



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 121 996.4**  
(22) Anmeldetag: **16.12.2015**  
(43) Offenlegungstag: **23.06.2016**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **16.09.2021**

(51) Int Cl.: **H02M 1/32 (2007.01)**  
**H02M 1/08 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität: <b>14/573,750</b> <b>17.12.2014</b> <b>US</b>	(72) Erfinder: <b>Pavlovsky, Martin, 81675 München, DE; Rettinger, Heiko, 81827 München, DE</b>
(73) Patentinhaber: <b>Infineon Technologies Austria AG, Villach, AT</b>	(56) Ermittelter Stand der Technik: <b>US</b> <b>7 098 632</b> <b>B2</b>
(74) Vertreter: <b>Westphal, Mussgnug &amp; Partner Patentanwälte mit beschränkter Berufshaftung, 81541 München, DE</b>	

(54) Bezeichnung: **Gatetreiber-veranlassetes Nullspannungsschalter-Einschalten**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Überwachen von Überstrom und Nullspannung, das aufweist:

Bestimmen eines ersten Zeitraums, in dem an einem Eingangs-/Ausgangs-Pin (314) einer elektronischen Vorrichtung eine Überwachung auf Überstrom nicht ausgeführt wird, wobei die elektronische Vorrichtung einen Schalter (302) und eine parallel zu dem Schalter (302) geschaltete Diode (D3) aufweist; und

während des ersten Zeitraums, Ermitteln wann die Diode (D3) Strom leitet,

wobei das Ermitteln, ob die Diode (D3) Strom leitet, ein Vergleichen einer ersten Eingangsspannung mit einer ersten Bezugsspannung umfasst,

wobei der Schalter (302) auf einen Nullspannungszustand überwacht wird, und

wobei die Diode, wenn sie Strom leitet, anzeigt, dass der Schalter (302) im Nullspannungszustand ist,

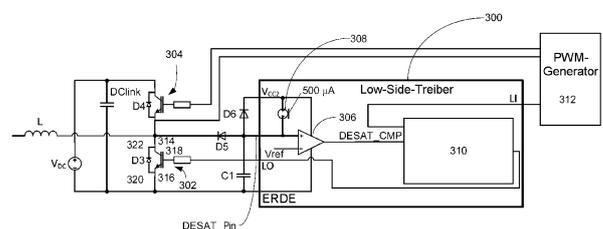
wobei das Verfahren weiterhin aufweist:

Überwachen eines Aktivierungssignals des Schalters (302), um einen zweiten Zeitraum zu bestimmen, in dem am Eingangs-/Ausgangs-Pins der elektronischen Vorrichtung eine Überwachung auf Überstrom ausgeführt wird; und

während des zweiten Zeitraums, Ermitteln, wann ein Überstrom am Eingangs-/Ausgangs-Pin der elektronischen Vorrichtung vorliegt,

wobei das Ermitteln, ob ein Überstrom vorliegt, ein Vergleichen einer zweiten Eingangsspannung mit einer zweiten Bezugsspannung umfasst, und

wobei der erste Vergleichsschritt und der zweite Vergleichsschritt durch denselben Komparator (306) ausgeführt werden.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung betrifft Nullspannungsschalten (Zero Voltage Switching, ZVS) und insbesondere Verfahren und Schaltungen im Zusammenhang mit der Steuerung eines Nullspannungsschaltens.

**[0002]** In einigen Anwendungen erfolgt das Einschalten von Leistungsschaltern durch Nullspannungsschalten (Zero Voltage Switching, ZVS). Durch Verwendung des ZVS kann beispielsweise in Leistungswandlern die Effizienz im Vergleich zu herkömmlichen hart schaltenden Leistungswandlern erhöht werden. Ein Leistungswandler mit ZVS kann Drainschaltungs-Schaltverluste und in gewissem Maße Gateschaltungs-Schaltverluste eliminieren. Ein Leistungswandler mit ZVS kann außerdem Gleichrichter-Sperrverzögerungseffekte und, in einigen Fällen, Kanalleitungsverluste eliminieren.

**[0003]** Die Einschaltung per ZVS wird häufig durch Stromkommutierung an eine mit dem einzuschaltenden Schalter parallel geschaltete Diode erzielt. In manchen Fällen kann der Stromfluss in der Diode die Spannung über dem Schalter auf einen Wert von näherungsweise 1 V klemmen, was ausreichend nahe Null sein kann, um als Nulldurchgangspunkt angesehen zu werden. In manchen Fällen kann die Spannung über dem Schalter negativ sein. Eine Spannung von nahezu null während des Einschaltens führt zu Einschaltverlusten von null oder Einschaltverlusten von nahezu null, die in der Kombination mit der Reduzierung der Ausschaltverluste sehr geringe Schaltverluste ergeben und somit die Möglichkeit bieten, hohe Betriebsfrequenzen zu erzielen.

**[0004]** Die US 7 098 632 B2 beschreibt einen Tiefsetzsteller mit einer Halbbrücke, die einen High-Side-Transistor und einen Low-Side-Transistor aufweist. Eine Steuerschaltung des Tiefsetzstellers umfasst eine erste Schaltung, die abhängig von einem ersten Steuersignal bei eingeschaltetem Low-Side-Schalter das Vorhandensein eines Überstroms detektiert, indem sie eine Spannung über dem Low-Side-Schalter mit einer Referenzspannung vergleicht. Eine zweite Schaltung vergleicht abhängig von einem zweiten Steuersignal bei eingeschaltetem Low-Side-Schalter die Spannung über dem Low-Side-Schalter mit Masse, um abhängig von dem dadurch erhaltenen Ergebnis und weiteren Parametern, den Tiefsetzsteller in einer von zwei unterschiedlichen Betriebsarten (DCM oder CCM) zu betreiben. Das erste und zweite Steuersignal werden so erzeugt, dass die erste und zweite Schaltung abwechselnd aktiviert werden, so dass jede der beiden Schaltungen nur in jeweils jedem zweiten Ansteuerzyklus des Low-Side-Schalters aktiviert ist.

**[0005]** Allgemein werden in dieser Offenbarung Verfahren und Schaltungen beschrieben, die bestimmen können, wann eine Diode über einem Schalter leitet. Der Leitzustand der Diode über dem Schalter kann genutzt werden zu bestimmen, wann ein Nullspannungsschalten (Zero Voltage Switching, ZVS) erfolgen sollte. Ein solches Verfahren ist Gegenstand des Anspruchs 1 und solche Schaltungen sind jeweils Gegenstand der Ansprüche 9 und 14.

**[0006]** Einzelheiten zu einem oder mehreren Beispiel(en) sind in den beigefügten Zeichnungen und in der nachstehenden Beschreibung ausgeführt. Andere Merkmale, Ziele und Vorteile werden aus der Beschreibung und den Zeichnungen und aus den Patentansprüchen ersichtlich.

**Fig. 1** ist ein Schaltplan, der ein Beispiel gemäß einem oder mehreren Aspekt(en) der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht.

**Fig. 2** ist ein Zeitdiagramm, das eine beispielhafte Stromfunktion einer Schaltung gemäß einem oder mehreren Aspekt(en) der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht.

**Fig. 3** ist eine Kombination aus Blockschaltbild und Schaltplan eines Systems, in dem Nullspannungsschaltung- (Zero Voltage Switching, ZVS) Einschaltung und Ent sättigung (DESAT) gemäß einem oder mehreren Aspekt(en) der vorliegenden Offenbarung realisiert sind.

**Fig. 4** ist ein Blockschaltbild, das ein Beispiel eines Niederspannungsseiten- („Low-Side“-) Treibers gemäß einem oder mehreren Aspekt(en) der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht.

**Fig. 5** ist ein Blockschaltbild, das ein weiteres Beispiel eines Low-Side-Treibers gemäß einem oder mehreren Aspekt(en) der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht.

**Fig. 6** ist ein Flussdiagramm, das ein beispielhaftes Verfahren zur Überstrom- und Nullspannungsüberwachung gemäß einem oder mehreren Aspekt(en) der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht.

**[0007]** Allgemein werden Verfahren und Schaltungen beschrieben, die in Anwendungen zum Einsatz kommen können, bei denen das Einschalten von Leistungsschaltern, z. B. in einem Leistungswandler, mittels Nullspannungsschalten (Zero Voltage Switching, ZVS) erfolgt. Wie vorstehend beschrieben kann eine Einschaltung per ZVS häufig durch Stromkommutierung unter Verwendung einer mit einem einzuschaltenden Schalter parallel geschalteten Diode erzielt werden. Der Stromfluss in der Diode klemmt die Spannung über dem Schalter auf einen Wert von näherungsweise 1 V, was ausreichend nahe null sein kann, um als Nulldurchgangspunkt angesehen zu werden. In manchen Fällen kann

die Spannung über den Metalloxid-Halbleiter- (Metal-Oxide Semiconductor, MOS-) Transistor eine negative Spannung sein. Beispielsweise kann die Spannung über den MOS-Transistor eine negative Spannung sein, wenn Strom von der Anode zur Kathode einer Diode fließt, die mit dem MOS-Transistor verbunden ist, wobei die Kathode der Diode am Drainanschluss des MOS und die Anode der Diode am Sourceanschluss des MOS angeordnet ist. Für die Zwecke der vorliegenden Patentanmeldung kann „ZVS“ sowohl für Nullspannungsschalten als auch für Nahe-Nullspannungsschalten verwendet werden, einschließlich niedriger positiver Spannungen und niedriger negativer Spannungen. Wenn beispielsweise eine Diode leitend ist, liegt im Allgemeinen eine geringe Spannung über sie an. Bei einer Siliziumdiode kann diese Spannung allgemein ungefähr 0,7 Volt betragen. In der vorliegenden Offenbarung kann „ZVS“ sowohl für Nullspannungsschalten als auch für Nahe-Nullspannungsschalten in Bezug auf einen Diodenabfall oder eine kleine Zahl von Diodenabfällen verwendet werden. Die Anzahl der Diodenabfälle kann in direkter Beziehung zur Anzahl der Dioden stehen, die in Reihe über einen auf ZVS überwachten Schalter verwendet werden. Allgemein wird in einigen Beispielen eine einzelne Diode über einem Schalter verwendet.

**[0008]** Da Leistung (P) gleich Strom (I) mal Spannung (V) ( $P=IV$ ) ist, kann eine Nullspannung oder eine Spannung nahe null während des Einschaltens zu Einschaltverlusten von null oder Einschaltverlusten von nahe null führen. Geringe Leistungsverluste in der Kombination mit der Reduzierung der Ausschaltverluste können sehr geringe Schaltverluste ergeben. Bei geringen Schaltverlusten können in einigen Fällen höhere Betriebsfrequenzen erzielt werden. Beispielsweise können höhere Betriebsfrequenzen möglich sein, weil weniger Leistung abgeleitet werden muss, d. h. weil für jeden Ein-Aus- oder Aus-Ein-Übergang Wärme anfällt, die dem Leistungsverlust entspricht.

**[0009]** In einem Beispiel der in der vorliegenden Offenbarung beschriebenen Systeme und Verfahren kann ein vorhandener Überwachungs-Pin genutzt werden, um mehrere Funktionen bereitzustellen. Beispielsweise kann ein und derselbe Überwachungs-Pin eine erweiterte Funktionalität aufweisen, die eine oder mehrere Originalbetriebsfunktion(en) ebenso einschließt wie eine zusätzliche Implementierung der vorstehend erwähnten ZVS, mit dem Ziel, bereits vorhandene externe Schaltungen sowohl für Original als auch für Zusatzfunktionen zu nutzen. Entsprechend werden Komplexität und Flächenbedarf reduziert.

**[0010]** Bei einigen beispielhaften Leistungswandler-Designs, die mit ZVS-Verfahren arbeiten, kann der Einschaltzeitpunkt durch eine Steuerung bestimmt

werden. Die Steuerung kann häufig ein Modell des betreffenden Leistungswandlers betreiben. Das Modell kann dazu dienen, Schaltzeiten anhand von gemessenen Parametern zu berechnen. Das Modell ist häufig rechenintensiv, und die Ergebnisse hängen stark von der Genauigkeit von Komponentenwerten ab. Da alle Komponenten innerhalb gewisser Toleranzen gefertigt werden und die genauen Werte vom Betrieb des Wandlers mehr oder minder beeinflusst werden, beispielsweise die Betriebstemperatur, kann es relativ schwierig sein, bei Anwendung eines Modells unter allen Betriebsbedingungen einen optimalen Betrieb des Leistungswandlers zu gewährleisten. Dementsprechend kann es vorteilhaft sein, dass Systeme eine vereinfachte Steuerung in Verbindung mit einer Schaltung verwenden, die den Einschaltzeitpunkt aus dem Betriebszustand der Schaltung ableitet.

