordert der Spannungswandler nur eine kleine Fläche auf dem Halbleiterkörper.

30

In einer Ausführungsform ist die Steuereinheit ausgelegt dazu, den zweiten Schalter in der ersten Betriebsart derart einzustellen, dass er in der ersten Phase einen ersten Wert eines Einschaltwiderstandes und in der zweiten Phase einen

zweiten Wert des Einschaltwiderstandes aufweist, der sich vom ersten Wert unterscheidet. Der zweite Wert kann höher als der erste Wert sein. Der erste Wert kann kleiner 1 Ohm sein. Bevorzugt kann er kleiner 100 mOhm sein. Der erste Schalter

5 kann in der ersten Betriebsart permanent in den sperrenden Betriebszustand geschaltet sein. Die Ansteuerung des ersten Schalters in der ersten Betriebsart kann unabhängig von der ersten und der zweiten Phase sein. Der zweite Schalter kann in der ersten Betriebsart permanent in einen leitenden Be-

10 triebszustand versetzt sein. Der zweite Schalter wird je nach Phase der ersten Betriebsart unterschiedlich angesteuert und eingestellt. Dabei weist der zweite Schalter in der ersten Phase eine erste Leitfähigkeit auf, die sich von einer zweiten Leitfähigkeit während der zweiten Phase unterscheidet.

15 Die erste Leitfähigkeit ist größer als die zweite Leitfähigkeit.

In einer Weiterbildung weist der Spannungswandler eine inaktive Betriebsart auf. Die inaktive Betriebsart kann auch als

20 nicht-aktive Betriebsart bezeichnet werden. In der inaktiven Betriebsart sind der erste und der zweite Schalter sperrend geschaltet. Während der inaktiven Betriebsart können beide Schalter permanent sperrend geschaltet sein.

25 In einer Ausführungsform ist die Steuereinheit ausgelegt dazu, den zweiten Schalter so einzustellen, dass der erste Strom in der ersten Phase ansteigt und in der zweiten Phase abnimmt. In der ersten und der zweiten Phase ist ein Stromfluss vom ersten Anschluss der Induktivität zum Ausgang des

30 Spannungswandlers ermöglicht. Der Wert der Ausgangsspannung kann in der ersten Phase ansteigen. Durch den höheren Einschaltwiderstand des zweiten Schalters während der zweiten Phase und daraus resultierend dem abfallenden Wert des ersten Stromes während der zweiten Phase wird vermieden, dass ein

Wert der Ausgangsspannung über die erste und die zweite Phase hinweg betrachtet zu groß wird.

5 In einer Ausführungsform weist die Steuereinheit einen Takteingang auf. Der Takteingang dient zum Zuführen eines Taktsignals an die Steuereinheit. Das Taktsignal weist eine Taktdauer auf. Die Taktdauer umfasst eine erste Dauer der ersten Phase und eine zweite Dauer der zweiten Phase der ersten Betriebsart. Die Taktdauer kann die Summe aus der ersten und
10 der zweiten Dauer sein. Die Taktdauer kann konstant sein. Das Taktsignal kann eine konstante Frequenz aufweisen. Die erste Phase und die zweite Phase in der ersten Betriebsart wechseln sich ab und wiederholen sich periodisch gemäß dem Taktsignal. Mit Vorteil erfolgt die Spannungswandlung mit einer festen
15 Frequenz. Daher können andere Schaltungsteile derart ausgelegt werden, dass sie nicht von der Frequenz des Spannungswandlers beeinflusst werden.

In einer Ausführungsform umfasst eine Periode des Taktsignals
20 mit der Taktdauer mehrere erste Phasen und mehrere zweiten Phasen, die sich abwechseln. Als erste Dauer wird somit die Summe der Dauer der ersten Phasen in einer Periode bezeichnet. Entsprechend wird als zweite Dauer die Summe der Dauer der zweiten Phase während einer Periode definiert.

25

In einer Weiterbildung existiert in der ersten Betriebsart während einer Taktdauer keine weitere Phase, in der der erste und der zweite Schalter Betriebszustände aufweisen, die verschieden sowohl zu den Betriebszuständen in der ersten Phase
30 als auch zu den Betriebszuständen in der zweiten Phase sind. In einer Ausführungsform wird die erste Dauer der ersten Phase in der ersten Betriebsart in Abhängigkeit einer Differenz zwischen der Eingangsspannung und der Ausgangsspannung eingestellt. In einer alternativen Ausführungsform wird die erste

Dauer der ersten Phase in Abhängigkeit einer Differenz zwischen der Eingangsspannung und einem Vorgabewert der Ausgangsspannung eingestellt. Je höher der Wert der Differenz ist, desto kleiner kann der Wert der ersten Dauer eingestellt werden. Mit Vorteil wird somit bei einer hohen Differenz der zweite Schalter nur kurzzeitig geschlossen, so dass ein Strom zum Ausgang begrenzt ist.

In einer Ausführungsform umfasst der Spannungswandler einen ersten Komparator. Ein erster Eingang des ersten Komparators ist mit dem Eingang des Spannungswandlers gekoppelt. Einem zweiten Eingang des ersten Komparators wird eine Vergleichsspannung zugeleitet. Ein Ausgang des ersten Komparators ist mit einem ersten Eingang der Steuereinheit gekoppelt.

15

In einer Ausführungsform ist der zweite Eingang des ersten Komparators mit dem Ausgang des Spannungswandlers gekoppelt. Alternativ kann der zweite Eingang des ersten Komparators mit einer Vorgabespannungsquelle verbunden sein. Die Vorgabespannungsquelle stellt den Vorgabewert der Ausgangsspannung bereit. Der erste Komparator dient somit dem Vergleich der Eingangsspannung mit der Ausgangsspannung oder dem Vorgabewert der Ausgangsspannung. In Abhängigkeit eines Ergebnisses des Vergleichs wird die erste oder die zweite Betriebsart des Spannungswandlers eingestellt. Der Spannungswandler kann beispielsweise mit der ersten Betriebsart betrieben werden, wenn der Wert der Eingangsspannung größer als der Wert der Ausgangsspannung ist.

In einer Ausführungsform ist zwischen dem Eingang des Spannungswandlers und dem ersten Eingang des ersten Komparators eine Schwellwertspannungsquelle angeordnet. Alternativ kann zwischen dem Ausgang des Spannungswandlers und dem zweiten Eingang des ersten Komparators die Schwellwertspannungsquelle

angeordnet sein. Mittels der Schwellwertspannungsquelle kann ein Schwellwert eingestellt werden. Der Schwellwert ist ein Mindestwert für eine Differenz zwischen der Eingangsspannung und der Ausgangsspannung, ab dem der Spannungswandler in die
5 erste Betriebsart eingestellt wird. Der Spannungswandler kann beispielsweise mit der ersten Betriebsart betrieben werden, wenn der Wert der Eingangsspannung größer als die Summe des Werts der Ausgangsspannung und des Schwellwertes ist.

10 In einer Ausführungsform weist der Einschaltwiderstand des zweiten Schalters während der ersten Phase einen Wert niedriger als 1 Ohm auf. Bevorzugt ist der Wert kleiner 100 mOhm. In einer Ausführungsform sind der erste und der zweite Transistor derart ausgelegt, dass der zweite Transistor einen
15 niedrigeren Einschaltwiderstand verglichen mit dem Einschaltwiderstand des ersten Transistors erreicht. Dies wird erzielt bei den Werten für die Eingangsspannung beziehungsweise die Ausgangsspannung, für die der Spannungswandler spezifiziert ist. Da ein großer Anteil der Verluste in der ersten Be-
20 triebsart durch den zweiten Schalter verursacht werden kann, kann mit Vorteil durch eine Auslegung des zweiten Schalters mit einem geringen Einschaltwiderstand die Effektivität erhöht werden.

25 In einer Ausführungsform umfasst der Spannungswandler einen Spannungsteiler mit einem ersten und einem zweiten Spannungsteilerwiderstand. Der Spannungsteiler koppelt den Ausgang des Spannungswandlers mit dem Bezugspotentialanschluss. Ein Spannungsteilerabgriff ist zwischen dem ersten und dem zweiten
30 Spannungsteilerwiderstand angeordnet.

In einer Weiterbildung umfasst der Spannungswandler einen Verstärker. Ein erster Eingang des Verstärkers kann über eine Referenzspannungsquelle mit dem Bezugspotentialanschluss ge-

koppelt sein. Ein zweiter Eingang des Verstärkers kann an den Spannungsteilerabgriff angeschlossen sein.

In einer Ausführungsform umfasst der Spannungswandler einen
5 Pulsweitenmodulator. Der Pulsweitenmodulator kann ausgelegt
sein, ein pulsweitenmoduliertes Signal bereitzustellen. Das
pulsweitenmodulierte Signal stellt die Dauer der ersten Phase
der ersten Betriebsart ein. Das pulsweitenmodulierte Signal
kann von einem Vergleich der Ausgangsspannung oder einer von
10 der Ausgangsspannung abgeleiteten Spannung mit einer Referenzspannung abhängen. Ein Stelleingang des Pulsweitenmodulators kann mit einem Ausgang des Verstärkers verbunden sein.

In einer Ausführungsform umfasst ein Verfahren zur Spannungswandlung ein Zuführen einer Eingangsspannung an einen ersten
15 Anschluss einer Induktivität. Weiter wird ein erster Schalter in einer ersten und einer zweiten Phase einer ersten Betriebsart in einen sperrenden Betriebszustand eingestellt. Der erste Schalter koppelt einen zweiten Anschluss der Induktivität mit einem Bezugspotenzialanschluss. Darüber hinaus
20 wird ein zweiter Schalter in der ersten Phase in einen leitenden Betriebszustand und in der zweiten Phase in einen Betriebszustand mit anderer Leitfähigkeit eingestellt. Der zweite Schalter koppelt den zweiten Anschluss der Induktivität mit einem Ausgang eines Spannungswandlers. Eine Ausgangsspannung wird am Ausgang des Spannungswandlers abgegeben. Der
25 Spannungswandler umfasst die Induktivität sowie den ersten und den zweiten Schalter.

30 Mit Vorteil ist der erste Schalter in beiden Phasen der ersten Betriebsart in einem sperrenden Betriebszustand, so dass kein Stromfluss zum Bezugspotenzialanschluss erfolgt. Ein durch die Induktivität fließender erster Strom kann nahezu ausschließlich zum Ausgang des Spannungswandlers fließen. Mit

Vorteil weist der Spannungswandler eine hohe Effektivität der Energienutzung auf. Die Regelung wird ausschließlich mittels der Steuerung des zweiten Schalters durchgeführt. Ein Risiko, wie etwa das gleichzeitige leitend Schalten des ersten und des zweiten Schalters oder ein latch-up aufgrund eines dynamischen Schaltens, ist verringert.

