



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 013 066.2**

(22) Anmeldetag: **06.08.2013**

(43) Offenlegungstag: **13.02.2014**

(51) Int Cl.: **H02M 3/335 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**13/584,543**      **13.08.2012**    **US**

(71) Anmelder:  
**Flextronics AP, LLC, Broomfield, Col., US**

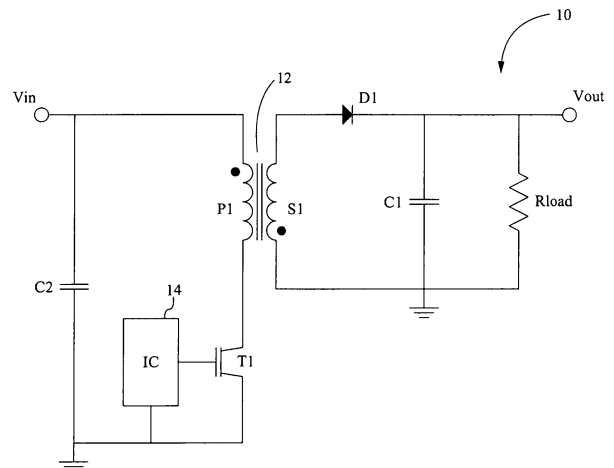
(74) Vertreter:  
**BOEHMERT & BOEHMERT, 28209, Bremen, DE**

(72) Erfinder:  
**Telefus, Mark, Orinda, Calif., US; Li, Wei,  
Shenzhen, CN**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Neuartiges Steuerungsverfahren zur Reduzierung von Schaltverlusten an einem MOSFET**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Steuern eines Schalteistungswandlers ermöglicht das Schalten bei Nullspannung, indem eine Spannung am Hauptschalter auf null gezwungen wird. Dies erfolgt durch Feststellen, wann ein Strom auf der Sekundärseite des Leistungswandlers auf null oder auf einen anderen Grenzwert fällt, und anschließendes Erzeugen eines Negativstroms durch die Sekundärwicklung als Reaktion darauf. Der negative Sekundärstrom führt zu einem entsprechenden Entladestrom in der Primärwicklung, der die Spannung am Hauptschalter reduziert. Die Spannung am Hauptschalter wird überwacht, sodass der Hauptschalter eingeschaltet wird, wenn die Spannung null oder einen anderen Grenzwert erreicht. Auf diese Weise funktioniert die Schaltung als eine bidirektionale Schaltung, bei der ein Vorwärtsstrom eine Last mit Energie versorgt und ein Rückwärtsstrom die Steuerung zur Verringerung der Spannung am Hauptschalter bereitstellt, um das Schalten bei Nullspannung zu ermöglichen.



## Beschreibung

### Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf das Gebiet der Leistungswandler. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf das Steuern der Schaltung einer Schaltungsvorrichtung in einem Leistungswandler zur Reduzierung von Schaltverlusten.

### Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Im Lauf der Jahre wurden verschiedene Leistungswandler-Topologien entwickelt, die darauf abzielen, die Leistungsdichte und die Schalteffizienz von Leistungswandlern zu verbessern. Ein wachsendes Augenmerk liegt bei neuen Leistungswandler-Topologien darauf, ein Mittel zur Reduzierung bzw. Vermeidung von Wandler-Schaltverlusten bereitzustellen und zugleich die Schaltfrequenzen zu erhöhen. Geringere Verluste und eine höhere Schaltfrequenz bedeuten effizientere Leistungswandler, wodurch sich die Größe und das Gewicht von Leistungswandlerbauteilen reduzieren lassen. Darüber hinaus können durch die Entwicklung von Verbund-Halbleiterschaltern mit hoher Schaltgeschwindigkeit, wie beispielsweise mit Pulsweitenmodulation (PWM) betriebenen Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor-Schaltern (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor, MOSFET), nun neuere Durchfluss- und Sperrwandler-Topologien mit deutlich erhöhten Schaltfrequenzen, beispielsweise bis zu 1,0 MHz, betrieben werden.

**[0003]** Eine erhöhte Schaltfrequenz kann jedoch aufgrund des schnellen Umschaltens der Halbleiterschalter bei hohen Spannungs- und/oder Strompegeln zu einem entsprechenden Anstieg von Schaltverlusten und Verlusten durch Bauteilbelastung sowie zu erhöhter elektromagnetischer Interferenz (EMI), Rauschen und Kommutierungsproblemen führen. Darüber hinaus wird von modernen elektronischen Bauteilen erwartet, dass sie auf kleinem Raum zahlreiche Funktionen effizient und mit einem Minimum an unerwünschten Nebeneffekten erfüllen. So sollte beispielsweise ein moderner Leistungswandler, der eine relativ hohe Leistungsdichte und hohe Schaltfrequenzen bietet, auch ordentliche Schaltungstopologien enthalten, eine Isolation der Ausgangs- bzw. „Load“-Spannung von der Eingangs- bzw. „Source“-Spannung gewährleisten und eine variable Aufwärts- oder Abwärtstransformation der Spannung ermöglichen.

**[0004]** Fig. 1 zeigt einen herkömmlichen Spannungswandler vom Sperrwandler-Typ. Der Wandler **10** beinhaltet einen Transistor T1, eine Steuerung **14**, einen Transformator **12**, einen Kondensator C1 und eine Diode D1. Die Eingangsspannung der Schal-

tung kann unregelmäßige Gleichspannung sein, die von einer Wechselstromquelle abgeleitet, gleichgerichtet und gefiltert wurde. Der Transistor T1 ist eine Schnellschaltvorrichtung, beispielsweise ein MOSFET, deren Schaltung durch eine schnelle dynamische Steuerung **14** gesteuert wird, um eine gewünschte Ausgangsspannung  $V_{out}$  aufrechtzuerhalten. Die Sekundärwicklungsspannung wird mittels der Diode D1 und des Kondensators C1 gleichgerichtet und gefiltert. Der Transformator **12** des Sperrwandlers funktioniert anders als ein herkömmlicher Transformator. Unter Last leiten die Primär- und die Sekundärwicklung eines herkömmlichen Transformators gleichzeitig. Beim Sperrwandler sind die Primär- und die Sekundärwicklung des Transformators dagegen nicht gleichzeitig stromführend. Wenn im Betrieb der Transistor T1 eingeschaltet ist, so ist die Primärwicklung des Transformators **12** mit der Eingangsversorgungsspannung verbunden, sodass die Eingangsversorgungsspannung an der Primärwicklung auftritt, was zu einer Erhöhung des Magnetstroms im Transformator **12** führt, und der Primärwicklungsstrom linear zunimmt. Allerdings ist, wenn der Transistor T1 eingeschaltet ist, die Diode D1 rückwärts gerichtet und es fließt kein Strom durch die Sekundärwicklung. Auch wenn die Sekundärwicklung keinen Strom leitet, während der Transistor T1 eingeschaltet ist, so empfängt die als Widerstand  $R_{load}$  dargestellte Last, die mit dem Kondensator C1 gekoppelt ist, aufgrund von zuvor im Kondensator gespeicherter Ladung ununterbrochen Strom.

**[0005]** Ist der Transistor T1 ausgeschaltet, so ist der Strompfad der Primärwicklung unterbrochen und die Spannungspolaritäten an der Primär- und der Sekundärwicklung sind umgekehrt, wodurch die Diode D1 vorwärts gerichtet ist. Der Primärwicklungsstrom als solcher ist zwar unterbrochen, allerdings beginnt die Sekundärwicklung Strom zu leiten und überträgt dadurch Energie vom Magnetfeld des Transformators zum Ausgang des Wandlers. Dieser Energietransfer beinhaltet das Laden des Kondensators C1 und die Abgabe von Energie an die Last. Ist der Transistor T1 lange genug ausgeschaltet, so hat der Sekundärstrom genügend Zeit, um auf null abzufallen, und die im Transformator **12** gespeicherte Magnetfeldenergie ist vollständig abgebaut.

**[0006]** Die Sperrwandler-Topologie war lange Zeit aufgrund ihrer relativen Einfachheit gegenüber anderen Topologien, die in Niedrigenergieanwendung verwendet werden, attraktiv. Der Sperrwandler dient dem zweifachen Zweck der Bereitstellung eines Energiespeichers und einer Wandlerisolation, wodurch theoretisch die Anzahl magnetischer Bauteile im Vergleich beispielsweise zum Durchflusswandler minimiert wird. Die Erhöhung der Schaltfrequenz ist eine effektive Möglichkeit, die Größe und das Gewicht des gesamten Netzteils zu reduzieren. Ein Nachteil bei der Verwendung des Sperrwandlers ist die re-

lativ hohe Spannungs- und Strombelastung, der die Schaltbauteile ausgesetzt sind. Darüber hinaus erfordert die hohe Abschaltspannung (die durch die parasitäre Schwingung zwischen der Streuinduktivität des Transformators und der Schalterkapazität hervorgerufen wird) am Primärschalter üblicherweise die Verwendung einer Unterschaltung aus Widerstand, Kondensator und Diode, beispielsweise eine Entstörschaltung. Diese parasitäre Schwingung ist äußerst reich an Oberschwingungen, verunreinigt das Umfeld mit elektromagnetischen Störungen (EMI) und führt zu hohen Schaltverlusten über die Schaltbauteile in Form von zusätzlicher Wärmeabfuhr.

