



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 114 366.6**

(22) Anmeldetag: **28.08.2015**

(43) Offenlegungstag: **03.03.2016**

(51) Int Cl.: **H03K 17/06 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

14/473,300

29.08.2014

US

(71) Anmelder:

Infineon Technologies Austria AG, Villach, AT

(74) Vertreter:

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

(72) Erfinder:

**Zojer, Bernhard, Villach, AT; Kutschak, Matteo-
Alessandro, Ludmannsdorf, AT**

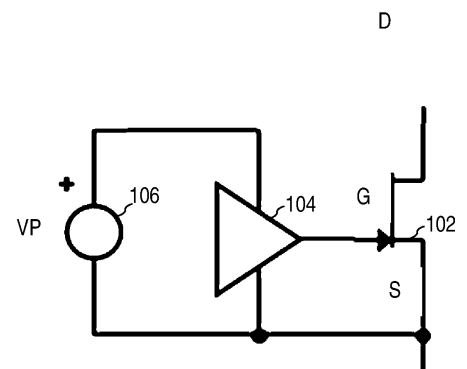
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **SYSTEM UND VERFAHREN ZUM ANSTEUERN EINES TRANSISTORS**

(57) Zusammenfassung: Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst eine Schaltung zum Ansteuern eines Steueranschlusses eines Schalttransistors: einen Treiber mit einem Ausgang, der dazu ausgebildet ist, an den Steueranschluss des Schalttransistors gekoppelt zu werden, einen ersten Leistungsversorgungsanschluss, der dazu ausgebildet ist, an einen ersten Anschluss einer potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt zu werden, einen zweiten Leistungsversorgungsanschluss, der dazu ausgebildet ist, an einen zweiten Anschluss der potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt zu werden, und einen Schalteingangsanschluss, der dazu ausgebildet ist, ein Schaltsignal zu empfangen. Die Schaltung umfasst weiterhin eine Bias-Schaltung mit einem Ausgangsanschluss, der dazu ausgebildet ist, an einem Gleichtaktsteueranschluss der potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt zu werden, wobei die Bias-Schaltung dazu ausgebildet ist, eine zeitlich abhängige Spannung zu liefern.

100



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft allgemein ein elektronisches Bauelement und insbesondere ein System und ein Verfahren zum Ansteuern eines Transistors.

[0002] Hochspannungsschalttransistoren, wie etwa Leistungs-MOSFETs, JFETs (Junction Field Effect Transistor) und Galliumnitrid-High-Electron-Mobility-Transistor (GaN-HEMT), werden üblicherweise als Halbleiterschalter in Hochspannungs- und Hochleistungsbauelementen wie etwa getakteten Leistungswandlern, Motorcontrollern und Hochspannungs- und Hochleistungsschaltkreisen verwendet. Einige dieser Bauelemente wie etwa der GaN-HEMT, besitzen die Fähigkeit, bei sehr hohen Spannungen betrieben zu werden, ohne dass das Bauelement ausfällt oder beschädigt wird.

[0003] Einige Bauelemente wie etwa der JFET und GaN-HEMT, können so hergestellt werden, dass sie eine negative Einsatzspannung besitzen, wodurch bewirkt wird, dass das Bauelement leitend ist, wenn eine Spannung von null an der Gateelektrode und der Sourceelektrode dieser Transistoren anliegt. Solche Bauelemente werden entsprechend als „selbstleitende“ Bauelemente oder Transistoren bezeichnet, da diese Bauelemente unter Bedingungen mit einer Vorspannung von null effektiv ein sind. Wenn solche selbstleitenden Bauelemente verwendet werden, werden im Allgemeinen Vorkehrungen getroffen, um sicherzustellen, dass eine Spannung generiert wird, um sicherzustellen, dass das selbstleitende Bauelement ausgeschaltet werden kann. Beispielsweise wird in einer in einem getakteten Leistungswandlung verwendeten Treiberschaltung eine negative Spannung generiert oder bereitgestellt, die eine Spannung besitzt, die ausreichend unter der Einsatzspannung des selbstleitenden Bauelements liegt, um sicherzustellen, dass das Bauelement tatsächlich wie beabsichtigt ausgeschaltet wird.

[0004] Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst eine Schaltung zum Ansteuern eines Steueranschlusses eines Schalttransistors: einen Treiber mit einem Ausgang, der dazu ausgebildet ist, an einen Steueranschluss des Schalttransistors gekoppelt zu werden, einen ersten Leistungsversorgungsanschluss, der dazu ausgebildet ist, an den ersten Anschluss einer potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt zu werden, einen zweiten Leistungsversorgungsanschluss, der dazu ausgebildet ist, an einen zweiten Anschluss der potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt zu werden, und einen Schalteingangsanschluss, der dazu ausgebildet ist, ein Schaltsignal zu empfangen. Die Schaltung umfasst weiterhin eine Bias-Schaltung mit einem Ausgangsanschluss, der dazu ausgebildet ist, an einem Gleichtaktsteueranschluss der potentialfreien Leistungsver-

sorgung gekoppelt zu werden, wobei die Bias-Schaltung dazu ausgebildet ist, eine zeitlich abhängige Spannung zu liefern.