Die Erfindung wird nachfolgend an mehreren Ausführungsbeispielen anhand der Figuren näher erläutert. Funktions- beziehungsweise wirkungsgleiche Bauelemente und Schaltungselemente tragen gleiche Bezugszeichen. Insoweit sich Schaltungsteile oder Bauelemente in ihrer Funktion entsprechen, wird deren Beschreibung nicht in jeder der folgenden Figuren wiederholt. Es zeigen:

Figuren 1A bis 1C beispielhafte Ausführungsformen eines Spannungswandlers nach dem vorgeschlagenen Prinzip,

Figuren 2A und 2B beispielhafte Ausführungsformen einer Steuereinheit nach dem vorgeschlagenen Prinzip und Figuren 3A bis 3C, 4A und 4B beispielhafte Signalverläufe des Spannungswandlers.

Figur 1A zeigt eine beispielhafte Ausführungsform eines Spannungswandlers nach dem vorgeschlagenen Prinzip. Der Spannungswandler 10 umfasst eine Induktivität 11 mit einem ersten und einem zweiten Anschluss 12, 13. Der erste Anschluss 12 der Induktivität 11 ist mit einem Eingang 14 des Spannungswandlers 10 verbunden. Weiter umfasst der Spannungswandler 10 einen ersten und einen zweiten Schalter 15, 16. Der erste Schalter 15 ist zwischen dem zweiten Anschluss 13 der Induktivität 11 und einem Bezugspotenzialanschluss 17 angeordnet.

Der erste Schalter 15 weist einen ersten Transistor 18 auf. Der zweite Schalter 16 ist zwischen dem zweiten Anschluss 13 der Induktivität 11 und einem Ausgang 19 des Spannungswandlers 10 angeordnet. Der zweite Schalter 16 weist einen zweiten Transistor 20 auf. Der erste und der zweite Transistor 18, 20 sind jeweils als Feldeffekttransistor, abgekürzt FET, realisiert. Der erste und der zweite Transistor 16, 18 sind selbstsperrend, das heißt vom Anreicherungstyp. Der erste Transistor 18 hat einen entgegengesetzten Leitungstyp verglichen mit dem zweiten Transistor 20. Der erste Transistor 18 ist als n-Kanal FET ausgebildet. Ein Substratanschluss des ersten Transistors 18 ist am Bezugspotenzialanschluss 17 angeschlossen. Der zweite Transistor 20 ist als p-Kanal FET realisiert. Ein Substratanschluss des zweiten Transistors 20 ist an den zweiten Anschluss 13 der Induktivität 11 angeschlossen.

Ein Eingangskondensator 21 koppelt den ersten Anschluss 12 der Induktivität 11 mit dem Bezugspotenzialanschluss 17. Weiter koppelt ein Ausgangskondensator 22 den Ausgang 19 des Spannungswandlers 10 mit dem Bezugspotenzialanschluss 17. Eine Spannungsquelle 23 ist zwischen dem Eingang 14 des Spannungswandlers und dem Bezugspotenzialanschluss 17 angeordnet. Eine elektrische Last 24 ist zwischen dem Ausgang 19 des Spannungswandlers 10 und dem Bezugspotenzialanschluss 17 angeordnet. Die elektrische Last 24 wird von einem Widerstand symbolisiert.

Weiter umfasst der Spannungswandler 10 eine Steuereinheit 25. Ein erster Steuerausgang 26 der Steuereinheit 25 ist mit einem Steueranschluss des ersten Schalters 15 verbunden. Dazu ist der erste Steuerausgang 26 an einen Steueranschluss des Transistors 18 angeschlossen. Entsprechend ist ein zweiter Steuerausgang 27 mit einem Steueranschluss des zweiten Schal-

ters 16 verbunden. Dazu ist der zweite Steuerausgang 27 an einen Steueranschluss des zweiten Transistors 20 angeschlossen. Die Steuereinheit 25 weist einen ersten Umschalter 28 auf. Ein Ausgang des ersten Umschalters 28 ist mit dem zweiten Steuerausgang 27 der Steuereinheit 25 verbunden. Ein erster Eingang des Umschalters 28 ist über eine erste Spannungsquelle 29 mit dem Bezugspotenzialanschluss 17 gekoppelt. Ein zweiter Eingang des ersten Umschalters 28 ist über eine zweite Spannungsquelle 30 mit dem Bezugspotenzialanschluss 17 gekoppelt. Weiter weist die Steuereinheit 25 einen zweiten Umschalter 31 auf. Ein Ausgang des zweiten Umschalters 31 ist mit dem ersten Steuerausgang 26 der Steuereinheit 25 verbunden. Ein erster Eingang des zweiten Umschalters 31 ist am Bezugspotenzialanschluss 17 angeschlossen. Ein zweiter Eingang des zweiten Umschalters 31 ist an eine dritte Spannungsquelle 32 angeschlossen.

Darüber hinaus umfasst der Spannungswandler 10 einen ersten Komparator 35, der an einem ersten Eingang mit dem ersten Anschluss 12 der Induktivität 11 gekoppelt ist. Ein zweiter Eingang des ersten Komparators 35 ist mit dem Ausgang 19 des Spannungswandlers 10 gekoppelt. Ein Ausgang des ersten Komparators 35 ist mit einem ersten Steuereingang 36 der Steuereinheit 25 verbunden. Ferner umfasst der Spannungswandler 10 einen weiteren Komparator 37, der an einem ersten Eingang mit dem Ausgang 19 des Spannungswandlers 10 gekoppelt ist. Ein zweiter Eingang des weiteren Komparators 37 ist über eine Referenzspannungsquelle 38 mit dem Bezugspotenzialanschluss 17 verbunden. Ein Ausgang des weiteren Komparators 37 ist mit einem weiteren Steuereingang 39 der Steuereinheit 25 verbunden. Ferner umfasst der Spannungswandler 10 einen Spannungsteiler mit einem ersten und einem zweiten Spannungsteilerwiderstand 40, 41. Der Spannungsteiler ist zwischen dem Ausgang 19 des Spannungswandlers 10 und dem Bezugspotenzialanschluss

17 angeordnet. Ein Spannungsteilerabgriff 43 zwischen dem ersten und dem zweiten Spannungsteilerwiderstand 40, 41 ist mit dem ersten Eingang des weiteren Komparators 37 verbunden. Die Steuereinheit 25 weist einen Takteingang 34 auf.

5

Die Spannungsquelle 23 stellt eine Eingangsspannung VIN bereit, die zwischen dem Eingang 14 des Spannungswandlers 10 und dem Bezugspotenzialanschluss 17 abfällt. Die Eingangsspannung VIN wird somit dem ersten Anschluss 12 der Induktivität 11 zugeführt. Die Eingangsspannung VIN wird mittels des Eingangskondensators 21 geglättet. Die Eingangsspannung VIN fällt somit an einer Serienschaltung, umfassend die Induktivität 11 und den ersten Schalter 15, ab. Die Ausgangsspannung VOUT wird zwischen dem Ausgang 19 und dem Bezugspotenzialanschluss 17 bereitgestellt. Die Ausgangsspannung VOUT wird vom Ausgangskondensator 22 geglättet. Die Ausgangsspannung VOUT fällt an der elektrischen Last 24 ab.

Die Eingangsspannung VIN wird dem ersten Eingang und die Ausgangsspannung VOUT wird dem zweiten Eingang des ersten Komparators 35 zugeleitet. Am Ausgang des ersten Komparators 35 wird ein erstes Signal S1 bereitgestellt, das dem ersten Steuereingang 36 der Steuereinheit 25 zugeführt wird. Das erste Signal S1 wird in Abhängigkeit eines Vergleichs der Eingangsspannung VIN mit der Ausgangsspannung VOUT gebildet. Entsprechend dem ersten Signal S1 wird eine Betriebsart des Spannungswandlers 10 ausgewählt. Ist ein Wert der Eingangsspannung VIN höher als ein Wert der Ausgangsspannung VOUT, so wird mittels des ersten Signals S1 der Spannungswandler 10 in eine erste Betriebsart eingestellt. In der ersten Betriebsart ist der Spannungswandler 11 als Abwärtswandler eingesetzt. Entsprechend der ersten Betriebsart verbindet der zweite Umschalter 31 den ersten Eingang des Umschalters 31 mit dem Ausgang des zweiten Umschalters 31. Am Bezugspotenzialan-

schluss 17 liegt ein Bezugspotenzial GND an. Somit wird das Bezugspotenzial GND über den ersten Steuerausgang 26 der Steuereinheit 25 dem Steuereingang des ersten Schalters 15 zugeleitet. Der erste Schalter 15 ist somit in einem offenen Betriebszustand. Der erste Schalter 15 leitet nicht. Eine gesteuerte Strecke des ersten Transistors 18 ist somit hochohmig geschaltet. Die dritte Spannungsquelle 32 stellt eine dritte Spannung V3 bereit.

10 In der ersten Betriebsart schaltet der erste Umschalter 28 zwischen dem ersten und dem zweiten Eingang des Umschalters 28 periodisch hin und her. Die erste Spannungsquelle 29 stellt eine erste Spannung V1 und die zweite Spannungsquelle 30 eine zweite Spannung V2 bereit. Somit wird abwechselnd die
15 erste Spannung V1 und die zweite Spannung V2 über den zweiten Steuerausgang 27 der Steuereinheit 25 dem Steuereingang des zweiten Schalters 16 zugeleitet. Die erste und die zweite Spannung V1, V2 können je nach Ausführungsform des zweiten Schalters 16 unterschiedliche Werte annehmen, wie beispielsweise den Wert der Eingangsspannung VIN, den Wert der Ausgangsspannung VOUT, einen Vorgabewert für die Ausgangsspannung VOUT, einen Wert einer Referenzspannung, das Bezugspotential GND oder Werte zwischen den genannten Spannungen. Die
20 Wahl der ersten und der zweiten Spannung V1, V2 hängt auch davon ab, ob die Eingangsspannung VIN einen positiven oder
25 negativen Wert gegenüber dem Bezugspotential GND aufweist.