**[0011]** In einem anderen Beispiel gemäß den hier beschriebenen Systemen und Verfahren kann jedoch die z. B. von einer Steuerung ausgeführte Berechnung unnötig sein, da andere Schaltungen verwendet werden können, um einen Zustand verschiedener Schaltungen zu erkennen, der anzeigt, wann das Schalten eines oder mehrerer Nullspannungsschalter(s) erfolgen sollte. Beispielsweise kann die Bestimmung des Leitzustands der Diode genutzt werden, um gemäß einer ZVS-Bedingung zu bestimmen, wann das Schalten eines oder mehrerer Schalter(s) erfolgen sollte. Das Bestimmen des Leitzustands der Diode, um gemäß einer ZVS-Bedingung zu entscheiden, wann ein Schalter einzuschalten ist, kann die in der Steuerung erforderlichen Rechenschritte reduzieren, da der Treiber mittels entsprechender Schaltungen Aspekte des Betriebs steuern kann, die bisher von der Steuerung ausgeführt wurden. In einem Beispiel kann das Einschalten eines Schalters gemäß einer ZVS-Bedingung außerhalb der Steuerung ausgeführt werden, wohingegen das Ausschalten von der Steuerung übernommen wird. Wenn die Steuerung keine Verarbeitungsschritte ausführen muss, um zu bestimmen, wann der Schalter eingeschaltet werden muss, d. h. weil die Bestimmung des Einschaltzeitpunkts des Schalters außerhalb der Steuerung erfolgt, dann muss die Steuerung nicht über Informationen verfügen, welche beschreiben, wann der Schalter einzuschalten ist. Die Informationen, die beschreiben, wann der Schalter einzuschalten ist, können als analytische Beschreibung des Einschaltens des Schalters bezeichnet werden. Die analytische Beschreibung des Einschaltens des Schalters kann beschreiben, wann der Schalter einzuschalten ist. Das Bestimmen des Leitzustands der Diode mithilfe der hier beschriebenen Systeme und Verfahren kann die analytische Beschreibung des Einschaltens des Schalters vereinfachen oder völlig verzichtbar machen, da in einigen Beispielen wenige oder keine Berechnungen zur Bestimmung, wann der Schalter gemäß der ZVS einzuschalten ist, erforder-

derlich sind, weil diese Bestimmung außerhalb der Steuerung erfolgen kann. Stattdessen kann eine Bestimmung hinsichtlich der Bedingungen einer oder mehrerer Schaltungskomponente(n) erfolgen, die anzeigen kann, wann der Schalter gemäß einer ZVS-Bedingung eingeschaltet werden sollte, z. B. indem bestimmt wird, wann Strom durch eine Diode fließt wie hier beschrieben. In manchen Fällen beispielsweise kann der Leitzustand einer Diode überwacht werden, um zu bestimmen, wann ein Schalter eingeschaltet werden sollte. Das Einschalten der Diode kann mithilfe einer analogen Schaltung in einem Treiber einer elektronischen Vorrichtung erkannt werden, wie weiter unten ausführlich beschrieben. In einigen Beispielen kann der Leitzustand einer Diode überwacht werden, um zu bestimmen, wann ein Schalter gemäß einer ZVS-Bedingung eingeschaltet werden sollte, und ein Mikrocontroller kann verwendet werden, um zu bestimmen, wann ein Schalter ausgeschaltet werden sollte. Der Zeitpunkt, wann ein Schalter ausgeschaltet werden sollte, kann auf Zeit und Strom oder Spannung basieren. Beispielsweise kann der Schalter beim Start und/oder in Zeiten, in denen die Last auf der überwachten Schaltung gering ist, ausgeschaltet werden. Im Leistungswandlerbetrieb kann das Ausschalten bei einer gewissen Last bestimmt werden, wenn die aus einer Induktivität bezogene Energie vom Strom durch den Schalter kompensiert werden kann. Das Ausschalten kann je nach der betreffenden Schaltung variieren und im Zusammenhang mit der Ausgangsleistung stehen.

**[0012]** Wie hier beschrieben, kann in einem Beispiel der in der vorliegenden Offenbarung beschriebenen Systeme und Verfahren ein vorhandener Überwachungs-Pin genutzt werden, um mehrere Funktionen bereitzustellen. Beispielsweise kann ein und derselbe Überwachungs-Pin eine erweiterte Funktionalität aufweisen, die eine oder mehrere Originalbetriebsfunktion(en) ebenso einschließt wie eine zusätzliche Implementierung der vorstehend erwähnten ZVS, mit dem Ziel, bereits vorhandene externe Schaltungen sowohl für Original- als auch für Zusatzfunktionen zu nutzen. In einem Beispiel können Überstrom und der Leitzustand einer Diode mithilfe desselben Pins an einer Vorrichtung und unter Wiederverwendung einiger oder aller Schaltungen, die Originalbetriebsfunktionen oder Funktionen bereitstellen, überwacht werden. Beispielsweise kann die hier beschriebene DESAT-Schaltung sowohl Überstromschutz, also eine Originalbetriebsfunktion, als auch Erkennung einer ZVS-Bedingung bereitstellen. Der Leitzustand einer Diode kann genutzt werden, um zu bestimmen, wann ein Schalter gemäß einer ZVS-Bedingung eingeschaltet werden sollte. Allgemein können die hier beschriebenen Systeme und Verfahren mit geringen oder gänzlich ohne Änderungen an außerhalb der elektronischen Vorrichtung befindlichen Schaltungen implementiert werden. In einigen Beispielen kann ein externer Kondensator hinzugefügt

werden oder kann ein Kapazitätswert eines externen Kondensators geändert werden.

**[0013]** Fig. 1 ist ein Schaltplan, der ein Beispiel gemäß einem oder mehreren Aspekt(en) der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht. ZVS-Stromkommutierung wird anhand der beispielhaften Schaltung von Fig. 1 erörtert. Der Begriff „Stromkommutierung“ wird zur Beschreibung einer Situation verwendet, in der von einer Komponente geführter Strom an eine andere Komponente übergeht und von dieser geführt wird, z. B. wenn Strom durch eine Diode umgelenkt wird, so dass er durch einen Schalter fließt, oder wenn Strom, der von einem Schalter geführt wird, umgelenkt und von einer Diode geführt wird. Beispielsweise ist unter Stromkommutierung die Situation zu verstehen, dass ein Strom, der von einer Diode geleitet wird, von einem Schalter übernommen wird und umgekehrt, wenn die Polarität einer Spannung umgekehrt wird. Das Schaltbild in Fig. 1 kann als in vier verschiedenen Phasen funktionierend betrachtet werden, Phase 1, Phase 2, Phase 3 und Phase 4. Anfänglich ist der obere Schalter,  $S_{TOP}$ , eingeschaltet, so dass Strom durch den oberen Schalter,  $S_{TOP}$ , und durch die Induktivität  $L$  fließt. In Phase 1 kann der obere Schalter  $S_{TOP}$  ausgeschaltet sein, so dass der obere Schalter,  $S_{TOP}$ , keinen Strom mehr leitet. Strom durch eine Induktivität, in diesem Fall Induktivität  $L$ , fällt nicht unmittelbar auf null. Daher kann in Phase 2 Strom an Unterdrücker- („Snubber-“) Kondensatoren,  $C_{S1}$  und  $C_{S2}$ , und durch die Induktivität  $L$  kommutiert werden. Dementsprechend fließt in Phase 2 Strom von jedem der „Snubber“-Kondensatoren,  $C_{S1}$  und  $C_{S2}$ , und durch die Induktivität,  $L$ . Die Spannung über den oberen Schalter,  $S_{TOP}$ , kann auf „null“ festgesetzt sein für geringe Ausschaltverluste, und der Snubber-Kondensator  $C_{S1}$  wird geladen und der Snubber-Kondensator  $C_{S2}$  wird entladen, bevor der untere Schalter,  $S_{BTM}$ , eingeschaltet wird. In Phase 3 kann der Strom an eine antiparallele Diode,  $D_2$ , kommutiert werden. Somit fließt Strom aufwärts durch die Diode,  $D_2$ , und durch eine Induktivität,  $L$ . In Phase 4 kann der untere Schalter,  $S_{BTM}$ , eingeschaltet sein. Entsprechend fließt in Phase 4 Strom durch den unteren Schalter,  $S_{BTM}$ , und durch eine Induktivität,  $L$ .

**[0014]** Fig. 2 ist eine Darstellung des Zeitablaufs, der eine beispielhafte Stromfunktion einer Schaltung gemäß einem oder mehreren Aspekt(en) der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht. Fig. 2 zeigt sowohl eine Stromfunktion als auch eine kombinierte Funktion. Das obere Zeitdiagramm 200, mit „Stromfunktion“ beschriftet, zeigt die Entsättigungs- (DESAT-) Überwachungsfunktionalität. Die DESAT-Überwachungsfunktionalität überwacht auf eine Überstromsituation. In einigen Beispielen kann die DESAT-Überwachung kurz nach Einschalten der Leistungsvorrichtung aktiv sein. Ein DESAT-Pin kann durch einen internen MOSFET mit Erde verbunden sein, wenn die Leis-

tungsvorrichtung ausgeschaltet ist, was die IC vor Spannungsspitzen und Rauschen schützt, die von der Leistungsvorrichtung herrühren.

**[0015]** Bezug nehmend auf das obere Zeitdiagramm **200**, das in **Fig. 2** dargestellt ist, wird ein DESAT-Entladesignal veranschaulicht. Das DESAT-Entladesignal kann steuern, wann die Überstromüberwachung aktiv ist. Wenn beispielsweise das DESAT-Entladesignal niedrig („low“) ist, ist die DESAT-Überstromüberwachung aktiv. Wenn das DESAT-Entladesignal hoch („high“) ist, ist die DESAT-Überstromüberwachung inaktiv. Ausgangs- und Eingangswellenformen sind aktiv, solange die DESAT-Überstromüberwachung aktiv ist.

**[0016]** Wie das obere Zeitdiagramm **200** in **Fig. 2** zeigt, gibt es einen Zeitraum, in dem die DESAT-Überstromüberwachung inaktiv ist. Während dieses Zeitraums, in dem die DESAT-Überstromüberwachung inaktiv ist, wird der DESAT-Pin nicht genutzt. Dementsprechend kann der DESAT-Pin während dieser Zeit genutzt werden, um zusätzliche Funktionalität auszuführen, etwa die DESAT-ZVS-Erkennung. Das untere Zeitdiagramm **202** in **Fig. 2** ist mit „Kombinierte Funktion“ beschriftet und zeigt ein Beispiel einer Kombination von DESAT-Überstromüberwachung und DESAT-ZVS-Erkennung. Somit kann, gemäß einem oder mehreren Aspekt(en) der vorliegenden Offenbarung, die kombinierte Funktionalität aus DESAT-Überstromüberwachung und DESAT-ZVS-Erkennung implementiert sein. Die Aktivierung der ZVS-Erkennungsfunktion kann mit dem Eingangssignal kombiniert werden wie in **Fig. 2** dargestellt und wie unter Bezugnahme auf **Fig. 3** unten beschrieben. So kann ein einziger Pin, z. B. der nachstehend beschriebene DESAT\_Pin in **Fig. 3**, die kombinierte Funktionalität aus DESAT-Überstromüberwachung und DESAT-ZVS-Erkennung ausführen. Die kombinierte Funktionalität aus DESAT-Überstromüberwachung und DESAT-ZVS-Erkennung kann dem Benutzer ein zusätzliches Verfahren zur Verfügung stellen, um das automatische Einschalten des Schalters abzuschalten. Beispielsweise kann es möglich sein, die ZVS-Erkennung zu aktivieren, sobald die DESAT-Überstromüberwachung inaktiv wird. Darüber hinaus kann in einigen Beispielen die ZVS-Erkennung zur Deaktivierung der Schaltung ausgeführt werden. Beispielsweise kann die Deaktivierung der Schaltung mittels Steuersignalen gesteuert werden, etwa einem Aktivierungssignal oder einem Abschaltssignal, die durch einen PWM-Generator (z. B. PWM-Generator **312** in **Fig. 3**) oder eine andere Steuerschaltung gesteuert werden.

**[0017]** Wie mit Bezug auf die kombinierte Funktionalität aus DESAT-Überstromüberwachung und DESAT-ZVS-Erkennung in **Fig. 2** dargestellt, kann die DESAT-Überstromüberwachung einen aktiven

Zeitraum und einen inaktiven Zeitraum aufweisen. Während des inaktiven Zeitraums der DESAT-Überstromüberwachung kann die DESAT-ZVS-Erkennung ausgeführt werden wie dargestellt. Dementsprechend kann die hier beschriebene DESAT-Schaltung sowohl Überstromschutz, d. h., die allgemeine Funktionalität einer DESAT-Schaltung (also die Originalbetriebsfunktion), als auch die Erkennung einer ZVS-Bedingung, um zu bestimmen, wann ein Schalter gemäß der ZVS-Bedingung eingeschaltet werden sollte, bereitstellen.

