



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 114 495.6**

(22) Anmeldetag: **31.08.2015**

(43) Offenlegungstag: **02.03.2017**

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

(71) Anmelder:

**Infineon Technologies Austria AG, Villach, AT**

(74) Vertreter:

**Westphal, Musgnug & Partner Patentanwälte mit  
beschränkter Berufshaftung, 80331 München, DE**

(72) Erfinder:

**Gong, Xiao Wu, Singapur, SG**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

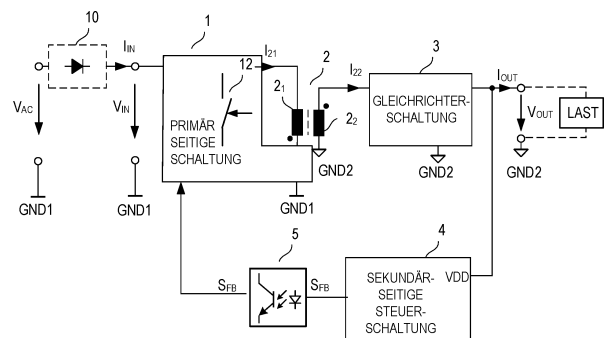
<b>DE</b>	<b>10 2015 101 525</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2007 / 0 030 715</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2014 / 0 036 550</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>2004- 282 944</b>	<b>A</b>

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **SPANNUNGSWANDLER UND SPANNUNGSWANDLUNGSVERFAHREN**

(57) Zusammenfassung: Es sind ein Spannungswandler und ein Verfahren offenbart. Der Spannungswandler umfasst: Einen Eingang, einen Ausgang, sowie einen Transformator, der eine Primärwicklung und eine Sekundärwicklung aufweist; eine primärseitige Schaltung, die zumindest einen Schalter aufweist und zwischen den Eingang und die Primärwicklung gekoppelt ist; eine sekundärseitige Steuerschaltung, die mit dem Ausgang gekoppelt ist. Die primärseitige Schaltung ist dazu ausgebildet, ein Rückkopplungssignal von der sekundärseitigen Steuerschaltung zu empfangen. Die sekundärseitige Steuerschaltung ist dazu ausgebildet, ein Fehlersignal basierend auf einem Ausgangssignal des Spannungswandlers zu erzeugen und das Fehlersignal basierend auf einer zusätzlichen Information zu modulieren, um das Rückkopplungssignal zu erzeugen.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung betrifft einen Spannungswandler und ein Spannungswandlungsverfahren.

**[0002]** Schaltspannungswandler (Schaltnetzteile, engl.: "switched mode power supplies", SMPS) werden zur Leistungswandlung in Automotive-, Industrie- oder Consumer-Elektronik-Anwendungen weit hin eingesetzt. Einige Arten von Schaltspannungswandlern wie beispielsweise Sperrwandler enthalten einen Transformator, der eine Potentialbarriere zwischen einem Eingang und einem Ausgang des Schaltspannungswandlers bildet. Bei diesen Arten von Schaltspannungswandlern werden eine Eingangsspannung und ein Eingangsstrom durch eine an eine Primärwicklung des Transformators angeschlossene, primärseitige Schaltung empfangen, und ein Ausgangssignal (eine Ausgangsspannung oder ein Ausgangsstrom) wird von einer mit einer Sekundärseite des Transformators verbundenen Schaltung ausgegeben. Bei sekundärseitig gesteuerten Spannungswandlern wird ein Rückkopplungssignal, das eines von der Ausgangsspannung und dem Ausgangsstrom repräsentiert, von der sekundärseitigen Schaltung an die primärseitige Schaltung übertragen. Aufgrund der Potentialbarriere erfordert eine derartige Übertragung den Einsatz von Schaltungen wie beispielsweise von Optokopplern, die in der Lage sind, das Rückkopplungssignal über die Potentialbarriere hinweg zu übertragen.

**[0003]** Es besteht ein Bedarf, zusätzliche Information mit geringen Kosten von der sekundärseitigen Schaltung an die primärseitige Schaltung zu übertragen.

**[0004]** Ein Beispiel betrifft einen Spannungswandler. Der Spannungswandler enthält einen Eingang, einen Ausgang, sowie einen Transformator mit einer Primärwicklung und einer Sekundärwicklung. Eine primärseitige Schaltung, die zumindest einen Schalter aufweist, ist zwischen den Eingang und die Primärwicklung gekoppelt, eine Gleichrichterschaltung ist zwischen die Sekundärwicklung und den Ausgang gekoppelt, und eine sekundärseitige Steuerschaltung ist mit dem Ausgang gekoppelt. Die primärseitige Schaltung ist dazu ausgebildet, ein Rückkopplungssignal von der sekundärseitigen Steuerschaltung zu empfangen. Die sekundärseitige Steuerschaltung ist dazu ausgebildet, basierend auf einem Ausgangssignal des Spannungswandlers ein Fehlersignal zu erzeugen und das Fehlersignal basierend auf einer zusätzlichen Information zu modulieren, um das Rückkopplungssignal zu erzeugen.

**[0005]** Ein Beispiel betrifft ein Verfahren. Das Erzeugen umfasst das Erzeugen eines Fehlersignals durch eine sekundärseitige Steuerschaltung in einem

Spannungswandler basierend auf einem Ausgangssignal des Spannungswandlers, und das Modulieren des Fehlersignals basierend auf einer zusätzlichen Information, um ein Rückkopplungssignal zu erzeugen. Das Verfahren umfasst außerdem das Empfangen des Rückkopplungssignals durch eine primärseitige Schaltung, die zumindest einen Schalter aufweist und mit einer Primärwicklung eines Transformators in dem Spannungswandler gekoppelt ist.

**[0006]** Nachfolgend werden Beispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert. Die Zeichnungen dienen dazu, bestimmte Prinzipien zu veranschaulichen, so dass nur die zum Verständnis dieser Prinzipien erforderlichen Aspekte dargestellt sind. Die Zeichnungen sind nicht maßstäblich. In den Zeichnungen bezeichnen dieselben Bezugszeichen gleiche Merkmale.

**[0007]** Fig. 1 zeigt einen Beispiel-Spannungswandler, der eine primärseitige Schaltung, eine Gleichrichterschaltung und eine sekundärseitige Steuerschaltung enthält;

**[0008]** Fig. 2A–Fig. 2B zeigen Signalverläufe, die verschiedene Beispiele zur Übertragung einer Ausgangssignal-Information und einer zusätzlichen Information von einer Sekundärseite an eine Primärseite eines Spannungswandlers veranschaulichen;

**[0009]** Fig. 3A–Fig. 3B zeigen Signalverläufe, die weitere Beispiele zur Übertragung einer Ausgangssignal-Information und einer zusätzlichen Information von einer Sekundärseite an eine Primärseite eines Spannungswandlers veranschaulichen;

**[0010]** Fig. 4 zeigt ein Beispiel einer primärseitigen Schaltung;

**[0011]** Fig. 5 zeigt ein Beispiel einer Gleichrichterschaltung;

**[0012]** Fig. 6A–Fig. 6B zeigen Signalverläufe, die eine Betriebsart der primärseitigen Schaltung veranschaulichen;

**[0013]** Fig. 7 zeigt ein Beispiel einer sekundärseitigen Steuerschaltung;

**[0014]** Fig. 8 zeigt ein weiteres Beispiel der sekundärseitigen Steuerschaltung;

**[0015]** Fig. 9 zeigt ein Beispiel eines veränderlichen Widerstands bei der in Fig. 7 gezeigten, sekundärseitigen Steuerschaltung;

**[0016]** Fig. 10 zeigt ein Beispiel eines Fehlersignalfilters;

**[0017]** Fig. 11 zeigt ein Beispiel einer primärseitigen Steuerschaltung; und

**[0018]** Fig. 12 zeigt ein weiteres Beispiel der primärseitigen Steuerschaltung.

**[0019]** In der folgenden, ausführlichen Beschreibung wird Bezug genommen auf die begleitenden Zeichnungen. Die Zeichnungen bilden einen Teil der Beschreibung und zeigen anhand der Darstellung konkreter Beispiele, wie die Erfindung umgesetzt werden kann. Es versteht sich, dass die Merkmale der verschiedenen hierin beschriebenen Beispiele, sofern nicht ausdrücklich anders erwähnt, miteinander kombiniert werden können.

**[0020]** Fig. 1 zeigt einen Spannungswandler (geschaltete Leistungsversorgung, SMPS) gemäß einem Beispiel. Der Spannungswandler enthält einen Eingang mit einem ersten Eingangsknoten und einem zweiten Eingangsknoten, die dazu ausgebildet sind, eine Eingangsspannung  $V_{IN}$  und einen Eingangsstrom  $I_{IN}$  zu empfangen, und einen Ausgang mit einem ersten Ausgangsknoten und einem zweiten Ausgangsknoten, die dazu ausgebildet sind, eine Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  und einen Ausgangsstrom  $I_{OUT}$  auszugeben. Eine Last  $Z$  (in Fig. 1 anhand gestrichelter Linien dargestellt) kann die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  und den Ausgangsstrom  $I_{OUT}$  empfangen. Der Spannungswandler enthält außerdem einen Transformator **2** mit einer Primärwicklung **2<sub>1</sub>** und einer mit der Primärwicklung **2<sub>1</sub>** magnetisch gekoppelten Sekundärwicklung **2<sub>2</sub>**. Eine primärseitige Schaltung **1** ist zwischen den Eingang und die Primärwicklung **2<sub>1</sub>** gekoppelt, und eine Gleichrichterschaltung **3** ist zwischen die Sekundärwicklung **2<sub>2</sub>** und den Ausgang gekoppelt. Die primärseitige Schaltung **1** enthält zumindest einen Schalter **12**. Gemäß einem Beispiel ist die primärseitige Schaltung **1** dazu ausgebildet, durch den Betrieb des zumindest einen Schalters **12** elektrische Leistung gepulst über den Transformator **2** an die Gleichrichterschaltung **3** zu übertragen, wobei die Gleichrichterschaltung **3** aus der über den Transformator **2** empfangenen, gepulsten Leistung die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  und den Ausgangsstrom  $I_{OUT}$  erzeugt. Gemäß einem Beispiel handelt es sich bei dem Ausgangsstrom  $I_{OUT}$  um einen Gleichstrom, und die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  ist eine Gleichspannung (DC-Spannung).

**[0021]** Der Spannungswandler ist dazu ausgebildet, von den Größen Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  und Ausgangsstrom  $I_{OUT}$  eine zu regeln. Der durch den Spannungswandler geregelte Parameter wird nachfolgend als Ausgangssignal bezeichnet. Lediglich zum Zweck der Erläuterung wird angenommen, dass der Spannungswandler dazu ausgebildet ist, die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  zu regeln. Hierzu empfängt eine sekundärseitige Steuerschaltung **4** die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$ , oder ein Signal, das die Ausgangsspan-

nung  $V_{OUT}$  repräsentiert, und erzeugt basierend auf der Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  ein Rückkopplungssignal  $S_{FB}$ . Die primärseitige Schaltung **1** ist dazu ausgebildet, das Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  zu empfangen und die über dem Transformator von der Primärseite des Spannungswandlers an die Sekundärseite des Spannungswandlers übertragene Leistung basierend auf diesem Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  zu steuern. Aufgrund des Transformators **2** gibt es eine Potentialbarriere zwischen der Primärseite und der Sekundärseite des Spannungswandlers, das heißt, zwischen dem Eingang und dem Ausgang des Spannungswandlers. Der Spannungswandler enthält eine Übertragungsschaltung **5**, die dazu ausgebildet ist, das Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  von der sekundärseitigen Steuerschaltung **4** über diese Potentialbarriere an die primärseitige Schaltung **1** zu übertragen. Gemäß einem Beispiel enthält die Übertragungsschaltung **5** einen Optokoppler. Allerdings handelt es sich bei der Verwendung eines Optokopplers zum Übertragen des Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  über die Potentialbarriere lediglich um ein Beispiel. Jede andere Art von Übertragungsschaltung, die geeignet ist, ein Signal über eine Potentialbarriere zu übertragen, kann ebenso gut verwendet werden. Eine Art einer derartigen Übertragungsschaltung ist eine Übertragungsschaltung, die einen Transformator enthält.