Der Spannungswandler 10 arbeitet mit einem Taktsignal CLK mit einer festen Frequenz. Das Taktsignal CLK wird der Steuereinheit 25 am Takteingang 34 zugeleitet. Das Taktsignal CLK weist eine Taktdauer T, die auch als Periodendauer bezeichnet werden kann, auf. Während einer ersten Phase A während der Taktdauer T wird die erste Spannung V1 dem Steueranschluss des zweiten Schalters 16 zugeleitet. Hingegen wird in einer

zweiten Phase B während der Taktdauer T die zweite Spannung V2 dem Steueranschluss des zweiten Schalters 16 zugeführt. Die erste Spannung V1 weist einen niedrigeren Wert als die zweite Spannung V2 auf. Somit nimmt während der ersten Phase A der zweite Transistor 20 einen niedrigeren Einschaltwiderstand verglichen mit der zweiten Phase B an. Durch die Induktivität 11 fließt ein erster Strom I1. Der erste Strom I1 fließt von der Spannungsquelle 23 über den Eingang 14 durch die Induktivität 11 sowie den zweiten Schalter 16 zum Ausgang 19 des Spannungswandlers 10. Der erste Strom I1 lädt den Ausgangskondensator 22 auf. In der ersten Phase A ist der zweite Schalter 16 niederohmig geschaltet, so dass der erste Strom I1 ansteigen kann. In der zweiten Phase B ist mittels der zweiten Spannung V2 der zweite Schalter 16 mit einer anderen Leitfähigkeit eingestellt. Die Leitfähigkeit des zweiten Schalters 16 ist während der zweiten Phase B geringer als während der ersten Phase A. Es ist jedoch weiterhin der zweite Schalter 16 in einem leitenden Betriebszustand. Während der zweiten Phase B nimmt der erste Strom I1 ab. Ein zweiter Strom I2 fließt vom Ausgang 19 zur Last 24.

Im eingeschwungenen Zustand wird der Ausgangskapazität 22 in einer Ausführungsform in der ersten Phase A aufgeladen, da der erste Strom I1 in der ersten Phase A größer als der zweite Strom I2 sein kann. In der zweiten Phase B wird der Ausgangskondensator 22 entladen, da der erste Strom I1 in der zweiten Phase B kleiner als der zweite Strom I2 ist. Eine erste Dauer TA der ersten Phase A kann zunehmen, wenn der zur elektrischen Last 21 fließende zweite Strom I2 zunimmt. Ebenfalls kann die erste Dauer TA zunehmen, wenn eine Differenz zwischen dem Wert der Eingangsspannung VIN und dem Wert der Ausgangsspannung VOUT geringer wird. Entsprechend kann die erste Dauer TA im Fall eines abnehmenden zweiten Stroms I2

und/oder im Fall einer größer werdenden Differenz zwischen Eingangsspannung VIN und Ausgangsspannung VOUT abnehmen.

Weist die Eingangsspannung VIN einen niedrigeren Wert als die
5 Ausgangsspannung VOUT auf, so stellt entsprechend dem ersten
Steuersignal S1 die Steuereinheit 25 den Spannungswandler 10
in eine zweite Betriebsart ein. In der zweiten Betriebsart
funktioniert der Spannungswandler 10 als Aufwärtswandler. Ge-
mäß einer ersten Phase C der zweiten Betriebsart schaltet die
10 Steuereinheit 25 den ersten Schalter 15 in einen leitenden
Betriebszustand und den zweiten Schalter 16 in einen sperren-
den Betriebszustand. Weiter schaltet die Steuereinheit 25 in
einer zweiten Phase D der zweiten Betriebsart den ersten
Schalter 15 in einen sperrenden Betriebszustand und den zwei-
15 ten Schalter 16 in einen leitenden Betriebszustand. Somit
wird während der ersten Phase C der zweiten Betriebsart ein
Anstieg des ersten Stroms I1 erzeugt und eine mit der Zeit
ansteigende Energie in der Induktivität 11 gespeichert. Diese
Energie der Induktivität wird in der zweiten Phase D der
20 zweiten Betriebsart über den zweiten Schalter 16 dem Ausgang
19 zugeleitet. Die Energie wird mittels des Ausgangskondensa-
tors 22 gespeichert.

Der Spannungsteiler 40, 41 erzeugt aus der Ausgangsspannung
25 VOUT eine Rückkoppelspannung VFB, die am Spannungsteilerab-
griff 43 abgreifbar ist. Die Spannung VFB wird dem ersten
Eingang des weiteren Komparators 37 zugeführt. Die Referenz-
spannungsquelle 38 stellt eine Referenzspannung VR bereit,
die dem zweiten Eingang des weiteren Komparators 37 zugelei-
30 tet wird. Der weitere Komparator 37 gibt am Ausgang ein Akti-
vitätssignal SAC ab. Das Aktivitätssignal SAC wird dem weite-
ren Steuereingang 39 der Steuereinheit 25 zugeleitet. Das Ak-
tivitätssignal SAC wird in Abhängigkeit eines Vergleichs der
Rückkopplungsspannung VFB mit der Referenzspannung VR gebil-

det. Ist die Rückkopplungsspannung VFB kleiner als die Referenzspannung VR, so führt die Steuereinheit 25 eine Spannungswandlung durch. Weist hingegen die Rückkopplungsspannung VFB einen höheren Wert als die Referenzspannung VR auf, so versetzt die Steuereinheit 25 den Spannungswandler 10 in eine inaktive Betriebsart, auch Energiesparmodus, englisch Power-Safe-Mode, genannt. Im Energiesparmodus ist der erste wie auch der zweite Schalter 15, 16 offen geschaltet.

Mit Vorteil kann der Spannungswandler 10 gemäß zwei Betriebsarten, nämlich der ersten und der zweiten Betriebsart, die Eingangsspannung VIN in die Ausgangsspannung VOUT konvertieren, nämlich zum einen als Aufwärtswandler und zum anderen als Abwärtswandler. Dazu werden nur zwei Schalter 15, 16 benötigt. Bei der Abwärtskonversion fließt kein Strom zum Bezugspotenzialanschluss, sondern nahezu ausschließlich ein Strom zum Ausgang 19 des Spannungswandlers 10. Mit Vorteil kann der Spannungswandler 11 den zweiten Strom I2 mit einem hohen Wert bereitstellen. Mit Vorteil ist der Spannungswandler 10 dazu ausgelegt, die Ausgangsspannung VOUT mit nur geringen Schwankungen auch im Fall von Störungen und Schwankungen der Eingangsspannung VIN bereitzustellen. Ferner weist der Spannungswandler 10 den Energiesparmodus auf, was die Effizienz weiter erhöht.

Mit Vorteil ist der Substratanschluss des zweiten Transistors 20 permanent an den Anschluss des zweiten Transistors 20 angeschlossen, welcher mit dem zweiten Anschluss 13 der Induktivität 11 verbunden ist. Ursache dafür ist, dass eine Spannung VSW am zweiten Anschluss 13 der Induktivität 11 höher als die Ausgangsspannung VOUT in jeder der Betriebsphasen A, B ist. Daher besteht in der ersten Betriebsart keine Notwendigkeit, den Substratanschluss des zweiten Schalters 20 zwischen verschiedenen Anschlüssen hin und her zu schalten. Der

Steueranschluss des ersten Transistors 18 kann in der ersten Betriebsart permanent an den Bezugspotentialanschluss 17 angeschlossen sein. Somit reduziert sich das Risiko von latch-up Vorgängen und von Energieverlusten.

5

In einer alternativen, nicht gezeigten Ausführungsform ist der erste Transistor 18 als ein p-Kanal FET realisiert. In einer nicht gezeigten, alternativen Ausführungsform ist der zweite Transistor als n-Kanal FET implementiert. Das erste und das zweite Steuersignal ST1, ST2 weist dabei an die Leitungstypen der FETs angepasste Spannungen auf. Alternativ können der erste und/oder der zweite Transistor 16, 18 selbstleitend sein, das heißt vom Verarmungstyp.

15 In einer alternativen, nicht gezeigten Ausführungsform ist zwischen dem ersten Anschluss 12 der Induktivität 11 und dem ersten Eingang des ersten Komparators 35 oder zwischen dem Ausgang 19 des Spannungswandlers 10 und dem zweiten Eingang des ersten Komparators 35 eine Schwellwertspannungsquelle angeordnet. Somit ist der Umschaltpunkt zwischen der ersten und der zweiten Betriebsart verschoben. Ohne Schwellwertspannungsquelle liegt der Umschaltpunkt vor, wenn die Werte der Eingangs- und der Ausgangsspannung VIN, VOUT gleich sind.

25 In einer alternativen, nicht gezeigten Ausführungsform koppelt eine Vorgabespannungsquelle den zweiten Eingang des ersten Komparators 35 mit dem Bezugspotentialanschluss 17. Die Vorgabespannungsquelle stellt eine Spannung mit dem Vorgabewert der Ausgangsspannung bereit. Das erste Signal S1 wird
30 somit in Abhängigkeit eines Vergleichs der Eingangsspannung VIN mit dem Vorgabewert der Ausgangsspannung gebildet.

Figur 1B zeigt eine weitere beispielhafte Ausführungsform eines Spannungswandlers nach dem vorgeschlagenen Prinzip. Die

in Figur 1B gezeigte Ausführungsform stellt eine Weiterbildung des in Figur 1A dargestellten Spannungswandlers dar. Der Spannungswandler 10 umfasst zusätzlich einen zweiten Komparator 50. Der zweite Komparator 50 ist an einem ersten Eingang mit dem Ausgang 19 des Spannungswandlers 10 verbunden. Ein
5 zweiter Eingang des zweiten Komparators 50 ist mit dem ersten Anschluss 12 der Induktivität 11 verbunden. Ein Ausgang des zweiten Komparators 50 ist mit einem zweiten Steuereingang 52 der Steuereinheit 25 verbunden. Darüber hinaus umfasst der
10 Spannungswandler 10 eine Schwellwertspannungsquelle 51. Die Schwellwertspannungsquelle 51 ist zwischen dem zweiten Eingang des ersten Komparators 35 und dem Ausgang 19 des Spannungswandlers 10 angeordnet.

15 Darüber hinaus umfasst der Spannungswandler 10 einen zusätzlichen Komparator 53. Ein erster Eingang des zusätzlichen Komparators 53 ist mit dem Ausgang 19 des Spannungswandlers 10 gekoppelt. Dazu ist der erste Eingang des zusätzlichen Komparators 53 mit dem Spannungsteilerabgriff 43 verbunden.
20 Ein zweiter Eingang des zusätzlichen Komparators 53 ist über eine zusätzliche Spannungsquelle 54 und die Referenzspannungsquelle 38 mit dem Bezugspotenzialanschluss 17 verbunden. Ein Ausgang des zusätzlichen Komparators 53 ist an einen zusätzlichen Steuereingang 55 der Steuereinheit 25 angeschlos-
25 sen.