**[0018]** **Fig. 3** ist eine Kombination aus Blockschaltbild und Schaltplan eines Systems, in dem ZVS-Einschaltung und DESAT gemäß einem oder mehreren Aspekt(en) der vorliegenden Offenbarung realisiert sind. In dem in **Fig. 3** dargestellten Beispiel weist die Low-Side-Treiberschaltung **300** einen Überwachungs-Pin (DESAT) auf, der zum Bereitstellen mehrerer Funktionen dient. Beispielsweise kann der DESAT-Pin die Erkennung von Überstrom und die Erkennung einer ZVS-Bedingung bereitstellen, um zu bestimmen, wann ein Einschalten des Schalters erfolgen sollte, z. B. wenn Diode  $D_3$  leitet. Die Ausschaltzeit des Schalters nach ZVS (d. h. nach Einschalten des Schalters gemäß der ZVS-Bedingung) kann weiterhin berechnet werden, beispielsweise in einem Mikrocontroller.

**[0019]** In dem in **Fig. 3** dargestellten Beispiel hat der DESAT-Pin eine erweiterte Funktionalität, die die Originalbetriebsfunktion und die zusätzliche Implementierung der vorstehend erwähnten ZVS aufweist, um eine bereits vorhandene externe Schaltung für beide Funktionen wiederzuverwenden und somit die Komplexität und den Flächenbedarf zu reduzieren. Allgemein ist zu Zeiten, während die DESAT-Überwachung aktiv ist, z. B. wie in **Fig. 2** dargestellt, wenn das DESAT-Überwachungssignal im unteren Zeitdiagramm **202** aktiv ist, die DESAT-Überwachung „aktiv“. Wenn die DESAT-Überwachung aktiv ist, kann der DESAT-Pin für die DESAT-Überwachung genutzt werden. Zu Zeiten, während die DESAT-Überwachung inaktiv ist, z. B. wie in **Fig. 2** dargestellt, wenn das DESAT-Überwachungssignal im unteren Zeitdiagramm **202** inaktiv ist, ist die DESAT-Überwachung „inaktiv“. Wenn die DESAT-Überwachung inaktiv ist, kann der DESAT-Pin zum Überwachen auf ZVS genutzt werden wie hier beschrieben. **Fig. 3** zeigt eine beispielhafte Schaltung, die sowohl DESAT-Überwachung als auch ZVS wie hier beschrieben beinhalten kann. Im Beispiel von **Fig. 3** kann die DESAT-Überwachung erfolgen, wenn der Schalter, Transistor **302**, eingeschaltet ist. Im Beispiel von **Fig. 3** wird, wenn der Schalter ausgeschaltet ist, keine DESAT-Überwachung ausgeführt, und ZVS kann ausgeführt werden. **Fig. 2** zeigt allgemein einen beispielhaften Zeitablauf, der verwendet werden kann, um das Konzept von DESAT-Überwachung und ZVS mithilfe ein und desselben Eingangs-Pins für die Realisierung beider

Funktionalitäten zu implementieren. **Fig. 3** zeigt ein spezifisches Beispiel, das das Konzept von DESAT-Überwachung und ZVS mithilfe ein und desselben Eingangs-Pins für die Realisierung beider Funktionalitäten implementiert.

**[0020]** Das in **Fig. 3** dargestellte Beispiel kann die Nutzung der ZVS vereinfachen, indem ein Gate-treiber verwendet wird, der auf Basis von ZVS-Intervallen reagiert. Eine derartige ZVS kann, falls gewünscht, den Leistungsschalter automatisch einschalten. Dieser Lösungsansatz vereinfacht die Steuerung, da der Einschaltzeitpunkt aus dem tatsächlichen Betriebszustand der Schaltung abgeleitet werden kann. Außerdem kann dieser Lösungsansatz unempfindlich gegen Toleranzen und Veränderungen von Komponenten aufgrund von Temperaturschwankungen und anderen Ursachen sein.

**[0021]** In einem Beispiel kann die vorhandene Gate-treiber-DESAT-Schaltung modifiziert sein. Diese Modifikation kann ein erweitertes Gatetreibermerkmal ermöglichen, das bei ZVS-basierten Leistungswandlern wünschenswert sein kann. In einigen Beispielen kann die DESAT-Überstromüberwachungsfunktionalität nur während eines eingeschalteten Zustands („ON“) des Ausgangs aktiv sein und bleibt in einem Entladezustand, ohne die Spannungspegel an diesem Pin bei ausgeschaltetem („OFF“) Ausgang zu überwachen. In einigen Beispielen liegt der EIN-Zustand („ON“) vor, wenn ein bestimmter Schalter eingeschaltet ist und zu der betreffenden Zeit überwacht wird, und der AUS-Zustand („OFF“) liegt vor, wenn der betreffende Schalter ausgeschaltet ist und zu der betreffenden Zeit nicht überwacht wird.

**[0022]** In einigen Beispielen, mit kombinierter Implementierung von ZVS und DESAT, kann der Entladezustand, d. h. das erste im oberen Zeitdiagramm **200** in **Fig. 2** dargestellte Signal, nicht mehr verwendet werden. Während der Zeit, in der das DESAT-Entladesignal nicht verwendet wird, kann das DESAT-Überwachungssignal aktiv sein, so dass die hier beschriebene Überwachungsschaltung genutzt werden kann, um den Spannungspegel am DESAT-Pin zu überwachen und die Nullspannungsbedingung zu erkennen, die intern zur automatischen Aktivierung des Ausgangs (einschalten) führt.

**[0023]** **Fig. 3** ist eine Kombination aus Blockschaltbild und Schaltplan eines Systems, in dem ZVS-Einschaltung und DESAT-Überwachung gemäß einem oder mehreren Aspekt(en) der vorliegenden Offenbarung realisiert sind. Die in **Fig. 3** dargestellten Beispiele können eine kontinuierliche DESAT-Signalauswertung implementieren und können die Funktion der Schaltung, die das DESAT-Signal verarbeitet, modifizieren. Insbesondere ist **Fig. 3** ein Diagramm, das die beispielhafte Funktionalität gemäß der vorliegenden Offenbarung für einen Schalter, z. B. ei-

nen unteren Schalter, Transistor **302**, veranschaulicht. Somit wird in dem in **Fig. 3** dargestellten Beispiel der untere Schalter, Transistor **302**, überwacht. Es kann jedoch auch ein oberer Schalter, Transistor **304**, überwacht werden, wozu dieselbe oder eine ähnliche Schaltung verwendet wird, die in derselben oder ähnlicher Weise mit dem oberen Schalter, Transistor **304**, verbunden ist. Somit versteht es sich, dass der Low-Side-Treiberschaltung **300** gleiche oder ähnliche Schaltungen mit dem oberen Schalter, Transistor **304**, verbunden werden können, um die hier in Bezug auf den oberen Schalter beschriebene Funktionalität bereitzustellen. In einigen Fällen können beide Transistoren, **302** und **304**, überwacht werden. Es versteht sich außerdem, dass der Low-Side-Treiberschaltung **300** gleiche oder ähnliche Schaltungen in Verbindung mit dem oberen Schalter, Transistor **304**, verwendet werden können, um ZVS und Überstromüberwachung bereitzustellen. Der Low-Side-Treiberschaltung **300** gleiche oder ähnliche Schaltungen können mit dem oberen Schalter verbunden sein, was als Hochspannungsseite („High-Side“) bezeichnet werden kann. Wenn der Low-Side-Treiberschaltung **300** gleiche oder ähnliche Schaltungen auf der Hochspannungsseite („High-Side“) verwendet werden, z. B. eine „High-Side-Treiberschaltung“, kann die High-Side-Treiberschaltung zusätzlich zur Low-Side-Treiberschaltung **300** vorgesehen sein, d. h. eine High-Side-Treiberschaltung kann in Verbindung mit Transistor **304** verwendet werden und eine Low-Side-Treiberschaltung **300** kann in Verbindung mit Transistor **302** verwendet werden. In einem anderen Beispiel kann die High-Side-Treiberschaltung anstelle einer Low-Side-Treiberschaltung **300** verwendet werden, z. B. die High-Side-Treiberschaltung allein ohne die Low-Side-Treiberschaltung **300**. Oder, wie in **Fig. 3** dargestellt, die Low-Side-Treiberschaltung **300** kann ohne die High-Side-Treiberschaltung verwendet werden. Die Auswahl der Low-Side-Treiberschaltung **300** und der High-Side-Treiberschaltung ist abhängig davon, an welchem Schalter oder welchen Schaltern ZVS oder Überstromüberwachung vorgesehen werden soll.

**[0024]** In einigen Beispielen ist DESAT ein Eingang an einen positiven Eingangs-Pin eines Operationsverstärkers **306**. Eine Bezugsspannung,  $V_{ref}$ , in diesem Beispiel 6 Volt, kann einen Eingang an den negativen Eingang des Operationsverstärkers **306** bilden. Entsprechend kann der Operationsverstärker **306** verwendet werden, um einen Komparator zu implementieren, der die Spannung am DESAT-Pin mit einer 6-Volt-Bezugsspannung,  $V_{ref}$ , vergleicht. Falls DESAT unter 6 Volt beträgt, ist DESAT\_CMP (DESAT compare = DESAT-Vergleich) „low“. Umgekehrt ist, wenn DESAT über 6 Volt beträgt, DESAT\_CMP „high“. In dem dargestellten Beispiel kann, wie nachstehend noch ausführlicher beschrieben wird, ein einzelner Operationsverstärker **306** verwendet werden, um den Vergleich von DESAT\_CMP mit der

Bezugsspannung, der zum Bestimmen sowohl von Überstromsituationen als auch der ZVS herangezogen werden kann, auszuführen. Somit kann ein einzelner Operationsverstärker für beide Vergleiche eingesetzt werden, indem ein Vergleich zum Bestimmen von Überstromsituationen während eines ersten Zeitintervalls und ein Vergleich zum Bestimmen der ZVS während eines zweiten Zeitintervalls ausgeführt wird.

**[0025]** In anderen Beispielen, z. B. anderen Schaltungstopologien, können mehrere Operationsverstärker verwendet werden, z. B. ein Operationsverstärker zum Ausführen eines Vergleichs zur Bestimmung einer Überstromsituation und ein Operationsverstärker zum Ausführen eines Vergleichs zum Bestimmen der ZVS. Beispielsweise können mehrere Operationsverstärker zum Einsatz kommen, wenn der Einschaltwellwert und der Überstromschwellwert verschieden sind. Somit können in einigen Beispielen Parallelschaltungen mit getrennten Vergleichsschaltungen, die getrennte Operationsverstärker aufweisen, verwendet werden.

**[0026]** Es wird nun Bezug genommen auf das Beispiel von **Fig. 3**, in dem ein einzelner Operationsverstärker **306** verwendet wird; wenn der untere Schalter leitend ist, kann Strom vom DESAT-Pin durch die Diode  $D_5$  und durch den unteren Schalter nach Erde fließen. Im Normalbetrieb, z. B. wenn keine Überstromsituation vorliegt, wird die Spannung über die Diode  $D_5$  und den unteren Schalter **302** im Allgemeinen weniger als 6 Volt betragen. Beispielsweise kann die Spannung über die Diode  $D_5$  ungefähr 0,7 Volt sein, und die Spannung über den unteren Schalter, Transistor **302**, kann ungefähr 2 Volt sein, was am DESAT\_Pin einen Gesamtwert von ungefähr 2,7 Volt ergibt, also unter 6 Volt. Entsprechend ist DESAT\_CMP „low“.

**[0027]** Die Schaltung von **Fig. 3** kann auf eine Überstromsituation durch den unteren Schalter überwachen. Überstrom kann beispielsweise durch eine große Strommenge verursacht werden, die vom oberen Schalter, Transistor **304**, von der Induktivität, L, oder sowohl vom oberen Schalter, Transistor **304**, als auch von der Induktivität, L, durch den unteren Schalter **302** fließt. In einer Überstromsituation steigt die Spannung über den unteren Schalter **302**, beispielsweise auf 12 Volt, 20 Volt, 200 Volt oder höher. An irgendeinem Punkt steigt die Spannung weit genug an, dass die Diode  $D_5$  ausschaltet. Ist die Diode  $D_5$  ausgeschaltet, lädt Strom von der Stromquelle **308** den Kondensator  $C_1$ . Entsprechend steigt die Spannung am DESAT-Pin an. Setzt sich die Überstromsituation fort, steigt die Spannung am DESAT-Pin, bis sie größer als 6 Volt ist, und DESAT\_CMP wird eine Hochspannung und der untere Schalter **302** kann deaktiviert werden.