**[0007]** Im Bestreben, die Schaltverluste zu reduzieren bzw. zu vermeiden und EMI-Rauschen zu reduzieren, wurden in der Technik zunehmend „Resonanz-“ oder „weiche“ Schalttechniken verwendet. Die Anwendung von Resonanzschalttechniken auf herkömmliche Leistungswandlertopologien bietet zahlreiche Vorteile in Bezug auf hohe Dichte und hohe Frequenz, um Schaltbelastungen zu reduzieren bzw. zu vermeiden und EMI zu reduzieren.

**[0008]** Die Komplexität, die zur Steuerung der Leistungsschalter, wie beispielsweise des Transistors T1 aus Fig. 1, und der Bauteile, die komplexen Steuerungen zugeordnet sind, erforderlich ist, führt allerdings zu einem beschränkten Einsatz in kommerziellen Anwendungen.

**[0009]** Resonanzschalttechniken enthalten im Allgemeinen eine Unterschaltung mit einer Spule und einem Kondensator (LC-Unterschaltung), die mit einem Halbleiterschalter in Reihe geschaltet ist, der, wenn er eingeschaltet ist, eine schwingende Unterschaltung innerhalb des Wandlers ausbildet. Ferner wird durch die zeitliche Abstimmung der Ein/Aus-Steuerzyklen des Resonanzschalters mit bestimmten Spannungs- und Strombedingungen an entsprechenden Wandlerbauteilen während des Schaltzyklus das Schalten bei geringer Spannung oder Nullspannung und/oder bei geringem Strom oder Nullstrom ermöglicht. Durch das Schalten bei Nullspannung (Zero Voltage Switching, ZVS) und/oder bei Nullstrom (Zero Current Switching) lassen sich viele frequenzbezogene Schaltverluste schon an sich reduzieren oder vermeiden.

**[0010]** Die Anwendung solcher Resonanzschalttechniken auf herkömmliche Leistungswandlertopologien bietet zahlreiche Vorteile für Wandler mit hoher Dichte und hoher Frequenz, beispielsweise quasi-sinusförmige Wellenformen, geringe oder keine Schaltbelastungen elektrischer Bauteile des Wandlers, geringere frequenzabhängige Verluste und/oder weniger EMI. Dennoch sind Energieverluste, die während der Steuerung der Nullspannungs- und/oder Nullstrom-Schaltvorgänge auftreten und Verluste, die

während des Betriebs und der Steuerung der Resonanzmittel auftreten, weiterhin problematisch.

**[0011]** Beim Sperrwandler, der üblicherweise in Niedrigenergieprodukten, wie einem Ladegerät oder einem Netzteil, verwendet werden, arbeitet der Wandler in einem diskontinuierlichen Modus, was bedeutet, dass der durch die Primärwicklung des Transformators fließende Strom auf null abfallen darf. Bei einem Ansatz nutzt dieser Wandler die Resonanz, die auftritt, nachdem der Freilaufstrom auf null gefallen ist, um die parasitäre Drain-Source-Kapazität des Schalttransistors zu entladen. Während die Resonanzspannung einen Talpunkt erreicht, wird der Transistor eingeschaltet, um einen Start bei geringer Spannung oder unter bestimmten Bedingungen sogar unter Nullspannung zu erzielen. Der Talspannungspegel, der während der Resonanz erreicht wird, hängt vom Niveau der Eingangsspannung und der reflektierten Ausgangsspannung an der Primärwicklung des Transformators ab. Dennoch gilt, je geringer der Talspannungspegel ist, umso höher ist die Spannungsspitze am Transistor, wenn der Transistor ausgeschaltet wird. Der Talspannungspegel als solcher wird durch die entsprechende Belastung, die auf den Transistor beim Ausschalten wirkt, begrenzt. Die Belastung des Transistors steigt mit zunehmender Eingangsspannung.

**[0012]** Bei einem anderen Ansatz wird an der Freilaufdiode auf der Sekundärseite des Sperrwandlers ein Kondensator hinzugefügt. Nachdem der Freilaufstrom auf null gefallen ist, lädt die Rückspannung an der Diode den Kondensator. Der Ladestrom wird auf die Primärseite der Schaltung reflektiert und erzeugt einen auf den Transistor wirkenden Entladestrom, der die Drain-Source-Spannung senkt. Die Drain-Source-Spannung des Transistors kann beim Einschalten null sein, solange der Entladestrom hoch genug ist. Der Resonanzstrom zwischen dem Transformator und dem hinzugefügten Kondensator an der Freilaufdiode erhöht allerdings die Strombelastung an der Sekundärwicklung und führt zu zusätzlichen Leitungsverlusten.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0013]** Ausführungsformen eines Schaltleistungswandlers sind auf Steuerungsverfahren ausgerichtet, die das Schalten bei Null-, oder nahezu Nullspannung ermöglichen, indem sie eine Spannung am Hauptschalter auf null bzw. nahezu null zwingen. Dies erfolgt durch Erfassen, wann ein Strom auf der Sekundärseite des Leistungswandlers auf null oder einen anderen Grenzwert fällt, und anschließendes Erzeugen eines negativstroms durch die Sekundärwicklung als Reaktion auf dieses Ereignis. Der negative Sekundärstrom führt zu einem entsprechenden Entladestrom in der Primärwicklung, welcher die Spannung am Hauptschalter reduziert, wie

durch das Entladen einer parasitären Kapazität an einem Schalttransistor. Die Spannung am Hauptschalter wird überwacht, sodass der Hauptschalter eingeschaltet wird, wenn die Spannung null oder einen anderen Grenzwert erreicht. Auf diese Weise funktioniert die Schaltung als eine Schaltung mit bidirektionalem Stromfluss, bei der ein Vorwärtsstrom Energie an eine Last abgibt und ein Rückwärtsstrom eine Steuerung zur Verringerung der Spannung am Hauptschalter bereitstellt, um das Schalten bei Nullspannung zu ermöglichen.

**[0014]** Bei einem Aspekt wird ein Verfahren zum Steuern eines Schaltleistungswandlers offenbart. Das Verfahren beinhaltet das Konfigurieren eines Schaltleistungswandlers mit einem Transformator, einer Ausgangsschaltung, die mit einer Sekundärwicklung des Transformators gekoppelt ist, und einem Schalter, der mit einer Primärwicklung des Transformators gekoppelt ist. Das Verfahren beinhaltet zudem das Feststellen einer Grenzwertbedingung in der Ausgangsschaltung, bei welcher der Schalter eingeschaltet werden soll. Das Verfahren beinhaltet zudem das Ermöglichen eines negativen Sekundärstroms durch die Sekundärwicklung des Transformators als Reaktion auf das Feststellen der Grenzwertbedingung, wobei der negative Sekundärstrom einen entsprechenden Entladestrom durch die Primärwicklung erzeugt, wobei ferner der Entladestrom eine Spannung am Schalter reduziert. Das Verfahren beinhaltet zudem das Feststellen, wann die Spannung am Schalter auf einen Grenzwert fällt, und das Einschalten des Schalters, sobald die Spannung auf den Grenzwert fällt.

**[0015]** Bei einigen Ausführungsformen ist der Schalter ein Transistor und der Entladestrom entlädt eine parasitäre Kapazität des Transistors und reduziert dadurch die Spannung am Transistor. Bei einigen Ausführungsformen beträgt der Grenzwert im Wesentlichen null Volt und ermöglicht dadurch das Schalten bei Nullspannung. Bei einigen Ausführungsformen beinhaltet das Verfahren zudem das Erfassen eines Werts eines Sekundärstroms durch die Sekundärwicklung des Transformators, wobei die Grenzwertbedingung in der Ausgangsschaltung dem Wert des Sekundärstroms entspricht, der von einem positiven Wert auf null wechselt.

**[0016]** Bei einigen Ausführungsformen beinhaltet das Ermöglichen des negativen Sekundärstroms das Erzeugen eines Antriebssignals, um den negativen Sekundärstrom zu ermöglichen, wobei das Antriebssignal eine Verzögerung beinhaltet, nachdem der Sekundärstrom vom positiven Wert auf null wechselt. Bei einigen Ausführungsformen beinhaltet das Ermöglichen des negativen Sekundärstroms das Ermöglichen eines alternativen Strompfads von einem Ausgangskondensator in der Ausgangsschaltung zur Sekundärwicklung. Bei einigen Ausführungsformen

wird der negative Sekundärstrom als Entladung vom Ausgangskondensator erzeugt, wenn der alternative Strompfad ermöglicht ist. Bei einigen Ausführungsformen beinhaltet das Ermöglichen des alternativen Strompfads das Einschalten eines zweiten Schalters innerhalb des alternativen Strompfads. Bei einigen Ausführungsformen ist der Schaltleistungswandler als eine Schaltung vom Sperrwandlertyp, eine Schaltung vom Durchflusswandlertyp, eine Schaltung vom Gegentaktwandlertyp, eine Schaltung vom Halbbrückenwandlertyp oder eine Schaltung vom Vollbrückenwandlertyp konfiguriert.