Der zweite Komparator 50 stellt am Ausgang ein zweites Signal S2 bereit. Das zweite Signal S2 wird dem zweiten Steuereingang 52 des Spannungswandlers 25 zugeleitet. Das zweite Signal S2 wird in Abhängigkeit eines Vergleichs zwischen der
30 Eingangsspannung VIN und der Ausgangsspannung VOUT gebildet. Über der Schwellwertspannungsquelle 51 fällt eine Schwellwertspannung VT ab. Somit wird das erste Signal S1 gemäß Figur 1B in Abhängigkeit eines Vergleichs der Eingangsspannung

VIN mit der Summe aus der Ausgangsspannung VOUT und der Schwellwertspannung VT gebildet. Weist die Ausgangsspannung VOUT einen höheren Wert als die Eingangsspannung VIN auf, so wird mittels des zweiten Signals S2 der Spannungswandler 10 in die zweite Betriebsart eingestellt. Die zweite Betriebsart ist eine Aufwärtswandlung. Ist hingegen die Eingangsspannung VIN größer als die Summe aus der Ausgangsspannung VOUT und der Schwellwertspannung VT, so wird mittels des ersten Signals S1 der Spannungswandler 10 in die erste Betriebsart eingestellt. Die erste Betriebsart ist eine Abwärtswandlung. Ist jedoch der Wert der Eingangsspannung VIN zwar größer als der Wert der Ausgangsspannung VOUT, jedoch kleiner als die Summe aus der Ausgangsspannung VOUT und der Schwellwertspannung VT, so wird der Spannungswandler 10 in eine dritte Betriebsart eingestellt. Die dritte Betriebsart ist eine Betriebsart "in Durchlass schalten", englisch feed through. In der dritten Betriebsart stellt die Steuereinheit 25 den ersten Schalter 15 in einen sperrenden Betriebszustand und den zweiten Schalter 16 in einen leitenden Betriebszustand. Die Betriebszustände des ersten und des zweiten Schalters 15, 16 in der dritten Betriebsart entsprechen somit den Betriebszuständen des ersten und des zweiten Schalters 15, 16 in der ersten Phase A der ersten Betriebsart. In der dritten Betriebsart kann der zweite Schalter 16 permanent leitend und der erste Schalter 15 permanent sperrend geschaltet sein. In der dritten Betriebsart wird die Eingangsspannung VIN zum Ausgang 19 des Spannungswandlers 10 hindurch gelassen.

Mit Vorteil weist der Spannungswandler 10 einen Fensterkomparator zum Auswählen eine der drei Betriebsarten, nämlich der ersten, zweiten oder dritten Betriebsart, auf. Der Fensterkomparator wird von dem ersten und dem zweiten Komparator 35, 50 gebildet. Die erste, die zweite oder die dritten Betriebsart sind aktive Betriebsarten. Mit der dritten Betriebsart

wird die Effektivität erhöht, wenn der Wert der Eingangsspannung VIN ungefähr dem Wert der Ausgangsspannung VOUT entspricht. Mit Vorteil werden Leckströme verringert. Mit Vorteil werden Schwankungen des Werts der Ausgangsspannung VOUT reduziert. In einer Ausführungsform können für die Betriebsarten folgende Bereiche spezifiziert werden:

$$VIN > VOUT + VT \Rightarrow \text{erste Betriebsart,}$$

$$VOUT + VT \geq VIN \geq VOUT \Rightarrow \text{dritte Betriebsart und}$$

$$VOUT > VIN \Rightarrow \text{zweite Betriebsart,}$$

wobei VOUT einen Wert der Ausgangsspannung oder alternativ der Vorgabewert für die Ausgangsspannung, VIN einen Wert der Eingangsspannung und VT ein Wert für den Schwellwert ist. Der Schwellwert VT kann zwischen 10 mV und 1000 mV betragen. Bevorzugt kann er zwischen 50 mV und 300 mV sein.

15

Dem ersten Eingang des zusätzlichen Komparators 53 wird die Rückkopplungsspannung VFB und dem zweiten Eingang des zusätzlichen Komparators 53 eine Summe aus dem Wert der zusätzlichen Referenzspannung VR2 und dem Wert der Referenzspannung VR zugeleitet. Am Ausgang des zusätzlichen Komparators 53 ist ein zusätzliches Aktivitätssignal SAC2 abgreifbar, das dem zusätzlichen Steuereingang 55 der Steuereinheit 25 zugeleitet wird. Ist der Wert der Referenzspannung VR größer als der Wert der Rückkopplungsspannung VFB, so wird mittels des Aktivitätssignals SAC der Spannungswandler 10 so angesteuert, dass die Ausgangsspannung VOUT gemäß einer der Betriebsarten erhöht wird. Ist der Wert der Rückkopplungsspannung VFB größer als der Wert der Summe aus Referenzspannung VR und zusätzlicher Referenzspannung VR2, so wird das zusätzliche Aktivitätssignal SAC2 mit einem derartigen Wert gebildet, dass

die Steuereingang 25 den Spannungswandler 10 in die inaktive Betriebsart, den sogenannten Energiesparmodus, versetzt.

Der Spannungswandler 11 umfasst einen weiteren Fensterkomparator zum Auswählen der inaktiven Betriebsart oder zum Setzen in eine aktive Betriebsart. Die aktiven Betriebsarten umfassen die erste, zweite und dritte Betriebsart, nämlich abwärts wandeln, aufwärts wandeln und in Durchlass schalten. Der weitere Fensterkomparator umfasst den weiteren und den zusätzlichen Komparator 37, 53. Die Einstellung in die inaktive beziehungsweise eine der aktiven Betriebsart wird mit einer Hysterese durchgeführt. Wird der Spannungswandler 10 aktiv betrieben, so wird erst dann ausgeschaltet, wenn die Ausgangsspannung VOUT einen ersten Schwellwert VS überschreitet. Sinkt die Ausgangsspannung VOUT bei einem inaktiven Spannungswandler 10 aufgrund des Verbrauchs von elektrischer Energie durch die Last 24 ab, so wird der Spannungswandler 10 dann in eine der aktiven Betriebsarten eingestellt, wenn die Ausgangsspannung VOUT einen zweiten Schwellwert VS2 unterschreitet. Der erste Schwellwert VS hat einen höheren Wert als der zweite Schwellwert VS2. Der erste und der zweite Schwellwert VS hängen von dem Vorgabewert VGB der Ausgangsspannung VOUT und einer Differenzspannung VDI ab. Der erste und der zweite Schwellwert VS, VS2 können gemäß folgender Gleichung berechnet werden:

$$VS = VR \cdot \frac{R40 + R41}{R41} = VGB - VDI \quad \text{und}$$

$$VS2 = (VR + VR2) \cdot \frac{R40 + R41}{R41} = VGB + VDI,$$

30

wobei R40 ein Widerstandswert des ersten Spannungsteilerwiderstandes 40, R41 ein Widerstandswert des zweiten Spannungs-

teilerwiderstandes 41, VR ein Wert der Referenzspannung und VR2 ein Wert der zusätzlichen Referenzspannung ist. Die Differenzspannung VDI kann einen Wert zwischen 1 mV und 200 mV aufweisen. Bevorzugt kann sie einen Wert zwischen 5 mV und 100 mV aufweisen.

Insgesamt weist somit der Spannungswandler 10 vier Betriebsarten auf, nämlich eine inaktive Betriebsart sowie die erste, zweite und dritte Betriebsart zur Abwärtskonversion und zur Aufwärtskonversion sowie zum Durchlassen der Eingangsspannung VIN an den Ausgang 19 des Spannungswandlers 10. Somit wird eine hohe Effizienz der Energieausnutzung erreicht. In der ersten Betriebsart führt ausschließlich ein Schalter, nämlich der zweite Schalter 16, Schaltvorgänge. In der zweiten Betriebsart führen der erste und der zweite Schalter 15, 16 Schaltvorgänge durch. In der dritten und der inaktiven Betriebsart führen weder der erste noch der zweite Schalter 15, 16 Schaltvorgänge durch.

Die Spannungsquelle 23 kann als Batterie realisiert sein. Mit Vorteil wird eine hohe Lebensdauer der Batterie aufgrund der hohen Effektivität der Spannungswandlung erzielt. Da in der inaktiven Betriebsart keine Schaltvorgänge stattfinden, wird in dieser Zeit eine besonders hohe elektromagnetische Verträglichkeit erreicht. Mit Vorteil können sehr hohe Werte des zweiten Stroms I2 erreicht werden. Mit Vorteil kann aufgrund der unterschiedlichen Betriebsarten ein sehr großer Bereich für den Wert der Eingangsspannung VIN und ein großer Bereich für den Wert der Ausgangsspannung VOUT spezifiziert werden. Da vermieden wird, dass der erste und der zweite Schalter 15, 16 gleichzeitig leitend geschaltet sind, wird auch das Risiko von Energieverlusten, beispielsweise durch einen Strom von der Ausgangskapazität 22 über die beiden Schalter 15, 16 zum Bezugspotentialanschluss 17, reduziert.

Figur 1C zeigt eine weitere beispielhafte Ausführungsform eines Spannungswandlers nach dem vorgeschlagenen Prinzip. Die in Figur 1C gezeigte Ausführungsform ist eine Weiterbildung der in den Figuren 1A und 1B gezeigten Spannungswandler. Gemäß Figur 1C umfasst der Spannungswandler 10 einen Verstärker 71. Der Verstärker 71 ist als Fehlerverstärker, englisch error amplifier, realisiert. Der Verstärker 71 ist als Transkonduktanzverstärker ausgebildet. Ein erster Eingang des Verstärkers 71 ist über die Referenzspannungsquelle 38 mit dem Bezugspotenzialanschluss 17 verbunden. Ein zweiter Eingang des Verstärkers 71 ist mit dem Spannungsteilerabgriff 43 verbunden. Am Ausgang des Verstärkers 71 ist ein Filter 72 angeschlossen. Das Filter 72 ist als Tiefpass realisiert. Darüber hinaus umfasst der Spannungswandler 10 einen Pulsweitenmodulator 77. Der Takteingang 34 der Steuereinheit 25 ist mit einem Takteingang 78 des Pulsweitenmodulators 77 gekoppelt. Der Ausgang des Verstärkers 71 ist mit einem Stelleingang 79 des Pulsweitenmodulators 77 verbunden. Zwischen dem Ausgang des Verstärkers 71 und dem Stelleingang 79 ist das Filter 72 angeordnet. Darüber hinaus umfasst der Spannungswandler 10 eine Schaltersteuerung 81. Die Schaltersteuerung 81 ist eingangsseitig mit einem Ausgang 80 des Pulsweitenmodulators 77 verbunden. Weiter weist die Schaltersteuerung 81 Eingänge auf, die mit dem ersten, dem zweiten, dem weiteren und dem zusätzlichen Steuereingang 36, 39, 52, 55 verbunden sind. Ausgangsseitig ist die Schaltersteuerung 81 mit einem Steuereingang des ersten und des zweiten Umschalters 28, 31 verbunden.