**[0028]** Wenn der untere Schalter **302** ausgeschaltet ist, kann die Schaltung von **Fig. 3** für die ZVS genutzt werden, um zu bestimmen, wann Diode  $D_3$  leitend ist. Diode  $D_3$  wird allgemein als leitend angesehen, wenn Diode  $D_3$  in Durchlassrichtung vorgespannt ist, z. B. eine positive Spannung an Anode **320** und eine negative Spannung an Kathode **322**, so dass Strom von der Anode **320** zur Kathode **322** fließt. Bei einer idealen Diode weist der in Durchlassrichtung vorgespannte Bereich eine Spannung größer als 0 Volt zwischen der Anode **320** und der Kathode **322** auf. In einigen Beispielen kann eine Siliziumdiode bei ungefähr 0,6 bis 0,7 Volt zwischen der Anode **320** und der Kathode **322** als in Durchlassrichtung vorgespannt angesehen werden. Eine Germaniumdiode kann zwischen ungefähr 0,2 und 0,3 Volt zwischen der Anode **320** und der Kathode **322** als in Durchlassrichtung vorgespannt angesehen werden. Der Schutzzumfang des erfinderischen Konzepts ist nicht auf einen Diodentyp beschränkt, und es können andere Diodentypen verwendet werden (z. B. Siliziumkarbidioden etc.).

**[0029]** Ähnlich dem in **Fig. 1** dargestellten Beispiel kann in **Fig. 3** anfänglich, bei Überwachung auf ZVS, der obere Schalter, Transistor **304**, eingeschaltet („on“) sein, so dass Strom durch den oberen Schalter, Transistor **304**, und durch die Induktivität L fließt. Unter der Voraussetzung, dass die Spannung an DCLink hoch genug ist, dass die Diode  $D_5$  ausgeschaltet bleibt, wird der Kondensator  $C_i$  von der Stromquelle **308** geladen.

**[0030]** Strom durch eine Induktivität kann sich nicht unmittelbar ändern, und daher kann, wenn der obere Schalter, Transistor **304**, ausgeschaltet wird und nicht mehr leitend ist, der Strom an den Kondensator  $C_i$  und durch eine Induktivität, L, kommutiert werden. Somit kann zugelassen werden, dass die Ladung im Kondensator  $C_i$  durch die Diode  $D_5$  und die Induktivität L entladen wird. Damit die Spannung über den unteren Schalter bei oder nahe null liegt, kann der Kondensator  $C_i$  entladen werden, bevor der untere Schalter, Transistor **302**, ausgeschaltet wird. Somit kann der Strom an den Kondensator  $C_i$  kommutiert werden. Als nächstes kann der Strom an die Diode,  $D_3$ , kommutiert werden. Somit fließt Strom aufwärts durch die Diode,  $D_3$ , und durch die Induktivität, L. Wenn Strom über die Diode  $D_3$  fließt, ist die Spannung über den unteren Schalter **302** bei oder nahe null Volt, da der Spannungsabfall über eine leitende Diode allgemein ungefähr 0,7 Volt betragen kann. Der Spannungsabfall von 0,7 Volt kann ausreichend nahe null sein, um als Nulldurchgangspunkt angesehen zu werden. Entsprechend wird, wenn Strom über die Diode  $D_3$  fließen kann, die Spannung über den unteren Schalter **302** bei oder nahe null Volt liegen für niedrige Ausschaltverluste. Der untere Schalter, Transistor **302**, kann dann mit annähernd Nullspannungsschalten, z. B. 0,7 Volt, eingeschaltet werden. Wenn die Spannung über den unteren Schalter **302**

nahe 0 Volt liegt, kann Strom von der Stromquelle **308** und/oder dem Kondensator  $C_i$  durch die Diode  $D_5$  fließen. An irgendeinem Punkt kann eine Spannung über den Kondensator  $C_i$  unter die Bezugsspannung  $V_{ref}$  fallen, die beispielsweise 6 Volt betragen kann. Wenn die Spannung über den Kondensator  $C_i$  unter die Bezugsspannung  $V_{ref}$  fällt, kann dies eine ZVS-Bedingung anzeigen, wie nachstehend noch ausführlicher erörtert wird.

**[0031]** Der untere Schalter **302** kann durch die Steuerschaltung **310** gesteuert werden. Die Steuerschaltung **310** kann verwendet werden, um Überstromsituationen und ZVS-Situationen zu bestimmen.

**[0032]** Eine Implementierungsmöglichkeit für die Steuerschaltung **310** kann die folgende sein. Die Behandlung des DESAT-Pin-Signals kann ähnlich Lösungsansätzen sein, bei denen ZVS- und DESAT-Überwachung nicht miteinander kombiniert sind, jedoch können Entladeschaltungen, die in Beispielen verwendet werden, die nur eine DESAT-Überwachungsfunktionalität bereitstellen, durch Schaltungen für ZVS ersetzt werden. Dies kann mit dem Ziel erfolgen, eine Erkennung des Einschaltens der antiparallelen Diode zu ermöglichen, die während des AUS-Zustands des Leistungsschalters erfolgt. Das DESAT-Pin-Signal kann zunächst mit einem Bezugsschwellwert verglichen werden. Wie in **Fig. 3** dargestellt, kann dieselbe Bezugsspannung, z. B. 6 V, für die Überstromerkennung ebenso wie für die Erkennung des ZVS-Zustands verwendet werden. Das Ergebnis des Vergleichs kann weiter durch eine Logikschaltung ausgewertet werden, die den Zustand des Leistungsschalters bestimmt und eine notwendige Aktion veranlasst. Die Funktion der Logikschaltung kann wie folgt sein.

**[0033]** Wie in **Fig. 3** dargestellt, gibt der PWM-Generator **312** ein Aktivierungssignal, LI, aus, das einen Eingang der Steuerschaltung **310** bildet. Darüber hinaus ist LO ein Ausgang der Steuerschaltung **310**, der mit dem Gate von Transistor **302** durch eine Impedanz, z. B. einen Widerstand, eine Induktivität, eine Kapazität oder eine beliebige Kombination davon, am Gate **318** verbunden ist. Falls sich das DESAT\_CMP-Signal, d. h. das Ergebnis des Vergleichs unter Zuhilfenahme des Operationsverstärkers **306**, in einem logischen „Low“-Zustand befindet und sich das Aktivierungssignal LI in einem logischen „High“-Zustand befindet, ist die Diode  $D_3$  leitend, und ein Aktivierungssignal, LO, kann in einen logischen „High“-Zustand mit ZVS versetzt werden wie nachstehend ausführlicher beschrieben. Falls DESAT\_CMP „high“ ist und LO „high“ ist, d. h. der untere Schalter, Transistor **302**, ist aktiviert, kann eine Überstromsituation vorliegen wie vorstehend beschrieben, und es kann eine Sperrung aller Ausgänge erforderlich sein.

**[0034]** Hier beschriebene Schaltungen können dazu verwendet werden, Signale für ZVS\_Einschaltung zu erzeugen, und das Aktivierungssignal, LI, das vom PWM-Generator kommt, kann verzögert werden, bis der Strom an die antiparallele Diode,  $D_3$ , kommutiert wird. Eine Spannung über den unteren Schalter **302** kann zu null werden, und auch die Spannung am DESAT-Pin kann zu null werden. Ein verzögertes Aktivierungssignal, LO, das den unteren Schalter **302** steuert, geht nur zu „high“ über, wenn die Spannung über den Leistungsschalter **302** nahe null oder ausreichend nahe null ist, um als Nulldurchgangspunkt angesehen zu werden. Die Verzögerung kann das Schalten zu Zeiten verhindern, wenn die Spannung über den Leistungsschalter **302** nicht bei oder nahe null liegt. Der PWM-Generator **312** (Steuerung) kann das Einschalten des Schalters zuerst anfordern (LI geht „high“), jedoch kann der Schalter lediglich eingeschaltet werden (LO geht „high“), wenn die ZVS-Bedingungen vorliegen. Die Verzögerung des LO-Signals kann durch eine Reihe von Gates, Haltespeichern („Latches“), Flipflops und andere Schaltungen erfolgen. Ein Beispiel einer solchen Schaltung wird mit Bezug auf **Fig. 4** erörtert.

**[0035]** In Fall eines Überstroms, beispielsweise nachdem ein Kurzschluss erfolgt ist, kann der Ausgangsstrom  $I_L$  ansteigen. Der Überstrom kann von einem Gatetreiber, z. B. der Steuerschaltung **310**, der das LO-Signal treibt, erkannt werden. In einem Beispiel können alle Gatesignale, z. B. LO, unverzüglich gestoppt werden, und dann kann der Ausgangsstrom  $I_L$  sinken. Die hier beschriebenen Systeme und Verfahren können die Überstromerkennungsfunktion der DESAT-Schaltung beibehalten und gleichzeitig zulassen, dass die ZVS-Einschaltung durch den Gatetreiber veranlasst wird.

**[0036]** In einigen Beispielen kann Synchrongleichrichtung verwendet werden. Beispielsweise können MOSFETs anstelle von Dioden eingesetzt werden. Die MOSFETs können eingeschaltet sein, während die antiparallele Diode leitet, um Leitungsverluste zu reduzieren. Dies kann insbesondere bei Niederspannungsanwendungen wirkungsvoll sein. Eine Kommutierung von Strom an eine Diode ist meist schaltungsgesteuert. Die Synchrongleichrichtung kann ihre höchste Wirkung entfalten, wenn der MOSFET einschaltet, sobald die Diode zu leiten beginnt. Das Einschalten des MOSFET zu dem Zeitpunkt, an dem die Diode zu leiten beginnt, oder nahe an demselben kann von den hier beschriebenen Systemen und Verfahren bereitgestellt werden.

**[0037]** Die hier beschriebenen Systeme und Verfahren zum Einschalten von Leistungsschaltern, z. B. in einem Leistungswandler, können mittels ZVS ausgeführt werden und können in Verbindung mit zahlreichen verschiedenen Leistungswandlerarten angewandt werden, z. B. H-Brücken-Leistungswand-

ler, Vollbrücken-DC-DC-Leistungswandler, Aufwärtsleistungswandler, Abwärtsleistungswandler und Aufwärts-/Abwärtsleistungswandler, um nur einige zu nennen.

**[0038]** Im Beispiel von **Fig. 3**, einer Schaltung gleich oder ähnlich der Low-Side-Treiberschaltung **300**, die mit dem oberen Schalter, Transistor **304**, verbunden ist, kann der leitende Zustand der Diode  $D_4$  genutzt werden, um anzuzeigen, dass der obere Schalter eingeschaltet werden sollte. Anders ausgedrückt: Die Diode  $D_4$  des oberen Schalters kann demselben oder einem ähnlichen Zweck dienen wie die Diode  $D_3$  des unteren Schalters. Diode  $D_6$  hält die Spannung am Kondensator  $C_1$  unter  $V_{CC2}$ .

**[0039]** In einigen Beispielen kann ein Eingangs-/ausgangs-Pin einer elektronischen Vorrichtung eines Modulators überwacht werden, um einen Zeitraum zu bestimmen, in dem keine Überwachung des Eingangs-/Ausgangs-Pins einer elektronischen Vorrichtung auf Überstrom erfolgt. Allgemein kann ein Eingangs-/Ausgangs-Pin an einer elektronischen Vorrichtung ein Pin sein, der Eingangsfunktionalität und Ausgangsfunktionalität ausführen kann. In der Verwendung hier kann ein Eingangs-/Ausgangs-Pin ein Eingangs-Pin, ein Ausgangs-Pin oder ein Pin sein, der Eingangsfunktionalität und Ausgangsfunktionalität ausführen kann.

**[0040]** Im Beispiel von **Fig. 3** überwacht die Low-Side-Treiberschaltung **300** einen Ausgangs-Pin (LI) eines Modulators, etwa eines Pulsweitenmodulations- (Pulse Width Modulation, PWM-) Generators **312**, um einen Zeitraum zu bestimmen, in dem der Ausgangs-Pin einer elektronischen Vorrichtung auf Überstrom überwacht oder nicht überwacht wird. Allgemein wird in einigen Beispielen Überstrom nur überwacht, wenn sich der Schalter im Ein-Zustand befindet, z. B. LI „high“ und LO „high“. In einem anderen Beispiel kann ein anderer Modulator, etwa ein Pulsdichtenmodulations- (Pulse Density Modulation, PDM-) Generator, anstelle des Pulsweitenmodulations- (PWM-) Generators **312** verwendet werden. Allgemein bezieht sich der Begriff „Eingangs-/Ausgangs-Pin“ auf einen Pin an einer elektronischen Vorrichtung, der mit einer Schaltung verbunden ist, die Eingangsfunktionalität und Ausgangsfunktionalität ausführen kann. In der Verwendung hier bezieht sich der Begriff „Eingangs-/Ausgangs-Pin“ jedoch auf einen Eingangs-Pin einer elektronischen Vorrichtung, der mit Eingangsschaltungen in der elektronischen Vorrichtung verbindet, einen Ausgangs-Pin an einer elektronischen Vorrichtung, der mit Ausgangsschaltungen der elektronischen Vorrichtung verbindet, oder einen Pin an einer elektronischen Vorrichtung, der mit Schaltungen in der elektronischen Vorrichtung verbindet, welche Eingangsfunktionalität und Ausgangsfunktionalität ausführen können.

