



(10) **DE 20 2011 106 116 U1** 2011.12.29

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Aktenzeichen: **20 2011 106 116.0**

(22) Anmeldetag: **26.09.2011**

(47) Eintragungstag: **08.11.2011**

(43) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **29.12.2011**

(51) Int Cl.: **H02M 1/36** (2011.01)
H02M 3/155 (2011.01)

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
Dillex Immobilien GmbH, Kufstein, AT

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
Weber & Heim Patentanwälte, 81479, München, DE

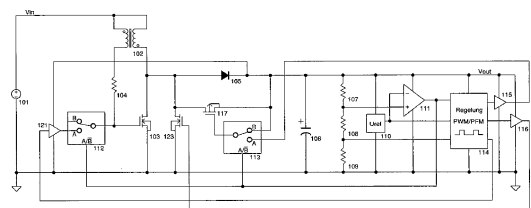
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Boost-Converter-Schaltung**

(57) Hauptanspruch: Boost-Converter-Schaltung, mit

- einer Induktivität,
- einer Diode (105, 205, 305, 405),
- einem Ladekondensator (104, 204, 304, 404),
- einem Halbleiterschalter (123, 223, 323, 423),
- einer Regelung (114, 214, 314, 414) zum Steuern des Halbleiterschalters, welche einen Boost-Converter ausbilden,

wobei die Regelung (114, 214, 314, 414) ausgebildet ist, den Halbleiterschalter (123, 223, 323, 423) nach dem Start des Boost-Converters zu steuern, dadurch gekennzeichnet, dass ein Transformator (102, 202, 302, 402) mit einer Primär- und einer Sekundärwicklung vorgesehen ist, welche gegensätzlich verschaltet sind, dass die Induktivität als die Sekundärwicklung des Transformators (102, 202, 302, 402) vorgesehen ist, und dass ein Joule-Thief-Transistor (103, 203, 303, 403) und der Transformator (102, 202, 302, 402) einen Joule-Thief zum Starten des Boost-Converters ausbilden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Boost-Converter-Schaltung. Gattungsgemäße Boost-Converter-Schaltungen weisen eine Induktivität, eine Diode, welche auch als Freilaufdiode bezeichnet werden kann, einen Ladekondensator, einen Halbleiterschalter und eine Regelung zum Steuern des Halbleiterschalters auf. Hierbei ist die Regelung ausgebildet, um den Halbleiterschalter nach dem Start des Boost-Converters zu steuern.

[0002] Ein Boost-Converter wird auch als Step-Up-Converter, als Aufwärtswandler oder als Aufwärtsregler bezeichnet. Er stellt eine bestimmte Form eines Gleichwandlers dar, bei dem der Betrag der Ausgangsspannung größer ist als der Betrag der Eingangsspannung.

[0003] Ein einfacher prinzipieller Aufbau eines Boost-Converters wird nun unter Bezugnahme auf [Fig. 7](#) beschrieben.

[0004] Der Boost-Converter weist eine Induktivität **763**, eine Diode **705**, einen Ladekondensator **706** und einen Halbleiterschalter **703** auf.

[0005] In einer grundlegenden Funktionsweise, wird zuerst der Halbleiterschalter **703** geschlossen. Hierauf erfolgt ein Stromfluss aufgrund einer Spannungsquelle **701** durch die Induktivität **763**. Dadurch baut sich in der Induktivität **763** ein Magnetfeld auf, in dem Energie gespeichert wird. Wird nun der Schalter **703** geöffnet, tendiert die Induktivität **763** dazu, den Stromfluss aufrecht zu erhalten. Dadurch steigt die Spannung am zur Diode **705** gerichteten Ende der Induktivität **763** schnell an, bis sie die am Kondensator **706** anliegende Spannung übersteigt. In diesem Fall öffnet die Diode **705** und der Stromfluss fließt im ersten Moment weiter und lädt dadurch den Kondensator **706** auf. Das Magnetfeld der Induktivität **763** wird dadurch abgebaut und gibt die in ihm gespeicherte Energie über die Diode **705** an den Ladekondensator **706** weiter. Die in dem Ladekondensator **706** gespeicherte Energie kann dann zum Betreiben einer Last verwendet werden.

[0006] Die in Bezug auf [Fig. 7](#) ausgeführte Version eines Boost-Converters ist eine allgemeine Form, wobei von einer externen Regelung des Halbleiterschalters **703** ausgegangen wird. In gängigen Boost-Converter-Schaltungen ist jedoch die Regelung integriert vorgesehen, da anderenfalls eine separate Regelung mit Energieversorgung benötigt würde.

[0007] Ein derartiger Schaltungsaufbau ist exemplarisch in [Fig. 6](#) gezeigt. Hierbei sind gleiche beziehungsweise ähnliche Bauteile wie in [Fig. 7](#) mit Bezugszeichen bezeichnet, die sich jeweils lediglich um

die erste Ziffer als Bezugnahme auf die jeweilige Figur unterscheiden.

[0008] Im Gegensatz zu der Prinzipskizze aus [Fig. 7](#) ist in der Schaltung, wie sie in [Fig. 6](#) gezeigt ist, eine Regelung **614** zur Steuerung der Transistoren **603** und **617** vorgesehen. Hierbei wird der zuvor erwähnte Halbleiterschalter durch den Transistor **603** ausgebildet. Der Transistor **617** ist nicht zwingend erforderlich, dient jedoch zur Effizienzsteigerung des Boost-Converters. Des Weiteren ist in der Schaltung ein Start-Oszillator **661** vorgesehen, welcher zum Starten des Boost-Converters mit integrierter Regelung insbesondere bei kleinen Eingangsspannungen benötigt wird. Um zwischen dem Startvorgang und dem eigentlichen Boost-Converter-Betrieb umschalten zu können, sind zwei Schalter **612** und **613** vorgesehen, die mittels eines Komparators **611** gesteuert werden. Die prinzipielle Funktionsweise dieser Schaltung wird im Folgenden beschrieben.

[0009] Um den Startvorgang in Gang zu setzen ist es notwendig, dass die Eingangsspannung V_{in} über der Schwellenspannung (threshold voltage V_t) des Transistors **603**, welcher als NMOS-Transistor ausgeführt ist, liegt. Nach dem Start des Startoszillators **661** wird über einen Treiber **662** der selbstsperrende NMOS-Transistor **603** geschlossen. Hierdurch wird ein Stromfluss durch die Spule **663** ermöglicht, wodurch sich ein magnetisches Feld aufbaut, in dem die Energie gespeichert wird. Beim anschließenden Öffnen des Transistors **603** entsteht, wie zuvor in Bezug auf [Fig. 7](#) beschrieben, an der Diode **605** eine Spannungserhöhung, was zur Folge hat, dass der Kondensator **606** über die Diode **605** aufgeladen wird.

[0010] Im Folgenden wird der Umschaltvorgang zwischen Startbetrieb und Boost-Converter-Betrieb beschrieben. Unter der Annahme, dass die vorgesehenen Widerstände **607**, **608**, **609** beispielsweise einen Wert von 100 k Ω aufweisen, und eine Referenzspannungsquelle **610** U_{ref} eine Referenzspannung von 1,2 V liefert, schaltet der Komparator **611** bei ca. 1,8 V um. Dies bedeutet, dass er von einem Low- auf ein Highsignal wechselt. Dies hat zur Folge, dass dadurch die Schalter **612** und **613** jeweils von der Position B auf A geschaltet werden, und auch die Regelung **614** in Betrieb gesetzt wird.