Der Verstärker 71 vergleicht die Referenzspannung VR mit der Rückkopplungsspannung VFB und stellt am Ausgang ein analoges Signal SI bereit. Das analoge Signal SI ist ein Stromsignal. Das analoge Signal SI wird mittels des Filters 72 integriert und in ein Spannungssignal umgewandelt. Das Spannungssignal

wird dem Stelleingang 79 des Pulsweitenmodulators 77 zugeleitet. Dem Takteingang 78 des Pulsweitenmodulators 77 wird das Taktsignal CLK zugeführt. Der Pulsweitenmodulator 77 stellt am Ausgang 80 ein pulsweitenmoduliertes Signal SP bereit. Das
5 pulsweitenmodulierte Signal SP wird der Schaltersteuerung 81 zugeleitet. Das pulsweitenmodulierte Signal SP hängt somit vom Unterschied zwischen der Rückkoppelspannung VFB und der Referenzspannung VR ab. Mittels des pulsweitenmodulierten Signals SP wird die Dauer der ersten Phase A der ersten Betriebsart und die Dauer der ersten Phase C der zweiten Betriebsart eingestellt. Der Schaltersteuerung 81 werden das erste und das zweite Signal S1, S2, das Aktivitätssignal SAC und das weitere Aktivitätssignal SAC2 zugeführt. Die Schaltersteuerung 81 gibt ein erstes und ein zweites Umschaltersignalsignal SU1, SU2 an den ersten beziehungsweise zweiten
10 Umschalter 28, 31 ab. Somit kann die Schaltersteuerung 81 den ersten und den zweiten Umschalter 28, 31 derart einstellen, dass der Spannungswandler 10 in der ersten, zweiten oder dritten Betriebsart oder der inaktiven Betriebsart geschaltet ist.
15
20

Figuren 2A und 2B zeigen weitere beispielhafte Ausführungsformen einer Steuereinheit. Die Steuereinheiten gemäß Figuren 2A und 2B können anstelle der in den Figuren 1A bis 1C gezeigten Steuereinheit in den Spannungswandler eingesetzt werden. Die Steuereinheiten gemäß Figuren 2A und 2B stellen eine Weiterbildung der in den Figuren 1A bis 1C gezeigten Steuereinheit 25 dar. Gemäß Figur 2A ist der erste Eingang des ersten Umschalters 28 mit dem Bezugspotenzialanschluss 17 verbunden. Der zweite Eingang des ersten Umschalters 28 ist mit dem ersten Anschluss 12 der Induktivität 11 verbunden. Ferner ist ein dritter Eingang des ersten Umschalters 28 mit dem Ausgang 19 des Spannungswandlers 10 verbunden. Der zweite Eingang des zweiten Umschalters 31 ist mit dem ersten An-
25
30

schluss 12 der Induktivität 11 verbunden. Weiter ist ein dritter Eingang des zweiten Umschalters 31 mit dem Ausgang 19 des Spannungswandlers 10 verbunden.

5 Gemäß Figur 2A hat somit die erste Spannung V1 den Wert Null Volt bezogen auf das Bezugspotenzial GND. Weiter hat die zweite Spannung V2 den Wert der Eingangsspannung VIN oder alternativ den Wert der Ausgangsspannung VOUT. Ebenso weist die dritte Spannung V3 den Wert der Eingangsspannung VIN oder al-
10 ternativ der Ausgangsspannung VOUT auf. Somit wird über den ersten Umschalter 28 in der ersten Phase A der ersten Betriebsart das Bezugspotenzial GND und in der zweiten Phase B der ersten Betriebsart die Eingangsspannung VIN oder alternativ die Ausgangsspannung VOUT dem Steueranschluss des zweiten
15 Schalters 16 zugeleitet. Der zweite Transistor 20 ist somit in der ersten Phase A sehr gut leitend und in der zweiten Phase B auf einen verglichen mit der ersten Phase A höheren Einschaltwiderstand eingestellt. Aufgrund der hohen Leitfähigkeit des zweiten Schalters 16 in der ersten Phase A sind
20 die ohmschen Verluste im zweiten Schalter 16 gering.

Gemäß Figur 2B umfasst die Steuereinheit 25'' einen weiteren Spannungsteiler 60. Der weitere Spannungsteiler 60 umfasst einen ersten und einen zweiten Spannungsteilerwiderstand 61,
25 62. Der weitere Spannungsteiler 60 ist zwischen dem ersten Anschluss 12 der Induktivität 11 und dem Bezugspotenzialanschluss 17 angeordnet. Ein Spannungsteilerabgriff zwischen dem ersten und dem zweiten Spannungsteilerwiderstand 61, 62 ist mit dem zweiten Eingang des ersten Umschalters 28 verbun-
30 den. Mittels des weiteren Spannungsteilers 60 kann somit die zweite Spannung V2 erzeugt werden. Die zweite Spannung V2 hat einen Wert zwischen der Eingangsspannung VIN und Null Volt. Mittels der zweiten Spannung V2 kann der zweite Transistor 20 in der zweiten Phase B der ersten Betriebsart in Durchlass

geschalten werden. Dabei ist der Einschaltwiderstand in der zweiten Phase B höher als der Einschaltwiderstand in der ersten Phase A der ersten Betriebsart.

- 5 Figuren 3A bis 3C zeigen beispielhafte Signalverläufe eines Spannungswandlers nach dem vorgeschlagenen Prinzip in der ersten Betriebsart. Die Signale sind in Abhängigkeit einer Zeit t dargestellt und wurden mittels Simulation erzeugt. Figur 3A zeigt einen Spannungswert des zweiten Steuersignals
10 ST2 und die Spannung VSW, die am zweiten Anschluss 13 der Induktivität 11 abgreifbar ist. Hingegen zeigt Figur 3B die Eingangsspannung VIN und die Ausgangsspannung VOUT. Die Eingangsspannung VIN hat einen Wert von 3,0 Volt. Gemäß Simulation kann die Ausgangsspannung VOUT einen Wert von etwa 2,8
15 Volt erreichen. Die Eingangsspannung VIN ist höher als die Ausgangsspannung VOUT. In Figur 3A ist eine Taktverhältnis, englisch duty cycle, von 95 % gezeigt. Zur Simulation gemäß Figur 3A ist der Steueranschluss des ersten Transistors 18 permanent mit dem Bezugspotentialanschluss 17 verbunden. Der
20 Steueranschluss des zweiten Transistors 20 ist in der ersten Phase A mit dem Bezugspotentialanschluss 17 und während der zweiten Phase B mit dem ersten Anschluss 12 der Induktivität 11 verbunden. Der zweite Strom I2 hat einen Wert von 280 mA. Für kleinere Werte des zweiten Stroms I2 lässt sich auch ein
25 geringerer Abstand zwischen Eingangsspannung VIN und der Ausgangsspannung VOUT erzielen. Figur 3C zeigt den Wert des ersten Stroms I1, welcher durch die Induktivität 11 fließt, sowie des zweiten Stroms IL, der zur Last 24 fließt.
- 30 Eine Taktdauer T umfasst die erste Dauer T_A der ersten Phase A und die zweite Dauer T_B der zweiten Phase B. Die Taktdauer T und ein Taktverhältnis DR sind gemäß den Gleichungen berechenbar:

$$T = TA + TB \quad \text{und} \quad DR = \frac{TA}{T}$$

Während der ersten Phase A weist das zweite Steuersignal ST2 den Wert Null Volt auf, so dass der zweite Schalter 16 in
5 Durchlass geschaltet ist und der erste Strom I1 von einem ersten Wert von etwa 274 mA auf einen zweiten Wert von etwa 286 mA ansteigt. Der Anstieg erfolgt aufgrund der Spannungsdifferenz zwischen der Eingangsspannung VIN und der Spannung VSW von etwa 0,2 Volt, die über der Induktivität 11 abfällt.

10

Während der zweiten Phase B hat das zweite Steuersignal ST2 den Wert der Eingangsspannung VIN, nämlich drei Volt. In der zweiten Phase B ist der zweite Schalter 16 weiterhin eingeschaltet. Da der zweite Schalter 16 nunmehr einen höheren
15 Einschaltwiderstand aufweist, führt der erste Strom I1 zu einem Spannungsabfall über dem zweiten Schalter 16, welcher einen Anstieg der Spannung VSW zur Folge hat. Gemäß Figur 3A weist die Spannung VSW in der zweiten Phase B einen Wert von näherungsweise 4,4 Volt auf. Da die Spannung VSW größer als
20 die Spannung am ersten Anschluss 12 der Induktivität 11 ist, nimmt der erste Strom I1 ab. Da der Energieinhalt der Induktivität 11 proportional zum Quadrat des durch die Induktivität 11 fließenden ersten Stromes I1 ist, machen die Werte des ersten Stromes auch beim Übergang von der ersten Phase A zur
25 zweiten Phase B und von der zweiten Phase B zur ersten Phase A keine Sprünge. Der erste Strom I1 ist somit stetig an den Übergängen der Phasen. Somit kann der Wert der Ausgangsspannung VOUT auch in der zweiten Phase B geringfügig ansteigen. Dies ist zumindest bei einem sehr geringen Wert des zweiten
30 Stromes I2 der Fall. Insgesamt wird eine geringe Schwankung der Ausgangsspannung VOUT erreicht. Da die Werte des ersten Stroms I1, wie in Figur 3C gezeigt, keine großen Schwankungen aufweist, hat der Spannungswandler 10 eine hohe elektromagne-

tische Verträglichkeit, englisch electromagnetic compatibility, abgekürzt EMC.

In der ersten Phase A ist der zweite Transistor 20 vollständig leitend und in der zweiten Phase B mit einem hohen Widerstand leitend geschaltet. Der Energieverlust kann abgeschätzt werden. Ausgangspunkt für die Berechnung ist eine Eingangsspannung V_{IN} von 4,1V, eine Ausgangsspannung von 3,3V und ein zweiter Strom I_2 von 100mA. Ein Wert des Energieverlustes P_A im zweiten Schalter 16, der ausgangsseitig abgegebenen Leistung P_{OUTA} und der Effektivität E_{fA} während der ersten Phase A und ein Wert des Energieverlustes P_B , der ausgangsseitig abgegebenen Leistung P_{OUTB} und der Effektivität E_{fB} in der zweiten Phase B kann gemäß folgenden Gleichungen berechnet werden:

$$P_A = I_1^2 \cdot R_{ON1} = 100mA \cdot 100mA \cdot 100m\Omega = 1mW,$$

$$P_{OUTA} = V_{OUT} \cdot I_2 = 3,3V \cdot 100mA = 330mW,$$

$$E_{fA} = \frac{P_{OUTA}}{P_{OUTA} + P_A} = \frac{330mW}{331mW} = 100\%,$$

$$P_B = I_2 \cdot \Delta V = 100mA \cdot 1,1V = 110mW,$$

$$P_{OUTB} = V_{OUT} \cdot I_2 = 3,3V \cdot 100mA = 330mW,$$

$$E_{fB} = \frac{P_{OUTB}}{P_{OUTB} + P_B} = \frac{330mW}{440mW} = 75\% \text{ und}$$

$$E_{f\text{gesamt}} = D \cdot E_{fA} + (1 - D) \cdot E_{fB} = 90\%$$

wobei R_{ON1} einen Wert des Einschaltwiderstandes des zweiten Schalters 16 während der ersten Phase A, I_1 ein Wert des ers-

ten Stromes, I2 ein Wert des zweiten Stromes, DeltaV ein Wert eines Spannungsabfalls über dem zweiten Schalter 16 in der zweiten Phase B ist. Daraus resultiert eine gesamte Effektivität E_{gesamt} von 90% bei einer Taktverhältnisses von 60%.