**[0022]** Die Übertragungsschaltung **5** ändert die Charakteristik des Rückkopplungssignals  $S_{FB}$  nicht. Insbesondere kann das von der Übertragungsschaltung **5** an die primärseitige Schaltung **1** ausgegebene Rückkopplungssignal im Wesentlichen proportional zu dem Signal sein, das die Übertragungsschaltung **5** von der sekundärseitigen Steuerschaltung **4** empfängt. Deshalb wird nachfolgend der Ausdruck "Rückkopplungssignal  $S_{FB}$ " sowohl für das von der sekundärseitigen Steuerschaltung **4** ausgegebene Signal als auch für das von der primärseitigen Schaltung **1** empfangene Signal verwendet, obwohl sich diese Signale auf verschiedene Massepotentiale beziehen. Das von der sekundärseitigen Steuerschaltung **4** ausgegebene Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  ist auf den sekundärseitigen Masseknoten GND2 bezogen, wohingegen das von der Übertragungsschaltung **5** ausgegebene und durch die primärseitige Schaltung **1** empfangene Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  auf den primärseitigen Masseknoten GND1 bezogen ist.

**[0023]** Gemäß einem Beispiel ist die sekundärseitige Schaltung **4** dazu ausgebildet, basierend auf dem Ausgangssignal  $V_{OUT}$  ein Fehlersignal zu erzeugen und das Fehlersignal basierend auf einer zusätzlichen Information zu modulieren, um das Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  zu erzeugen. Hierdurch trägt das Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  zwei Arten von Information, nämlich die Information, die in dem Fehlersignal enthalten ist, und die zusätzliche Information. Beide dieser in dem Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  enthaltenen Informationen werden über die Übertragungsschal-

tung **5** über die Potentialbarriere hinweg von der sekundärseitigen Steuerschaltung **4** an die primärseitige Schaltung **1** übertragen. Daher ist lediglich eine Übertragungsschaltung **5** erforderlich, was hilft, Kosten zu sparen. Details zur Erzeugung des Fehlersignals werden weiter unten erläutert.

**[0024]** Die **Fig. 2A** und **Fig. 2B** zeigen zwei unterschiedliche Beispiele, wie das Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  die Fehlersignalinformation und die zusätzliche Information tragen kann. Jede der **Fig. 2A** und **Fig. 2B** zeigt ein Beispiel eines Signalverlaufs des Rückkopplungssignals  $S_{FB}$ . Um die zusätzliche Information zu übertragen, gibt es eine Zeitdauer (Zeitfenster)  $T_{COM}$ , in der die zusätzliche Information übertragen wird. Außerhalb dieses Zeitfensters  $T_{COM}$  besitzt das Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  einen Signalpegel (Amplitude)  $A_{ERR}$ , der durch das Fehlersignal bestimmt ist. Bei dem in **Fig. 2A** gezeigten Beispiel wird die zusätzliche Information in dem Kommunikationsfenster  $T_{COM}$  übertragen, indem das Fehlersignal so moduliert wird, dass es gemäß einem vorgegebenen Muster von der durch das Fehlersignal  $S_{ERR}$  bestimmten Amplitude  $A_{ERR}$  nach unten gezogen (engl.: "pulled down") wird. Bei diesem Beispiel enthält das Muster zwei durch einen High-Puls separierte Low-Pulse. Die Low-Pulse können unterschiedliche Dauern haben. Bei dem in **Fig. 2A** gezeigten Beispiel gibt es einen langen Low-Puls (LLoP), einen kurzen Low-Puls (SLoP), sowie einen High-Puls (HiP), der die beiden Low-Pulse separiert. Während der High-Pulse entspricht der Pegel des Rückkopplungssignals  $S_{FB}$  dem durch das Fehlersignal bestimmten Pegel  $A_{ERR}$ .

**[0025]** Bei dem in **Fig. 2B** gezeigten Beispiel wird die zusätzliche Information übertragen, indem das Fehlersignal derart moduliert wird, dass der Signalpegel gemäß einem vorgegebenen Muster von dem durch das Fehlersignal  $S_{ERR}$  bestimmten Pegel  $A_{ERR}$  auf einen Maximalpegel  $A_{MAX}$  nach oben gezogen (engl.: "pulled up") wird. Bei diesem Beispiel enthält das vorgegebene Muster zwei High-Pulse, die durch einen Low-Puls separiert sind. Die High-Pulse können unterschiedliche Dauern aufweisen. Bei diesem Beispiel gibt es einen langen High-Puls (LHiP), einen kurzen High-Puls (SHiP), sowie einen Low-Puls (LoP), der die High-Pulse separiert. Während der Low-Pulse (LoP) weist das Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  einen Signalpegel auf, wie er durch das Fehlersignal bestimmt ist.

**[0026]** Das in den **Fig. 2A** und **Fig. 2B** gezeigte Modulationsschema zur Übertragung der zusätzlichen Information in dem Kommunikationsfenster  $T_{COM}$  ist ähnlich einer Puls-Code-Modulation (PCM). In dem Kommunikationsfenster  $T_{COM}$  kann eine Vielzahl verschiedener Pulssequenzen oder Signalmuster erzeugt werden, wobei jedes dieser Muster mit einer bestimmten zusätzlichen Information verbunden ist. Daher können in dem Kommunikationsfenster

$T_{COM}$  unterschiedliche Informationen übertragen werden. Beispiele dafür, wie verschiedene Pulssequenzen (Signalmuster) aussehen können, sind in den **Fig. 3A** und **Fig. 3B** gezeigt. Diese Figuren zeigen Kurvenverläufe eines gemäß dem unter Bezugnahme auf **Fig. 2A** erläuterten Modulationsschemas modulierten Rückkopplungssignals  $S_{FB}$ . Bezugnehmend auf diese Figuren können unterschiedliche Pulssequenzen erzeugt werden, indem die Anzahl langer Low-Pulse (LLoP) variiert wird. **Fig. 3A** zeigt ein Beispiel einer Pulssequenz mit zwei langen Low-Pulsen (LLoP), und **Fig. 3B** zeigt ein Beispiel mit drei langen Low-Pulsen (LLoP). In jedem Fall gibt es einen kurzen Low-Puls (SLoP), der die betreffende Pulssequenz abschließt. Es wird darauf hingewiesen, dass das Variieren der Anzahl bestimmter Pulse wie beispielsweise der langen Low-Pulse (LLoP) bei den in den **Fig. 3A** und **Fig. 3B** gezeigten Beispielen lediglich ein Beispiel dafür darstellt, wie verschiedene Informationen auf die Pulssequenz abgebildet werden. Gemäß einem weiteren Beispiel kann die Dauer von einem oder mehr Pulsen der Pulssequenz verändert werden, um unterschiedliche Informationen auf die Pulssequenz abzubilden. Gemäß noch einem anderen Beispiel kann die Amplitude von zumindest einem Puls der Pulssequenz verändert werden, um unterschiedliche Informationen auf die Pulssequenz abzubilden.

**[0027]** Das oben erläuterte Verfahren zum Übertragen der Fehlersignalinformation und der zusätzlichen Information durch Verwendung von lediglich einem Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  kann bei jeder Art von Leistungswandler eingesetzt werden, der einen Transformator enthält. Eine Art von Leistungswandler, der einen Transformator als Potentialbarriere zwischen dem Eingang und dem Ausgang des Spannungswandlers aufweist, ist ein Sperrwandler. **Fig. 4** zeigt ein Beispiel einer primärseitigen Schaltung **1** in einem Sperrwandler. In diesem Wandler enthält die primärseitige Schaltung **1** einen Schalter **12**, der mit der Primärwicklung **2<sub>1</sub>** des Transformators **2** in Reihe geschaltet ist. Die Reihenschaltung mit der Primärwicklung **2<sub>1</sub>** und dem Schalter **12** ist zwischen den Eingangsknoten des Leistungswandlers angeschlossen. Eine primärseitige Steuerschaltung **11** empfängt das Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  und ist dazu ausgebildet, den Schalter **12** basierend auf dem Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  anzusteuern. Zum Ansteuern des Schalters **12** erzeugt die primärseitige Steuerschaltung **11** basierend auf dem Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  ein Ansteuersignal  $S_{DRV}$ . Der Schalter **12** empfängt das Ansteuersignal  $S_{DRV}$  und schaltet basierend auf dem Ansteuersignal  $S_{DRV}$  ein und aus. Gemäß einem Beispiel handelt es sich bei dem Ansteuersignal  $S_{DRV}$  um ein pulswidenmoduliertes (PWM) Ansteuersignal.

**[0028]** Bei dem in **Fig. 4** gezeigten Beispiel ist der Schalter **12** ein MOSFET, insbesondere ein n-Kanal-MOSFET vom Anreicherungstyp. Allerdings handelt

es sich hierbei lediglich um ein Beispiel. Jede andere Art von Transistorbauelement wie beispielsweise ein p-Kanal-MOSFET vom Anreicherungstyp, ein MOSFET vom Verarmungstyp, ein JFET (Junction Field-Effect Transistor), ein IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), ein Bipolartransistor (BJT) oder ein HEMT (High Electron Mobility Transistor) kann ebenso gut eingesetzt werden.

**[0029]** Optional ist ein Strommesswiderstand **14** mit der Primärwicklung **2<sub>1</sub>** und dem elektronischen Schalter **12** in Reihe geschaltet. Der Strommesswiderstand erzeugt eine Messspannung  $V_{\text{SENSE}}$ , die einen Strom  $I_{\text{DS}}$  durch den elektronischen Schalter **12** bzw. die Primärwicklung **2<sub>1</sub>** repräsentiert. Die Steuerschaltung **11** der primärseitigen Schaltung empfängt diese Messspannung  $V_{\text{SENSE}}$ . Außerdem kann ein Eingangskondensator **13** zwischen den Eingangsknoten angeschlossen sein. Dieser Eingangskondensator **13** filtert eine Welligkeit, die bei der Eingangsspannung  $V_{\text{IN}}$  auftreten kann.

**[0030]** Fig. 5 zeigt ein Beispiel der sekundärseitigen Gleichrichterschaltung **3**. Bei diesem Beispiel weist die Gleichrichterschaltung **3** ein Gleichrichterelement **31** wie beispielsweise eine Diode auf, sowie einen Kondensator **32**. Das Gleichrichterelement **31** und der Kondensator **32** sind in Reihe geschaltet, wobei die Reihenschaltung mit dem Gleichrichterelement **31** und dem Kondensator **32** zu der Sekundärwicklung **2<sub>2</sub>** parallel geschaltet ist. Die Ausgangsspannung  $V_{\text{OUT}}$  steht über dem Kondensator **32** der Gleichrichterschaltung **3** zur Verfügung. Bei dem Sperrwandler besitzen die Primärwicklung **2<sub>1</sub>** und die Sekundärwicklung **2<sub>2</sub>** einen entgegengesetzten Wicklungssinn. Hierdurch kann zu einem Zeitpunkt ein Strom nur durch eine von der Primärwicklung **2<sub>1</sub>** und der Sekundärwicklung **2<sub>2</sub>** fließen.

**[0031]** Bezug nehmend auf das Obige enthält das Rückkopplungssignal  $S_{\text{FB}}$  ein Fehlersignal, das auf dem Ausgangssignal  $V_{\text{OUT}}$  basiert, und das Rückkopplungssignal enthält eine zusätzliche Information, die durch eine Modulation des Fehlersignals übertragen wird. Beispiele dafür, wie man das Fehlersignal und die zusätzliche Information aus dem Rückkopplungssignal  $S_{\text{FB}}$  in der primärseitigen Steuerschaltung **11** wiederherstellt, werden nachfolgend erläutert. Basierend auf dem aus dem Rückkopplungssignal  $S_{\text{FB}}$  wiederhergestellten Fehlersignal kann die primärseitige Steuerschaltung **11** den Schalter **12** auf eine herkömmliche Weise betreiben. Beispiele für den Betrieb der primärseitigen Schaltung **1**, insbesondere zum Ansteuern des elektronischen Schalters **12** durch die primärseitige Steuerschaltung **11**, werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die Fig. 6A–Fig. 6B erläutert.