[0011] Diese Regelung **614** kann eine Regelung des Boost-Converters mittels Pulsweiten-Modulation (PWM), Pulsfrequenz-Modulation (PFM) oder einer Kombination der beiden Modulationen durchführen. Selbstverständlich sind dem Fachmann auch weitere geeignete Modulationsverfahren bekannt.

[0012] In der Schaltung nach [Fig. 6](#) wird die Ausgangsspannung V_{out} auf den dreifachen Wert der Referenzspannung U_{ref} geregelt. Dies bedeutet, dass V_{out} einen Betrag von 3,6 V erreichen soll. Zu diesem

Zweck steuert die Regelung **614** über die Treiber **615** und **616** die beiden Transistoren **603** und **617** entsprechend an.

[0013] Wie zuvor ausgeführt, ist grundsätzlich der Transistor **617** nicht zwingend notwendig. Sollte die Regelung **614** jedoch im reinen Pulsweiten-Modulationsverfahren mit einer konstanten Frequenz betrieben werden, ist das Vorsehen des Transistors **617** insbesondere bei sehr niedrig anliegenden Lasten an dem Boost-Converter vorteilhaft, da der Strom durch die Induktivität **663** hierbei auch negativ werden muss, damit die Ausgangsspannung V_{out} nicht zu hoch wird. Alternativ hierzu kann dies durch einen Pulse-Skip-Mode oder Burst-Mode vermieden werden. Unabhängig hiervon kann durch die Verwendung des Transistors **617** die Effizienz des Boost-Converters jedoch grundsätzlich erhöht werden.

[0014] In einer Ausführungsvariante kann die Diode **605** auch als die parasitäre Diode des Transistors **617** ausgeführt sein.

[0015] Ein grundlegendes Problem bei derartigen Boost-Converter-Schaltungen, wie sie in [Fig. 6](#) gezeigt sind, ist, dass damit die Boost-Converter-Schaltung selbständig anläuft, eine gewisse Eingangsspannung anliegen muss. Diese wird durch die minimal benötigte Spannung des Halbleiterschalters definiert. Sie liegt bei konventionellen Boost-Converter-Schaltungen, ähnlich wie in [Fig. 6](#) gezeigt, bei mindestens 0,5 V. Derartige Boost-Converter-Schaltungen weisen nur zwei externe Bauelemente, nämlich die Induktivität **663** und den Ladekondensator **606**, auf. Hierbei kann unter externem Bauelement verstanden werden, dass die restliche Schaltung auf Halbleiterebene realisiert werden kann und nur dieses Bauteil nicht.

[0016] Eine andere Möglichkeit als einen Start-Oszillator zum Starten des eigentlichen Boost-Converters einzusetzen ist eine von Seiko Instruments Inc. unter S-8822 Series vertriebene Ladungspumpe für extrem geringe Spannungen zu verwenden. Bei diesem IC wird mithilfe eines Spezialprozesses eine minimale Startspannung von 0,3 V erreicht. Nachteilig hieran ist jedoch, dass es im Vergleich eine sehr teure Schaltung ist, da zwei integrierte Schaltungen benötigt werden, sowie insgesamt 4 externe Bauteile, da zwei zusätzliche Kondensatoren zu dem Ladekondensator und der Induktivität verbaut werden müssen.

[0017] Eine weitere bekannte Möglichkeit ist es, den Boost-Converter mittels Oszillatoren mit Step-Up-Transformatoren zu starten. Dies ermöglicht ein Starten des Boost-Converters ab ca. 20 mV. Derartige Schaltungen sind im Vergleich jedoch sehr teuer. Außerdem werden wiederum 4 externe Bauelemente benötigt.

[0018] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Boost-Converter-Schaltung zu schaffen, welche günstig zu realisieren ist und eine geringe Startspannung benötigt.

[0019] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Boost-Converter-Schaltung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0020] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung sowie den Figuren und deren Beschreibung angegeben.

[0021] Gemäß Anspruch 1 wird die Boost-Converter-Schaltung dadurch weitergebildet, dass ein Transformator mit einer Primär- und einer Sekundärwicklung vorgesehen ist, welche gegensätzlich verschaltet sind. Hierbei ist die Induktivität des Boost-Converters als eine Induktivität, insbesondere als Sekundärwicklung des Transformators ausgeführt. Ferner ist ein Joule-Thief-Transistor vorgesehen, der zusammen mit dem Transformator einen Joule-Thief zum Starten des Boost-Converters ausbildet.

[0022] Grundsätzlich kann im Rahmen der Erfindung eine Boost-Converter-Schaltung als Boost-Converter mit vorgesehener Start-Schaltung angesehen werden. Ferner kann im Rahmen der Erfindung die Sekundärwicklung eines Transformators als die Wicklung des Transformators verstanden werden, die die Ausgangsspannung erzeugt.

[0023] Ein Grundgedanke der Erfindung kann darin gesehen werden, zum Starten des Boost-Converters einen Joule-Thief zu verwenden. Die grundlegende Funktionsweise eines Joule-Thiefs wird im Folgenden unter Bezugnahme auf [Fig. 5](#) genauer erläutert.

[0024] Ein Joule-Thief ist eine Schaltung eines selbstschwingenden Oszillators. Sie ist eine sehr einfache Spannungs-Boost-Schaltung, die selbstoszillierend ausgelegt ist. Durch die geringe Anzahl von Bauelementen ist sie kostengünstig aufzubauen. Sie hat allerdings den Nachteil, dass die Schaltfrequenz und der maximale Laststrom von vielen Parametern abhängig sind, was gegenüber einem geregelten Boost-Converter zu schlechteren Betriebseigenschaften führt.

[0025] Zentrale Elemente des Joule-Thiefs sind ein Transformator **502**, eine Diode **505** sowie ein Transistor **503**. Außerdem ist in der in [Fig. 5](#) dargestellten Schaltung ein Ladekondensator **506** sowie eine Zenerdiode **551** vorgesehen. Sobald die Spannung V_{in} einer Spannungsquelle **501** die Schwellenspannung V_t des selbstsperrenden NMOS-Transistors **503** erreicht, beginnt eine aufschwingende Oszillation der Schaltung, bedingt durch die gegensätzlich geschalteten Spulen des Transformators **502**. Unter Umständen

den kann diese aufschwingende Oszillation bereits vor Erreichen der Schwellenspannung V_t aufgrund der sogenannten schwachen Inversion (weak inversion) des Transistors **503** beginnen. Durch die Oszillation wird der Transistor **503** zeitweise abgeschaltet, wodurch die gespeicherte Energie in der sekundären Wicklung des Transformators **502** eine Spannungserhöhung an der Diode **505** bewirkt. Analog, wie bereits in Bezug auf den Boost-Converter in [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) beschrieben, wird bei ausreichender Spannung der Ladekondensator **506** über die Diode **505** aufgeladen.