**[0017]** Bei einem anderen Aspekt wird ein anderes Verfahren zum Steuern eines Schaltleistungswandlers offenbart. Das Verfahren beinhaltet das Konfigurieren eines Schaltleistungswandlers mit einem Transformator, einer Ausgangsschaltung, die mit einer Sekundärwicklung des Transformators gekoppelt ist, und einem Schalter, der mit einer Primärwicklung des Transformators gekoppelt ist, wobei die Leistungswandlerschaltung so konfiguriert ist, dass sie in der Primärwicklung Energie speichert, während der Schalter eingeschaltet ist und ein positiver Primärstrom durch die Primärwicklung fließt, und dass sie die gespeicherte Energie von der Primärwicklung an die Ausgangsschaltung abgibt, während der Schalter ausgeschaltet ist und ein positiver Sekundärstrom durch die Sekundärwicklung fließt. Das Verfahren beinhaltet zudem das Erfassen des Sekundärstroms, um festzustellen, wann der Sekundärstrom von einem positiven Wert auf null fällt, während der Schalter ausgeschaltet ist. Das Verfahren beinhaltet zudem das Ermöglichen eines negativen Sekundärstroms durch die Sekundärwicklung, wenn festgestellt wird, dass der Sekundärstrom von einem positiven Wert auf null fällt, wobei der negative Sekundärstrom einen entsprechenden negativen Primärstrom durch die Primärwicklung erzeugt, wobei ferner der negative Primärstrom eine Spannung am Schalter reduziert. Das Verfahren beinhaltet zudem das Feststellen, wann die Spannung am Schalter auf einen Grenzwert fällt, und das Einschalten des Schalters, sobald die Spannung auf den Grenzwert fällt.

**[0018]** Bei einigen Ausführungsformen ist der Schalter ein Transistor und der negative Primärstrom entlädt eine parasitäre Kapazität des Transistors und reduziert dadurch die Spannung am Transistor. Bei einigen Ausführungsformen beträgt der Grenzwert im Wesentlichen null Volt und ermöglicht dadurch das Schalten bei Nullspannung. Bei einigen Ausführungsformen beinhaltet das Ermöglichen des negativen Sekundärstroms das Ermöglichen eines alternativen Strompfads von einem Ausgangskondensator in der Ausgangsschaltung zur Sekundärwicklung. Bei einigen Ausführungsformen wird der negative Sekundärstrom als Entladung vom Ausgangskondensator erzeugt, wenn der alternative Strompfad ermöglicht ist. Bei einigen Ausführungsformen beinhaltet das

Ermöglichen des alternativen Strompfads das Einschalten eines zweiten Schalters innerhalb des alternativen Strompfads. Bei einigen Ausführungsformen ist die Leistungswandlerschaltung als eine Schaltung vom Sperrwandlertyp konfiguriert. Bei einigen Ausführungsformen beinhaltet das Ermöglichen des negativen Sekundärstroms das Erzeugen eines Antriebssignals, um den negativen Sekundärstrom zu ermöglichen, wobei das Antriebssignal eine Verzögerung beinhaltet, nachdem der Sekundärstrom von einem positiven Wert auf null fällt.

**[0019]** Bei noch einem anderen Aspekt wird ein Schaltleistungswandler offenbart. Der Leistungswandler beinhaltet einen Transformator mit einer Primärwicklung, die mit einer Eingangsversorgungsspannung gekoppelt ist, und einer Sekundärwicklung, einen Schalter, der mit der Primärwicklung in Reihe geschaltet ist, eine erste Steuerung, die mit dem Schalter gekoppelt ist, wobei die erste Steuerung so konfiguriert ist, dass sie den Schalter ein- und ausschaltet, und eine Ausgangsschaltung, die mit der Sekundärwicklung gekoppelt ist. Die Ausgangsschaltung beinhaltet eine zweite Steuerung, die so konfiguriert ist, dass sie eine Grenzwertbedingung in der Ausgangsschaltung feststellt, bei welcher der Schalter eingeschaltet werden soll. Die zweite Steuerung ist ferner so konfiguriert, dass als Reaktion auf das Feststellen der Grenzwertbedingung sie einen negativen Sekundärstrom durch die Sekundärwicklung des Transformators ermöglicht. Der negative Sekundärstrom erzeugt einen entsprechenden Entladestrom durch die Primärwicklung, der eine Spannung am Schalter reduziert. Die erste Steuerung ist ferner so konfiguriert, dass sie feststellt, wann die Spannung am Schalter auf einen Grenzwert fällt, und den Schalter einschaltet, sobald die Spannung auf den Grenzwert fällt.

**[0020]** Bei einigen Ausführungsformen ist der Schalter ein Transistor und der Entladestrom entlädt eine parasitäre Kapazität des Transistors und reduziert dadurch die Spannung am Transistor. Bei einigen Ausführungsformen beträgt der Grenzwert im Wesentlichen null Volt und ermöglicht dadurch das Schalten bei Nullspannung. Bei einigen Ausführungsformen beinhaltet die Ausgangsschaltung zudem eine Erfassungsschaltung, die mit der Sekundärwicklung und der zweiten Steuerung gekoppelt ist, wobei die zweite Steuerung so konfiguriert ist, dass sie anhand von Daten, die von der Erfassungsschaltung erfasst wurden, einen Wert eines Sekundärstroms durch die Sekundärwicklung des Transformators feststellt, wobei die Grenzwertbedingung in der Ausgangsschaltung dem Wert entspricht, bei dem der Sekundärstrom von einem positiven Wert auf null wechselt.

**[0021]** Bei einigen Ausführungsformen ist die Erfassungsschaltung eine Spannungsteilerschaltung.

**[0022]** Bei einigen Ausführungsformen beinhaltet die Ausgangsschaltung zudem eine Diode, die mit der Sekundärwicklung des Transformators in Reihe geschaltet ist, und einen Ausgangskondensator, der mit der Diode in Reihe geschaltet ist, wobei die Diode so konfiguriert ist, dass sie einen Stromfluss von der Sekundärwicklung zum Ausgangskondensator ermöglicht, wenn sie vorwärts gerichtet ist. Bei einigen Ausführungsformen beinhaltet die Ausgangsschaltung zudem einen zweiten Schalter, der mit der Diode parallel geschaltet ist, wobei ferner die zweite Steuerung mit dem zweiten Schalter gekoppelt ist und die zweite Steuerung so konfiguriert ist, dass sie den zweiten Schalter ein- und ausschaltet. Bei einigen Ausführungsformen ist die zweite Steuerung ferner so konfiguriert, dass sie ein Antriebssignal für den zweiten Schalter erzeugt, wobei das Antriebssignal eine Verzögerung beinhaltet, nachdem die Grenzwertbedingung in der Ausgangsschaltung festgestellt wurde. Bei einigen Ausführungsformen wird, wenn der zweite Schalter eingeschaltet ist, ein alternativer Strompfad zwischen dem Ausgangskondensator und der Sekundärwicklung des Transformators ausgebildet, wobei ferner der negative Sekundärstrom über den alternativen Strompfad vom Ausgangskondensator zur Sekundärwicklung fließt. Bei einigen Ausführungsformen wird der negative Sekundärstrom als Entladung vom Ausgangskondensator erzeugt, wenn der alternative Strompfad ausgebildet ist. Bei einigen Ausführungsformen ist die Ausgangsschaltung als eine Schaltung mit bidirektionalem Stromfluss konfiguriert, wobei eine erste Stromflussrichtung positivem Sekundärstrom von der Sekundärwicklung zum Ausgangskondensator und zu einem Ausgang der Ausgangsschaltung zur Energieabgabe entspricht, und eine zweite Stromflussrichtung negativem Sekundärstrom vom Ausgangskondensator zur Sekundärwicklung entspricht, um eine Steuerung zum Schalten des mit der Primärwicklung gekoppelten Schalters bereitzustellen. Bei einigen Ausführungsformen ist der zweite Schalter ein Transistor.

**[0023]** Bei einigen Ausführungsformen beinhaltet der Leistungswandler zudem eine Erfassungsschaltung, die mit dem Schalter und mit der ersten Steuerung gekoppelt ist, wobei die erste Steuerung so konfiguriert ist, dass sie anhand von Daten, die von der Erfassungsschaltung erfasst wurden, die Spannung am Schalter feststellt. Bei einigen Ausführungsformen ist der Leistungswandler als eine Schaltung vom Sperrwandlertyp, eine Schaltung vom Durchflusswandlertyp, eine Schaltung vom Gegentaktwandlertyp, eine Schaltung vom Halbbrückenwandlertyp oder eine Schaltung vom Vollbrückenwandlertyp konfiguriert.