**[0032]** Fig. 6A zeigt ein Beispiel eines Signalverlaufs des Ansteuersignals  $S_{\text{DRV}}$ , das durch die pri-

märseitige Steuerschaltung **11** basierend auf dem aus dem Rückkopplungssignal  $S_{\text{FB}}$  wiederhergestellten Fehlersignal erzeugt wurde. Bezug nehmend auf Fig. 6A umfasst das Ansteuern des elektronischen Schalters **12** durch das Ansteuersignal  $S_{\text{DRV}}$  das Ansteuern des elektronischen Schalters **12** in einer Vielzahl aufeinander folgender Ansteuerzyklen. In jedem Ansteuerzyklus wird der Schalter **12** für eine erste Zeit  $T_{\text{ON}}$  eingeschaltet und für eine zweite Zeit  $T_{\text{OFF}}$  ausgeschaltet. Nachfolgend werden die erste Zeit  $T_{\text{ON}}$  als Einschaltzeit und die zweite Zeit  $T_{\text{OFF}}$  als Ausschaltzeit bezeichnet. Ein Signalpegel des Ansteuersignals  $S_{\text{DRV}}$ , das den elektronischen Schalter **12** einschaltet, wird nachfolgend als Einschaltpegel bezeichnet, und ein Signalpegel, der den elektronischen Schalter **12** ausschaltet, wird nachfolgend als Ausschaltpegel bezeichnet. Lediglich zum Zweck der Darstellung handelt es sich bei dem Einschaltpegel in dem in Fig. 6A gezeigten Kurvenverlaufdiagramm um einen High-Signal-Pegel, und bei dem Ausschaltpegel um einen Low-Signal-Pegel. Gemäß einem Beispiel erzeugt die primärseitige Steuerschaltung **11** das Ansteuersignal  $S_{\text{DRV}}$  derart, dass die Einschaltzeit  $T_{\text{ON}}$  von dem Signalpegel  $A_{\text{ERR}}$  des Fehlersignals abhängt. Gemäß einem Beispiel steigt die Einschaltzeit, wenn der Signalpegel  $A_{\text{ERR}}$  steigt, und umgekehrt.

**[0033]** Fig. 6B zeigt ein Kurvenverlaufdiagramm eines Stroms (Primärstrom)  $I_{21}$  durch die Primärwicklung **2<sub>1</sub>**. Bezug nehmend auf Fig. 6B steigt ein Strompegel dieses Stroms  $I_{21}$  während der Einschaltzeit. Der durch die Primärwicklung **2<sub>1</sub>** fließende Strom  $I_{21}$  ist mit elektrischer Energie verbunden, die in dem Transformator **2** gespeichert ist, genauer mit elektrischer Energie, die einem (nicht gezeigten) Luftspalt des Transformators **2** gespeichert ist. Am Ende der Einschaltzeit  $T_{\text{ON}}$  schaltet der elektronische Schalter **12** aus, der Primärstrom  $I_{21}$  fällt auf Null, und die in dem Transformator **2** gespeicherte Energie wird über die Sekundärwicklung **2<sub>2</sub>** an die Gleichrichterschaltung **3** bzw. die Last  $Z$  übertragen. Das Speichern der Energie in dem Transformator **2** während der Einschaltzeit ist damit verbunden, dass der Transformator **2** magnetisiert wird, und das Übertragen der Energie an die Sekundärseite ist mit einer Entmagnetisierung des Transformators **2** während der Ausschaltzeit verbunden.

**[0034]** Gemäß einem Beispiel ist die Dauer der Ausschaltzeit  $T_{\text{OFF}}$  derart gewählt, dass der Transformator **2** während der Ausschaltzeit  $T_{\text{OFF}}$  vollständig entmagnetisiert wird und für eine Weile, bevor der elektronische Schalter **12** erneut einschaltet, entmagnetisiert ist. In diesem Fall ist der Primärstrom  $I_{21}$  zu Beginn einer jeden Einschaltzeit  $T_{\text{ON}}$  Null und steigt dann an. Dies ist in Fig. 6B gezeigt und als diskontinuierlicher Leitungsmodus (engl.: "discontinuous conduction mode"; DCM) bekannt. Allerdings handelt es sich bei dem Betrieb des Leistungswand-

lers im DCM lediglich um ein Beispiel. Es ist ebenso möglich, den Leistungswandler in einem kontinuierlichen Leitungsmodus (engl.: "continuous conduction mode"; CCM) zu betreiben, indem der Transformator **2** während der Ausschaltzeit  $T_{OFF}$  nicht vollständig entmagnetisiert wird, so dass der Primärstrom  $I_{21}$  zu Beginn einer jeden Einschaltzeit  $T_{ON}$  nicht bei Null anzusteigen beginnt.

**[0035]** Die primärseitige Steuerschaltung **11** kann dazu ausgebildet sein, den elektronischen Schalter **12** in einer Festfrequenzbetriebsart zu betreiben. In dieser Betriebsart wird der elektronische Schalter **12** mit einer festen Frequenz  $f$  eingeschaltet. Eine Dauer  $T_{CYCLE}$  der einzelnen Ansteuerzyklen ist gleich, wobei  $T_{CYCLE} = 1/f$ .

**[0036]** Gemäß einem weiteren Beispiel betreibt die primärseitige Steuerschaltung den elektronischen Schalter **12** in einer quasi-resonanten Betriebsart. In dieser Betriebsart misst die primärseitige Steuerschaltung **11** eine Magnetisierung des Transformators **12** und schaltet den elektronischen Schalter **12**, unmittelbar nachdem der Transformator **12** entmagnetisiert wurde, ein. Bezug nehmend auf **Fig. 4** kann eine magnetisch mit der Primärwicklung  $2_1$  gekoppelte Hilfswicklung  $2_3$  von der primärseitigen Steuerschaltung **11** verwendet werden, um den Magnetisierungszustand des Transformators **2** zu detektieren. Der Betrieb eines Sperrwandlers in einer quasi-resonanten Betriebsart ist allgemein bekannt, so dass in dieser Hinsicht keine weiteren Erläuterungen erforderlich sind.

**[0037]** Sowohl in der Festfrequenzbetriebsart als auch in der quasi-resonanten Betriebsart verändert die primärseitige Steuerschaltung **11** die Einschaltzeit  $T_{ON}$  basierend auf dem wiederhergestellten Fehlersignal, um das Ausgangssignal  $V_{OUT}$  zu regeln. Gemäß einem Beispiel stellt die primärseitige Steuerschaltung **11** die Einschaltzeit  $T_{ON}$  in den einzelnen Steuerzyklen lediglich basierend auf dem Signalpegel  $A_{ERR}$  des wiederhergestellten Fehlersignals ein. Diese Betriebsart kann als Spannungs-Betriebsart bezeichnet werden.

**[0038]** Gemäß einem weiteren Beispiel erzeugt die primärseitige Steuerschaltung **11** ein Schwellenwertsignal  $I_{21\_TH}$  basierend auf der Amplitude des wiederhergestellten Fehlersignals, detektiert den Primärstrom  $I_{21}$  während der Einschaltzeit  $T_{ON}$  und schaltet den elektronischen Schalter **12** aus, wenn der Primärstrom  $I_{21}$  das erzeugte Schwellenwertsignal  $I_{21\_TH}$  erreicht. Dies ist in **Fig. 6B** schematisch dargestellt und kann als Strom-Betriebsart bezeichnet werden. Das Strommesssignal  $V_{SENSE}$ , das die primärseitige Steuerschaltung **11** von dem Messwiderstand **14** empfängt, repräsentiert den Primärstrom  $I_{21}$ . Beispielsweise handelt es sich bei dem Schwellenwertsignal  $I_{21\_TH}$  um das wiederhergestellte Fehlersignal, oder

ein Signal, das zu dem wiederhergestellten Fehlersignal proportional ist.

**[0039]** **Fig. 7** zeigt ein Beispiel der sekundärseitigen Steuerschaltung **4**. Diese sekundärseitige Steuerschaltung **4** enthält einen Fehlersignalgenerator **41**, der das Ausgangssignal  $V_{OUT}$  an einem ersten Eingang VDD empfängt. Der Fehlersignalgenerator ist dazu ausgebildet, das Fehlersignal  $S_{ERR}$  basierend auf der Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  und einer Referenzspannung  $V_{REF}$  zu erzeugen. Bei dem in **Fig. 7** gezeigten Beispiel empfängt ein Spannungsteiler mit einem ersten Widerstand **45** und einem zweiten Widerstand **46** die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  und stellt eine Messspannung  $V_S$  bereit, die proportional zu der Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  ist. Ein Fehlerfilter **43** empfängt die Messspannung  $V_S$  an einem ersten Eingang und die Referenzspannung  $V_{REF}$  an einem zweiten Eingang. Die Referenzspannung  $V_{REF}$  wird durch einen Referenzspannungsgenerator **44** bereitgestellt. Das Fehlerfilter **43** ist dazu ausgebildet, das Fehlersignal  $S_{ERR}$  basierend auf einer Differenz  $V_{REF} - V_S$  zwischen der Referenzspannung  $V_{REF}$  und der Messspannung  $V_S$  zu erzeugen. Das Fehlerfilter **43** kann von einer Proportional-(P)-Charakteristik, einer Integral-(I)-Charakteristik oder einer Proportional-Integral-(PI)-Charakteristik eine aufweisen.

**[0040]** Die sekundärseitige Steuerschaltung **4** enthält außerdem eine Modulationsschaltung **42**, die das Fehlersignal  $S_{ERR}$  empfängt und das Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  ausgibt. Die Modulationsschaltung **42** ist dazu ausgebildet, das Fehlersignal  $S_{ERR}$  zu modulieren, um das Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  bereitzustellen. Gemäß einem Beispiel enthält die Modulationsschaltung **42** einen ersten Schalter **48<sub>1</sub>**, der zwischen den Ausgang des Fehlersignalgenerators **41** und den sekundärseitigen Masseknoten GND2 gekoppelt ist. Ein Controller **47** ist dazu ausgebildet, den ersten elektronischen Schalter **48<sub>1</sub>** anzusteuern, um das Fehlersignal  $S_{ERR}$  zu modulieren.

**[0041]** Gemäß einem Beispiel ist der Leistungswandler dazu ausgebildet, die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  derart zu regeln, dass ein Spannungspegel der Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  von einer durch die sekundärseitige Steuerschaltung an Eingangsknoten D+, D- empfangenen Spannungsinformation abhängt. Diese Spannungsinformation kann von der Last, die mit dem Ausgang des Leistungswandlers gekoppelt ist, empfangen werden. Bei diesem Beispiel kann der Leistungswandler Lasten unterstützen, die eine QuickCharge™-Fähigkeit aufweisen. Lasten, die eine derartige QuickCharge™-Fähigkeit aufweisen, sind dazu ausgebildet, den Leistungswandler darüber zu informieren, welchen Ausgangsspannungspegel sie gerne empfangen würden. Gemäß einem Beispiel ist der Leistungswandler dazu ausgebildet, drei verschiedene Ausgangsspannungspegel, nämlich 5 V, 9 V und 12 V, abhängig von der an dem Eingang D

+, D– empfangenen Spannungsinformation zu erzeugen. Gemäß einem Beispiel wird die Spannungsinformation durch eine Spannung  $V_D$  zwischen dem Eingangsknoten D+, D– repräsentiert.