**[0041]** Eine Vergleichsschaltung, etwa eine Vergleichsschaltung mit einem Operationsverstärker **306**, vergleicht eine erste Eingangsspannung, z. B. am DESAT\_Pin, während eines Zeitraums, in dem die Überwachung auf Überstrom, z. B. durch den Transistor **302**, nicht ausgeführt wird, um zu bestimmen, wann eine Diode  $D_3$  über einem Schalter, z. B. Transistor **302**, leitend ist, mit einer ersten Bezugsspannung, z. B.  $V_{ref}$ . Wie in **Fig. 3** dargestellt, ist ein Beispiel für eine Diode über einem Schalter die Diode  $D_3$  über den Transistor **302**. Im Beispiel von **Fig. 3** ist der Transistor **302** ein N-Kanal-Bipolartransistor mit isolierter Gateelektrode (Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT) mit einem Kollektor **314**, einem Emitter **316** und einem Gate **318**. Diode  $D_3$  weist eine Anode **320** und eine Kathode **322** auf. Die Anode **320** der Diode  $D_3$  ist mit dem Emitter **316** von Transistor **302** verbunden. Die Kathode **322** der Diode  $D_3$  ist mit dem Kollektor **314** von Transistor **302** verbunden. Entsprechend ist, wie hier definiert, Diode  $D_3$  über einem Schalter, z. B. Transistor **302**. Es versteht sich, dass andere Anordnungen verwendet werden können. Diese anderen Anordnungen sind allgemein abhängig von dem verwendeten Schaltertyp. Allgemein kann die Diode derart angeschlossen werden, dass die Anode mit einem der stromführenden Anschlüsse eines Schalters verbunden ist und die Kathode mit einem anderen der stromführenden Anschlüsse des Schalters verbunden ist. Die Diode wird allgemein nicht mit einem Steuersignal am Schalter verbunden. Der leitende Zustand der Diode  $D_3$  über dem Schalter zeigt an, dass ein Nullspannungszustand über dem Schalter vorliegt. Der Nullspannungszustand schließt Zustände ein, in denen über dem Schalter eine Nullspannung oder eine niedrige Spannung, etwa 0,7 Volt, anliegt. Wie hier beschrieben kann, wenn die Spannung über den unteren Schalter **302** nahe 0 Volt liegt, z. B. 0 Volt, kleine positive Spannungen oder negative Spannungen, Strom von der Stromquelle **308** und/oder dem Kondensator  $C_1$  durch die Diode  $D_5$  fließen. An irgendeinem Punkt kann eine Spannung über einen Kondensator  $C_1$  unter die Bezugsspannung, z. B. 6 V, abfallen, was eine ZVS-Bedingung anzeigen kann wie hier beschrieben.

**[0042]** Im Beispiel von **Fig. 3** kann ein Schalter, etwa Transistor **302**, basierend auf einem Vergleich einer Eingangsspannung am DESAT-Pin mit einer Bezugsspannung, z. B.  $V_{ref}$ , eingeschaltet werden. Der Vergleich der Eingangsspannung am DESAT-Pin mit der Bezugsspannung kann während des Zeitraums erfolgen, in dem die Überwachung des Eingangs-/Ausgangs-Pins der elektronischen Vorrichtung auf Überstrom nicht ausgeführt wird. Der Schalter, z. B. Transistor **302**, kann eingeschaltet werden, wenn die Diode  $D_3$  über dem Schalter leitend ist. Falls die Diode über dem Schalter leitend ist, ist die Spannung über dem Schalter niedrig, z. B. 0,7 Volt bei einer Siliziumdiode. Dies kann in der vorliegenden Anwendung in Bezug auf das Nullspannungsschalten

als null angesehen werden. Entsprechend kann der Schalter eingeschaltet werden, wenn die Diode über dem Schalter leitend ist.

**[0043]** Darüber hinaus überwacht die Low-Side-Treiberschaltung **300** ein Aktivierungssignal, z. B. das LI-Signal, am Schalter, z. B. Transistor **302**, um einen Zeitraum zu bestimmen, in dem eine Überwachung des Eingangs-/Ausgangs-Pins der elektronischen Vorrichtung auf Überstrom ausgeführt und/oder nicht ausgeführt wird, z. B. wenn der Transistor **302** nicht leitend ist. Transistor **302** ist nicht leitend, wenn er ausgeschaltet ist, z. B. mittels LO, das ein Ausgangssignal der Low-Side-Treiberschaltung **300** ist. Eine Vergleichsschaltung, etwa die Vergleichsschaltung, die einen Operationsverstärker **306** aufweist, vergleicht eine Eingangsspannung am DESAT-Pin während eines Zeitraums, in dem eine Überwachung des Eingangs-/Ausgangs-Pins der elektronischen Vorrichtung auf Überstrom ausgeführt wird, mit einer Bezugsspannung,  $V_{ref}$ , um zu bestimmen, wann ein Überstrom des Eingangs-/Ausgangs-Pins der elektronischen Vorrichtung vorliegt. Während **Fig. 3** eine einzelne Instanz mit Kombination von DESAT- und ZVS-Funktionalität darstellt, versteht es sich, dass die DESAT- und die ZVS-Funktionalität bei mehreren Schaltern zur Anwendung kommen können, indem eine gleiche oder ähnliche Schaltung über jeden Schalter hinzugefügt wird, der auf ZVS und DESAT, z. B. Überstromsituationen, überwacht werden soll.

**[0044]** Allerdings können in einigen Beispielen die erste Eingangsspannung und die zweite Eingangsspannung der Spannung an ein und demselben Pin zu zwei verschiedenen Zeiten entsprechen, z. B. am DESAT\_Pin, während der Überstrom-Überwachung oder während der ZVS-Überwachung. Darüber hinaus können die erste Bezugsspannung und die zweite Bezugsspannung zwei verschiedene Spannungsreferenzen sein. Diese beiden verschiedenen Spannungsreferenzen können dieselbe Spannung oder verschiedene Spannungen aufweisen. Die erste Bezugsspannung und die zweite Bezugsspannung können jedoch auch eine einzige Spannungsreferenz sein, z. B. 6 V bei  $V_{ref}$ .

**[0045]** **Fig. 4** ist ein Blockschaltbild, das ein Beispiel 400 einer Low-Side-Treiberschaltung **300** von **Fig. 3** gemäß einem oder mehreren Aspekt(en) der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht. Ein beispielhafter erster Zustand kann folgende anfängliche Bedingungen haben: Ein „Aus-Zustand“ kann für einen Schalter, z. B. Transistor **302** von **Fig. 3**, angefordert werden. Der Schalter kann anfänglich im „Aus-Zustand“ sein. Eine Diode, z. B. Diode  $D_3$ , kann ausgeschaltet sein.  $V_{CE}$  ( $V_{DS}$ ) kann die Spannung über den DClink-Kondensator sein. Der „Aus-Zustand“ kann für den Schalter angefordert werden, indem ein logischer Wert „0“ auf dem LI-Ausgang des PWM-Generators

**312** von **Fig. 3** ausgegeben wird. Die Spannung über dem Schalter, z. B. Transistor **302**, kann bei oder nahe  $V_{DS}$  liegen, falls der Transistor **304** eingeschaltet ist.  $V_{DS}$  ist die Spannung über den DClink-Kondensator. Vorausgesetzt, dass der Transistor **304** eingeschaltet ist, kann im ersten Zustand die Diode  $D_3$  über dem Schalter, z. B. Transistor **302**, ausgeschaltet sein, da die Diode  $D_3$  in Sperrrichtung vorgespannt ist (unter der Annahme, dass  $V_{DC}$  positiv ist).

**[0046]** Im ersten Zustand führt der Vergleich von Bezugsspannung und DESAT\_PIN zu einer vom Operationsverstärker **306** ausgegebenen logischen „1“, vorausgesetzt,  $V_{DC}$  ist größer als 6 Volt. Entsprechend kann DESAT\_CMP während des ersten Zustands logisch „1“ sein. Darüber hinaus wird, wenn im ersten Zustand LI gleich logisch „0“ ist und die umgekehrte Version von DESAT\_CMP logisch „0“ ist, der Ausgang des UND-Gatters **402** im ersten Zustand ebenfalls logisch „0“ sein. Somit ist der „S“-Eingang des SR-Flipflops **404** logisch „0“ und der „R“-Eingang des SR-Flipflops **404** logisch „1“, d. h. eine umgekehrte Version von LI. So wird das SR-Flipflop **404** rückgesetzt gehalten, und der Ausgang des SR-Flipflop **404** wird logisch „0“ sein. Der Ausgang des UND-Gatters **406** wird ebenfalls logisch „0“ sein, und der Ausgang des UND-Gatters **408**, LO, wird logisch „0“ sein. Wenn LO gleich logisch „0“ ist, wird die Basis von Transistor **302** „low“ sein und ist entsprechend der Schalter, z. B. Transistor **302**, ausgeschaltet.

**[0047]** Ein beispielhafter zweiter Zustand kann folgende anfängliche Bedingungen haben: ein „Ein-Zustand“ kann für den Schalter angefordert werden. Der Schalter kann anfänglich im „Aus-Zustand“ sein. Die Diode kann ausgeschaltet sein.  $V_{CE}$  ( $V_{DS}$ ) kann die Spannung über den DClink-Kondensator sein. Im zweiten Zustand kann der „Ein-Zustand“ für den Schalter angefordert werden, indem ein logischer Wert „1“ auf dem LI-Ausgang des PWM-Generators **312** von **Fig. 3** ausgegeben wird. Die Spannung über dem Schalter, z. B. Transistor **302**, kann bei oder nahe  $V_{DC}$  liegen, falls der Transistor **304** eingeschaltet ist. Entsprechend kann, vorausgesetzt, dass der Transistor **304** eingeschaltet ist, im zweiten Zustand die Diode über dem Schalter, z. B.  $D_3$  über den Transistor **302**, ausgeschaltet sein, da die Diode  $D_3$  in Sperrrichtung vorgespannt ist (unter der Annahme, dass  $V_{DC}$  positiv ist).

**[0048]** Im zweiten Zustand ist der Vergleich von Bezugsspannung und DESAT\_PIN logisch „1“, unter der Annahme, dass  $V_{DC}$  größer als 6 Volt ist. Entsprechend kann DESAT\_CMP während des zweiten Zustands logisch „1“ sein. Darüber hinaus wird, wenn im ersten Zustand LI gleich logisch „1“ ist und die umgekehrte Version von DESAT\_CMP logisch „0“ ist, der Ausgang des UND-Gatters **402** im zweiten Zustand ebenfalls logisch „0“ sein. Somit ist der „S“-Eingang

des SR-Flipflops **404** logisch „0“. Hier ist, anders als im ersten Zustand, der „R“-Eingang des SR-Flipflops **404** logisch „0“. So wird das SR-Flipflop **404** den vorherigen Wert, logisch „0“, beibehalten, und der Ausgang des SR-Flipflops **404** wird logisch „0“ sein. Der Ausgang des UND-Gatters **406** wird logisch „0“ sein. Der Ausgang des UND-Gatters **408**, LO, wird logisch „0“ sein, und die Basis von Transistor **302** wird weiterhin „low“ sein, und entsprechend ist der Transistor **302** ausgeschaltet. Dementsprechend kann der Schalter, z. B. Transistor **302**, der ursprünglich eingeschaltet gewesen sein kann, während des zweiten Zustands eingeschaltet werden.

**[0049]** Ein beispielhafter dritter Zustand kann folgende anfängliche Bedingungen haben: ein „Ein-Zustand“ kann für den Schalter angefordert werden. Der Schalter kann anfänglich im „Aus-Zustand“ sein. Die Diode kann eingeschaltet sein.  $V_{CE}$  ( $V_{DS}$ ) kann bei 0 Volt liegen. Im beispielhaften dritten Zustand kann der „Ein-Zustand“ für einen Schalter, z. B. Transistor **302** von **Fig. 3**, angefordert werden, indem ein logischer Wert „1“ vom LI-Ausgang des PWM-Generators **312** von **Fig. 3** ausgegeben wird. Die Spannung über dem Schalter, z. B. Transistor **302**, kann bei oder nahe null liegen, z. B. wenn Transistor **302** eingeschaltet ist, Transistor **304** ausgeschaltet ist und Kondensator  $C_i$  durch Transistor **302** entladen wurde. Entsprechend, kann die Diode über dem Schalter, z. B.  $D_3$  über Transistor **302**, eingeschaltet sein, da Diode  $D_3$  bei ungefähr 1 Volt sein kann.