**[0024]** Bei noch einem anderen Aspekt wird ein weiterer Schaltleistungswandler offenbart. Der Leistungswandler beinhaltet einen Transformator, einen ersten Schalter, eine erste Steuerung, eine Diode,

einen zweiten Schalter, eine zweite Steuerung, einen Ausgangskondensator und eine Erfassungsschaltung. Der Transformator weist eine Primärwicklung auf, die mit einer Eingangsversorgungsspannung und einer Sekundärwicklung gekoppelt ist. Der erste Schalter ist mit der Primärwicklung in Reihe geschaltet. Die erste Steuerung ist mit dem ersten Schalter gekoppelt, wobei die erste Steuerung so konfiguriert ist, dass sie den ersten Schalter ein- und ausschaltet. Die Diode ist mit der Sekundärwicklung in Reihe geschaltet. Der zweite Schalter ist mit der Diode parallel geschaltet. Die zweite Steuerung ist mit dem zweiten Schalter gekoppelt, wobei die zweite Steuerung so konfiguriert ist, dass sie den zweiten Schalter ein- und ausschaltet. Der Ausgangskondensator ist mit der Diode und dem zweiten Schalter gekoppelt. Die Erfassungsschaltung ist mit der Sekundärwicklung und mit der zweiten Steuerung gekoppelt. Die zweite Steuerung ist so konfiguriert, dass sie anhand von Daten, die von der Erfassungsschaltung erfasst wurden, eine Grenzwertbedingung feststellt und den zweiten Schalter einschaltet, wenn die Grenzwertbedingung erfüllt ist, wodurch ein alternativer Strompfad ausgebildet wird, bei dem ein negativer Sekundärstrom vom Ausgangskondensator zur Sekundärwicklung fließt. Der negative Sekundärstrom erzeugt einen entsprechenden Entladestrom durch die Primärwicklung, der eine Spannung am ersten Schalter reduziert. Die erste Steuerung ist ferner so konfiguriert, dass sie feststellt, wann die Spannung am ersten Schalter auf einen Grenzwert fällt, und den ersten Schalter einschaltet, sobald die Spannung auf den Grenzwert fällt.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0025]** Verschiedene beispielhafte Ausführungsformen werden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche Bauteile beziehen. Die beispielhaften Ausführungsformen sollen die Erfindung erläutern aber nicht einschränken. Es zeigen:

**[0026]** Fig. 1 einen herkömmlichen Spannungswandler vom Sperrwandlertyp,

**[0027]** Fig. 2 einen Leistungswandler nach einer Ausführungsform und

**[0028]** Fig. 3 beispielhafte Spannungs- und Stromwellenformen, die dem Betrieb des Leistungswandlers aus Fig. 2 entsprechen.

#### Detaillierte Beschreibung der Ausführungsformen

**[0029]** Ausführungsformen der vorliegenden Anwendung beziehen sich auf einen Leistungswandler. Der Fachmann wird erkennen, dass die folgende detaillierte Beschreibung des Leistungswandlers lediglich der Erläuterung dient und in keiner Weise

einschränkend ist. Weitere Ausführungsformen des Leistungswandlers werden sich dem Fachmann, dem diese Offenbarung vorliegt, ohne weiteres erschließen.

**[0030]** Im Folgenden wird genauer auf verschiedene Ausführungen des Leistungswandlers, wie er in den beigefügten Zeichnungen dargestellt ist, Bezug genommen. In den Zeichnungen und der folgenden detaillierten Beschreibung werden für dieselben oder ähnliche Bauteile dieselben Bezugszeichen verwendet. Der Einfachheit halber sind nicht alle Standardmerkmale der hierin beschriebenen Ausführungen dargestellt und beschrieben. Es wird selbstverständlich darauf hingewiesen, dass bei der Entwicklung einer jeglichen tatsächlichen Ausführung zahlreiche ausführungsspezifische Entscheidungen getroffen werden müssen, um die spezifischen Ziele des Entwicklers zu erreichen, wie beispielsweise die Anpassung an anwendungs- und geschäftsbezügliche Vorgaben, und dass sich diese spezifischen Ziele je nach Ausführung und je nach Entwickler unterscheiden. Darüber hinaus wird darauf hingewiesen, dass ein solcher Entwicklungsaufwand energie- und zeitaufwändig sein kann, für einen Fachmann, dem diese Offenbarung vorliegt, jedoch einen Routinevorgang darstellt.

**[0031]** Fig. 2 zeigt einen Leistungswandler nach einer Ausführungsform. Der Leistungswandler **100** ist so konfiguriert, dass er ein Signal mit einer unregelmäßigen Gleichspannung  $V_{in}$  an einem Eingangsknoten empfängt und eine geregelte Ausgangsspannung  $V_{out}$  bereitstellt. Die Eingangsspannung der Schaltung kann unregelmäßige Gleichspannung sein, die von einer Wechselstromquelle abgeleitet und gleichgerichtet wurde. Die Eingangsspannung wird in der Regel gefiltert, beispielsweise über einen Kondensator **102**. Bei einigen Ausführungsformen ist das Ausgangsspannungsniveau für zahlreiche Niederspannungsgeräte, wie beispielsweise Computerlaptops, Mobiltelefone und andere Handgeräte, geeignet. Bei einer beispielhaften Ausführungsform kann die Ausgangsspannung  $V_{out}$  innerhalb des Bereichs von 5–40 VDC eingestellt werden. Alternativ kann der Leistungswandler **100** eine Ausgangsspannung  $V_{out}$  bereitstellen, die kleiner als 5 VDC oder größer als 40 VDC ist.

**[0032]** Der Leistungswandler **100** ist als ein Sperrwandler konfiguriert. Es versteht sich, dass die hierin beschriebenen Konzepte auf alternativ konfigurierte Schaltwandler, einschließlich, ohne darauf beschränkt zu sein, eines Durchflusswandlers, eines Gegentaktwandlers, eines Halbbrückenwandlers und eines Vollbrückenwandlers, anwendbar sind. Der Leistungswandler **100** beinhaltet einen Schalter **106**, eine Steuerung **114**, einen Erfassungswiderstand **112** und einen Transformator **104**. Der Schalter **106** ist mit einer Primärwicklung des Transformators **104**

und dem Erfassungswiderstand **112** in Reihe geschaltet. Die Steuerung **114** ist mit dem Schalter **106** gekoppelt, um den Schalter ein- und auszuschalten.

**[0033]** Der Leistungswandler **100** beinhaltet ferner eine Ausgangsschaltung, die mit einer Sekundärwicklung des Transformators **104** gekoppelt ist. Die Ausgangsschaltung beinhaltet eine Freilaufgleichrichterdiode **116**, einen Schalter **118**, eine Steuerung **120** und einen Ausgangskondensator **126**. Der Schalter **118** ist mit der Diode **116** parallel geschaltet. Eine Anode der Diode **116** ist mit einem ersten Anschluss der Sekundärwicklung gekoppelt. Eine Kathode der Diode **116** ist mit einem ersten Anschluss des Ausgangskondensators **126** und mit dem Ausgangsknoten  $V_{out}$  gekoppelt. Der Ausgangskondensator **126** ist über eine Ausgangslast, die durch einen Widerstand **128** dargestellt ist, mit dem  $V_{out}$ -Knoten gekoppelt. Die Steuerung **120** ist mit dem Schalter **118** gekoppelt, um den Schalter ein- und auszuschalten. Die Ausgangsschaltung beinhaltet zudem eine Erfassungsschaltung, die so konfiguriert ist, dass sie einen Strom  $I_{sec}$  der Sekundärwicklung misst. Bei der beispielhaften Konfiguration aus **Fig. 2** beinhaltet die Erfassungsschaltung einen ohmschen Spannungsteiler, der die Widerstände **122** und **124** beinhaltet, die zum Kondensator **126** parallel geschaltet sind, um eine Spannung am Kondensator **126** zu messen. Bei einer alternativen Konfiguration (nicht dargestellt) kann die Erfassungsschaltung einen ohmschen Spannungsteiler beinhalten, der zur Sekundärwicklung parallel geschaltet ist. Allgemein kann die Erfassungsschaltung so konfiguriert sein, dass sie jegliche herkömmliche Technik zum Feststellen des Werts des Sekundärstroms  $I_{sec}$  nutzt.

**[0034]** Der Schalter **106** und der Schalter **118** sind jeweils eine geeignete Schaltvorrichtung. Bei einer beispielhaften Ausführungsform sind der Schalter **106** und der Hilfsschalter **118** jeweils eine n-leitende Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor-Vorrichtung (MOSFET-Vorrichtung). Alternativ können der Schalter **106** und/oder der Schalter **118** durch eine jegliche andere, dem Fachmann bekannte Halbleiter-Schaltvorrichtung ersetzt werden. Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich auf einen n-Kanal-MOSFET. Die parasitäre Kapazität des Transistors **106** ist als parasitärer Kondensator **110** dargestellt, und die inhärente Body-Diode des Transistors **106** ist als Body-Diode **108** dargestellt.