**[0042]** Gemäß einem Beispiel ist der Controller **47** dazu ausgebildet, die Spannung  $V_D$  zu messen, um die Spannungsinformation zu erhalten und das Fehlersignal  $S_{ERR}$  basierend auf dieser Spannungsinformation zu modulieren. In diesem Fall stellt die Spannungsinformation  $V_D$  die von der Sekundärseite an die Primärseite des Controllers übertragene, zusätzliche Information dar. Die in **Fig. 7** gezeigte Modulationsschaltung **42** ist dazu ausgebildet, das Fehlersignal wie in den **Fig. 2A** und **Fig. 3A–Fig. 3B** zu modulieren. Bei diesem Beispiel wird der minimale Pegel  $A_{MIN}$  durch den sekundärseitigen Massepegel GND2 repräsentiert. Wie die zusätzliche Information in der primärseitigen Steuerschaltung **11** verarbeitet wird und wie diese zusätzliche Information den Betrieb der primärseitigen Steuerschaltung **11** beeinflussen kann, wird nachfolgend ausführlich erläutert.

**[0043]** Der Spannungspegel der Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  kann dadurch verändert werden, dass der Widerstandswert des zweiten Widerstands **46** in dem Spannungsteiler **45**, **46** verändert wird. Gemäß einem Beispiel handelt es sich bei diesem Widerstand **46** um einen variablen Widerstand, und der Controller **47** ist dazu ausgebildet, den Widerstandswert von diesem Widerstand **46** basierend auf der an dem Eingang D+, D– empfangenen Spannungsinformation  $V_D$  zu verändern. Im Prinzip regelt der Leistungswandler die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  basierend auf dem Fehlersignal  $S_{ERR}$  derart, dass die Messspannung  $V_S$  gleich der Referenzspannung  $V_{REF}$  ist, so dass der Fehler gleich Null ist. Das heißt

$$V_S = V_{REF} \quad (1).$$

**[0044]** Die Messspannung  $V_S$  kann ausgedrückt werden durch

$$V_S = V_{OUT} \frac{R_{46}}{R_{45} + R_{46}} \quad (2),$$

und basierend auf den Gleichungen (1) und (2) kann die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  ausgedrückt werden durch

$$V_{OUT} = V_{REF} \frac{R_{45} + R_{46}}{R_{46}} = V_{REF} \left(1 + \frac{R_{45}}{R_{46}}\right) \quad (3),$$

wobei  $R_{45}$  der Widerstandswert des ersten Widerstands **45** ist und  $R_{46}$  der Widerstandswert des zweiten Widerstands **46** ist. Somit kann durch das Verändern des Widerstandswerts  $R_{46}$  des Widerstands **46** der Spannungspegel der Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  eingestellt werden. Allgemein steigt der Pegel der Ausgangsspannung  $V_{OUT}$ , wenn der Widerstandswert  $R_{46}$  abfällt, und umgekehrt.

**[0045]** **Fig. 8** zeigt eine sekundärseitige Steuerschaltung **4** gemäß einem weiteren Beispiel. Bei diesem Beispiel enthält die Modulationsschaltung **42** einen zweiten elektronischen Schalter **48<sub>2</sub>**, der zwischen den Ausgang des Fehlersignalgenerators **41** und einen Versorgungsknoten, an dem das Versorgungspotential  $V_{CC}$  zur Verfügung steht, gekoppelt ist. Der Controller **47** ist dazu ausgebildet, den ersten Schalter **48<sub>1</sub>** durch ein erstes Ansteuersignal  $S_{48_1}$  und den zweiten Schalter **48<sub>2</sub>** durch ein zweites Ansteuersignal  $S_{48_2}$  zu steuern. Die in **Fig. 8** gezeigte, sekundärseitige Steuerschaltung **4** ist dazu ausgebildet, das Fehlersignal  $S_{ERR}$  gemäß einem der unter Bezugnahme auf die **Fig. 2A** und **Fig. 2B** erläuterten Modulationsverfahren zu modulieren. Um das Fehlersignal  $S_{ERR}$  gemäß dem in **Fig. 2A** gezeigten Verfahren zu modulieren, schaltet der Controller **47** in der Kommunikationsperiode  $T_{COM}$  gemäß einem vorgegebenen Schaltmuster den zweiten Schalter **48<sub>2</sub>** aus und den ersten Schalter **48<sub>1</sub>** ein. Jedesmal, wenn der erste Schalter **48<sub>1</sub>** eingeschaltet wird, tritt einer der Low-Pulse in dem Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  auf, wobei das Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  einen Signalpegel aufweist, der durch das Fehlersignal  $S_{ERR}$  bestimmt ist, wenn beide Schalter **48<sub>1</sub>**, **48<sub>2</sub>** ausgeschaltet sind. Um das Fehlersignal  $S_{ERR}$  gemäß dem in **Fig. 2B** gezeigten Verfahren zu steuern, schaltet der Controller **47** in dem Kommunikationsfenster  $T_{COM}$  gemäß einem vorgegebenen Schaltmuster den ersten Schalter **48<sub>1</sub>** aus (belässt den ersten Schalter **48<sub>1</sub>** im ausgeschalteten Zustand) und schaltet den zweiten Schalter **48<sub>2</sub>** ein. Jedesmal, wenn der zweite Schalter **48<sub>2</sub>** eingeschaltet wird, tritt einer der High-Pulse des Rückkopplungssignals  $S_{FB}$  auf.

**[0046]** **Fig. 9** zeigt ein Beispiel eines veränderlichen zweiten Widerstands **46**. Bei diesem Beispiel enthält der Widerstand **46** mehrere diskrete Widerstände **46<sub>1</sub>**, **46<sub>2</sub>**, **46<sub>3</sub>**, **46<sub>n</sub>**. Diese Widerstände bilden eine Parallelschaltung, wobei zumindest einige dieser diskreten Widerstände **46<sub>2</sub>**, **46<sub>3</sub>**, **46<sub>n</sub>** aktiviert oder deaktiviert werden können. Hierzu sind Schalter **49<sub>2</sub>**, **49<sub>3</sub>**, **49<sub>n</sub>** in Reihe mit drei von diesen diskreten Widerständen, nämlich den Widerständen **46<sub>2</sub>**, **46<sub>3</sub>**, **46<sub>n</sub>** geschaltet. Der Gesamtwiderstand des Widerstands **46** hängt davon ab, welche dieser diskreten Widerstände **46<sub>1</sub>–46<sub>n</sub>** aktiviert oder deaktiviert sind. Bei diesem Beispiel ist der Widerstand **46<sub>1</sub>** immer aktiviert. Allerdings handelt es sich hierbei lediglich um ein Beispiel. Gemäß einem weiteren (nicht gezeigten) Beispiel ist auch mit diesem Widerstand **46<sub>1</sub>** ein Schalter in Reihe geschaltet. Von den Schaltern **49<sub>2</sub>–49<sub>n</sub>** wird jeder durch ein Unter-Signal  $S_{47_2}$ ,  $S_{47_3}$ ,  $S_{47_n}$  des von dem Controller **47** ausgegebenen Steuersignals  $S_{47}$  gesteuert, um den Widerstand des Widerstands **46** zu steuern. Der Controller **47** kann dazu ausgebildet sein, die Aktivierungszustände der einzelnen diskreten Widerstände abhängig von der an dem Eingang D+, D– empfangenen Spannungsinformation  $V_D$  zu verändern, um den Widerstand  $R_{46}$  ba-

sierend auf dieser Spannungsinformation  $V_D$  zu verändern.

**[0047]** Fig. 10 zeigt ein Beispiel der Übertragungsschaltung und ein Beispiel des Fehlerfilters **43** ausführlicher. Das Fehlerfilter **43** enthält einen Operationsverstärker (OV) **431** mit einem ersten Eingangsknoten, der die Referenzspannung  $V_{REF}$  empfängt und einem zweiten Eingangsknoten, der die Messspannung  $V_S$  empfängt. Bei dem in Fig. 10 gezeigten Beispiel ist der erste Eingangsknoten der nicht-invertierende Eingang, und der zweite Eingangsknoten ist der invertierende Eingang des OV **431**. Das Fehlersignal  $S_{ERR}$  steht an einem Ausgangsknoten des OV **431** zur Verfügung. Gemäß einem Beispiel handelt es sich bei dem Fehlersignal  $S_{ERR}$  um eine Spannung, die auf die sekundärseitige Masse GND2 bezogen ist. Eine Charakteristik des Fehlerfilters **43** wird durch ein passives Netzwerk bestimmt, das zwischen dem zweiten Eingangsknoten und dem Ausgangsknoten des OV **431** angeschlossen ist. Das in Fig. 10 gezeigte Fehlerfilter **43** besitzt eine PI-Charakteristik, indem sie ein passives Netzwerk mit einem ersten Kondensator **432** und eine Parallelschaltung mit einem zweiten Kondensator **433** und einem Widerstand **434** aufweist, das zwischen dem zweiten Eingangsknoten und dem Ausgangsknoten angeschlossen ist. Bei diesem passiven Netzwerk ist die Parallelschaltung **433**, **434** mit dem ersten Kondensator in Reihe geschaltet.

**[0048]** Gemäß einem Beispiel sind der OV **431** und die Referenzspannungsquelle **44** als eine integrierte Schaltung implementiert. Beispielsweise sind der OV **431** und die Referenzspannungsquelle **44** in einer von der Fairchild Semiconductor Corporation erhältlichen integrierten Schaltung TL431 enthalten.

**[0049]** Bei dem in Fig. 10 gezeigten Beispiel enthält die Übertragungsschaltung **5** einen Optokoppler mit einer Leuchtdiode LED **51** und einem Phototransistor **52**. Die LED **51** und der Phototransistor sind optisch gekoppelt, so dass eine Intensität des von der LED **51** emittierten Lichts einen Strompegel eines Stroms I52 durch den Phototransistor **52** bestimmt. Die Intensität des durch die LED **51** emittierten Lichts ist durch einen Strom I51 bestimmt, der durch die LED fließt. Die LED **51** ist zwischen dem Ausgang des Fehlerfilters **43** und einem Schaltungsknoten, an dem eine Versorgungsspannung zur Verfügung steht, angeschlossen. Bei diesem Beispiel ist der Schaltungsknoten der Ausgang des Leistungswandlers. Bezug nehmend auf Fig. 10 kann ein erster Widerstand **53** mit der LED **51** in Reihe geschaltet sein, ein zu einer Reihenschaltung, die die LED **51** und den ersten Widerstand **53** enthält, parallel geschalteter zweiter Widerstand **54** ist optional. Auf der Primärseite ist ein dritter Widerstand **56** zwischen dem Phototransistor **52** und einem Schaltungsknoten, an dem eine primärseitige Referenzversorgungs-

spannung  $V_{PS}$  zur Verfügung steht, angeschlossen. Der dritte Widerstand **56** kann auch als Rückkopplungswiderstand  $R_{FB}$  bezeichnet werden, da dieser Widerstand **56** zusammen mit der primärseitigen Referenzversorgungsspannung  $V_{PS}$  das primärseitige Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  basierend auf dem Strom I52 erzeugt. Optional ist ein Kondensator **55** zu dem Phototransistor **52** parallel geschaltet. Ein derartiger Kondensator dient dazu, Spannungsspitzen zu filtern und das primärseitige Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  zu stabilisieren.