[0026] In der Schaltung nach [Fig. 5](#) wird die Spannung in dem Ladekondensator **506** über eine Zenerdiode **551** begrenzt. Da Zenerdioden bei integrierten Schaltungen nicht oder nur schwer möglich sind, würde man bei einer integrierten Ausführung dieser Schaltung alternativ beispielsweise eine aktive Limiter-Schaltung verwenden.

[0027] Ein weiterer Grundgedanke der Erfindung ist es, den Boost-Converter, der detailliert betrachtet ein DCDC-Boost-Converter ist, nicht lediglich über den Joule-Thief zu starten, sondern aufgrund von Kostenersparnissen die einzelnen Bauteile des Joule-Thiefs und des Boost-Converters ineinander zu integrieren beziehungsweise Bauteile doppelt zu verwenden.

[0028] Hierzu wird die Sekundärwicklung des Transformators als Induktivität für den Boost-Converter verwendet.

[0029] Hierdurch kann zumindest eine Spule des Transformators auch für den Boost-Converter selbst verwendet werden, wodurch diese nur einmal vorzusehen ist. Dies ist insbesondere relevant, da Spulen nur schwierig in integrierten Schaltungen integriert ausgeführt werden können und meist durch externe Bauteile realisiert werden. Ein weiterer Vorteil dieses Aufbaus ist es, dass durch die Verwendung einer Joule-Thief-Schaltung, welche lediglich zusätzlich einen Transformator und einen Joule-Thief-Transistor benötigt, kaum höhere Herstellungskosten für eine derartige Schaltung anfallen, insbesondere im Vergleich zu konventionellen Boost-Converter-Schaltungen.

[0030] Außerdem ist es durch die Integration eines Joule-Thiefs in einer Boost-Converter-Schaltung beziehungsweise die Verwendung eines Joule-Thiefs zum Starten des Boost-Converters möglich, die Boost-Converter-Schaltungen bereits mit einer Startspannung im Bereich zwischen 100 mV und 500 mV, abhängig von der exakten Ausführung der Schaltung zu starten.

[0031] Somit kann eine relativ geringe Startspannung für die Boost-Converter-Schaltung verbunden mit geringen Kosten erreicht werden, verglichen mit

den aus dem Stand der Technik bekannten Möglichkeiten.

[0032] In der allgemeinen Form der Erfindung muss der Boost-Converter lediglich eine Spule und der Joule-Thief einen gegensinnig geschalteten Transformator aufweisen, wobei eine Spule des Transformators als Spule für den Boost-Converter verwendet wird. Der gegensinnig geschaltete Transformator, kann durch eine entsprechende Verschaltung eines gleich- oder gegensinnig gewickelten Transformators realisiert werden.

[0033] Grundsätzlich kann die Boost-Converter-Schaltung in beliebiger Art und Weise aufgebaut sein. Eine einfache Form ergibt sich jedoch, wenn die erste Seite der Spule mit einer Spannungsquelle verbindbar ist und die zweite Seite der Spule mit einer Anode der Diode verbunden ist. Die Kathode der Diode kann dann mit einer ersten Seite des Ladekondensators verbunden sein. Meistens ist vorgesehen, dass die zweite Seite des Ladekondensators auf Masse gelegt ist und somit parallel zu einer mit der Schaltung verbundenen Energiequelle liegt. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Ferner kann vorgesehen sein, dass der Halbleiterschalter ausgebildet ist, um die zweite Seite der Spule auf Masse zu legen.

[0034] Wie bereits ausgeführt, dient der Joule-Thief lediglich zum Starten des eigentlichen Boost-Converters, welches dann erfolgen kann, wenn eine Spannung zur Verfügung steht, die hoch genug ist. Um dies zu erkennen, kann ein Komparator vorgesehen sein. Dieser kann beispielsweise anhand einer Referenzspannung eine ausreichende Spannung am Ausgang des Joule-Thiefs erkennen und anschließend den Joule-Thief abschalten und den Boost-Converter im normalen Betrieb betreiben.

[0035] Vorteilhaft ist es, wenn ein Transformator mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:1 ausgebildet ist. Je nach exakter Auslegung des Joule-Thiefs zur Optimierung der notwendigen Startspannung ist auch ein anderes Verhältnis möglich, welches beispielsweise in Richtung eines Übersetzungsverhältnisses von 2:1 tendieren kann.

[0036] Um den Trafo zu verbilligen, ist es möglich, die Primärwicklung hochohmiger und somit kleiner zu gestalten.

[0037] Des Weiteren kann ein Widerstand ausgangsseitig an der Primärwicklung des Transformators zur Begrenzung der Ströme im Boost-Converter-Betrieb vorgesehen sein. Da die Primärwicklung des Transformators im Boost-Converter-Betrieb nicht mehr benötigt wird, bietet der Widerstand so eine Möglichkeit, Ströme durch diese Primärwicklung zu minimieren.

[0038] In einer vorteilhaften Ausführungsform ist der Joule-Thief-Transistor durch den Halbleiterschalter ausgeführt. Mit anderen Worten werden der Joule-Thief-Transistor und der Halbleiterschalter durch denselben Transistor realisiert. Dies ermöglicht eine weitere Einsparung von Bauteilen beim Aufbau der Boost-Converter-Schaltung. Es ist hierbei auch möglich, diese durch separate Bauteile vorzusehen. Dies kann eine erhöhte Effizienz der Schaltung mit sich bringen.

[0039] Der Joule-Thief-Transistor kann beispielsweise als selbstsperrender CMOS-Transistor und low threshold device ausgebildet sein. Hierbei kann die Schwellenspannung V_t des Transistors in einem Bereich von 300 mV liegen.

[0040] In einer anderen Ausführung kann der Joule-Thief-Transistor als selbstsperrender CMOS native threshold-Transistor ausgebildet sein, welcher eine Schwellenspannung V_t im Bereich von 40 mV aufweist.

[0041] Ein low threshold device kann mit V_{GS} von 0 V hochohmig geschaltet werden. Bei einem native threshold-Transistor ist hierfür eine negative Spannung notwendig.

[0042] Alternativ oder zusätzlich zu den oben genannten Auslegungen des Joule-Thief-Transistors kann dieser auch parallel zum Halbleiterschalter vorgesehen sein. In diesem Fall werden der Joule-Thief-Transistor und der Halbleiterschalter getrennt voneinander angesteuert. Grundsätzlich kann der Halbleiterschalter als Transistor ausgebildet sein.

[0043] In diesem Zusammenhang ist es vorteilhaft, wenn die Regelung auch zum Steuern des Joule-Thief-Transistors nach dem Start des Boost-Converters ausgelegt ist. Hierdurch kann eine effiziente Regelung der Boost-Converter-Schaltung erreicht werden.

[0044] Um die Ströme durch die Primärwicklung des Transformators weiter zu minimieren kann ein weiterer Transistor vorgesehen sein, der den Joule-Thief-Transistor deaktivieren kann. Hierdurch werden auch die Ströme durch die Primärwicklung größtenteils unterbunden.