**[0035]** Der Leistungswandler **100** ist für die Leistungsabgabe im Schaltbetrieb unter Verwendung von Nullspannungsschalten des Transistors **106** konfiguriert. Wenn im Betrieb der Transistor **106** eingeschaltet ist, so die Drain-Source-Spannung  $V_{ds}$  im Wesentlichen gleich null. Bei der Ausführung ist der Wert des Widerstands **112** sehr klein, sodass der Spannungsabfall am Widerstand vernachlässigbar ist. Das Nullspannungsschalten als solches wird automatisch

erreicht, wenn der Transistor **106** aus dem eingeschalteten in den ausgeschalteten Zustand versetzt wird. Wenn der Transistor **106** ausgeschaltet ist, bewirkt die parasitäre Kapazität des Transistors allerdings, dass die Drain-Source-Spannung  $V_{ds}$  ungleich null ist. Bevor der Transistor **106** aus dem eingeschalteten in den ausgeschalteten Zustand versetzt wird, wird die Drain-Source-Spannung  $V_{ds}$  auf null bzw. nahezu null gezwungen. Um die Drain-Source-Spannung  $V_{ds}$  auf null zu zwingen, ist die Ausgangsschaltung so konfiguriert, dass sie einen negativen Sekundärstrom  $I_{sec}$  durch die Sekundärwicklung des Transformators **104** erzeugt. Der negative Sekundärstrom  $I_{sec}$  wird auf die Primärseite der Schaltung reflektiert und erzeugt einen auf den Transistor **106** wirkenden negativen Primärstrom bzw. Entladestrom  $I_{pri}$ . Der Entladestrom senkt die Drain-Source-Spannung  $V_{ds}$ . Die Steuerung **114** ist so konfiguriert, dass sie den Transistor **106** einschaltet, wenn die Drain-Source-Spannung  $V_{ds}$  null oder einem anderen Grenzwert ungleich null entspricht, wodurch das Nullspannungsschalten bereitgestellt wird. Bei einigen Ausführungsformen erfasst die Steuerung **114** eine Source-Spannung  $V_s$  und stellt anhand der erfassten Source-Spannung  $V_s$  fest, wann die entsprechende Drain-Source-Spannung  $V_{ds}$  gleich null ist. Es versteht sich, dass alternative Konfigurationen verwendbar sind, um die Schaltungsbedingungen zu erfassen und festzustellen, wann die Drain-Source-Spannung  $V_{ds}$  gleich null ist.

**[0036]** **Fig. 3** zeigt beispielhafte Spannungs- und Stromwellenformen, die dem Betrieb des Leistungswandlers **100** aus **Fig. 2** entsprechen. Eine Wellenform **200** zeigt die Gate-Spannung  $V_g$  des Transistors **106**. Eine Wellenform **202** zeigt die Drain-Spannung  $V_d$  des Transistors **106**. Eine Wellenform **204** zeigt den Primärstrom  $I_{pri}$  durch die Primärwicklung des Transformators **104**. Eine Wellenform **206** zeigt die Drain-Source-Spannung  $V_{ds}$  des Transistors **106**. Eine Wellenform **208** zeigt den Sekundärstrom  $I_{sec}$  durch die Sekundärwicklung des Transformators **104**.

**[0037]** Wie bei Wellenform **200** gezeigt, ist der Transistor **106** ausgeschaltet, wenn die Gate-Spannung  $V_g$  gering ist bzw. in diesem Fall null Volt beträgt, und eingeschaltet, wenn die Gate-Spannung  $V_g$  hoch ist bzw. in diesem Fall **12** Volt beträgt. Zum Zeitpunkt  $T_1$  steigt die Gate-Spannung  $V_g$  an und der Transistor **106** wird eingeschaltet. Wenn der Transistor **106** eingeschaltet ist, beträgt die Drain-Spannung  $V_d$  null Volt, wie in Wellenform **202** dargestellt ist. Der Wert des Widerstands **112** ist sehr klein, sodass der Spannungsabfall am Widerstand vernachlässigbar ist. Die Drain-Spannung  $V_d$  bleibt gleich Null, nachdem der Transistor **106** ausgeschaltet wurde.

**[0038]** Wenn der Transistor **106** zum Zeitpunkt  $T_1$  eingeschaltet wird, steigt der Primärstrom  $I_{pri}$  an,

wie in Wellenform **204** dargestellt ist. Da der Leistungswandler **100** eine Sperrwandlerkonfiguration aufweist, ist die Diode **116** rückwärts gerichtet, wenn der Transistor **106** eingeschaltet ist. Aufgrund der rückwärts gerichteten Diode **116** ist der Sekundärstrom  $I_{sec}$  gleich Null, wie in Wellenform **208** dargestellt, während der Transistor **106** eingeschaltet ist. Während der Transistor **106** eingeschaltet bleibt, speichert die Primärwicklung des Transformators **104** aufgrund des positiven Primärstroms  $I_{pri}$  Energie.

**[0039]** Zum Zeitpunkt  $t_2$  sinkt die Gate-Spannung  $V_g$  und der Transistor **106** wird ausgeschaltet. Wenn der Transistor **106** ausgeschaltet wird, geht der Primärstrom  $I_{pri}$  auf null und die Drain-Spannung  $V_d$  und die Drain-Source-Spannung  $V_{ds}$  steigen an. Bei hoher Drain-Spannung  $V_d$  wird die Diode **116** vorwärts gerichtet. Die in der Primärwicklung des Transformators **104** gespeicherte Energie induziert einen positiven Sekundärstrom  $I_{sec}$ , der durch die vorwärts gerichtete Diode **116** an den Ausgangsknoten  $V_{out}$  übertragen wird. Auf diese Weise wird Energie an die Last abgegeben und zudem wird Energie im Kondensator **126** gespeichert. Während die in der Primärwicklung gespeicherte Energie abgebaut wird, nimmt der Wert des Sekundärstroms  $I_{sec}$  ab, bis die Energie vollständig abgebaut und der Sekundärstrom  $I_{sec}$  gleich null ist, was dem Zeitpunkt **3** in **Fig. 3** entspricht.

**[0040]** Bleibt bei herkömmlichen Sperrwandlern der Transistor ausgeschaltet, wenn der Sekundärstrom  $I_{sec}$  null erreicht, wie zum Zeitpunkt  $t_3$ , so führt die als parasitäre Kapazität im Transistor gespeicherte Energie zu einer resonanten Schaltung, die durch die Primärwicklung und den äquivalenten parasitären Kondensator des Transistors ausgebildet ist.

**[0041]** Bei dieser resonanten Schaltung schwingt die Drain-Spannung  $V_d$  auf und ab. Der Transistor wird an einem der Tiefpunkte der schwingenden Drain-Spannung  $V_d$  eingeschaltet.

**[0042]** Der erfindungsgemäße Leistungswandler ist im Gegensatz dazu so konfiguriert, dass er die parasitäre Kapazität am Transistor **106** steuert und die Drain-Source-Spannung  $V_{ds}$  auf null bzw. nahezu null bringt, bevor der Transistor eingeschaltet wird. Die Erfassungsschaltung und die Steuerung in der Ausgangsschaltung erfassen und stellen fest, wann der Sekundärstrom  $I_{sec}$  null erreicht. Bei der beispielhaften Konfiguration aus **Fig. 3** ist die Steuerung **120** so konfiguriert, dass sie den Sekundärstrom  $I_{sec}$  über den ohmschen Spannungsteiler, der durch die Widerstände **122** und **124** ausgebildet ist, erfasst und feststellt. Wenn der Sekundärstrom  $I_{sec}$  zu dem in **Fig. 3** dargestellten Zeitpunkt  $t_3$  null erreicht, schaltet die Steuerung **120** den Transistor **118** ein. Wenn der Transistor **118** eingeschaltet ist, wird ein alternativer Strompfad vom positiv geladenen Kondensator **126** zur Sekundärwicklung des Transformators **104**

ausgebildet, der die vorwärts gerichtete Diode **116** umgeht. Ohne diesen alternativen Strompfad wird jeder negative Strom aufgrund des positiv geladenen Kondensators **126** durch die vorwärts gerichtete Diode **116** blockiert. Der alternative Strompfad ermöglicht es, dass negativer Strom vom positiv geladenen Kondensator **126** durch den eingeschalteten Transistor **118** und durch die Sekundärwicklung fließt. Dieser negative Strom ist in Wellenform **208** als negativer Sekundärstrom  $I_{sec}$  von Zeitpunkt  $t_3$  bis Zeitpunkt  $t_4$  dargestellt. Der negative Sekundärstrom  $I_{sec}$  wird auf die Primärseite der Schaltung reflektiert. Wenn der negative Sekundärstrom  $I_{sec}$  zum Zeitpunkt  $t_4$  einen Grenzwert erreicht, wird ein negativer Primärstrom  $I_{pri}$  bzw. Entladestrom induziert. Der negative Primärstrom  $I_{pri}$  entlädt die parasitäre Kapazität des Transistors **106** und reduziert dadurch die Drain-Source-Spannung  $V_{ds}$ .