5

Die erste Dauer TA der ersten Phase A in der ersten Betriebsart und eine erste Dauer TC der ersten Phase der zweiten Betriebsart nehmen beide bei einem zunehmenden Wert des zweiten Stromes I2 und bei einem abnehmenden Wert der Eingangsspannung VIN zu. Während in der zweiten Betriebsart ein Wert der Ausgangsspannung VOUT von der Ansteuerung des ersten und des zweiten Schalters 15, 16 abhängt, hängt dies in der ersten Betriebsart von der Ansteuerung des zweiten Schalters 16 ab, da der erste Schalter 15 permanent nicht-leitend ist.

15

In einer alternativen, nicht gezeigten Ausführungsform wird in der ersten Betriebsart der erste Schalter 15 kurzzeitig leitend geschaltet. Eine Dauer, während der der erste Schalter 15 leitend geschaltet wird, ist konstant. Auch in dieser Ausführungsform kann die erste Dauer TA gesteuert werden.

20

Figuren 4A und 4B zeigen eine beispielhafte Ausführungsform von Signalverläufen des Spannungswandlers nach dem vorgeschlagenen Prinzip in der zweiten Betriebsart. Figur 4A zeigt den Spannungswert des ersten Steuersignals ST1. Der Spannungswert des ersten Steuersignals ST1 ist gleich dem Spannungswert des zweiten Steuersignals ST2. Eine Periode mit der Taktdauer T umfasst eine erste Phase C und eine zweite Phase D. Die erste Steuerspannung ST1 weist in der ersten Phase C den Wert der Ausgangsspannung VOUT und in der zweiten Phase D den Wert des Bezugspotenzials GND auf. Somit ist der erste Transistor 18 in der ersten Phase C leitend und in der zweiten Phase D sperrend geschaltet. Im Unterschied dazu ist der

25

30

zweite Transistor 20 in der ersten Phase C sperrend und in der zweiten Phase D leitend geschaltet.

Figur 4B zeigt die Spannung VSW am zweiten Anschluss 13 der Induktivität 11. In der ersten Phase C ist die Spannung VSW Null Volt bezogen auf das Bezugspotenzial GND, da der erste Schalter 15 geschlossen ist. In der zweiten Phase D ist die Spannung VSW näherungsweise auf dem Wert der Ausgangsspannung VOUT, da der zweite Schalter 16 geschlossen ist. Da der erste und der zweite Transistor 18, 20 von einem unterschiedlichen Leitfähigkeitstyp sind, kann in der zweiten Betriebsart ein und dasselbe Signal dem ersten und dem zweiten Transistor 18, 20 zugeleitet werden.

Mit Vorteil wird aufgrund der einfachen Signalgeneration ein Kurzschluss zwischen dem Ausgang 19 und dem Bezugspotenzialanschluss 17 vermieden. Während der ersten Phase C wird Energie in der Induktivität 11 gespeichert, die in der zweiten Phase D an den Ausgangskondensator 22 und die elektrische Last 24 abgegeben wird.

Bezugszeichenliste

	10	Spannungswandler
	11	Induktivität
5	12	erster Anschluss
	13	zweiter Anschluss
	14	Eingang
	15	erster Schalter
	16	zweiter Schalter
10	17	Bezugspotenzialanschluss
	18	erster Transistor
	19	Ausgang
	20	zweiter Transistor
	21	Eingangskondensator
15	22	Ausgangskondensator
	23	Spannungsquelle
	24	elektrische Last
	25	Steuereinheit
	26	erster Steuerausgang
20	27	zweiter Steuerausgang
	28	erster Umschalter
	29	erste Spannungsquelle
	30	zweite Spannungsquelle
	31	zweiter Umschalter
25	32	dritte Spannungsquelle
	34	Takteingang
	35	erster Komparator
	36	erster Steuereingang
	37	weiterer Komparator
30	38	Referenzspannungsquelle
	39	weiterer Steuereingang
	40	erster Spannungsteilerwiderstand
	41	zweiter Spannungsteilerwiderstand
	43	Spannungsteilerabgriff

	50	zweiter Komparator
	51	Schwellwertspannungsquelle
	52	zweiter Steuereingang
	53	zusätzlicher Komparator
5	54	zusätzliche Spannungsquelle
	55	zusätzlicher Steuereingang
	60	weiterer Spannungsteiler
	61	erster Spannungsteilerwiderstand
	62	zweiter Spannungsteilerwiderstand
10	71	Verstärker
	72	Filter
	77	Pulsweitenmodulator
	78	Takteingang
	79	Stelleingang
15	80	Ausgang
	81	Schaltersteuerung
	A	erste Phase
	B	zweite Phase
	C	erste Phase
20	D	zweite Phase
	CLK	Taktsignal
	I1	erster Strom
	I2	zweiter Strom
	SAC	Aktivitätssignal
25	SAC2	zusätzliches Aktivitätssignal
	SI	analoges Signal
	SP	pulsweitenmoduliertes Signal
	ST1	erstes Steuersignal
	ST2	zweites Steuersignal
30	SU1	erstes Umschaltersteuersignal
	SU2	zweites Umschaltersteuersignal
	S1	erstes Signal
	S2	zweites Signal
	T	Taktdauer

	t	Zeit
	TA	erste Dauer
	TB	zweite Dauer
	TC	erste Dauer
5	TD	zweite Dauer
	VFB	Rückkoppelspannung
	VIN	Eingangsspannung
	VOUT	Ausgangsspannung
	VR	Referenzspannung
10	VR2	zusätzliche Referenzspannung
	VSW	Spannung
	VT	Schwellwertspannung
	V1	erste Spannung
	V2	zweite Spannung
15	V3	dritte Spannung

Patentansprüche

1. Spannungswandler, umfassend:

- eine Induktivität (11) mit einem ersten Anschluss (12) zum
5 Zuführen einer Eingangsspannung (VIN),
- einen ersten Schalter (15), der zwischen einem zweiten Anschluss (13) der Induktivität (11) und einem Bezugspotentialanschluss (17) angeordnet ist,
- einen zweiten Schalter (16), der zwischen dem zweiten Anschluss (13) der Induktivität (11) und einem Ausgang (19)
10 des Spannungswandlers (10) angeordnet ist, und
- eine Steuereinheit (25), die ausgelegt ist, den ersten Schalter (15) in einer ersten und einer zweiten Phase (A, B) einer ersten Betriebsart des Spannungswandlers (10) in
15 einen sperrenden Betriebszustand sowie den zweiten Schalter (16) in der ersten Phase (A) in einen leitenden Betriebszustand und in der zweiten Phase (B) in einen Betriebszustand mit einer anderen Leitfähigkeit einzustellen, wobei eine Taktdauer (T) die Summe aus einer ersten
20 Dauer (TA) der ersten Phase (A) der ersten Betriebsart und einer zweiten Dauer (TB) der zweiten Phase (B) der ersten Betriebsart ist sowie konstant ist.

2. Spannungswandler nach Anspruch 1,

- 25 wobei der Spannungswandler (10) in der ersten Betriebsart zur Abwärtswandlung und in einer zweiten Betriebsart zur Aufwärtswandlung ausgelegt ist.

3. Spannungswandler nach Anspruch 1 oder 2,

- 30 wobei die Steuereinheit (25) ausgelegt ist, den zweiten Schalter (16) derart einzustellen, dass der zweite Schalter (16) in der ersten Phase (A) der ersten Betriebsart einen ersten Wert eines Einschaltwiderstandes und in der zweiten Phase (B) der ersten Betriebsart einen zweiten Wert des Ein-

schaltwiderstandes aufweist sowie der zweite Wert höher als der erste Wert ist.

4. Spannungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
5 wobei die Steuereinheit (25) ausgelegt ist, den zweiten Schalter (16) derart einzustellen, dass ein erster Strom (I1) durch den zweiten Schalter (16) in der ersten Phase (A) der ersten Betriebsart ansteigt und in der zweiten Phase (B) der ersten Betriebsart abfällt.

10

5. Spannungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
wobei die Steuereinheit (25) einen Takteingang (34) zum Zuführen eines Taktsignals (CLK) mit der Taktdauer (T) aufweist.

15

6. Spannungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
umfassend einen ersten Komparator (35) mit
- einem ersten Eingang, der mit dem ersten Anschluss (12) der Induktivität (11) gekoppelt ist,
20 - einem zweiten Eingang, der mit dem Ausgang (19) des Spannungswandlers (10) oder einer Vorgabespannungsquelle gekoppelt ist, und
- einem Ausgang, der mit einem ersten Steuereingang (36) der Steuereinheit (25) verbunden ist.

25

7. Spannungswandler nach Anspruch 6,
wobei eine Kopplung zwischen dem ersten Anschluss (12) der Induktivität (11) und dem ersten Eingang des ersten Komparators (35) oder eine Kopplung zwischen dem Ausgang (19) des
30 Spannungswandlers (10) und dem zweiten Eingang des ersten Komparators (35) eine Schwellwertspannungsquelle (51) umfasst.

8. Spannungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

wobei der Spannungswandler (10) in einer dritten Betriebsart zum permanenten Durchschalten der Eingangsspannung (VIN) an den Ausgang (19) des Spannungswandlers (10) ausgelegt ist.

- 5 9. Spannungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 8, umfassend
- einen Spannungsteiler mit einem ersten und einem zweiten Spannungsteilerwiderstand (40, 41), wobei der Spannungsteiler zwischen dem Ausgang (19) des Spannungswandlers
10 (10) und dem Bezugspotentialanschluss (17) angeordnet ist und ein Spannungsteilerabgriff (43) zwischen dem ersten und dem zweiten Spannungsteilerwiderstand (40, 41) angeordnet ist,
 - einen Verstärker (71) mit einem ersten Eingang, der über
15 eine Referenzspannungsquelle (38) mit dem Bezugspotentialanschluss (17) verbunden ist, und mit einem zweiten Eingang, der mit dem Spannungsteilerabgriff (43) verbunden ist, und
 - einen Pulsweitenmodulator (77) mit einem Stelleingang
20 (79), mit dem ein Ausgang des Verstärkers (71) verbunden ist, wobei der Pulsweitenmodulator (77) ausgelegt ist, ein pulsweitenmoduliertes Signal (SP) bereitzustellen, mittels dessen die Dauer (TA) der ersten Phase (A) der ersten Betriebsart eingestellt wird.
- 25
10. Spannungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 9, die Steuereinheit (25) umfassend
- einen weiteren Spannungsteiler (60), der einen ersten und einen zweiten Spannungsteilerwiderstand (61, 62) umfasst,
30 und zwischen dem ersten Anschluss (12) der Induktivität (11) und dem Bezugspotenzialanschluss (17) angeordnet ist, und
 - einen ersten Umschalter (28) mit

- einem ersten Eingang, der mit dem Bezugspotenzialanschluss (17) verbunden ist,
- einem zweiten Eingang, der mit einem Spannungsteilerabgriff zwischen dem ersten und dem zweiten Spannungsteilerwiderstand (61, 62) des weiteren Spannungsteilers (60) verbunden ist, und
- einem Ausgang, der mit einem Steueranschluss des zweiten Schalters (16) verbunden ist.