[0045] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und schematischen Zeichnungen erläutert. In diesen Zeichnungen zeigen:

[0046] [Fig. 1](#): eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Boost-Converter-Schaltung;

[0047] [Fig. 2](#): eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Boost-Converter-Schaltung;

[0048] [Fig. 3](#): eine dritte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Boost-Converter-Schaltung;

[0049] [Fig. 4](#): eine vierte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Boost-Converter-Schaltung;

[0050] [Fig. 5](#): ein Beispiel für einen Joule-Thief;

[0051] [Fig. 6](#): ein Beispiel für eine Boost-Converter-Schaltung mit Startoszillator; und

[0052] [Fig. 7](#): einen vereinfachten Boost-Converter.

[0053] In den Figuren werden gleiche beziehungsweise ähnliche Bauteile mit denselben Bezugszeichen bezeichnet, wobei jeweils die erste Ziffer unterschiedlich ist, und die jeweilige Figur anzeigt.

[0054] In [Fig. 1](#) ist eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Boost-Converter-Schaltung dargestellt. Diese gleicht im Wesentlichen dem Boost-Converter, welcher in Bezug auf [Fig. 6](#) beschrieben wurde. Der Boost-Converter weist wiederum eine Diode **105** und einen Kondensator **106** auf. Über einen Abgriff der in Serie geschalteten Widerstände **107**, **108** und **109** sowie eine Referenzspannung **110** kann mittels eines Komparators **111** erkannt werden, wenn eine ausreichende Eingangsspannung vorhanden ist, um eine Regelung **114** des Boost-Converters zu betreiben. Unter der Annahme, dass die drei Widerstände **107**, **108** und **109** jeweils einen Widerstand von 100 k Ω haben und die Referenzspannungsquelle **110** eine Referenzspannung von 1,2 V liefert, schaltet der Komparator **111** bei einer Ausgangsspannung vor Ort von 1,8 V. Hierdurch kann zum einen die Regelung **114** in Betrieb gesetzt werden. Zum anderen werden hierdurch die Schalter **112** und **113** betätigt, so dass die Regelung **114** die vorhandenen Transistoren **103** und **117** steuern kann. Die Steuerung eines Transistors **123** erfolgt direkt ohne Umschaltung der Schalter **112** oder **113**.

[0055] Der Vollständigkeit halber ist noch zu erwähnen, dass für den Transistor **103** ein Treiber **121**, für den Transistor **117** ein Treiber **115** und für den Transistor **123** ein Treiber **116** vorgesehen ist.

[0056] Die Boost-Converter-Schaltung nach [Fig. 1](#) unterscheidet sich von dem Boost-Converter nach [Fig. 6](#) dadurch, dass anstelle des Startoszillators hier ein Joule-Thief vorgesehen ist. Dieser wird im Wesentlichen durch einen Transformator **102**, einen Widerstand **104** und einen Transistor **103** ausgebildet. Wie später genauer erläutert, fungiert die sekundäre Wicklung des Transformators **102** auch als Induktivität für den Boost-Converter. Der Transformator **102** ist mit seinem Eingang mit einer Spannungsquelle **101** verbunden. Diese kann beispielsweise eine Gleichspannungsquelle in Form einer Batterie, ei-

ner Solarzelle oder eines thermoelektrischen Generators sein.

[0057] Im Folgenden werden der Startvorgang und die Inbetriebnahme der erfindungsgemäßen Boost-Converter-Schaltung beschrieben. Grundsätzlich wird beim Starten nur der Joule-Thief in einer analogen Weise, wie bereits in Bezug auf [Fig. 5](#) beschrieben, verwendet. Sobald eine ausreichende Spannung erreicht ist, schaltet die Boost-Converter-Schaltung auf den Boost-Converter-Betrieb, wobei, wie angedeutet, die sekundäre Wicklung des Transformators **102** als Spule verwendet wird. Die primäre Wicklung wird in diesem Fall nicht mehr zwingend benötigt.

[0058] Während des Startvorganges wird durch den Transformator **102**, den Widerstand **104** und den Transistor **103** ein Joule-Thief ausgebildet, der bei einer vorhandenen Eingangsspannung mit einer aufschwingenden Oszillation aufgrund der gegensätzlich geschalteten Spulen des Transformators **102** beginnt. Hierbei wird jeweils beim Abschalten des Transformators **103** die in der sekundären Wicklung des Transformators **102** gespeicherte Energie über die Diode **105** auf den Kondensator **106** geladen. Wie bereits in Bezug auf [Fig. 5](#) ausgeführt, ist der Widerstand **104** nicht zwingend notwendig.

[0059] Sobald der Komparator **111** das Vorliegen einer ausreichenden Spannung V_{out} bei einem Wert der Widerstände **107**, **108**, **109** von jeweils 100 k Ω und einer Referenzspannung U_{ref} von 1,2 V im vorliegenden Fall bei 1,8 V, erkennt, schaltet er. Hierdurch werden die Schalter **112** und **113** von B nach A geschaltet, wodurch grundsätzlich die Regelung der Transistoren **103** und **117** durch die Regelung **114** ermöglicht wird. Zusätzlich wird dann im Boost-Converter-Betrieb auch der Transistor **123** über die Regelung gesteuert.

[0060] Bei der Regelung **114** kann es sich um eine Pulsweiten-Modulation, eine Pulsfrequenz-Modulation oder um eine Kombination der beiden handeln. Ebenso sind andere Modulationsverfahren möglich. In der hier dargestellten Ausführungsform wird die Ausgangsspannung V_{out} auf das Dreifache der Referenzspannung V_{ref} geregelt. Dies bedeutet, dass V_{out} einen Wert von 3,6 V erreicht.

[0061] Diese Regelung erfolgt in der Art, dass über die Steuerung der Transistoren **103**, **117** und **123** der Boost-Converter derart betrieben wird, so dass die gewünschte Ausgangsspannung V_{out} erzeugt wird.

[0062] Da die Primärwicklung des Transformators **112** im Boost-Converter-Betrieb nicht mehr benötigt wird, ist der Widerstand **104** vorgesehen. Dieser kann beispielsweise einen Wert im Bereich von 10 k Ω auf-

weisen und kann die durch die Primärwicklung auftretenden Ströme begrenzen.

[0063] Der Transistor **103** kann als low threshold Transistor ausgebildet sein. Hierbei kann der Boost-Converter mit dem Transistor **103** geregelt werden. Es kann aber auch sinnvoll sein den Transistor **103** nicht zu niederohmig auszulegen, um den Strom durch den Transformator **102** im Joule-Thief-Betrieb zu begrenzen. In diesem Fall arbeiten die Transistoren **103** und **123** im Boost-Converter-Betrieb parallel. Bei dieser Auslegung kann die Schaltung bereits bei 300 mV bis 400 mV gestartet werden.

[0064] Der Transistor **103** kann aber auch als natural NMOS-Transistor ausgebildet sein. Derartige Transistoren werden auch als native oder zero threshold-Transistoren bezeichnet. Beispielsweise kann hierzu ein Transistor mit einer Schwellenspannung V_t von 40 mV verwendet werden.