**[0043]** Die Steuerung **114** stellt fest, wann die Drain-Source-Spannung  $V_{ds}$  auf null Volt gesenkt wird, was dem Zeitpunkt  $t_5$  in **Fig. 3** entspricht. Wenn die Steuerung **114** feststellt, dass die Drain-Source-Spannung  $V_{ds}$  gleich null ist bzw. innerhalb eines akzeptablen Nullbereichs liegt, wird der Transistor **106** eingeschaltet, wodurch Nullspannungsschalten erreicht wird. Der Entladestrompegel lässt sich in einfacher Weise durch das Einstellen einer Ausschaltverzögerung des Transistors **118**, nachdem der Sekundärstrom  $I_{sec}$  auf null gefallen ist, programmieren. Je länger die Ausschaltverzögerung ist, umso höher ist der Entladestrom. Das Steuerungsschema sorgt dafür, dass genügend Entladestrom erzeugt wird, um die parasitäre Kapazität zu entladen und die Drain-Source-Spannung  $V_{ds}$  auf null zu senken.

**[0044]** Auf diese Weise ist der Leistungswandler so konfiguriert, dass die Drain-Source-Spannung  $V_{ds}$  des Schalttransistors auf null gebracht wird, um Nullspannungsschalten zu erreichen. Der Leistungswandler nutzt nicht die Schwingungen einer resonanten Schaltung zur zeitlichen Steuerung der Transistorschaltung. Der Leistungswandler nutzt auch kein Rückmeldesignal, um der Steuerung **114** zu signalisieren, wann der Transistor **106** einzuschalten ist. Der Leistungswandler ist als eine bidirektionale Schaltung konfiguriert. Ein positiver Sekundärstrom  $I_{sec}$  wird in einer ersten Richtung durch die Sekundärwicklung abgegeben, um Energie abzugeben, und ein negativer Sekundärstrom  $I_{sec}$  wird in einer zweiten Richtung durch die Sekundärwicklung abgegeben, um das Nullspannungsschalten des Transistors **106** zu erzwingen. Dieses Steuerungsschema zum Ermöglichen von Nullspannungsschalten führt zu keinen zusätzlichen Spannungsbelastungen des Transistors **106**.

**[0045]** Bei einigen Ausführungsformen erzeugt die Steuerung **120** ein Antriebssignal für den Transistor **118** mit einer Verzögerung, nachdem der Sekundär-



strom Isec auf null gefallen ist. Während der Verzögerung schwingt die parasitäre Kapazität des Transistors **106** mit der Streuinduktivität, weshalb es keine Auswirkungen auf das Einschalten des Transistors **106** nach der Verzögerung gibt. Mit dieser Verzögerung kann der Leistungswandler im Lückbetrieb (Discontinuous Current Mode, DCM) und mit Festfrequenzschaltung arbeiten. Diese Verzögerung ermöglicht den Skip Cycle (Burst Mode) für leichte Lasten im DCM oder Critical DCM.

**[0046]** Bei einer alternativen Konfiguration wird statt der Diode **116** und des Transistors **118** ein bidirektionaler Schalter verwendet. Eine Body-Diode des bidirektionalen Schalters fungiert als Freilaufdiode **116**. Die Steuerung des bidirektionalen Schalters ist dieselbe wie die des Transistors **118**, um einen negativen Sekundärstrom Isec zu ermöglichen.

**[0047]** Die vorliegende Anwendung wurde in Bezug auf bestimmte Ausführungsformen unter Einbeziehung von Details beschrieben, um das Verständnis der Konstruktions- und Funktionsprinzipien des Leistungswandlers zu erleichtern. Viele der in den einzelnen Figuren dargestellten und beschriebenen Bauteile sind austauschbar, um die erforderlichen Ergebnisse zu erzielen, und die vorliegende Beschreibung ist so zu verstehen, dass entsprechende Austausche ebenfalls inbegriffen sind. Jegliche Bezugnahme auf bestimmte Ausführungsformen und Details derselben sollen nicht den Umfang der beigefügten Ansprüche einschränken. Der Fachmann wird erkennen, dass an den Ausführungsformen, die zu Erläuterungszwecken ausgewählt wurden, Änderungen vorgenommen werden können, ohne vom Geist und Umfang der Anwendung abzuweichen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Schaltleistungswandlers, umfassend;  
 a. Konfigurieren eines Schaltleistungswandlers mit einem Transformator, einer Ausgangsschaltung, die mit einer Sekundärwicklung des Transformators gekoppelt ist, und einem Schalter, der mit einer Primärwicklung des Transformators gekoppelt ist;  
 b. Feststellen einer Grenzwertbedingung in der Ausgangsschaltung, bei welcher der Schalter eingeschaltet werden soll;  
 c. Ermöglichen eines negativen Sekundärstroms durch die Sekundärwicklung des Transformators als Reaktion auf das Feststellen der Grenzwertbedingung, wobei der negative Sekundärstrom einen entsprechenden Entladestrom durch die Primärwicklung erzeugt, wobei ferner der Entladestrom eine Spannung am Schalter reduziert;  
 d. Feststellen, wann die Spannung am Schalter auf einen Grenzwert fällt; und  
 e. Einschalten des Schalters, sobald die Spannung auf den Grenzwert fällt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schalter einen Transistor umfasst und der Entladestrom eine parasitäre Kapazität des Transistors entlädt und dadurch die Spannung am Transistor reduziert.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Grenzwert im Wesentlichen null Volt beträgt und dadurch das Schalten bei Nullspannung ermöglicht.

4. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend das Erfassen eines Werts eines Sekundärstroms durch die Sekundärwicklung des Transformators, wobei die Grenzwertbedingung in der Ausgangsschaltung dem Wert entspricht, bei dem der Sekundärstrom von einem positiven Wert auf null wechselt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Ermöglichen des negativen Sekundärstroms das Erzeugen eines Antriebssignals umfasst, um den negative Sekundärstrom zu ermöglichen, wobei das Antriebssignal eine Verzögerung beinhaltet, nachdem der Sekundärstrom vom positiven Wert auf null wechselt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Ermöglichen des negativen Sekundärstroms das Ermöglichen eines alternativen Strompfads von einem Ausgangskondensator in der Ausgangsschaltung zur Sekundärwicklung umfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der negative Sekundärstrom als Entladung vom Ausgangskondensator erzeugt wird, wenn der alternative Strompfad ermöglicht ist.

8. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Ermöglichen des alternativen Strompfads das Einschalten eines zweiten Schalters innerhalb des alternativen Strompfads umfasst.

9. Verfahren nach Anspruch 1 wobei der Schaltleistungswandler als eine Schaltung vom Sperrwandlertyp, eine Schaltung vom Durchflusswandlertyp, eine Schaltung vom Gegentaktwandlertyp, eine Schaltung vom Halbbrückenwandlertyp oder eine Schaltung vom Vollbrückenwandlertyp konfiguriert ist.

10. Verfahren zum Steuern eines Schaltleistungswandlers, umfassend:

a. Konfigurieren eines Schaltleistungswandlers mit einem Transformator, einer Ausgangsschaltung, die mit einer Sekundärwicklung des Transformators gekoppelt ist, und einem Schalter, der mit einer Primärwicklung des Transformators gekoppelt ist, wobei die Leistungswandlerschaltung so konfiguriert ist, dass sie in der Primärwicklung Energie speichert, während der Schalter eingeschaltet ist und ein positiver Primärstrom durch die Primärwicklung fließt, und dass sie die gespeicherte Energie von der Primärwicklung an die Ausgangsschaltung leitet, während der Schal-

ter ausgeschaltet ist und ein positiver Sekundärstrom durch die Sekundärwicklung fließt;

b. Erfassen des Sekundärstroms, um festzustellen, wann der Sekundärstrom von einem positiven Wert auf null fällt, während der Schalter ausgeschaltet ist;

c. Ermöglichen eines negativen Sekundärstroms durch die Sekundärwicklung, wenn festgestellt wird, dass der Sekundärstrom von einem positiven Wert auf null fällt, wobei der negative Sekundärstrom einen entsprechenden negativen Primärstrom durch die Primärwicklung erzeugt, wobei ferner der negative Primärstrom eine Spannung am Schalter reduziert;

d. Feststellen, wann die Spannung am Schalter auf einen Grenzwert fällt; und

e. Einschalten des Schalters, sobald die Spannung auf den Grenzwert fällt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Schalter einen Transistor umfasst und der negative Primärstrom eine parasitäre Kapazität des Transistors entlädt und dadurch die Spannung am Transistor reduziert.

12. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Grenzwert im Wesentlichen null Volt beträgt und dadurch das Schalten bei Nullspannung ermöglicht.

13. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das Ermöglichen des negativen Sekundärstroms das Ermöglichen eines alternativen Strompfads von einem Ausgangskondensator in der Ausgangsschaltung zur Sekundärwicklung umfasst.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der negative Sekundärstrom als Entladung vom Ausgangskondensator erzeugt wird, wenn der alternative Strompfad ermöglicht ist.

15. Verfahren nach Anspruch 13, wobei das Ermöglichen des alternativen Strompfads das Einschalten eines zweiten Schalters innerhalb des alternativen Strompfads umfasst.

16. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Leistungswandlerschaltung als eine Schaltung vom Sperrwandlertyp konfiguriert ist.

17. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das Ermöglichen des negativen Sekundärstroms das Erzeugen eines Antriebssignals umfasst, um den negative Sekundärstrom zu ermöglichen, wobei das Antriebssignal eine Verzögerung beinhaltet, nachdem der Sekundärstrom vom positiven Wert auf null fällt.