11. Verfahren zur Spannungswandlung, umfassend:

- Zuführen einer Eingangsspannung (VIN) an einen ersten Anschluss (12) einer Induktivität (11),
- Einstellen eines ersten Schalters (15), der einen zweiten Anschluss (13) der Induktivität (11) mit einem Bezugspotentialanschluss (17) koppelt, in einer ersten und einer zweiten Phase (A, B) einer ersten Betriebsart in einen sperrenden Betriebszustand,
- Einstellen eines zweiten Schalters (16), der den zweiten Anschluss (13) der Induktivität (11) mit einem Ausgang (19) eines Spannungswandlers (10) koppelt, in der ersten Phase (A) in einen leitenden Betriebszustand und in der zweiten Phase (B) in einen Betriebszustand mit anderer Leitfähigkeit und
- Abgeben einer Ausgangsspannung (VOUT) an dem Ausgang (19) des Spannungswandlers (10), welcher die Induktivität (11) sowie den ersten und den zweiten Schalter (15, 16) umfasst, wobei eine Taktdauer (T) die Summe aus einer ersten Dauer (TA) der ersten Phase (A) der ersten Betriebsart und einer zweiten Dauer (TB) der zweiten Phase (B) der ersten Betriebsart ist sowie konstant ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11,

wobei der Spannungswandler (10) in der ersten Betriebsart eine Abwärtswandlung der Eingangsspannung (VIN) und in einer

zweiten Betriebsart eine Aufwärtswandlung der Eingangsspannung (VIN) durchführt.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12,

5 wobei der zweite Schalter (16) in der ersten Phase (A) der ersten Betriebsart einen ersten Wert eines Einschaltwiderstandes und in der zweiten Phase (B) der ersten Betriebsart einen zweiten Wert des Einschaltwiderstandes aufweist sowie der zweite Wert höher als der erste Wert ist.

10

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei sich die erste und die zweite Phase (A, B) der ersten Betriebsart periodisch mit der Taktdauer (T) wiederholen.

15 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei die erste Dauer (TA) in Abhängigkeit einer Differenz zwischen der Eingangsspannung (VIN) und der Ausgangsspannung (VOUT) oder einer Differenz zwischen der Eingangsspannung (VIN) und einem Vorgabewert der Ausgangsspannung (VOUT) ein-
20 gestellt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, wobei der Spannungswandler (10) in die erste Betriebsart eingestellt wird, wenn die Eingangsspannung (VIN) größer als

25 - eine Summe aus einem Wert der Ausgangsspannung (VOUT) und einem Schwellwert (VT) oder
- eine Summe aus einem Vorgabewert der Ausgangsspannung (VOUT) und dem Schwellwert (VT) ist.