[0065] Beim Abschalten des Transistors **103**, wobei sein Gate auf Masse gelegt wird, und dem Abschalten des Transistors **123**, wobei sein Gate ebenfalls auf Masse gelegt wird, sowie dem Einschalten des Transistors **117**, dessen Gate ebenfalls auf Masse gelegt wird, ist es notwendig, dass der Transistor **103** einen derartigen Widerstand besitzt, dass ein Querstrom, der über den Transistor **117** und den Transistor **103** fließt, nicht zu groß ist. Andernfalls würde sich der Wirkungsgrad verschlechtern. Sobald anschließend die Spannung der Sekundärwicklung des Transformators **102** steigt, kann der Treiber **121** hochohmig geschaltet werden, was zur Folge hat, dass am Gate des Transistors **103** eine negative Spannung anliegt, welche den Transistor **103** komplett abschaltet. Dieses Umschalten des Treibers **121** kann nach wenigen Nanosekunden erfolgen.

[0066] Ebenso ist es möglich, dass beim Abschalten des Transistors **117** und dem Einschalten des Transistors **123** der Treiber **121** hochohmig bleiben kann, da durch den Transformator **102** eine positive Spannung am Gate des Transistors **103** entsteht. Diese schaltet den Transistor **103** ein.

[0067] Die Boost-Converter-Schaltung nach dieser Ausführungsform startet bereits mit einer Eingangsspannung von ca. 100 mV bis 200 mV.

[0068] In [Fig. 2](#) ist eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Boost-Converter-Schaltung dargestellt. Hier wird als Transistor **203** ein NMOS-Transistor mit zero threshold verwendet.

[0069] Dieser Transistor benötigt zum Abschalten eine negative Spannung. Um diese zu erreichen, sind zusätzlich eine Diode **218**, ein Kondensator **219** und eine Zenerdiode **220** vorgesehen. Die Zenerdiode **220** kann auch durch eine beliebige andere Begren-

zer- oder Limiter-Schaltung ausgeführt sein. Die benötigte negative Spannung entsteht in dem Moment in dem an der Diode **205** eine positive Spannung entsteht. Dann wird der Kondensator **219** über die Diode **218** geladen. Die Begrenzerschaltung ist grundsätzlich für die Begrenzungen der negativen Spannung V_{out} im Boost-Converter-Betrieb vorgesehen. Grundsätzlich kann die Diode **218** auch durch einen Transistor oder die Kombination eines Transistors und einer Diode realisiert werden.

[0070] Für die in [Fig. 2](#) dargestellte Boost-Converter-Schaltung bieten sich drei verschiedene Möglichkeiten für den Boost-Converter-Betrieb an. Entsprechend Möglichkeit **1** wird der Transistor **203** zum Steuern des Boost-Converter-Betriebes verwendet. In diesem Fall ist der Transistor **223** nicht mehr notwendig. In einer zweiten Möglichkeit wird der Transistor **203** über die negative Spannung V_{out} abgeschaltet. Dementsprechend wird der Transistor **223** zur Regelung des Boost-Converters verwendet. Schließlich besteht noch eine dritte Möglichkeit, in der die beiden Transistoren **203** und **223** zur Regelung des Boost-Converters verwendet werden.

[0071] Die Boost-Converter-Schaltung nach dieser Ausführungsform startet bereits bei einer Eingangsspannung von 100 mV bis 200 mV.

[0072] In [Fig. 3](#) ist eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Boost-Converter-Schaltung dargestellt. Diese unterscheidet sich von der Ausführung nach [Fig. 1](#) dadurch, dass ein weiterer Transistor **324** vorgesehen ist. Dieser dient dazu, nach dem Joule-Thief-Betrieb, im Boost-Converter-Betrieb den Transistor **303** wegzuschalten. Dies hat zur Folge, dass nur mehr Umladungsströme bzw. Ströme zum Umladen der Kapazität durch die Primärwicklung des Transformators **302** fließen. In diesem Fall ist der Widerstand **304** nicht mehr zwingend notwendig. Die Serienschaltung der Transistoren **303** und **324** kann auch in umgekehrter Reihenfolge implementiert werden.

[0073] Bei der Ausführungsform nach [Fig. 3](#) ist es notwendig, dass der Transistor **324**, welcher eine niedrige Schwellenspannung ausweist (low threshold device), bereits ausreichend leitend ist, damit der Joule-Thief funktionieren kann. Dies erhöht die notwendige Spannung in geringer Weise gegenüber der Ausführungsform nach [Fig. 1](#).

[0074] Ein Vorteil dieser Ausführungsform ist jedoch, dass hierbei eine leichte Erweiterung für ein An- und Ausschalten der kompletten Schaltung realisiert werden kann. Ein entsprechendes Eingangssignal kann direkt auf den Eingang B des Schalters **312** vorgesehen sein. Selbstverständlich müsste ein derartiges Eingangssignal auch von der Regelung **314** ausgewertet werden.

[0075] Die Boost-Converter-Schaltung nach dieser Ausführungsform startet bereits bei einer Eingangsspannung im Bereich von 400 mV bis 500 mV.

[0076] Die weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Boost-Converter-Schaltung nach [Fig. 4](#) stellt eine Kombination der beiden Ausführungsformen dar, wie sie in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) gezeigt sind. Der Transistor **403** ist wiederum als native threshold NMOS-Transistor ausgeführt. Allerdings ist im Gegensatz zur Ausführung nach [Fig. 3](#) in der Ausführung nach [Fig. 4](#) der Transistor **424** als selbstleitender Transistor realisiert. Er kann beispielsweise als ein Transistor ausgeführt sein, der zum Abschalten eine negative Spannung von mindestens $-1,5$ V benötigt, welche durch die Ergänzungen, wie sie bereits in Bezug auf [Fig. 2](#) beschrieben wurden, realisiert werden kann.

[0077] Wie bereits in Bezug auf [Fig. 3](#) ausgeführt, kann die Serienschaltung der beiden Transistoren **403** und **424** auch in umgekehrter Reihenfolge ausgeführt sein. Dies kann von Vorteil sein, wenn der Transistor **424** eine höhere Drain-Source-Spannung als der Transistor **403** aushält.

[0078] Grundsätzlich ist es möglich, den Anschluss B des Schalters **412** auf Masse zu legen. Allerdings leitet der Transistor **424** besser, wenn der Anschluss B auf die Eingangsspannung V_{in} geschaltet ist und somit die Spannung am Gate des Transistors **424** definiert.

[0079] Der Vorteil der Ausführungsform der [Fig. 4](#) gegenüber der Ausführungsform der [Fig. 2](#) kann darin gesehen werden, dass nur noch Umladungsströme über den Widerstand **404** fließen. Daher kann unter Umständen auf den Widerstand **404** verzichtet werden. Diese Ausführungsform bietet also die Vorteile der beiden Ausführungen nach [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#).

[0080] Die nach den Ausgestaltungen der [Fig. 2](#) und [Fig. 4](#) vorhandenen negativen Ausgangsspannungen können auch von angeschlossenen Verbrauchern genutzt werden.

[0081] Ähnlich wie die Ausführungsform nach [Fig. 2](#) benötigt diese Ausführungsform lediglich eine Startspannung im Bereich von 100 mV bis 200 mV.

[0082] Die [Fig. 5](#) bis [Fig. 7](#) wurden bereits an anderer Stelle der Beschreibung beschrieben.