**[0050]** Eine Betriebsart der in Fig. 10 gezeigten Übertragungsschaltung wird nachfolgend erläutert. Bei dieser Übertragungsschaltung hängt ein Strompegel des Stroms I51 durch die LED **51** von dem sekundärseitigen Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  ab, welches das durch die Modulationsschaltung **42** modulierte Fehlersignal  $S_{ERR}$  ist. Das sekundärseitige Rückkopplungssignal ist eine auf die sekundärseitige Masse GND2 bezogene Spannung. Wenn sich der Signalpegel dieses sekundärseitigen Rückkopplungssignals verringert, steigt eine Spannung über der LED **51**, so dass der Strom I51 ansteigt. Ein ansteigender Signalpegel des Stroms I51 durch die LED **51** bewirkt, dass die Intensität des durch die LED **51** imitierten Lichts ansteigt, so dass der Strompegel des Stroms I52 durch den Phototransistor ebenfalls ansteigt. Daher wirkt der Optokoppler als Stromspiegel, bei dem der auf der Primärseite durch den Phototransistor fließende Strom I52 durch den Strom bestimmt ist, der auf der Sekundärseite durch die LED **51** fließt. Ein ansteigender Strompegel dieses Stroms I52 erhöht einen Spannungspegel einer Spannung V56 über dem Widerstand **56** und verringert folglich einen Spannungspegel einer Spannung über dem Phototransistor **52**, wobei diese Spannung über dem Phototransistor **52** das primärseitige Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  bildet. Daher verringert sich, wenn sich der Signalpegel des sekundärseitigen Rückkopplungssignals  $S_{FB}$  verringert, der Signalpegel des primärseitigen Rückkopplungssignals  $S_{FB}$  ab. Entsprechend steigt, wenn der Signalpegel des sekundärseitigen Rückkopplungssignals ansteigt, der Signalpegel des primärseitigen Rückkopplungssignals  $S_{FB}$ . Daher ändert die Übertragungsschaltung **5**, wenn sie das Rückkopplungssignal von der Sekundärseite an die Primärseite überträgt, die Charakteristik des durch das Fehlerfilter **43** und die Modulationsschaltung **42** erzeugten Rückkopplungssignals  $S_{FB}$  nicht.

**[0051]** Fig. 11 zeigt ein Beispiel der primärseitigen Steuerschaltung **1** ausführlicher. Fig. 11 zeigt ein Blockdiagramm der primärseitigen Steuerschaltung **1**. Dieses Blockdiagramm dient dazu, mehr die Funktionalität der primärseitigen Steuerschaltung **11** als ihre Implementierung zu veranschaulichen. Die einzelnen Funktionsblöcke können unter Verwendung einer herkömmlichen Technologie, die geeignet ist, eine primärseitige Steuerschaltung in einem Leis-



tungswandler zu implementieren, implementiert werden. Beispielsweise können die Funktionsblöcke, um die Funktionalität der primärseitigen Steuerschaltung **11** zu implementieren, als analoge Schaltungen, digitale Schaltungen oder unter Verwendung von Hardware und Software wie beispielsweise Mikrocontroller, auf denen eine spezielle Software läuft, implementiert werden.

**[0052]** Bezug nehmend auf **Fig. 11** enthält die primärseitige Steuerschaltung **1** ein Filter **12**, das dazu ausgebildet ist, das Fehlersignal  $S_{ERR}$  aus dem Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  wiederherzustellen. Gemäß einem Beispiel enthält das Filter **12** ein Tiefpassfilter, das dazu ausgebildet ist, die durch die Modulationsschaltung **42** in der sekundärseitigen Steuerschaltung **4** eingebrachten Low-Pulse oder High-Pulse herauszufiltern.  $S_{ERR}$  bezeichnet in **Fig. 11** das erhaltene Fehlersignal. Ein PWM-Controller **11** empfängt das wiederhergestellte Fehlersignal  $S_{ERR}$  und erzeugt das PWM-Ansteuersignal  $S_{DRV}$  basierend auf dem wiederhergestellten Fehlersignal  $S_{ERR}$ . Optional empfängt der PWM-Controller **11** eine Hilfsspannung  $V_{AUX}$  von der Hilfswicklung **2<sub>3</sub>**, um den Leistungswandler in der oben erläuterten, quasi-resonanten Betriebsart zu betreiben. Gemäß einer anderen Option empfängt der PWM-Controller **11** ferner das Messsignal  $V_{SENSE}$ , um den Leistungswandler, wie mit **Fig. 6B** erläutert, in der Strom-Betriebsart zu betreiben. Optional enthält die primärseitige Steuerschaltung **1** eine Ansteuerschaltung **16**, die dazu ausgebildet ist, ein Ausgangssignal von dem PWM-Controller **11** zu empfangen und das Ansteuersignal  $S_{DRV}$  basierend auf diesem Ausgangssignal von dem PWM-Controller **11** zu erzeugen.

**[0053]** Die primärseitige Steuerschaltung **1** enthält ferner einen Demodulator **13**, der das Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  empfängt und dazu ausgebildet ist, die in der Kommunikationsdauer  $T_{COM}$  des Rückkopplungssignals  $S_{FB}$  enthaltene, zusätzliche Information wiederherzustellen. Wie unter Bezugnahme auf die **Fig. 7** und **Fig. 8** erläutert, kann diese zusätzliche Information eine Information über den gewünschten Ausgangsspannungspegel des Leistungswandlers enthalten. Bei dem in **Fig. 11** gezeigten Beispiel wird die durch den Demodulator wiederhergestellte, zusätzliche Information  $ZI$  einem Strombegrenzer **14** zugeführt. Der Strombegrenzer **14** empfängt das Messsignal  $V_{SENSE}$  und die zusätzliche Information  $ZI$  und ist dazu ausgebildet, den elektronischen Schalter **12** auszuschalten, wenn der Primärstrom  $I_{21}$ , wie er durch das Messsignal  $V_{SENSE}$  repräsentiert ist, eine vorgegebene Stromgrenze erreicht, wobei diese Stromgrenze durch die zusätzliche Information  $ZI$  bestimmt ist. In anderen Worten hängt der maximale Strompegel des Primärstroms  $I_{21}$  von dem durch die Last  $Z$  bestimmten Ausgangsspannungspegel ab, wobei der Maximalstrom ansteigt, wenn der Ausgangsspannungspegel sich verringert.

**[0054]** Bei dem in **Fig. 11** gezeigten Beispiel kommuniziert der Strombegrenzer **14** mit dem PWM-Controller **11**. Bei diesem Beispiel stellt der PWM-Controller **11** den Signalpegel des Ansteuersignals  $S_{DRV}$  auf einen Ausschaltpegel, wenn ein von dem Strombegrenzer **14** empfangenes Signal  $S_{14}$  darauf schließen lässt, dass der Primärstrom  $I_{21}$  die vorgegebene Stromgrenze erreicht hat. Allerdings handelt es sich hierbei lediglich um ein Beispiel. Gemäß einem anderen (nicht gezeigten) Beispiel kann der Strombegrenzer **14** so ausgebildet sein, dass er den Treiber **16** deaktiviert, um den elektronischen Schalter **12** auszuschalten, wenn der Primärstrom  $I_{21}$  die vorgegebene Stromgrenze erreicht.

**[0055]** Wenn die sekundärseitige Steuerschaltung **14** von der Last  $Z$  eine Aufforderung erhält, den Ausgangsspannungspegel zu ändern, kann sie zur selben Zeit eine zusätzliche Information an die primärseitige Steuerschaltung **1** übertragen, die die primärseitige Steuerschaltung **1** auffordert, die Stromgrenze zu ändern und den Widerstandswert  $R_{46}$  zu ändern, wobei eine derartige Änderung des Widerstandswert  $R_{46}$  bewirkt, dass sich der Ausgangsspannungspegel ändert.

**[0056]** Bezug nehmend auf **Fig. 11** kann die primärseitige Steuerschaltung **1** eine Spannungsversorgungsschaltung **15** enthalten, die mit der Hilfswicklung **2<sub>3</sub>** gekoppelt ist. Diese Versorgungsschaltung **15** empfängt die Hilfsspannung  $V_{AUX}$  und erzeugt eine Versorgungsspannung  $V_{BB}$  basierend auf dieser Hilfsspannung  $V_{AUX}$ . Die einzelnen Schaltungsblöcke der primärseitigen Steuerschaltung **1** erhalten die Versorgungsspannung  $V_{BB}$  von der Versorgungsschaltung **15**. Gemäß einem Beispiel enthält die Versorgungsschaltung **15** einen Gleichrichter **152** und einen Kondensator **151**. Der Gleichrichter **152** wie beispielsweise eine Diode und der Kondensator **151** sind in Reihe geschaltet, wobei die Reihenschaltung zu der Hilfswicklung **2<sub>3</sub>** parallel geschaltet ist. Die Versorgungsspannung  $V_{BB}$  steht über dem Kondensator **151** zur Verfügung.

**[0057]** Gemäß einem (in **Fig. 7** anhand gestrichelter Linien gezeigten) Beispiel empfängt auch der Controller **47** in der primärseitigen Steuerschaltung **4** die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  oder ein Signal, das auf die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  schließen lässt, wie beispielsweise das Messsignal  $V_S$ , und ist dazu ausgebildet, die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  oder das Signal, das auf die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  schließen lässt, mit zumindest einem von einem Überspannungsschwellenwert und einem Unterspannungsschwellenwert zu vergleichen. In diesem Fall ist der Controller **47** dazu ausgebildet, die primärseitige Steuerschaltung **1** jedesmal, wenn die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  den Überspannungsschwellenwert übersteigt oder unter den Unterspannungsschwellenwert abfällt, zu informieren, indem er eine zusätzliche In-

formation an die primärseitige Steuerschaltung **1** sendet. Bezug nehmend auf **Fig. 12** kann die primärseitige Steuerschaltung **1** eine Schutzschaltung **17** enthalten, die von dem Demodulator **13** die zusätzliche Information, die darauf schließen lässt, dass die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  den durch den Überspannungs- und Unterspannungsschwellenwert festgelegten Spannungsbereich verlassen hat, empfängt. Diese Schutzschaltung **17** ist dazu ausgebildet, den elektronischen Schalter **12** zu deaktivieren, wenn ein derartiger Überspannungs- oder Unterspannungszustand detektiert wurde. Das Deaktivieren des elektronischen Schalters **12** kann das Deaktivieren der Ansteuerschaltung **16** umfassen. Allerdings handelt es sich hierbei lediglich um ein Beispiel. Gemäß einem anderen Beispiel umfasst das Deaktivieren des elektronischen Schalters **12** das Deaktivieren der Versorgungsschaltung **15**. Wenn die Versorgungsschaltung **15** deaktiviert ist, sind die einzelnen Schaltungsblöcke deaktiviert, und der elektronische Schalter **12** kann nicht einschalten.

**[0058]** Bezug nehmend auf das Obige können die Rückkopplungssignale  $S_{FB}$  derart erzeugt werden, dass ein Signalpegel des Rückkopplungssignals  $S_{FB}$  ansteigt, wenn sich der Spannungspegel der Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  verringert, und dass sich ein Signalpegel des Rückkopplungssignals  $S_{FB}$  verringert, wenn der Spannungspegel der Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  ansteigt. Daher verringert sich, wenn der Spannungspegel der Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  in Richtung dieses Überspannungsschwellenwerts ansteigt, der Signalpegel des Rückkopplungssignals  $S_{FB}$ , so dass das Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  bereits einen Low-Pegel aufweisen kann, wenn die Ausgangsspannung den Überspannungsschwellenwert erreicht. Gemäß einem Beispiel ist die Modulationsschaltung **42** dazu ausgebildet, ein Verfahren der in **Fig. 2B** gezeigten Art zu verwenden, wobei der Signalpegel des Rückkopplungssignals entsprechend einem vorgegebenen Muster auf "high" gezogen (engl.: "pulled high") ist, um der primärseitigen Steuerschaltung **11** mitzuteilen, dass die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  den Überspannungsschwellenwert erreicht hat. Wenn sich der Spannungspegel der Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  in Richtung des Unterspannungsschwellenwerts verringert, steigt der Signalpegel des Rückkopplungssignals  $S_{FB}$  an, so dass das Rückkopplungssignal  $S_{FB}$  bereits einen High-Pegel aufweisen kann, wenn die Ausgangsspannung den Unterspannungsschwellenwert erreicht. Gemäß einem Beispiel ist die Modulationsschaltung **42** dazu ausgebildet, ein Verfahren von der in **Fig. 2A** gezeigten Art zu verwenden, wobei der Signalpegel des Rückkopplungssignals entsprechend einem vorgegebenen Muster nach unten gezogen (engl.: "pulled down") wird, um der primärseitigen Steuerschaltung **11** mitzuteilen, dass die Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  den Unterspannungsschwellenwert erreicht hat.