18. Schaltleistungswandler, umfassend:

a. einen Transformator mit einer Primärwicklung, die mit einer Eingangsversorgungsspannung gekoppelt ist, und einer Sekundärwicklung;

b. einen Schalter, der mit der Primärwicklung in Reihe geschaltet ist;

c. eine erste Steuerung, die mit dem Schalter gekoppelt ist, wobei die erste Steuerung so konfiguriert ist, dass sie den Schalter ein- und ausschaltet; und

d. eine Ausgangsschaltung, die mit der Sekundärwicklung gekoppelt ist, wobei die Ausgangsschaltung eine zweite Steuerung umfasst, die so konfiguriert ist, dass sie eine Grenzwertbedingung in der Ausgangsschaltung feststellt, bei welcher der Schalter eingeschaltet werden soll, wobei die zweite Steuerung ferner so konfiguriert ist, dass sie einen negativen Sekundärstrom durch die Sekundärwicklung des Transformators als Reaktion auf das Feststellen der Grenzwertbedingung ermöglicht, wobei der negative Sekundärstrom einen entsprechenden Entladestrom durch die Primärwicklung erzeugt, der eine Spannung am Schalter reduziert, wobei die erste Steuerung ferner so konfiguriert ist, dass sie feststellt, wann die Spannung am Schalter auf einen Grenzwert fällt, und den Schalter einschaltet, sobald die Spannung auf den Grenzwert fällt.

19. Leistungswandler nach Anspruch 18, wobei der Schalter einen Transistor umfasst und der Entladestrom eine parasitäre Kapazität des Transistors entlädt und dadurch die Spannung am Transistor reduziert.

20. Leistungswandler nach Anspruch 18, wobei der Grenzwert im Wesentlichen null Volt beträgt und dadurch das Schalten bei Nullspannung ermöglicht.

21. Leistungswandler nach Anspruch 18, wobei die Ausgangsschaltung ferner eine Erfassungsschaltung umfasst, die mit der Sekundärwicklung und der zweiten Steuerung gekoppelt ist, wobei die zweite Steuerung so konfiguriert ist, dass sie anhand von Daten, die von der Erfassungsschaltung erfasst wurden, einen Wert eines Sekundärstroms durch die Sekundärwicklung des Transformators feststellt, wobei die Grenzwertbedingung in der Ausgangsschaltung dem Wert entspricht, bei dem der Sekundärstrom von einem positiven Wert auf null wechselt.

22. Leistungswandler nach Anspruch 21, wobei die Erfassungsschaltung eine Spannungsteilerschaltung umfasst.

23. Leistungswandler nach Anspruch 18, wobei die Ausgangsschaltung ferner eine Diode, die mit der Sekundärwicklung des Transformators in Reihe geschaltet ist, und einen Ausgangskondensator, der mit der Diode in Reihe geschaltet ist, umfasst, wobei die Diode so konfiguriert ist, dass sie einen Stromfluss von der Sekundärwicklung zum Ausgangskondensator ermöglicht, wenn sie vorwärts gerichtet ist.

24. Leistungswandler nach Anspruch 23, wobei die Ausgangsschaltung ferner einen zweiten Schal-

ter umfasst, der mit der Diode parallel geschaltet ist, wobei ferner die zweite Steuerung mit dem zweiten Schalter gekoppelt ist und die zweite Steuerung so konfiguriert ist, dass sie den zweiten Schalter ein- und ausschaltet.

25. Leistungswandler nach Anspruch 24, wobei die zweite Steuerung ferner so konfiguriert ist, dass sie ein Antriebssignal für den zweiten Schalter erzeugt, wobei das Antriebssignal eine Verzögerung beinhaltet, nachdem die Grenzwertbedingung in der Ausgangsschaltung festgestellt wurde.

26. Leistungswandler nach Anspruch 24, wobei ein alternativer Strompfad zwischen dem Ausgangskondensator und der Sekundärwicklung des Transformators ausgebildet wird, wenn der zweite Schalter eingeschaltet ist, wobei der negative Sekundärstrom über den alternativen Strompfad vom Ausgangskondensator zur Sekundärwicklung fließt.

27. Leistungswandler nach Anspruch 26, wobei der negative Sekundärstrom als Entladung vom Ausgangskondensator erzeugt wird, wenn der alternative Strompfad ausgebildet ist.

28. Leistungswandler nach Anspruch 26, wobei die Ausgangsschaltung als eine Schaltung mit bidirektionalem Stromfluss konfiguriert ist, wobei eine erste Stromflussrichtung positivem Sekundärstrom von der Sekundärwicklung zum Ausgangskondensator und zu einem Ausgang der Ausgangsschaltung zur Energiebereitstellung entspricht und eine zweite Stromflussrichtung negativem Sekundärstrom vom Ausgangskondensator zur Sekundärwicklung entspricht, um eine Steuerung zum Schalten des mit der Primärwicklung gekoppelten Schalters bereitzustellen.

29. Leistungswandler nach Anspruch 24, wobei der zweite Schalter einen Transistor umfasst.

30. Leistungswandler nach Anspruch 18, ferner umfassend eine Erfassungsschaltung, die mit dem Schalter und mit der ersten Steuerung gekoppelt ist, wobei die erste Steuerung so konfiguriert ist, dass sie anhand von Daten, die von der Erfassungsschaltung erfasst wurden, die Spannung am Schalter feststellt.

31. Leistungswandler nach Anspruch 18, wobei der Leistungswandler als eine Schaltung vom Sperrwandlertyp, eine Schaltung vom Durchflusswandlertyp, eine Schaltung vom Gegentaktwandlertyp, eine Schaltung vom Halbbrückenwandlertyp oder eine Schaltung vom Vollbrückenwandlertyp konfiguriert ist.

32. Schaltleistungswandler, umfassend:

a. einen Transformator mit einer Primärwicklung, die mit einer Eingangsversorgungsspannung gekoppelt ist, und einer Sekundärwicklung;

b. einen ersten Schalter, der mit der Primärwicklung in Reihe geschaltet ist;

c. eine erste Steuerung, die mit dem ersten Schalter gekoppelt ist, wobei die erste Steuerung so konfiguriert ist, dass sie den ersten Schalter ein- und ausschaltet;

d. eine Diode, die mit der Sekundärwicklung in Reihe geschaltet ist;

e. einen zweiten Schalter, der mit der Diode parallel geschaltet ist;

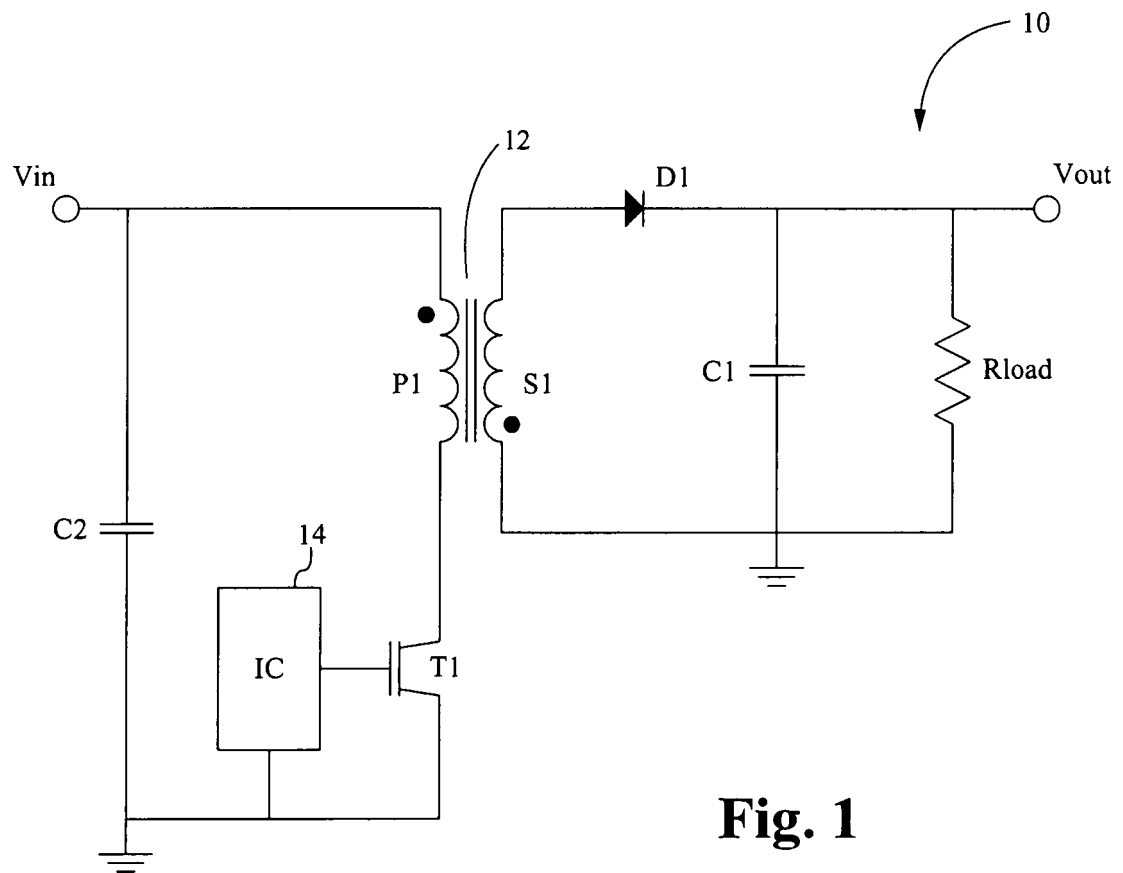
f. eine zweite Steuerung, die mit dem zweiten Schalter gekoppelt ist, wobei die zweite Steuerung so konfiguriert ist, dass sie den zweiten Schalter ein- und ausschaltet;

g. einen Ausgangskondensator, der mit der Diode und dem zweiten Schalter gekoppelt ist; und