[0083] Mit der erfindungsgemäßen Boost-Converter-Schaltung wurde eine kostengünstig zu realisierende Boost-Converter-Schaltung angegeben, die dennoch nur eine geringe Startspannung benötigt.

Schutzansprüche

1. Boost-Converter-Schaltung, mit

- einer Induktivität,
- einer Diode (**105, 205, 305, 405**),
- einem Ladekondensator (**104, 204, 304, 404**),
- einem Halbleiterschalter (**123, 223, 323, 423**),
- einer Regelung (**114, 214, 314, 414**) zum Steuern des Halbleiterschalters, welche einen Boost-Converter ausbilden,

wobei die Regelung (**114, 214, 314, 414**) ausgebildet ist, den Halbleiterschalter (**123, 223, 323, 423**) nach dem Start des Boost-Converters zu steuern, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Transformator (**102, 202, 302, 402**) mit einer Primär- und einer Sekundärwicklung vorgesehen ist, welche gegensätzlich verschaltet sind, dass die Induktivität als die Sekundärwicklung des Transformators (**102, 202, 302, 402**) vorgesehen ist, und dass ein Joule-Thief-Transistor (**103, 203, 303, 403**) und der Transformator (**102, 202, 302, 402**) einen Joule-Thief zum Starten des Boost-Converters ausbilden.

2. Boost-Converter-Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Seite der Induktivität mit einer Spannungsquelle (**101, 201, 301, 401**) verbindbar ist, dass eine zweite Seite der Induktivität mit einer Anode der Diode (**105, 205, 305, 405**) verbunden ist, dass eine Kathode der Diode (**105, 205, 305, 405**) mit einer ersten Seite des Ladekondensators (**104, 204, 304, 404**) verbunden ist, dass eine zweite Seite des Ladekondensators (**104, 204, 304, 404**) auf Masse gelegt ist, dass der Halbleiterschalter (**123, 223, 323, 423**) vorgesehen ist, um die zweite Seite der Induktivität auf Masse zu legen, und dass ein Komparator (**111, 211, 311, 411**) zum Erkennen einer ausreichenden Spannung für den Betrieb der Regelung (**114, 214, 314, 414**) zum Steuern des Halbleiterschalters vorgesehen ist.

3. Boost-Converter-Schaltung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Transformator (**102, 202, 302, 402**) mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:1 bis 2:1 verwendet wird.

4. Boost-Converter-Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Widerstand (**104, 204, 304, 404**) ausgangsseitig an der Primärwicklung des Transformators (**102, 202, 302, 402**) zur Begrenzung der Ströme im Boost-Converter-Betrieb vorgesehen ist.

5. Boost-Converter-Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der

Joule-Thief-Transistor (**103, 203, 303, 403**) durch den Halbleiterschalter ausgeführt ist.

6. Boost-Converter-Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Joule-Thief-Transistor (**103, 203, 303, 403**) als selbstsperrender Transistor und als low threshold device, insbesondere mit einer Schwellenspannung V_t im Bereich um 300 mV ausgebildet ist.

7. Boost-Converter-Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Joule-Thief-Transistor (**103, 203, 303, 403**) als selbstsperrender native threshold Transistor, insbesondere mit einer Schwellenspannung V_t im Bereich von 40 mV ausgebildet ist.

8. Boost-Converter-Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Joule-Thief-Transistor (**103, 203, 303, 403**) parallel zum Halbleiterschalter (**123, 223, 323, 423**) vorgesehen ist.

9. Boost-Converter-Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung zum Steuern des Joule-Thief-Transistors (**103, 203, 303, 403**) nach dem Start des Boost-Converters ausgelegt ist.

10. Boost-Converter-Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Transistor (**324, 424**) zum Deaktivieren des Joule-Thief Transistors (**103, 203, 303, 403**) vorgesehen ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