FIG 1A

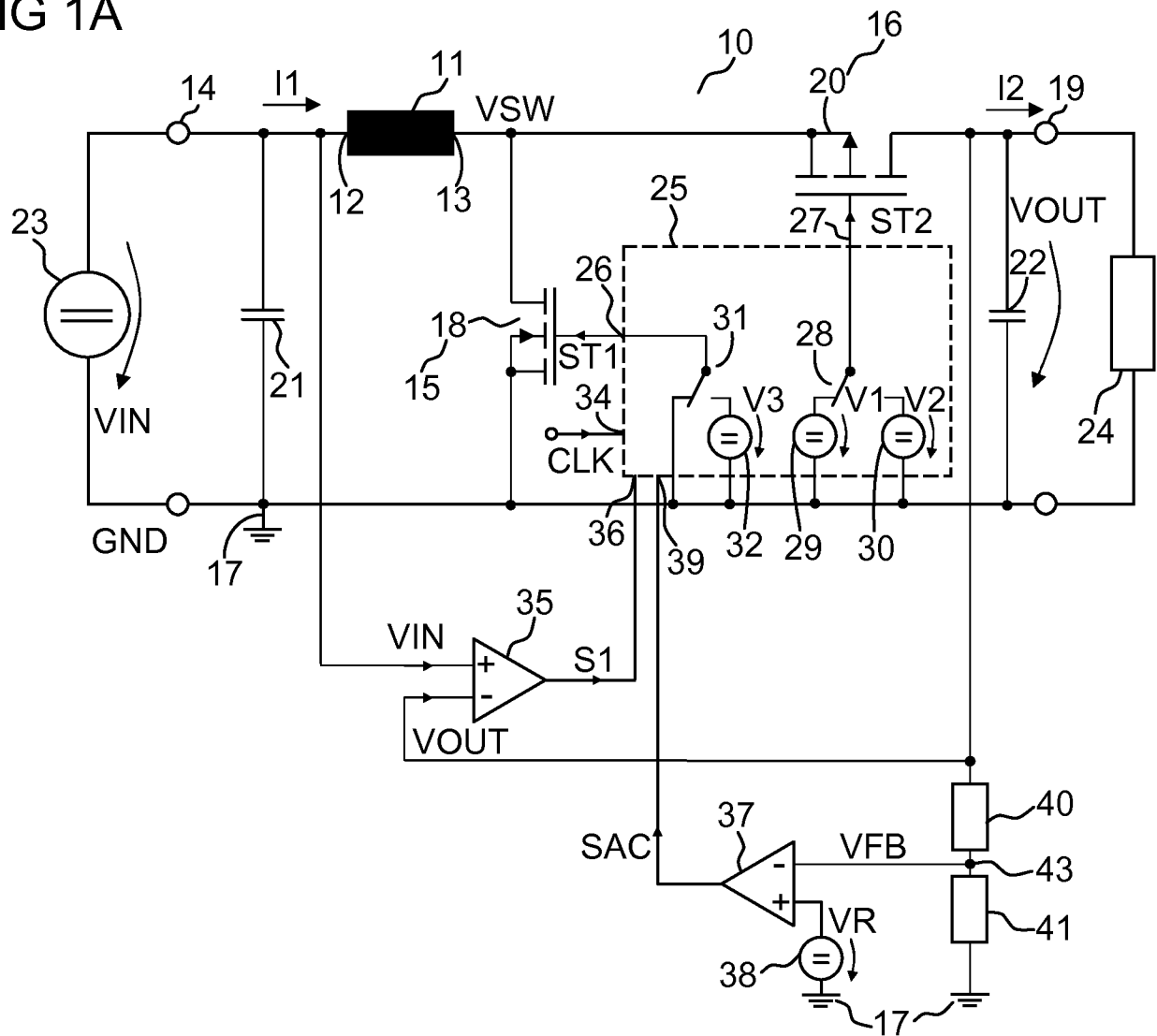


FIG 1B

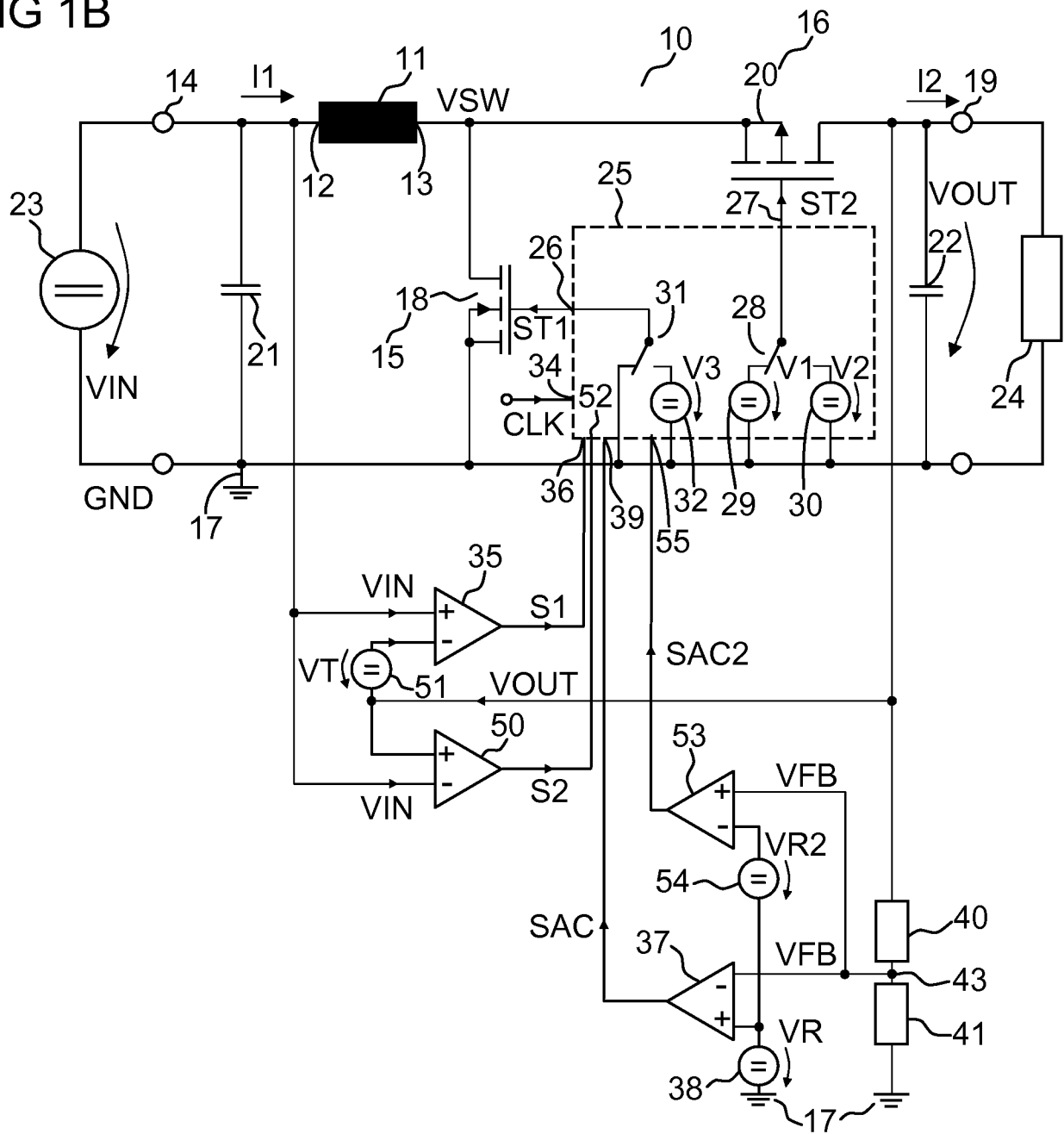


FIG 1C

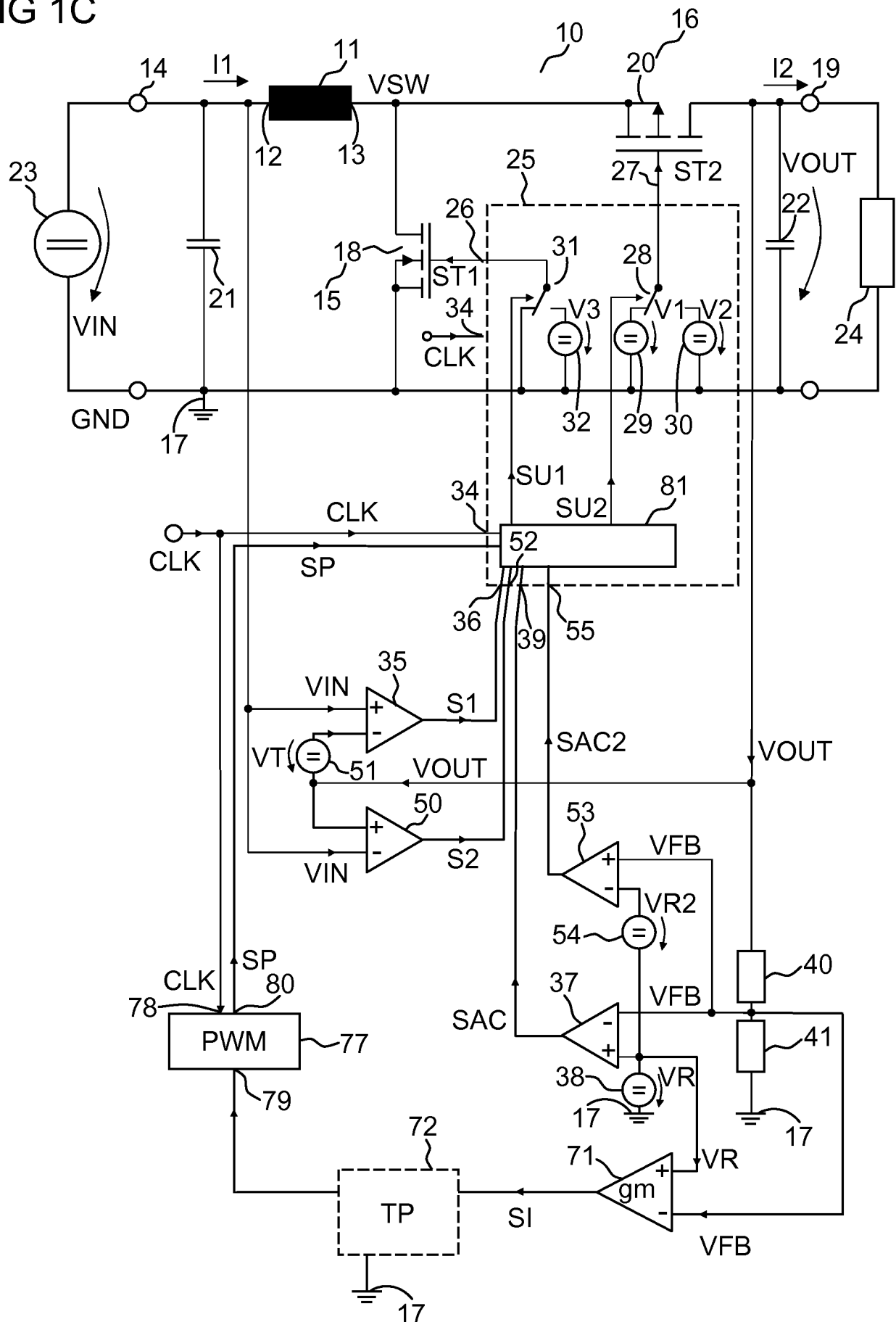


FIG 2A

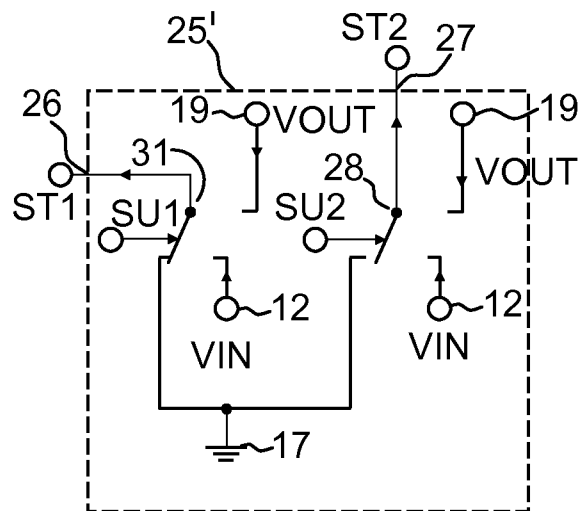


FIG 2B

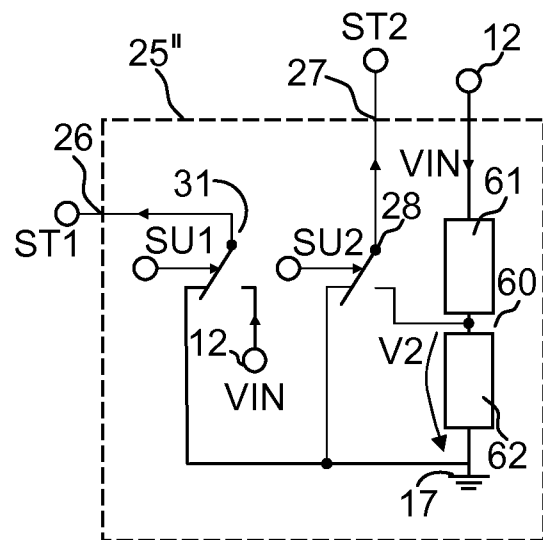


FIG 3A

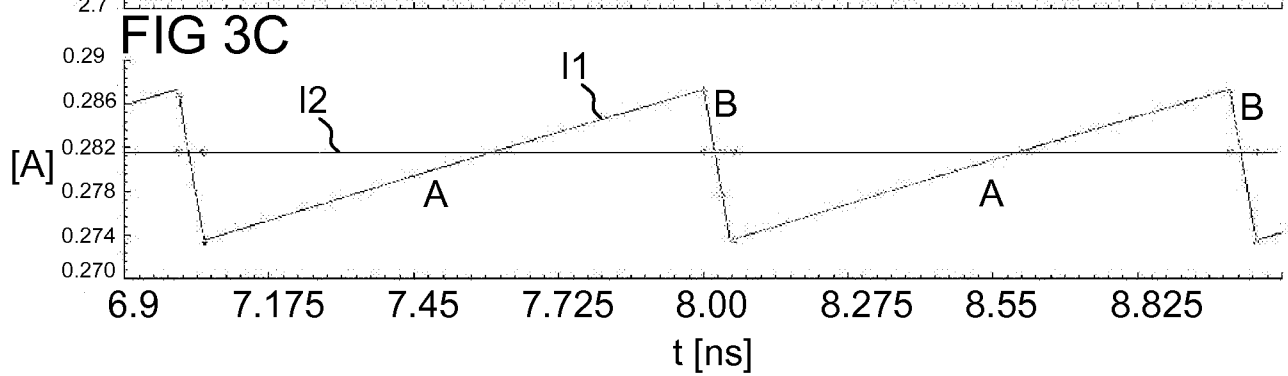
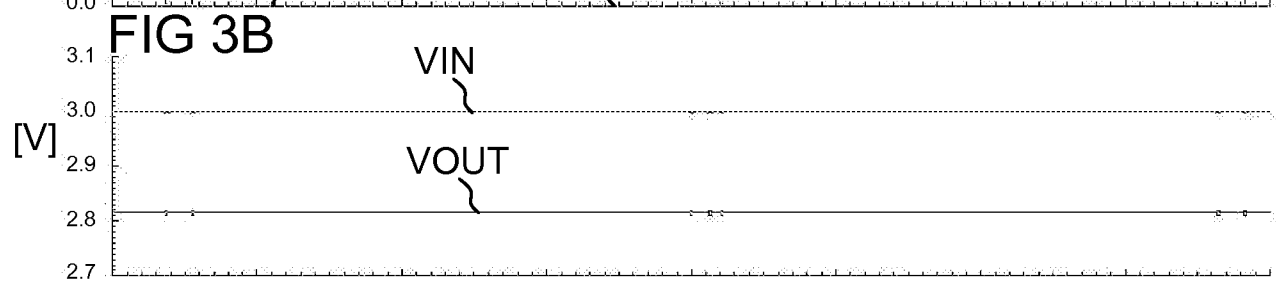
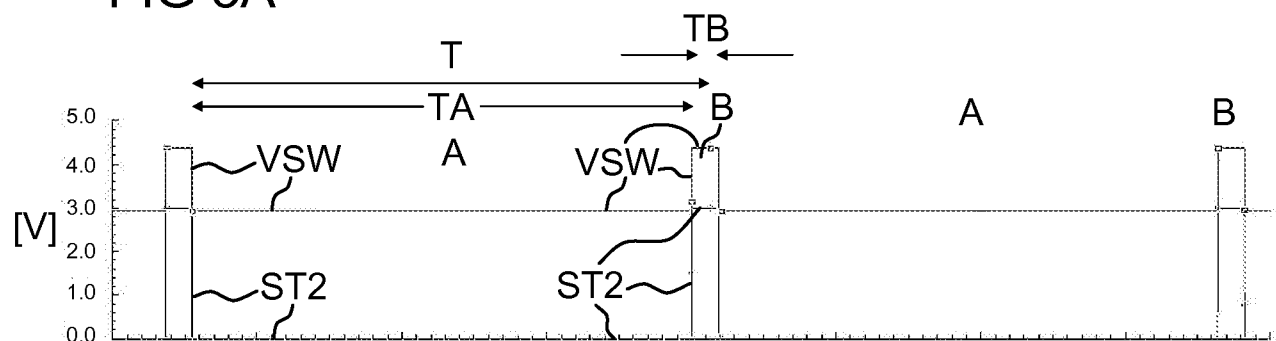


FIG 4A

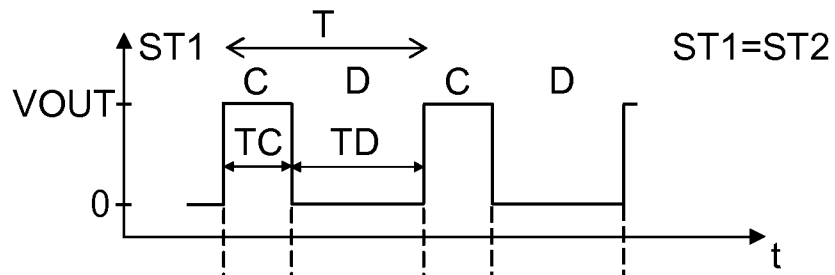


FIG 4B