## Patentansprüche

1. Spannungswandler, der aufweist:
  - einen Eingang, einen Ausgang und einen Transformator, der eine Primärwicklung und eine Sekundärwicklung aufweist;
  - eine primärseitige Schaltung, die zumindest einen Schalter aufweist und zwischen den Eingang und die Primärwicklung gekoppelt ist;
  - eine sekundärseitige Steuerschaltung, die mit dem Ausgang gekoppelt ist,
  - wobei die primärseitige Schaltung dazu ausgebildet ist, ein Rückkopplungssignal von der sekundärseitigen Steuerschaltung zu empfangen, und
  - wobei die sekundärseitige Steuerschaltung dazu ausgebildet ist, basierend auf einem Ausgangssignal des Spannungswandlers ein Fehlersignal zu erzeugen und das Fehlersignal basierend auf einer zusätzlichen Information zu modulieren, um das Rückkopplungssignal zu erzeugen.
2. Spannungswandler gemäß Anspruch 1, der ferner aufweist:
  - eine Gleichrichterschaltung, die zwischen die Sekundärwicklung und den Ausgang gekoppelt ist.
3. Spannungswandler gemäß Anspruch 1, wobei die sekundärseitige Steuerschaltung ferner aufweist:
  - einen Informationseingang, der dazu ausgebildet ist, die zusätzliche Information zu empfangen.
4. Spannungswandler gemäß Anspruch 3, wobei die sekundärseitige Steuerschaltung ferner dazu ausgebildet ist, das Fehlersignal basierend auf der zusätzlichen Information zu erzeugen.
5. Spannungswandler gemäß Anspruch 4, wobei die sekundärseitige Steuerschaltung dazu ausgebildet ist, das Fehlersignal basierend auf einem zu dem Ausgangssignal proportionalen Signal und einem Referenzsignal zu erzeugen und abhängig von der zusätzlichen Information einen Proportionalitätsfaktor zwischen dem Ausgangssignal und dem zu dem Ausgangssignal proportionalen Signal einzustellen.
6. Spannungswandler gemäß Anspruch 5, wobei die sekundärseitige Steuerschaltung einen Spannungsteiler aufweist, der mit dem Ausgang gekoppelt und dazu ausgebildet ist, das zu dem Ausgangssignal proportionale Signal auszugeben, und wobei das Einstellen des Proportionalitätsfaktors das Einstellen eines Spannungsteilverhältnisses des Spannungsteilers umfasst.
7. Spannungswandler gemäß Anspruch 1, wobei die sekundärseitige Schaltung ferner dazu ausgebildet ist, die zusätzliche Information basierend auf dem Ausgangssignal zu erzeugen.

8. Spannungswandler gemäß Anspruch 7, wobei das Erzeugen der zusätzlichen Information basierend auf dem Ausgangssignal das Detektieren, ob sich das Ausgangssignal außerhalb eines vorgegebenen Signalbereichs befindet, umfasst.

9. Spannungswandler gemäß Anspruch 1, wobei die primärseitige Schaltung ferner aufweist: eine primärseitige Steuerschaltung, die dazu ausgebildet ist, das Rückkopplungssignal zu empfangen, das Fehlersignal und die zusätzliche Information aus dem empfangenen Rückkopplungssignal wiederherzustellen, und den zumindest einen Schalter basierend auf dem wiederhergestellten Fehlersignal anzusteuern.

10. Spannungswandler gemäß Anspruch 9, wobei die primärseitige Steuerschaltung dazu ausgebildet ist, einen Strom durch die Primärwicklung auf einen vorgegebenen Strompegel zu begrenzen und den vorgegebenen Strompegel basierend auf der wiederhergestellten, zusätzlichen Information einzustellen.

11. Spannungswandler gemäß Anspruch 9, wobei die primärseitige Steuerschaltung dazu ausgebildet ist, den Spannungswandler basierend auf der wiederhergestellten, zusätzlichen Information herunterzufahren.

12. Spannungswandler gemäß Anspruch 1, wobei das Modulieren des Fehlersignals basierend auf einer zusätzlichen Information eines von einem nach oben Ziehen und herunter Ziehen des Signalpegels des Fehlersignals entsprechend einem vorgegebenen Muster in einer Kommunikationszeitdauer umfasst.

13. Spannungswandler gemäß Anspruch 1, wobei das Ausgangssignal eines von einer Ausgangsspannung und einem Ausgangsstrom ist.

14. Verfahren, das aufweist:  
Erzeugen eines Fehlersignals durch eine sekundärseitige Steuerschaltung in einem Spannungswandler basierend auf einem Ausgangssignal des Spannungswandlers und Modulieren des Fehlersignals basierend auf einer zusätzlichen Information, um ein Rückkopplungssignal zu erzeugen und  
Empfangen des Rückkopplungssignals durch eine primärseitige Schaltung, die zumindest einen Schalter aufweist und mit einer Primärwicklung eines Transformators in dem Spannungswandler gekoppelt ist.

15. Verfahren gemäß Anspruch 14, das ferner aufweist:  
Erzeugen des Ausgangssignals durch eine Gleichrichterschaltung, die zwischen die Sekundärwicklung und den Ausgang gekoppelt ist.

16. Verfahren gemäß Anspruch 14, das ferner aufweist:  
Empfangen der zusätzlichen Information an einem Informationseingang der sekundärseitigen Steuerschaltung.

17. Verfahren gemäß Anspruch 16, das ferner aufweist:  
Erzeugen des Fehlersignals basierend auf der zusätzlichen Information durch die sekundärseitige Steuerschaltung.

18. Verfahren gemäß Anspruch 17, wobei das Erzeugen des Fehlersignals das Erzeugen des Fehlersignals basierend auf einem zu dem Ausgangssignal proportionalen Signal und einem Referenzsignal und das Einstellen eines Proportionalitätsfaktors zwischen dem Ausgangssignal und dem zu dem Ausgangssignal proportionalen Signal abhängig von der zusätzlichen Information umfasst.

19. Verfahren gemäß Anspruch 18, das ferner aufweist:  
Ausgeben des zu dem Ausgangssignal proportionalen Signals durch einen mit dem Ausgang gekoppelten Spannungsteiler;  
wobei das Einstellen des Proportionalitätsfaktors das Einstellen eines Spannungsteilverhältnisses des Spannungsteilers umfasst.

20. Verfahren gemäß Anspruch 14, das ferner aufweist:  
Erzeugen der zusätzlichen Information basierend auf dem Ausgangssignal.

21. Verfahren gemäß Anspruch 20, wobei das Erzeugen der zusätzlichen Information basierend auf dem Ausgangssignal das Detektieren, ob sich das Ausgangssignal außerhalb eines vorgegebenen Signalbereichs befindet umfasst.

22. Verfahren gemäß Anspruch 14, das ferner aufweist:  
Empfangen des Rückkopplungssignals und Wiederherstellen des Fehlersignals und der zusätzlichen Information von dem empfangenen Rückkopplungssignal durch eine primärseitige Steuerschaltung,  
Ansteuern des zumindest einen Schalters basierend auf dem wiederhergestellten Fehlersignal.

23. Verfahren gemäß Anspruch 22, das ferner aufweist:  
Begrenzen eines Stroms durch die Primärwicklung auf einen vorgegebenen Strompegel und Einstellen des vorgegebenen Strompegels basierend auf der wiederhergestellten zusätzlichen Information durch die primärseitige Steuerschaltung.

24. Verfahren gemäß Anspruch 22, das ferner aufweist:

Herunterfahren des Spannungswandlers basierend auf der wiederhergestellten zusätzlichen Information durch die primärseitige Steuerschaltung.

25. Verfahren gemäß Anspruch 14, wobei das Modulieren des Fehlersignals basierend auf einer zusätzlichen Information eines von nach oben Ziehen und nach unten Ziehen des Signalpegels des Fehlersignals entsprechend einem vorgegebenen Muster in einer Kommunikationszeitdauer umfasst.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