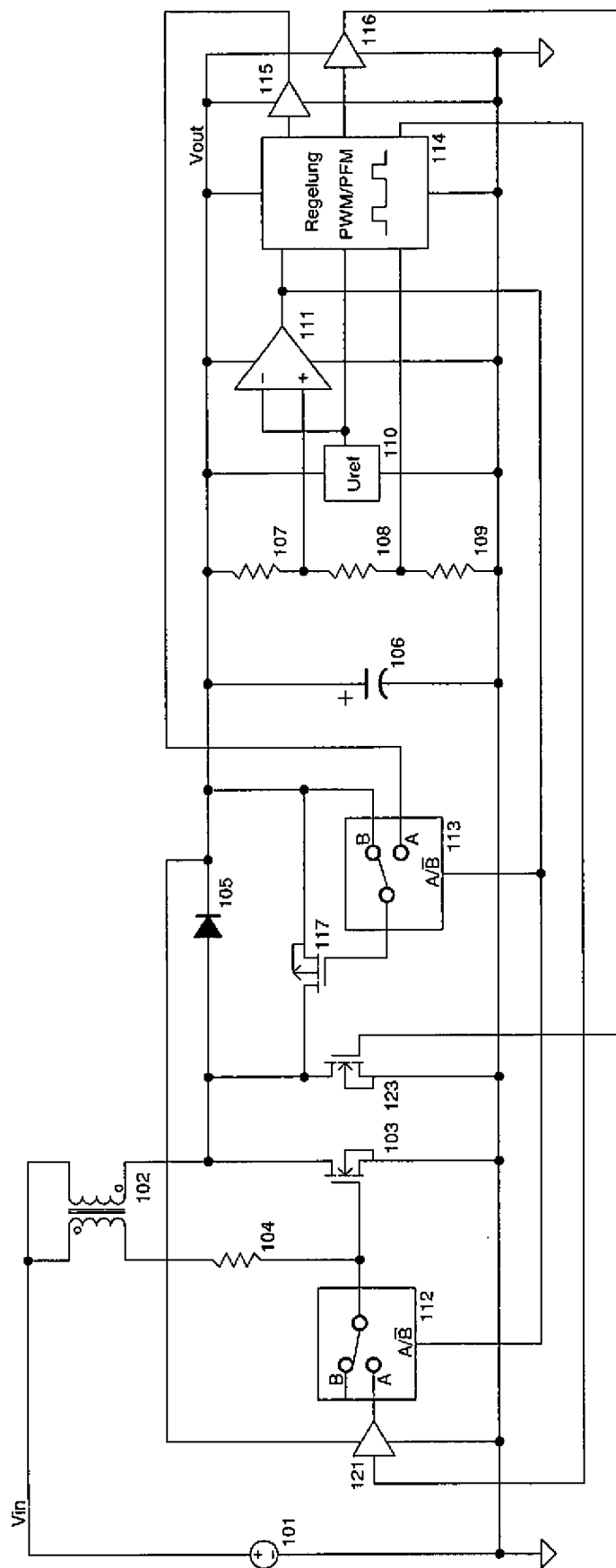


Fig. 1

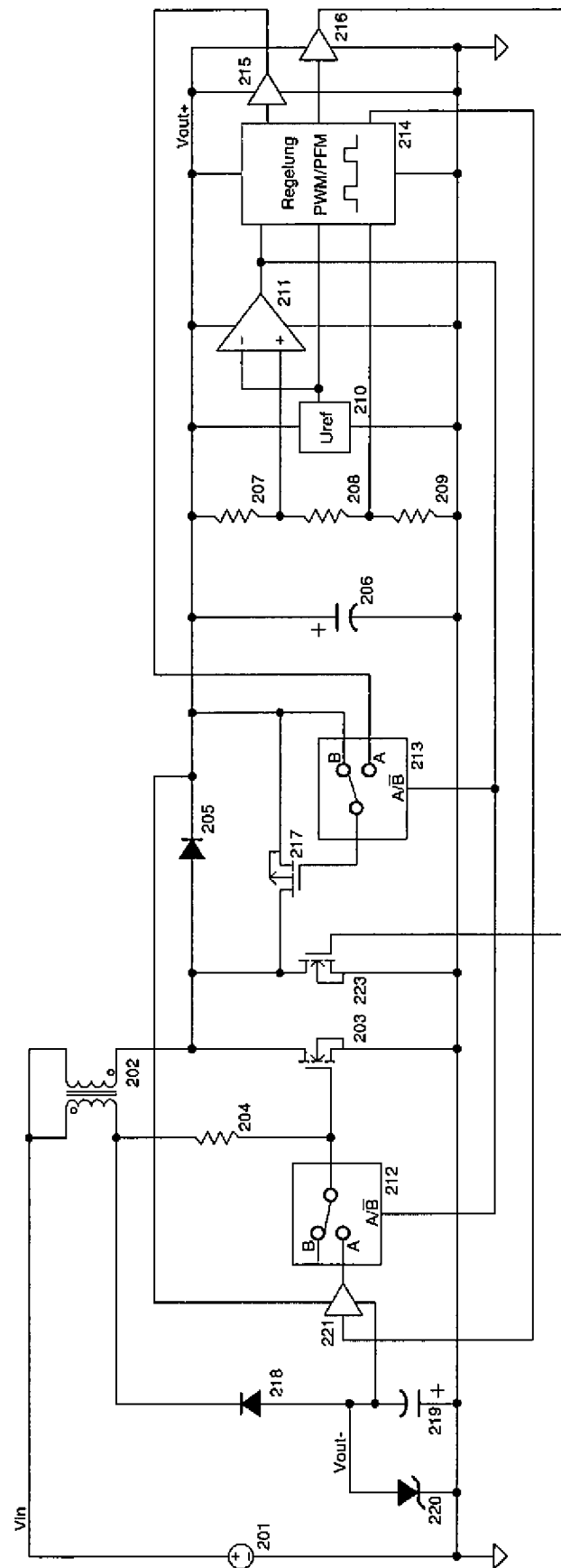
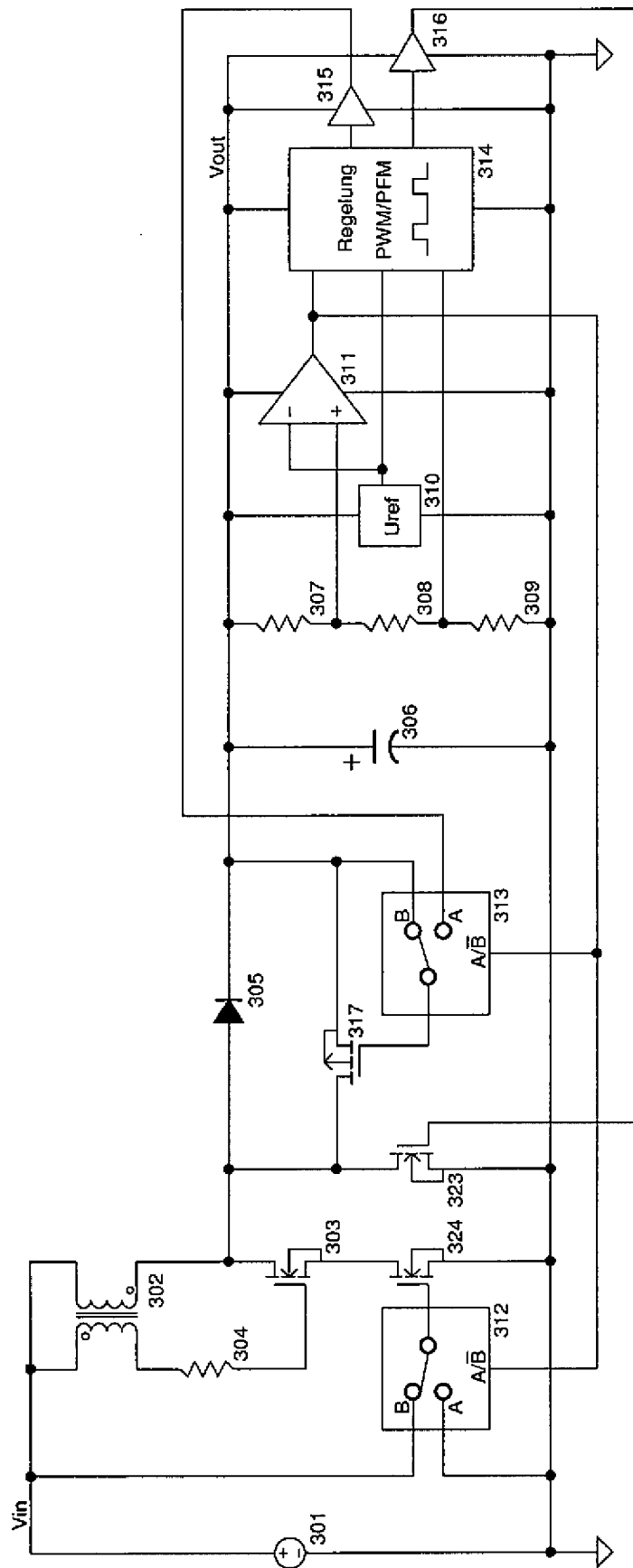
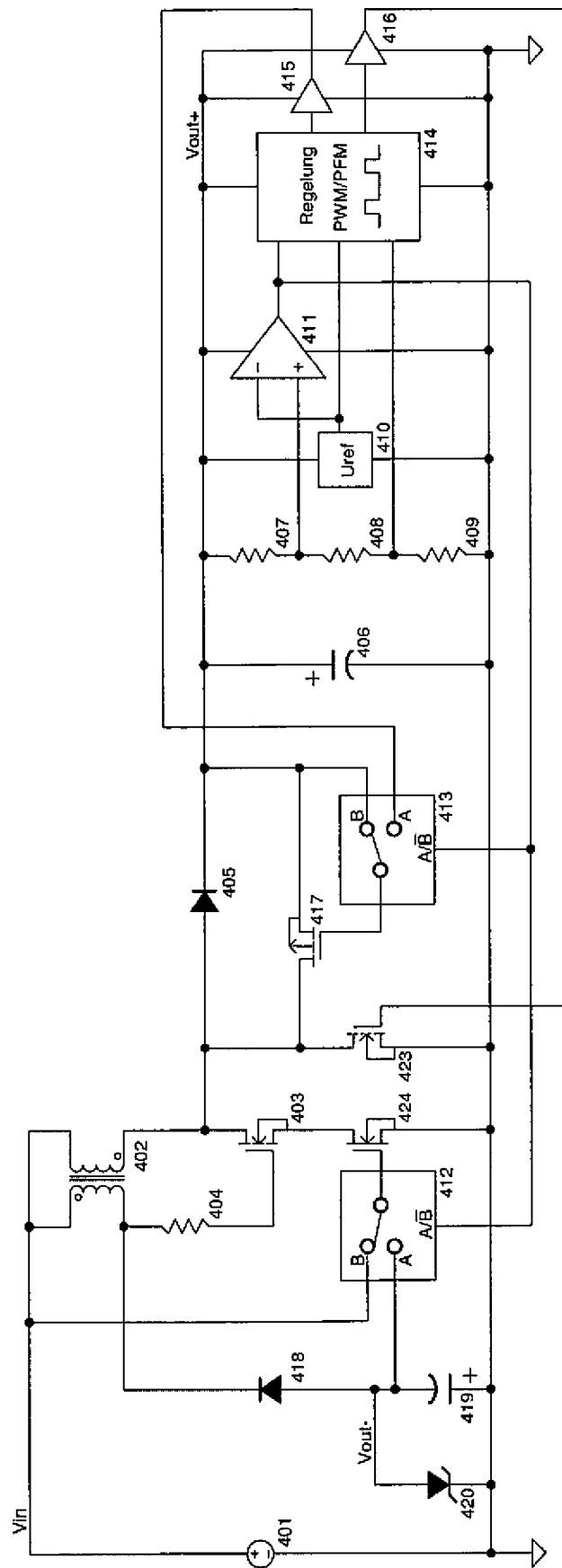