**[0050]** Im dritten Zustand ist der Vergleich von Bezugsspannung und DESAT\_PIN logisch „0“. Entsprechend kann DESAT\_CMP während des dritten Zustands logisch „0“ sein. Darüber hinaus wird, wenn im ersten Zustand LI gleich logisch „1“ ist und die umgekehrte Version von DESAT\_CMP logisch „1“ ist, der Ausgang des UND-Gatters **402** im dritten Zustand ebenfalls logisch „1“ sein. Somit ist der „S“-Eingang des SR-Flipflops **404** logisch „1“ und der „R“-Eingang des SR-Flipflops **404** logisch „0“. Somit kann der Ausgang des SR-Flipflops **404** logisch „1“ sein. Der Ausgang des UND-Gatters **406** wird logisch „0“ sein. Der Ausgang des UND-Gatters **408**, LO, wird logisch „1“ sein. Transistor **302**, der anfänglich ausgeschaltet ist, wird durch den Übergang von LO von logisch „0“ zu logisch „1“ eingeschaltet.

**[0051]** Ein beispielhafter vierter Zustand kann folgende anfängliche Bedingungen haben: ein „Aus-Zustand“ kann für den Schalter angefordert werden. Der Schalter kann anfänglich im „Ein-Zustand“ sein. Die Diode kann eingeschaltet sein.  $V_{CE}$  ( $V_{DS}$ ) kann bei 0 Volt liegen. Im vierten Zustand kann der „Aus-Zustand“ für einen Schalter, z. B. Transistor **302** von **Fig. 3**, angefordert werden, indem ein logischer Wert „0“ vom LI-Ausgang des PWM-Generators **312** von **Fig. 3** ausgegeben wird. Die Spannung über dem Schalter, z. B. Transistor **302**, kann bei oder nahe

null liegen. Entsprechend kann die Diode über dem Schalter, z. B.  $D_3$  über Transistor **302**, eingeschaltet sein, da die Diode  $D_3$  bei ungefähr 1 Volt sein kann.

**[0052]** Im vierten Zustand ist der Vergleich von Bezugsspannung und DESAT\_PIN logisch „0“. Entsprechend kann DESAT\_CMP während des dritten Zustands logisch „0“ sein. Darüber hinaus wird, wenn LI gleich logisch „0“ ist und die umgekehrte Version von DESAT\_CMP logisch „1“ ist, der Ausgang des UND-Gatters **402** im vierten Zustand ebenfalls logisch „0“ sein. Somit ist der „S“-Eingang des SR-Flipflops **404** logisch „0“ und der „R“-Eingang des SR-Flipflops **404** logisch „1“. Somit kann der Ausgang des SR-Flipflops **404** logisch „0“ sein. Der Ausgang des UND-Gatters **406** wird ebenfalls logisch „0“ sein. Der Ausgang des UND-Gatters **408**, LO, wird logisch „0“ sein. Transistor **302** ist anfänglich eingeschaltet und wird durch den Übergang von LO von logisch „1“ zu logisch „0“ ausgeschaltet.

**[0053]** Ein beispielhafter fünfter Zustand kann folgende anfängliche Bedingungen haben: ein „Ein-Zustand“ kann für den Schalter angefordert werden. Der Schalter kann anfänglich im „Ein-Zustand“ sein. Die Diode kann ausgeschaltet sein.  $V_{CE}$  ( $V_{DS}$ ) kann größer als 6 Volt sein. In einem fünften Zustand, der im Falle eines Überstroms nach Zustand drei folgen kann, d. h., auf Zustand 3 kann entweder der vierte Zustand oder der fünfte Zustand folgen, kann ein „Ein-Zustand“ für einen Schalter, z. B. Transistor **302** von **Fig. 3**, angefordert werden. Der „Ein-Zustand“ kann angefordert werden, indem ein logischer Wert „1“ vom LI-Ausgang des PWM-Generators **312** von **Fig. 3** ausgegeben wird. Die Spannung über dem Schalter, z. B. Transistor **302**, kann größer als 6 Volt sein, und der Schalter, Transistor **302**, ist eingeschaltet, und die Diode über dem Schalter, z. B. Diode  $D_3$ , kann ausgeschaltet sein.

**[0054]** Im fünften Zustand ist der Vergleich von Bezugsspannung und DESAT\_PIN logisch „1“. Entsprechend kann DESAT\_CMP während des fünften Zustands logisch „1“ sein. Darüber hinaus wird, wenn im ersten Zustand LI gleich logisch „1“ ist und die umgekehrte Version von DESAT\_CMP logisch „0“ ist, der Ausgang des UND-Gatters **402** im dritten Zustand ebenfalls logisch „0“ sein. So wird das SR-Flipflop **404** den vorherigen Wert, logisch „1“, beibehalten, und der Ausgang des SR-Flipflops **404** wird logisch „1“ sein. Der Ausgang des UND-Gatters **406** wird logisch „1“ sein. Der Ausgang des UND-Gatters **408**, LO, wird logisch „0“ sein. Der Transistor **302** ist anfänglich eingeschaltet und bleibt eingeschaltet.

**[0055]** **Fig. 5** ist ein Blockschaltbild, das ein weiteres Beispiel 500 einer Low-Side-Treiberschaltung **300** von **Fig. 3** veranschaulicht, die gemäß einem oder mehreren Aspekt(en) der vorliegenden Offenbarung verwendet werden kann. In dem dargestellten

Beispiel von **Fig. 5** kann IN (Eingang, z. B. der LI-Eingang vom PWM-Generator von **Fig. 3**) durch eine Isoliersignal-Übertragungsschaltung **502**, z. B. einen Puffer, gepuffert sein. Falls DESAT\_Pin „low“ ist und IN „high“ ist, kann die Diode  $D_3$  (**Fig. 3**) leitend sein, und LO kann durch die ZVS-Erkennung **504** eingeschaltet werden wie vorstehend beschrieben. Falls DESAT\_Pin „high“ ist und LO „high“ ist, d. h. der untere Schalter, Transistor **302**, ist aktiviert, kann eine Überstromsituation vorliegen, und die DESAT-Erkennung **506** kann den Überstrom erkennen wie vorstehend beschrieben. In einer Überstromsituation kann eine Sperrung sämtlicher Ausgänge erforderlich sein. LO kann ein gepuffertes Ausgang der DESAT-Erkennung und der ZVS-Erkennung sein.

**[0056]** Andere Implementierungen können weiterhin die vorhandene DESAT-Funktionalität verwenden und das Gatetreiberdesign um eine zusätzliche ZVS-Erkennung erweitern, ähnlich der vorstehend erwähnten.

**[0057]** **Fig. 6** ist ein Flussdiagramm, das ein beispielhaftes Verfahren zur Überstrom- und Nullspannungsüberwachung gemäß einem oder mehreren Aspekt(en) der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht. In einem Beispiel überwacht die Low-Side-Treiberschaltung **300** einen Ausgang eines Modulators, etwa eines Pulsweitenmodulations- (PWM-) Generators **312**, um einen Zeitraum zu bestimmen, in dem eine Überwachung eines Eingangs-/Ausgangs-Pins einer elektronischen Vorrichtung auf Überstrom ausgeführt bzw. nicht ausgeführt wird (**600**).

**[0058]** Beispielsweise vergleicht während der ZVS-Überwachung eine Vergleichsschaltung, etwa eine Vergleichsschaltung, die einen Operationsverstärker **306** aufweist, eine erste Eingangsspannung mit einer ersten Bezugsspannung während des Zeitraums, in dem die Überwachung des Eingangs-/Ausgangs-Pins der elektronischen Vorrichtung auf Überstrom nicht ausgeführt wird, um zu bestimmen, wann eine Diode Strom leitet, wobei die Diode über einem Schalter angeordnet ist, der auf einen Nullspannungszustand überwacht wird, wobei die Strom leitende Diode anzeigt, dass der Schalter im Nullspannungszustand ist (**602**). In einigen Beispielen kann DESAT\_Pin mit  $V_{ref}$  verglichen werden.

**[0059]** In einigen Beispielen kann ein Schalter basierend auf dem Vergleich der ersten Eingangsspannung mit der ersten Bezugsspannung während des Zeitraums, in dem die Überwachung des Eingangs-/Ausgangs-Pins der elektronischen Vorrichtung auf Überstrom nicht ausgeführt wird, eingeschaltet werden. Der Schalter kann eingeschaltet werden, wenn eine Diode über einem Schalter leitend ist. Falls die Diode über dem Schalter leitend ist, ist die Spannung über dem Schalter niedrig, z. B. 0,7 Volt. Dies kann in der vorliegenden Patentanmeldung in Bezug auf die

ZVS als null angesehen werden. Entsprechend kann der Schalter eingeschaltet werden, wenn die Diode über dem Schalter leitend ist.

**[0060]** Die Low-Side-Treiberschaltung **300** überwacht ein Aktivierungssignal am Schalter, um einen Zeitraum zu bestimmen, in dem eine Überwachung des Eingangs-/Ausgangs-Pins der elektronischen Vorrichtung auf Überstrom ausgeführt wird (**604**).

**[0061]** Eine Vergleichsschaltung, etwa eine Vergleichsschaltung, die einen Operationsverstärker **306** aufweist, vergleicht eine zweite Eingangsspannung mit einer zweiten Bezugsspannung während des Zeitraums, in dem die Überwachung des Eingangs-/Ausgangs-Pins der elektronischen Vorrichtung auf Überstrom ausgeführt wird, um zu bestimmen, wann ein Überstrom des Eingangs-/Ausgangs-Pins der elektronischen Vorrichtung vorliegt (**606**). Es versteht sich, dass die erste Eingangsspannung und die zweite Eingangsspannung von verschiedenen Eingängen stammen können und an verschiedene Vergleichsschaltungen geschaltet sein können.

**[0062]** Allerdings können in einigen Beispielen die erste Eingangsspannung und die zweite Eingangsspannung der Spannung an ein und demselben Pin zu zwei verschiedenen Zeiten entsprechen, z. B. am DESAT\_Pin. Darüber hinaus können die erste Bezugsspannung und die zweite Bezugsspannung zwei verschiedene Spannungsreferenzen sein. Diese beiden verschiedenen Spannungsreferenzen können dieselbe Spannung oder verschiedene Spannungen aufweisen. Die erste Bezugsspannung und die zweite Bezugsspannung können jedoch auch eine einzige Spannungsreferenz sein, z. B.  $V_{ref}$ .

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Überwachen von Überstrom und Nullspannung, das aufweist:  
Bestimmen eines ersten Zeitraums, in dem an einem Eingangs-/Ausgangs-Pin (314) einer elektronischen Vorrichtung eine Überwachung auf Überstrom nicht ausgeführt wird, wobei die elektronische Vorrichtung einen Schalter (302) und eine parallel zu dem Schalter (302) geschaltete Diode ( $D_3$ ) aufweist; und während des ersten Zeitraums, Ermitteln wann die Diode ( $D_3$ ) Strom leitet, wobei das Ermitteln, ob die Diode ( $D_3$ ) Strom leitet, ein Vergleichen einer ersten Eingangsspannung mit einer ersten Bezugsspannung umfasst, wobei der Schalter (302) auf einen Nullspannungszustand überwacht wird, und wobei die Diode, wenn sie Strom leitet, anzeigt, dass der Schalter (302) im Nullspannungszustand ist, wobei das Verfahren weiterhin aufweist:  
Überwachen eines Aktivierungssignals des Schalters (302), um einen zweiten Zeitraum zu bestimmen,

in dem am Eingangs-/Ausgangs-Pins der elektronischen Vorrichtung eine Überwachung auf Überstrom ausgeführt wird; und während des zweiten Zeitraums, Ermitteln, wann ein Überstrom am Eingangs-/Ausgangs-Pin der elektronischen Vorrichtung vorliegt, wobei das Ermitteln, ob ein Überstrom vorliegt, ein Vergleichen einer zweiten Eingangsspannung mit einer zweiten Bezugsspannung umfasst, und wobei der erste Vergleichsschritt und der zweite Vergleichsschritt durch denselben Komparator (306) ausgeführt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, das weiterhin aufweist, den Eingangs-/Ausgangs-Pin der elektronischen Vorrichtung zu deaktivieren, wenn ein Überstrom am Eingangs-/Ausgangs-Pins vorliegt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die erste Bezugsspannung und die zweite Bezugsspannung eine einzige Bezugsspannung sind.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Bestimmen des ersten Zeitraums, aufweist, einen Ausgang eines Modulators (312) zu überwachen.

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Ermitteln des zweiten Zeitraums, aufweist, einen Ausgang einer Steuerschaltung (310) des Schalters (302) zu überwachen.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, das weiterhin aufweist, den Schalter (302) basierend auf dem Vergleich der ersten Eingangsspannung mit der ersten Bezugsspannung während des zweiten Zeitraums, einzuschalten.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem das Einschalten des Schalters (302) erfolgt, wenn die Diode (D3) leitend ist.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, das weiterhin aufweist, zu bestimmen, wann der Schalter (302) ausgeschaltet werden sollte, und den Schalter (302) zu diesem Zeitpunkt auszuschalten.