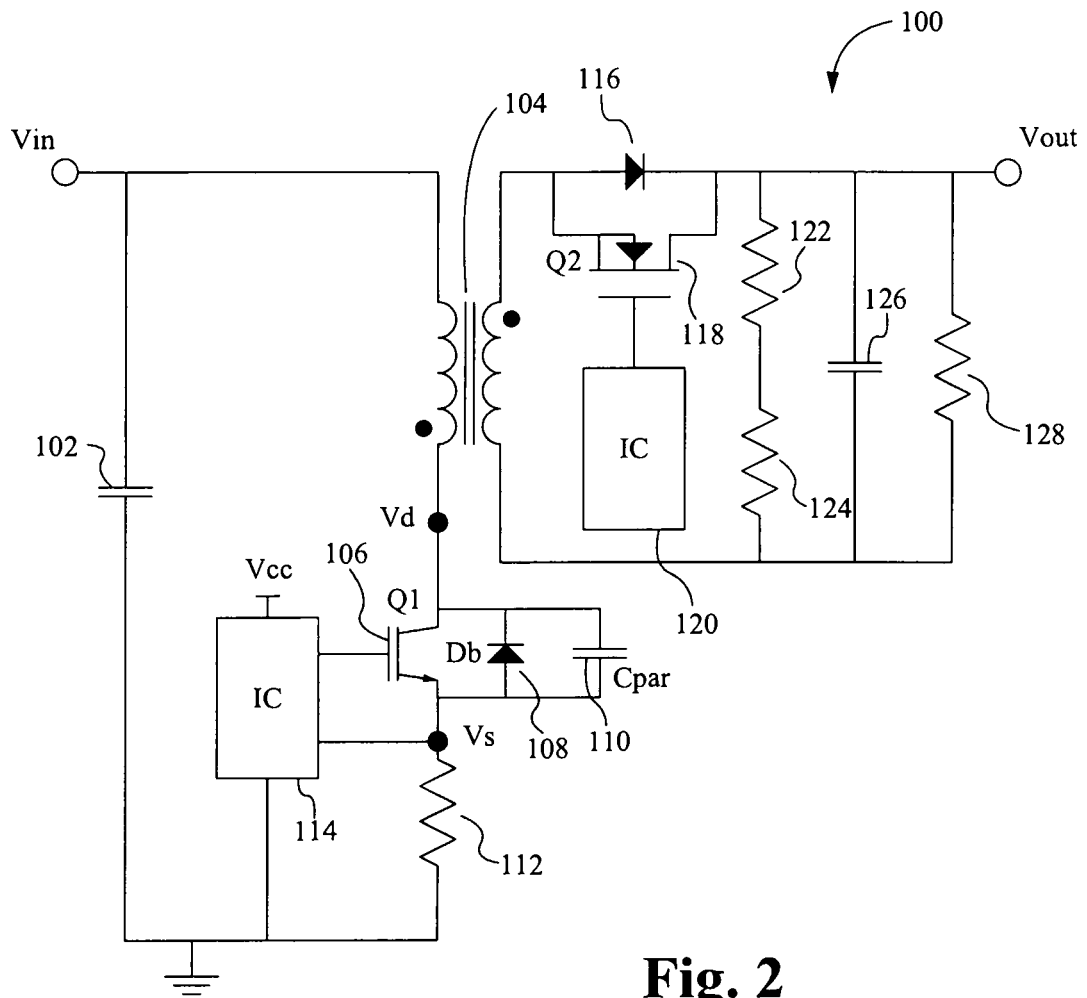
h. eine Erfassungsschaltung, die mit der Sekundärwicklung und der zweiten Steuerung gekoppelt ist, wobei die zweite Steuerung so konfiguriert ist, dass sie anhand von Daten, die von der Erfassungsschaltung erfasst wurden, eine Grenzwertbedingung feststellt und den zweiten Schalter einschaltet, wenn die Grenzwertbedingung erfüllt ist, wodurch ein alternativer Strompfad ausgebildet wird, bei dem ein negativer Sekundärstrom vom Ausgangskondensator zur Sekundärwicklung fließt, wobei der negative Sekundärstrom einen entsprechenden Entladestrom durch die Primärwicklung erzeugt, die eine Spannung am ersten Schalter reduziert, wobei die erste Steuerung ferner so konfiguriert ist, dass sie feststellt, wann die Spannung am ersten Schalter auf einen Grenzwert fällt, und den ersten Schalter einschaltet, sobald die Spannung auf den Grenzwert fällt.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

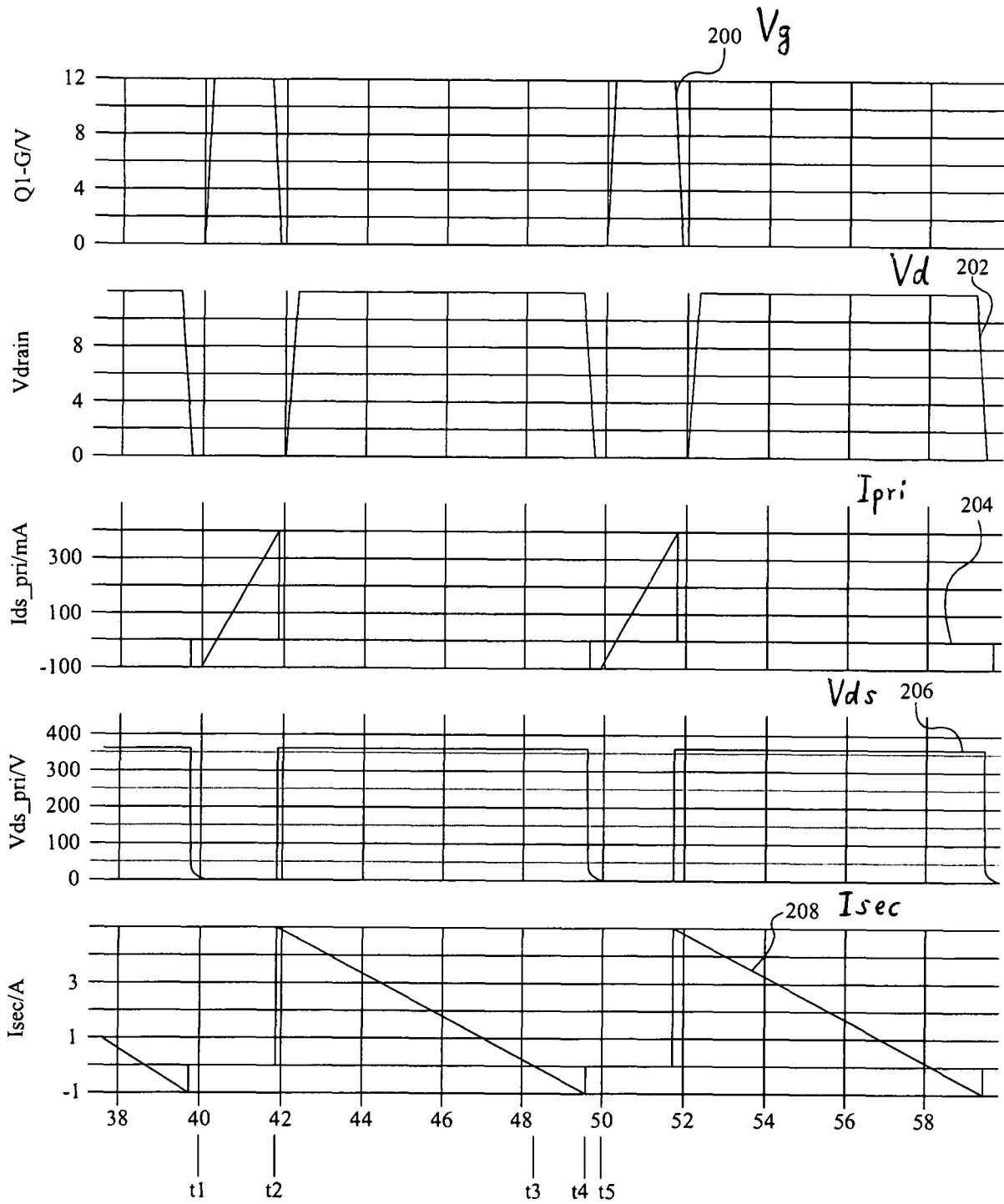
Anhängende Zeichnungen



**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**