Fig. 2





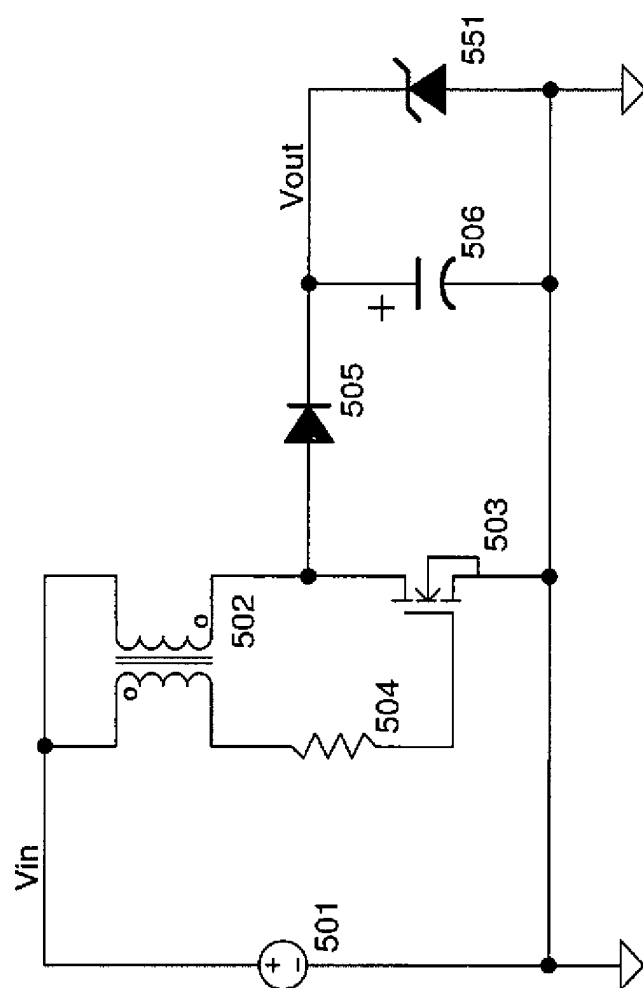


Fig.5

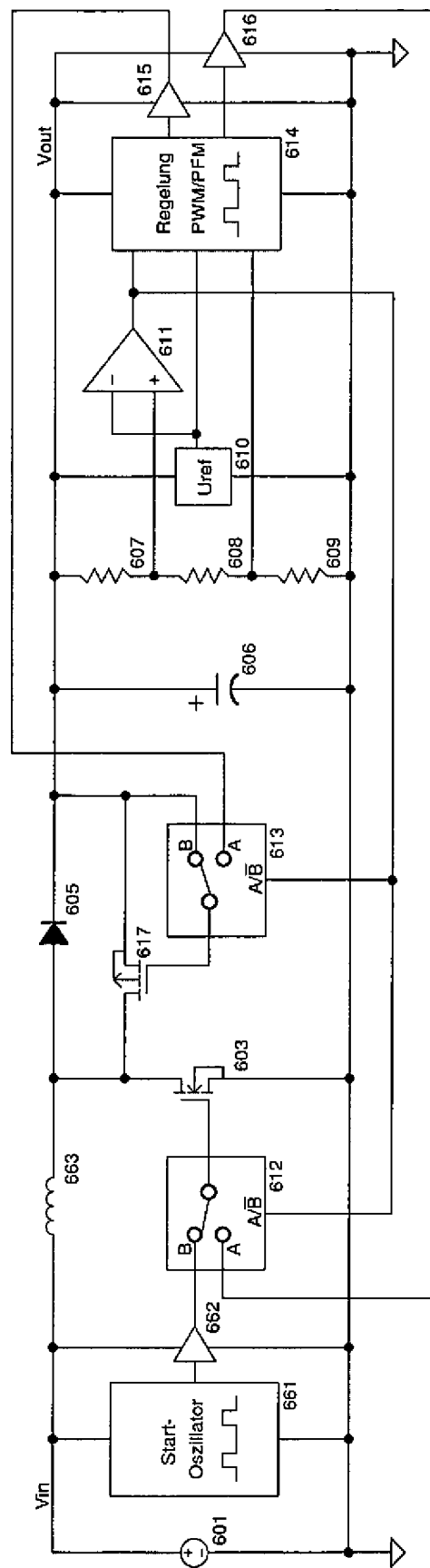


Fig. 6

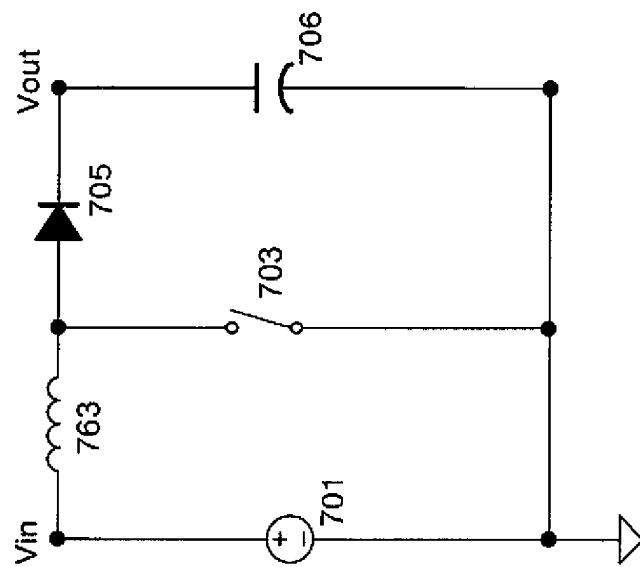


Fig.7