9. Elektronische Vorrichtung, die aufweist: eine Schaltung, die dazu ausgebildet ist, einen ersten Zeitraum zu bestimmen, in dem eine Überwachung eines Eingangs-/Ausgangs-Pins einer elektronischen Vorrichtung auf Überstrom nicht ausgeführt wird, wobei die elektronische Vorrichtung einen Schalter (302) und eine parallel zu dem Schalter (302) geschaltete Diode (D3) aufweist; eine Schaltung, die dazu ausgebildet ist, ein Aktivierungssignal des Schalters (302) zu überwachen, um einen zweiten Zeitraum zu bestimmen, in dem eine Überwachung des Eingangs-/Ausgangs-Pins der

elektronischen Vorrichtung auf Überstrom ausgeführt wird; und einen Komparator (306), der dazu ausgebildet ist, während des ersten Zeitraums eine erste Eingangsspannung mit einer ersten Bezugsspannung zu vergleichen, um zu bestimmen, wann die Diode (D3) Strom leitet, wobei der Schalter (302) auf einen Nullspannungszustand überwacht wird und wobei die Diode (D3), wenn sie Strom leitet, anzeigt, dass der Schalter (302) im Nullspannungszustand ist, und während des zweiten Zeitraums, eine zweite Eingangsspannung mit einer zweiten Bezugsspannung zu vergleichen, um zu bestimmen, wann ein Überstrom am Eingangs-/Ausgangs-Pin der elektronischen Vorrichtung vorliegt.

10. Elektronische Vorrichtung nach Anspruch 9, bei der die Schaltung, die dazu ausgebildet ist, das Aktivierungssignal zu überwachen ferner dazu ausgebildet ist, den Eingangs-/Ausgangs-Pin der elektronischen Vorrichtung zu deaktivieren, wenn ein Überstrom des Eingangs-/Ausgangs-Pins vorliegt.

11. Elektronische Vorrichtung nach Anspruch 9, bei der die erste Bezugsspannung und die zweite Bezugsspannung eine einzige Bezugsspannung sind.

12. Elektronische Vorrichtung nach Anspruch 9, bei der die Schaltung, die dazu ausgebildet ist, den ersten Zeitraum zu bestimmen, eine Schaltung aufweist, die dazu ausgebildet ist, einen Ausgang einer Modulators (312) zu überwachen.

13. Elektronische Vorrichtung nach Anspruch 9, bei der die Schaltung, die dazu ausgebildet ist, den zweiten Zeitraum zu bestimmen, eine Schaltung aufweist, die dazu ausgebildet ist, einen Ausgang einer Steuerschaltung (310) des Schalters (302) zu überwachen.

14. Elektronische Vorrichtung, die aufweist: Mittel zum Bestimmen eines ersten Zeitraums, in dem eine Überwachung eines Eingangs-/Ausgangs-Pins einer elektronischen Vorrichtung auf Überstrom nicht ausgeführt wird, wobei die elektronische Vorrichtung einen Schalter (302) und eine parallel zu dem Schalter (302) geschaltete Diode (D3) aufweist; Mittel zum Vergleichen einer ersten Eingangsspannung mit einer ersten Bezugsspannung während des ersten Zeitraums, um zu bestimmen, wann die Diode (D3) Strom leitet, wobei der Schalter (302) auf einen Nullspannungszustand überwacht wird und wobei die Diode (D3), wenn sie Strom leitet, anzeigt, dass der Schalter (302) im Nullspannungszustand ist; und Mittel zum Überwachen eines Aktivierungssignals des Schalters (302), um einen zweiten Zeitraum zu bestimmen, in dem eine Überwachung des Eingangs-/Ausgangs-Pins der elektronischen Vorrichtung auf Überstrom ausgeführt wird; und

Mittel zum Vergleichen einer zweiten Eingangsspannung mit einer zweiten Bezugsspannung während des zweiten Zeitraums, um zu bestimmen, wann ein Überstrom am Eingangs-/Ausgangs-Pin der elektronischen Vorrichtung vorliegt, wobei das Mittel zum Vergleichen der ersten Eingangsspannung mit der ersten Bezugsspannung und das Mittel zum Vergleichen der zweiten Eingangsspannung mit der zweiten Bezugsspannung ein und dieselbe Vergleichsschaltung aufweisen.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