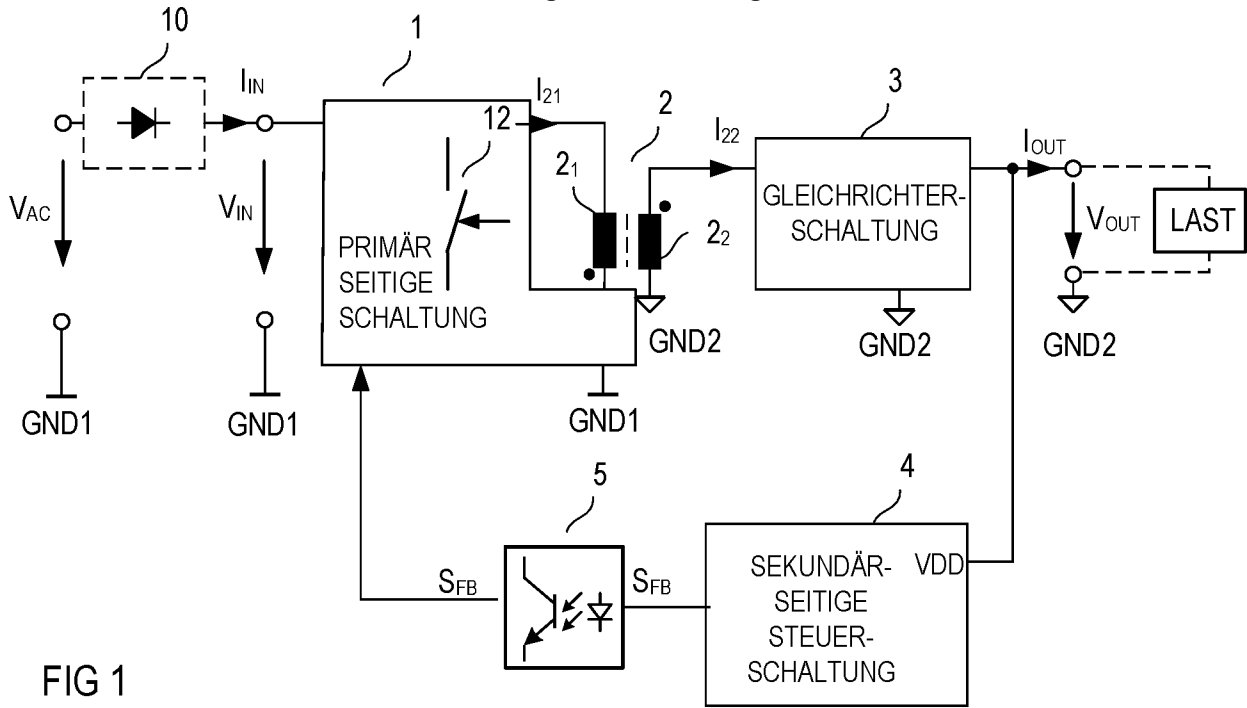


FIG 1

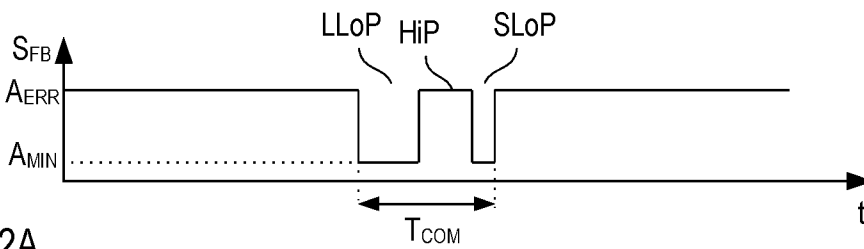


FIG 2A

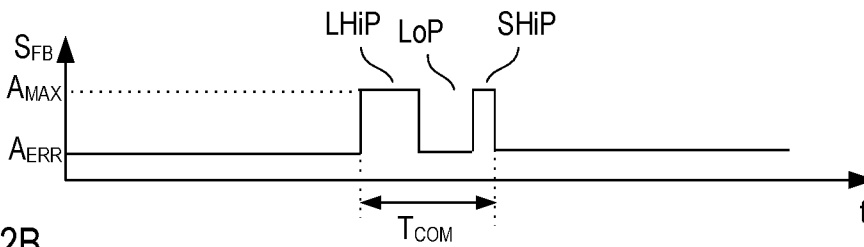


FIG 2B

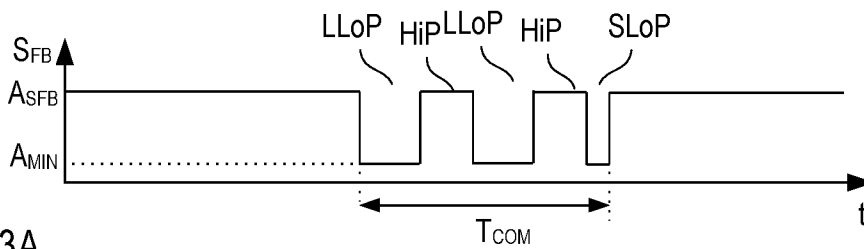


FIG 3A

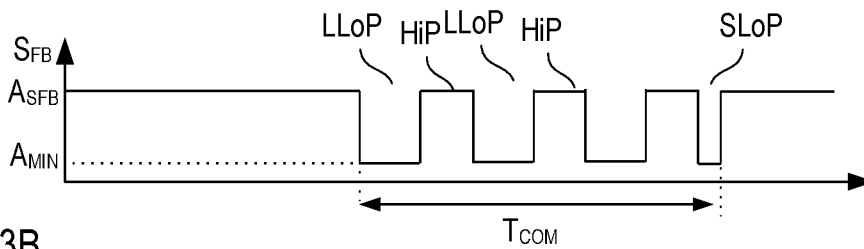


FIG 3B

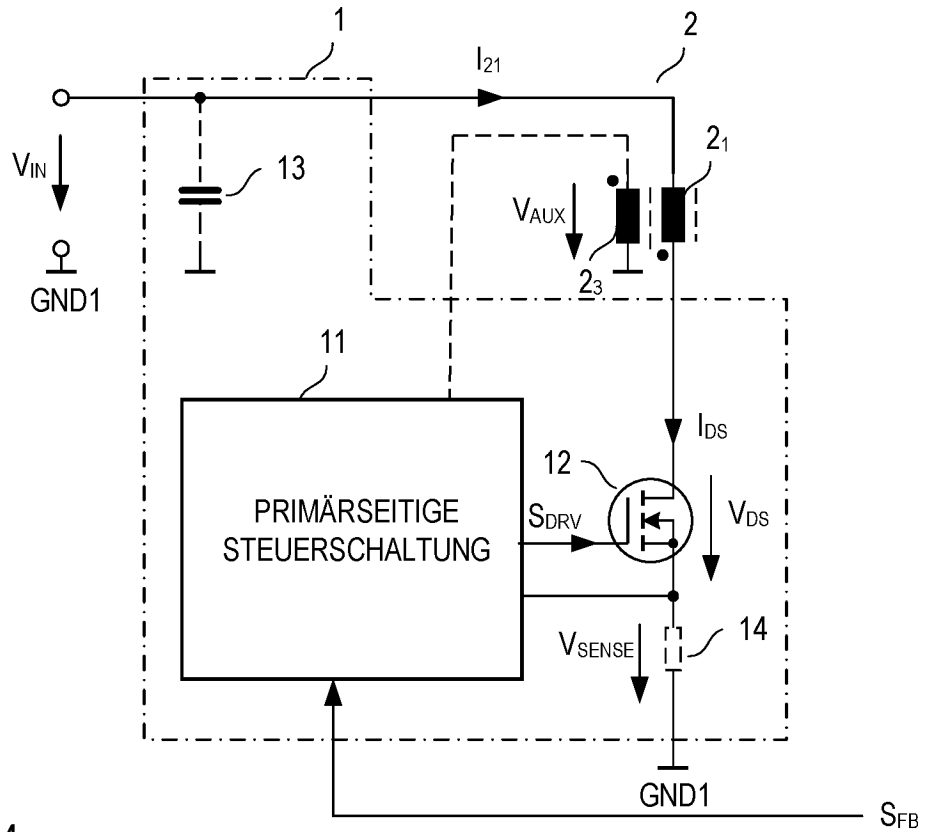


FIG 4

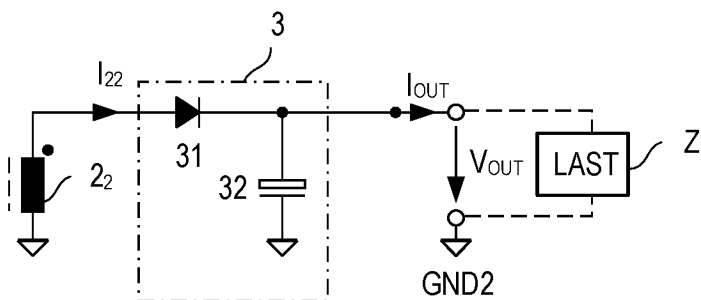


FIG 5

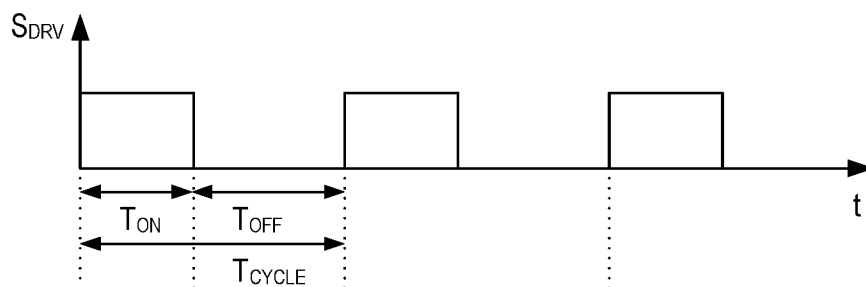