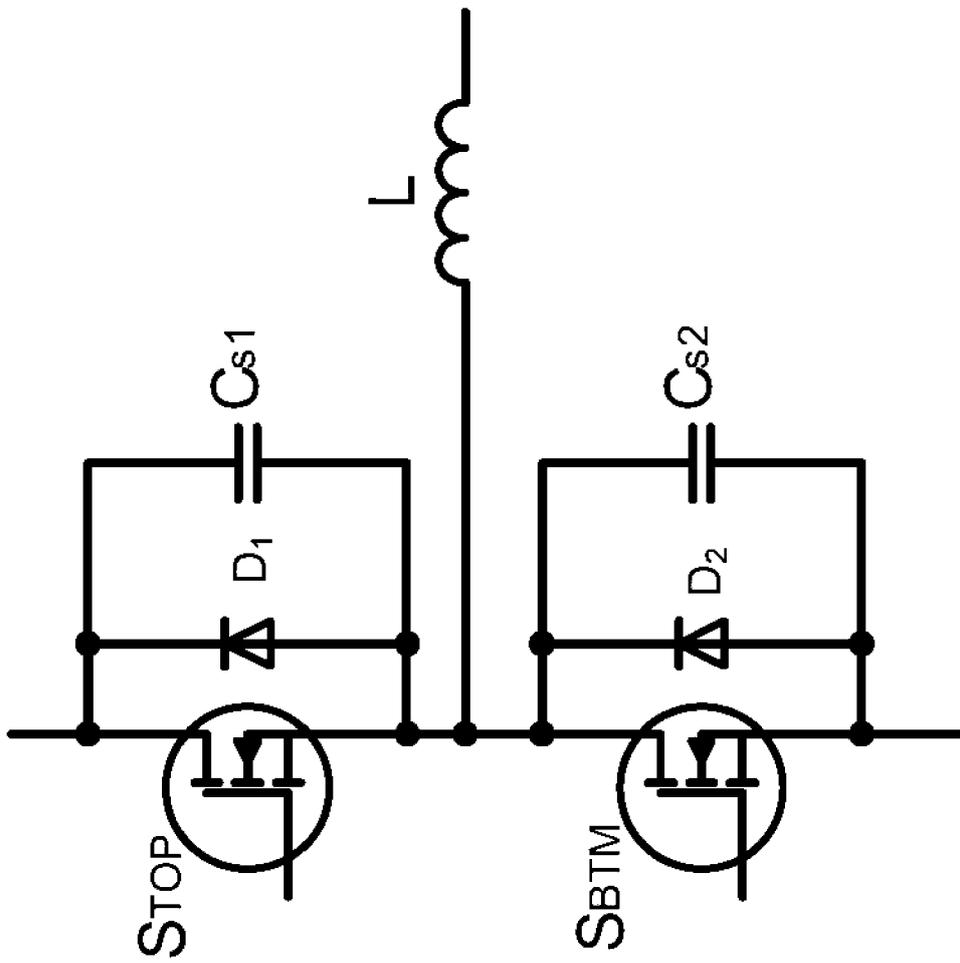


FIG. 1

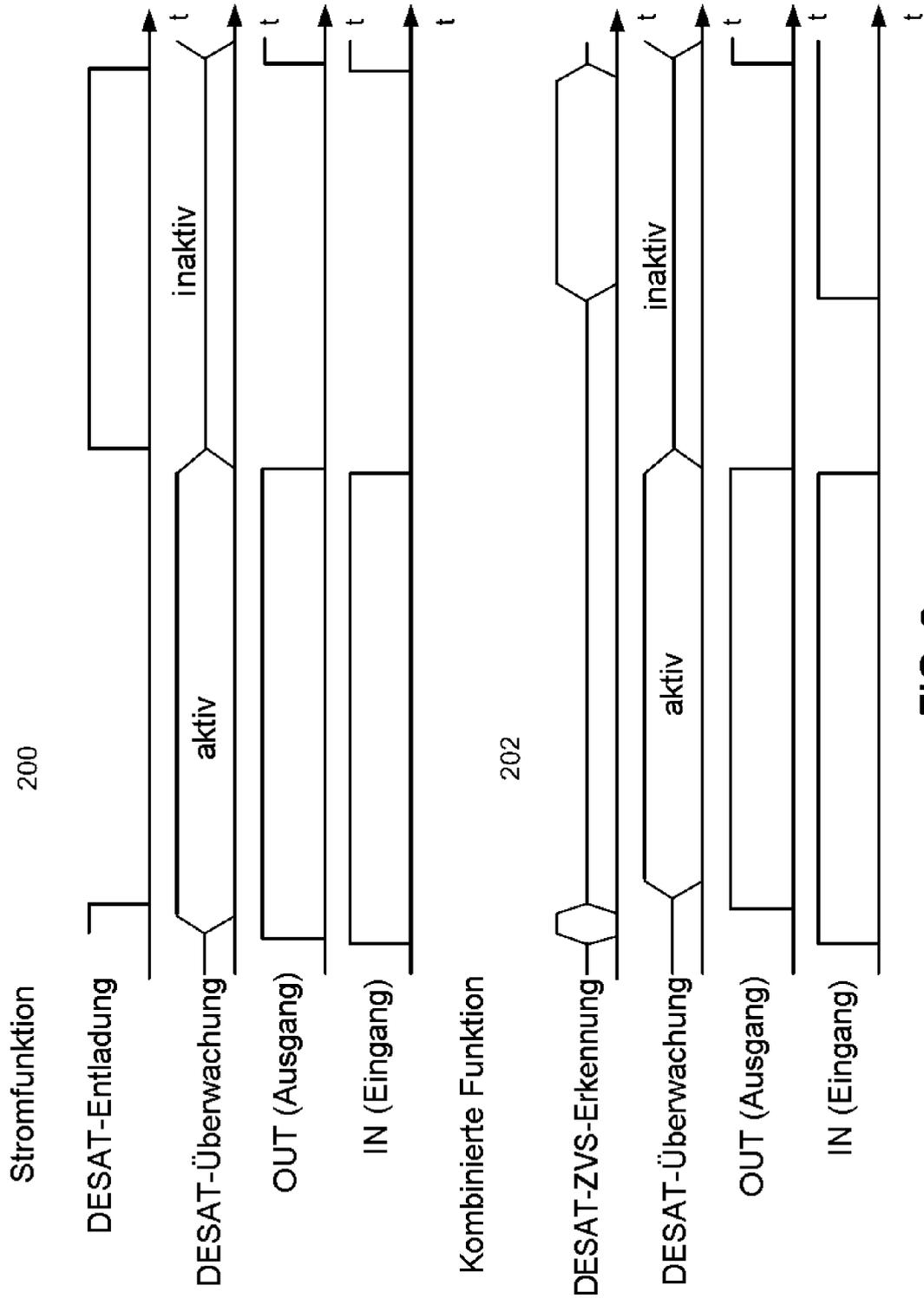


FIG. 2

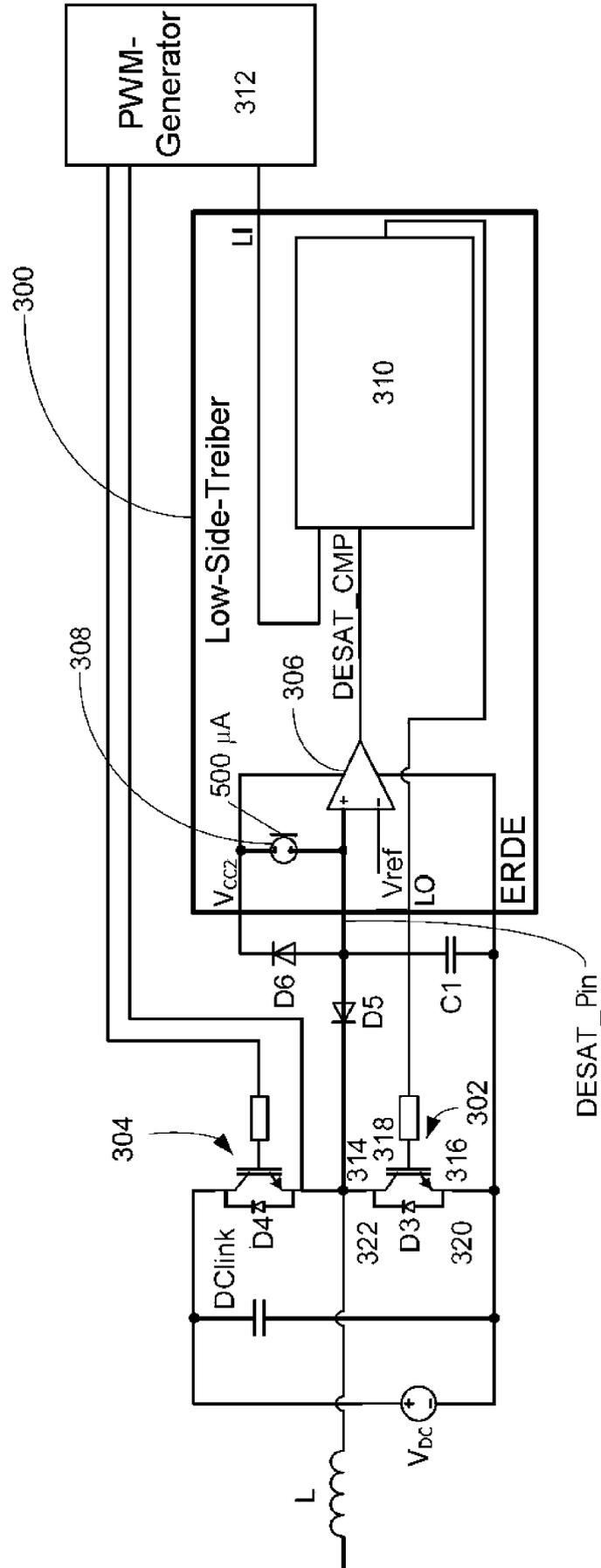


FIG. 3

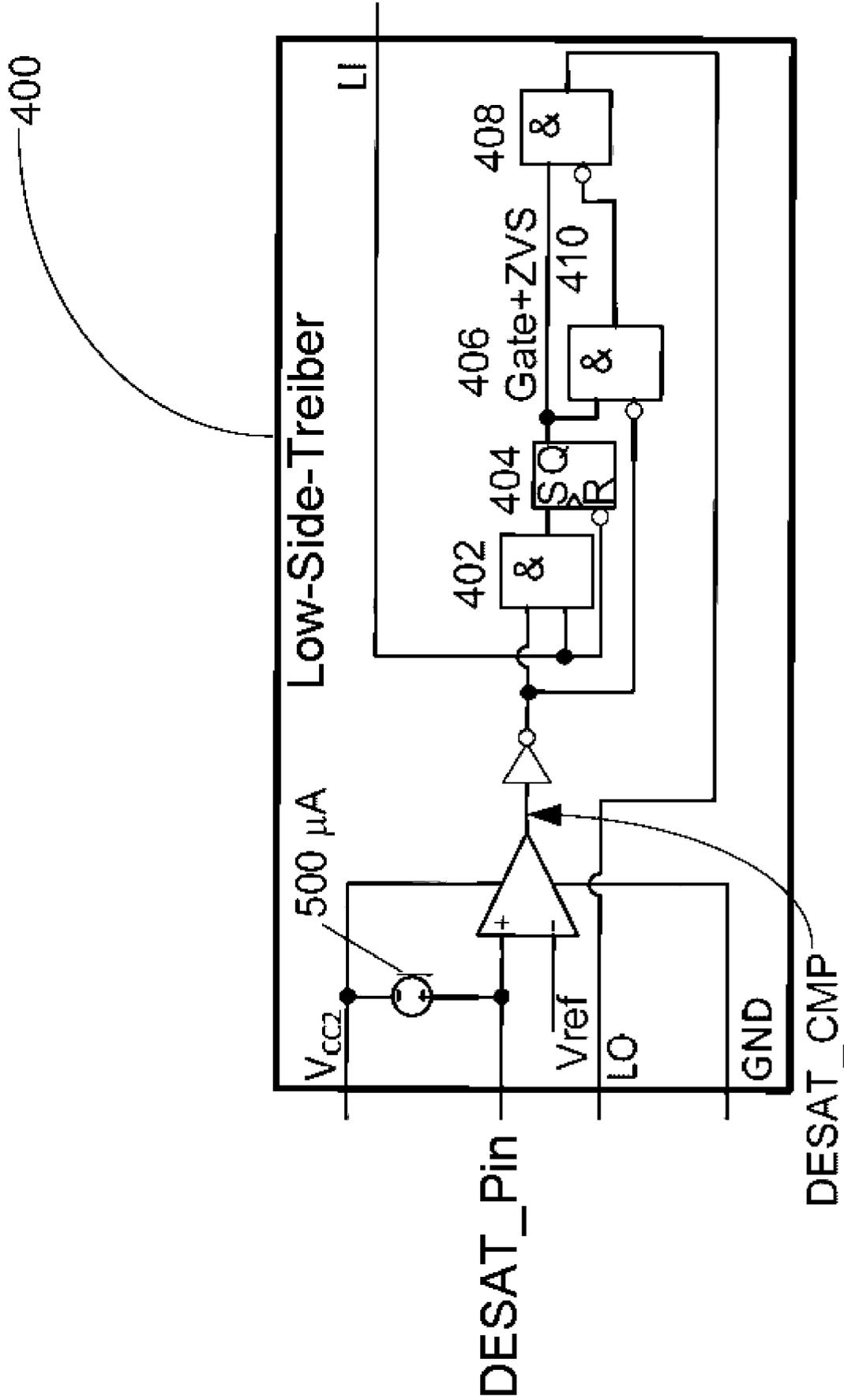


FIG. 4

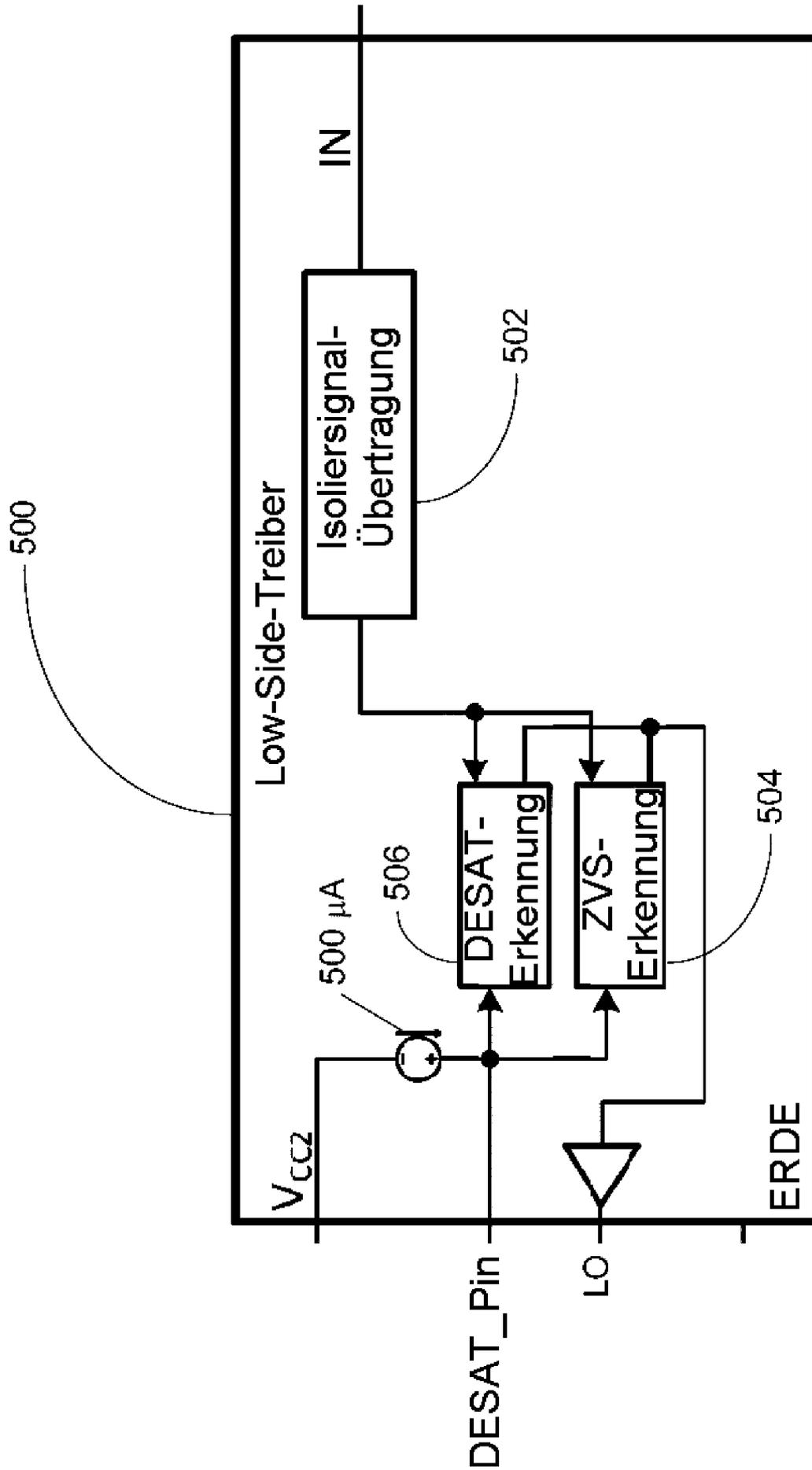


FIG. 5

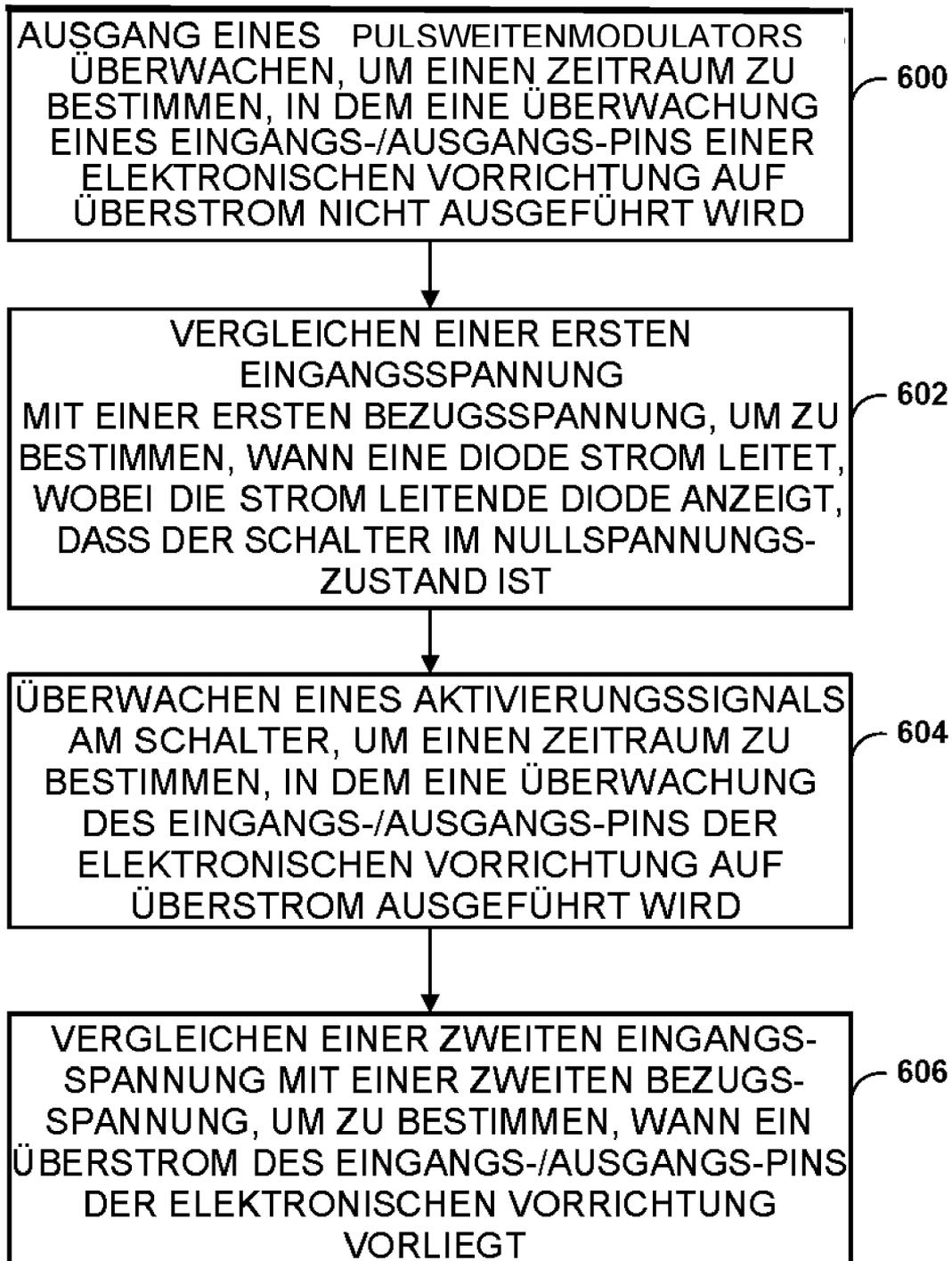


FIG. 6