FIG 6A

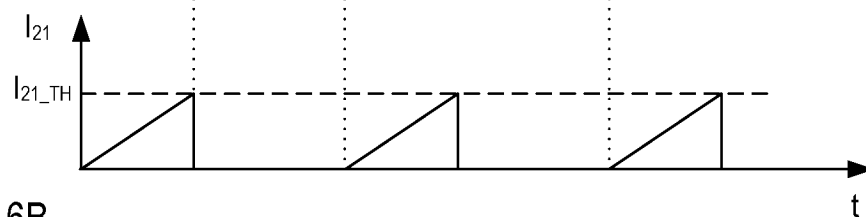


FIG 6B

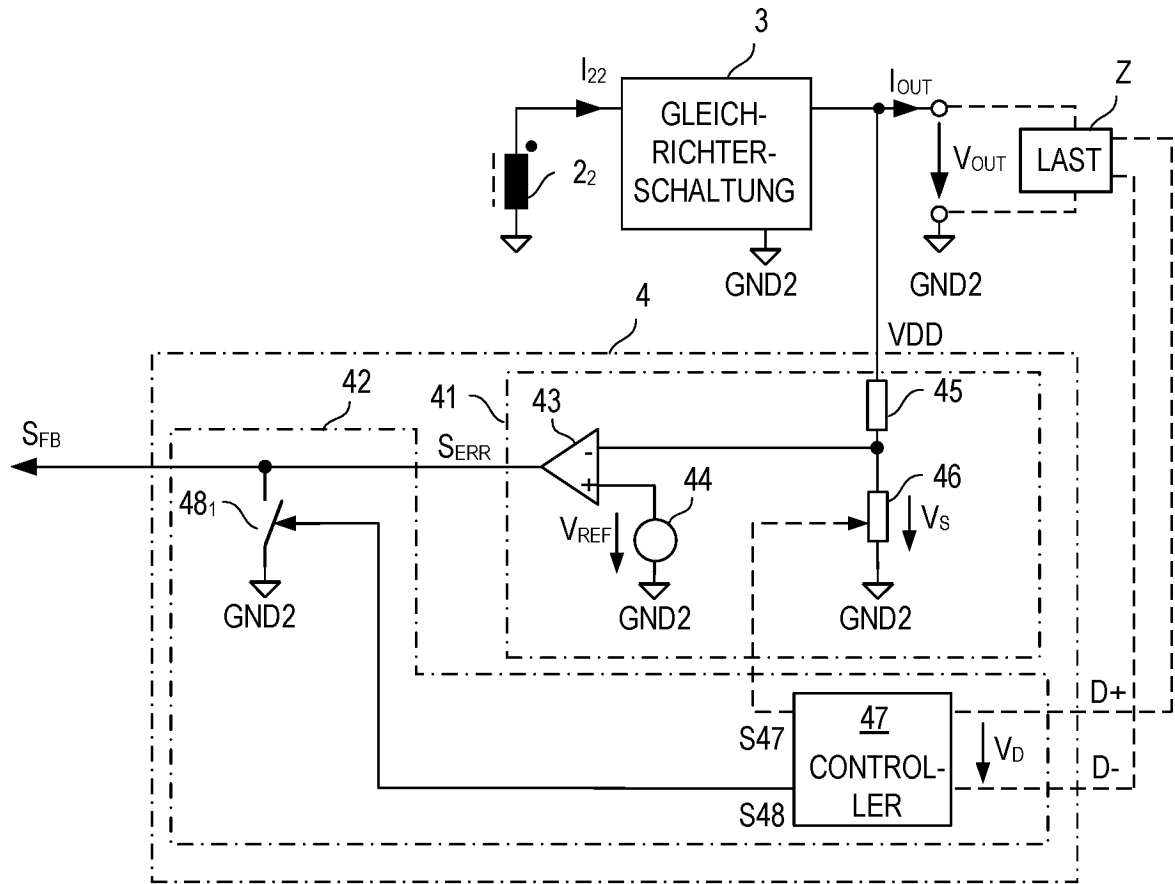


FIG 7

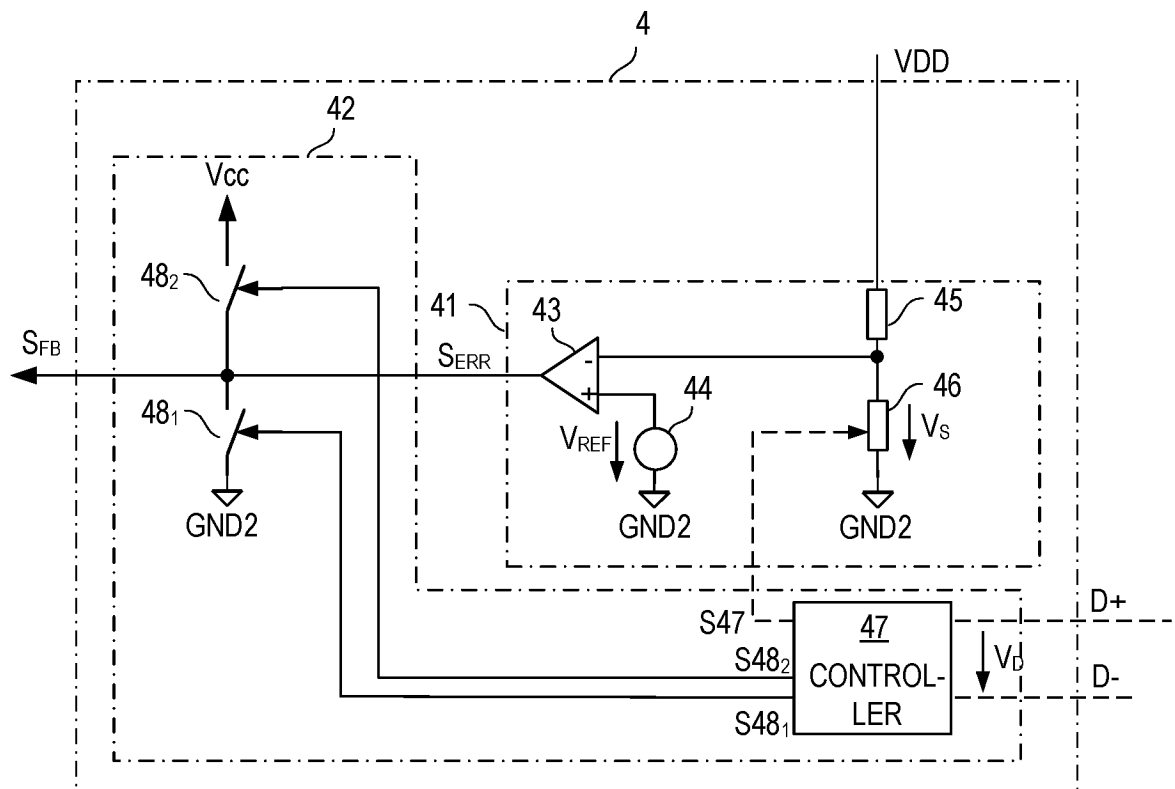


FIG 8

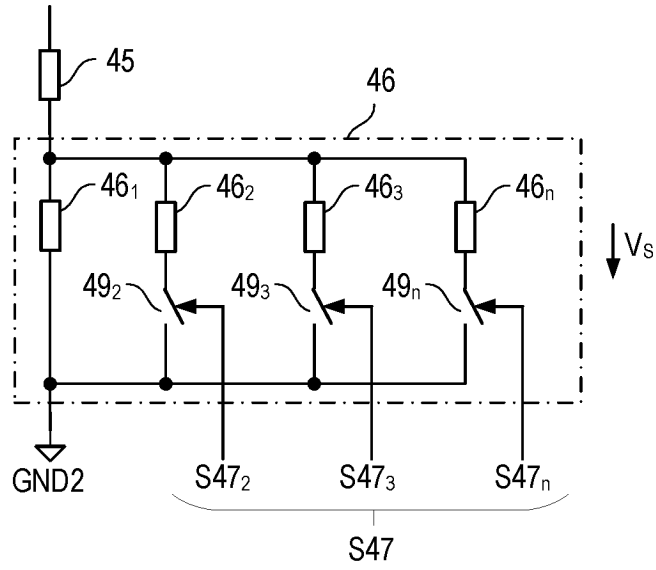


FIG 9

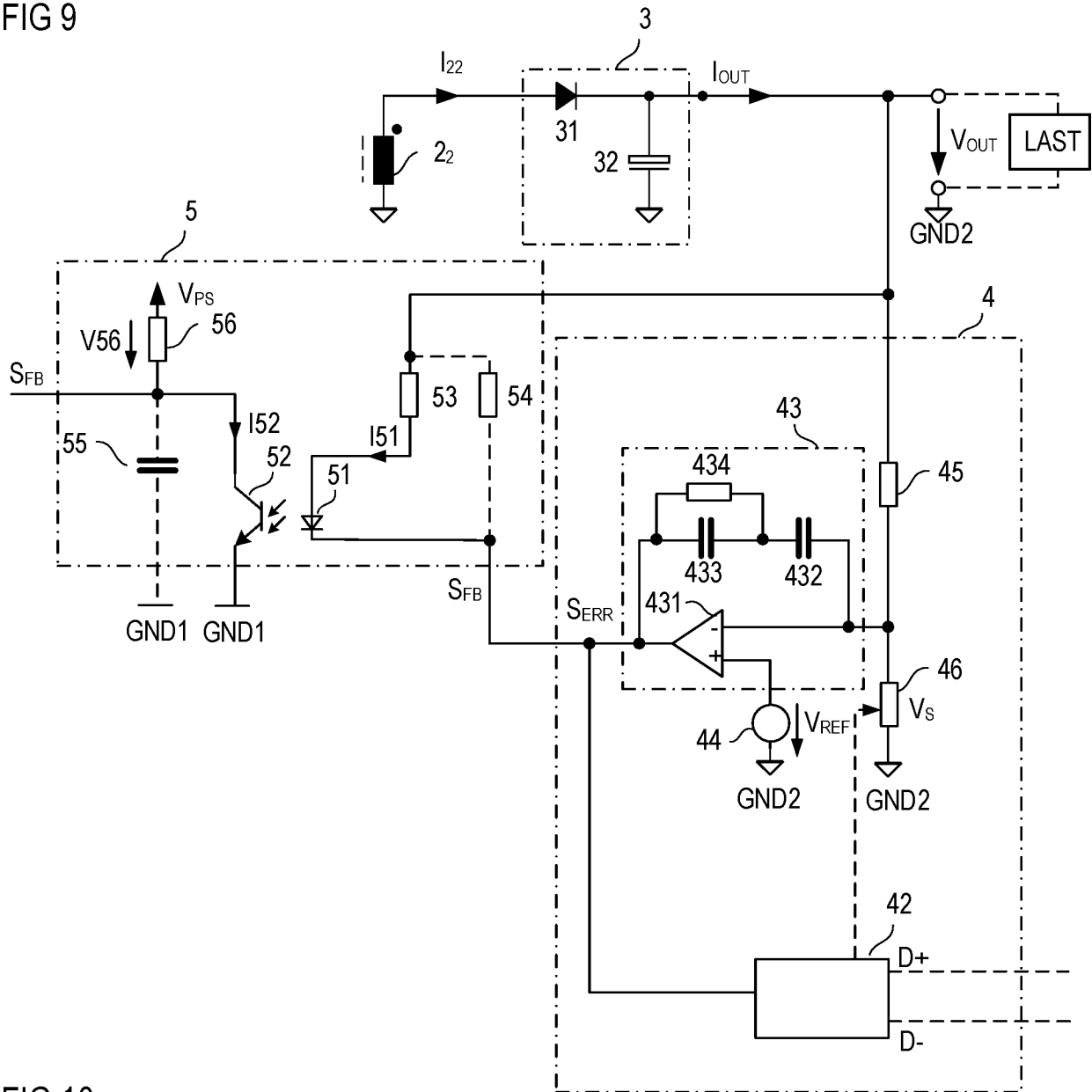


FIG 10



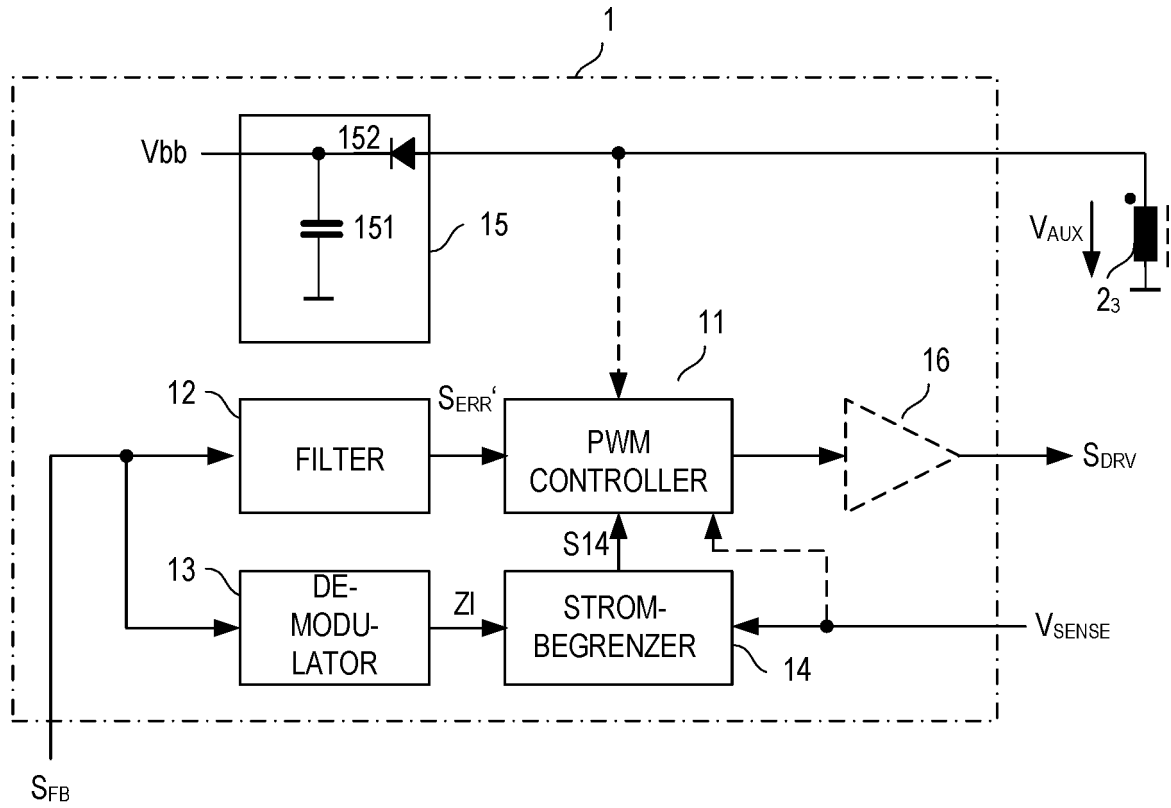


FIG 11

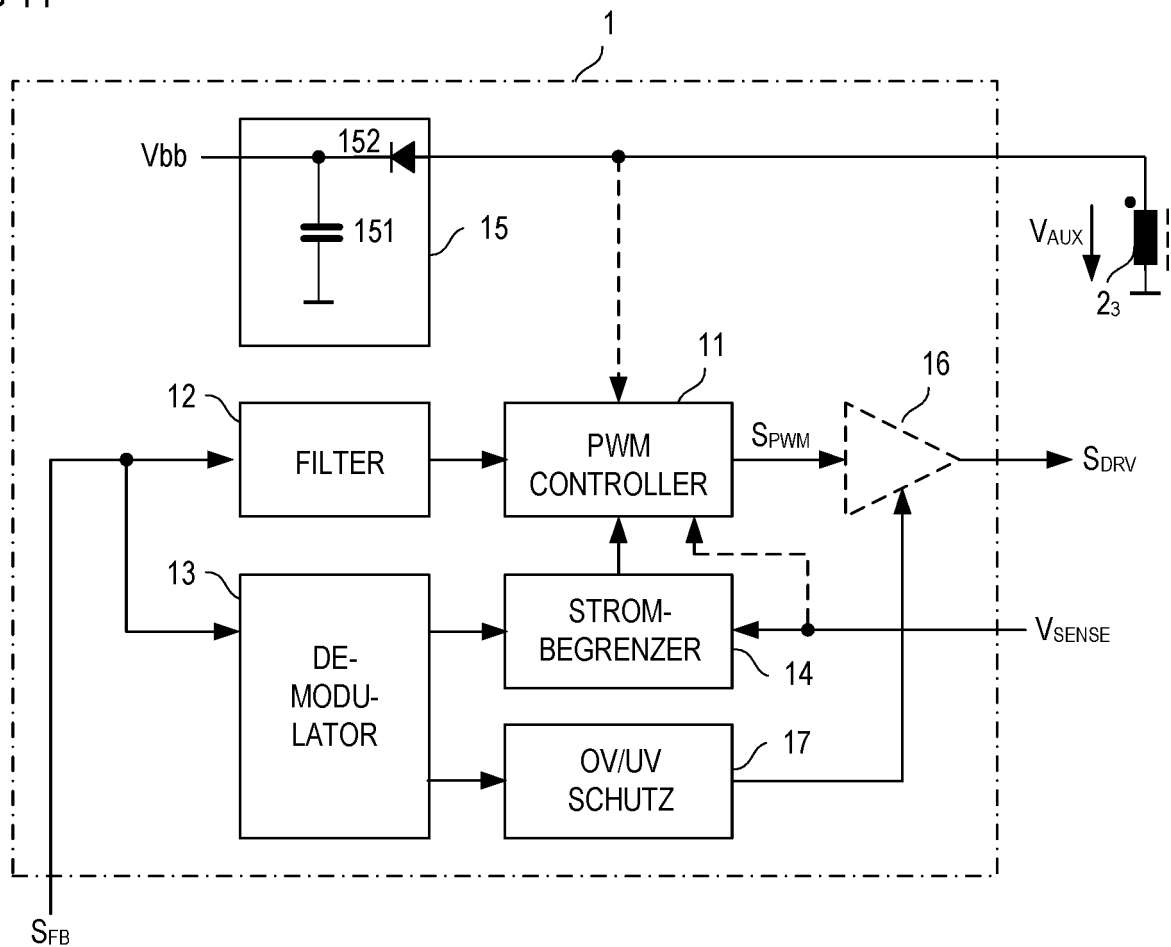


FIG 12