[0005] Für ein umfassenderes Verständnis der vorliegenden Erfindung und ihrer Vorteile wird nun auf die folgenden Beschreibungen in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen Bezug genommen, in denen:

[0006] Fig. 1a–c ein herkömmliches Schalteransteuersystem veranschaulichen;

[0007] Fig. 2 ein Schalteransteuersystem gemäß einem Ausführungsbeispiel veranschaulichen;

[0008] Fig. 3 ein Schalteransteuersystem gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel veranschaulicht;

[0009] Fig. 4 ein Schalteransteuersystem gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel veranschaulicht;

[0010] Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel einer Transistorkopie-Schaltung veranschaulicht; und

[0011] Fig. 6 ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel veranschaulicht.

[0012] Entsprechende Zahlen und Symbole in verschiedenen Figuren beziehen sich allgemein auf entsprechende Teile, sofern nichts anderes angegeben ist. Die Figuren wurden gezeichnet, um die relevanten Aspekte der bevorzugten Ausführungsbeispiele klar zu veranschaulichen, und sie sind nicht notwendigerweise maßstabsgetreu gezeichnet.

[0013] Das Herstellen und Verwenden der gegenwärtig bevorzugten Ausführungsbeispiele wird unten ausführlich erörtert. Es versteht sich jedoch, dass die vorliegende Erfindung viele anwendbare erfindungsgemäße Konzepte bereitstellt, die in einer großen Vielzahl spezifischer Kontexte verkörpert werden können. Die erörterten spezifischen Ausführungsbeispiele veranschaulichen lediglich spezifische Wege zum Herstellen und Verwenden der Erfindung und beschränken nicht den Schutzbereich der Erfindung.

[0014] Die vorliegende Erfindung wird bezüglich bevorzugter Ausführungsbeispiele in einem spezifischen Kontext, einem System und Verfahren zum Ansteuern eines selbstleitenden Schalttransistors beschrieben. Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung können auch auf verschiedene Systeme angewendet werden, die selbstleitende Transistoren nutzen, wie etwa getaktete Leistungswandler, Motorcontroller und andere Schaltungen. Ausführungsbeispiele können auch das Ansteuern von selbstperrenden Transistoren betreffen.

[0015] Bei einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist eine Schaltung dazu ausgebildet, einen Steueranschluss eines Schalttransistors anzusteuern. Dieser Schalttransistor kann eine negative Einsatzspannung besitzen, wie etwa ein JFET, ein Galliumnitrid-HEMT (GaN-HEMT), ein Verarmungs-MOSFET oder ein anderer Transistor mit einer negativen Einsatzspannung, oder er kann eine positive Einsatzspannung besitzen, wie etwa ein Anreicherungs-MOSFET. Der Treiber umfasst Leistungsversorgungsanschlüsse, die an eine potentialfreie Leistungsversorgung gekoppelt sind. Die potentialfreie Leistungsversorgung kann eine positive Spannung und eine negative Spannung erzeugen, die an die Leistungsversorgungsanschlüsse des Treibers gekoppelt sind. Während des Betriebs legt der Treiber die positive Spannung der potentialfreien Leistungsversorgung an, um den Schalttransistor einzuschalten, und legt die negative Spannung der potentialfreien Leistungsversorgung an, um den Schalttransistor auszuschalten. Eine Gleichtakt-Vorspannung-Schaltung ist ebenfalls vorgesehen, um die Gleichtakt- oder mittlere Spannung der potentialfreien Leistungsversorgung vorzuspannen. Bei einigen Ausführungsbeispielen kann diese Gleichtaktspannung eine zeitabhängige Spannung erzeugen, die von verschiedenen Parametern abhängen kann.

[0016] Bei einem spezifischen Beispiel kann diese Gleichtaktspannung von der Einsatzspannung des angesteuerten Transistors oder einem Kopiebauelement davon abhängen. Bei einem derartigen Ausführungsbeispiel ist die Gleichtaktspannung auf oder etwa auf die Einsatzspannung des Schalttransistors eingestellt. Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung können auf das Ansteuern von Schalttransistoren angewendet werden, die negative Einsatzspannungen, positive Einsatzspannungen und/oder Einsatzspannungen von Null besitzen.

[0017] Fig. 1a veranschaulicht ein herkömmliches Schalteransteuersystem **100** mit einer Spannungsquelle **106**, einer Treiberschaltung **104** und einem selbstsperrenden Transistor **102**. Wie gezeigt, wird der Treiber **104** mit einer festen Spannung V_P von der Spannungsquelle **106** versorgt, die zu dem Sourcepotential S des Transistors **102** in Beziehung steht. Die Einsatzspannung V_{th} des Transistors **102** ist der Gate-Source-Spannungspegel, der den Übergang zwischen den Zuständen „ein“ und „aus“ definiert. Im Fall einer im „selbstsperrenden“ Transistor **102** vorhandenen positiven Einsatzspannung V_{th} verwendet das dargestellte Versorgungsschema eine einzelne positive Spannungsquelle **106**. Während des Betriebs von System **100** legt der Treiber **104** die Spannung V_P an der Gateelektrode G des selbstsperrenden Transistors **102** an. Falls die Spannung V_P größer ist als die Einsatzspannung V_{th} des selbstsperrenden Transistors **102**, wird der selbstsperrende Transistor **102** eingeschaltet. Falls gleichermaßen

die Spannung am negativen Anschluss der Spannungsquelle **106** am Gateelektrode G des selbstsperrenden Transistors **102** angelegt wird, wird der selbstsperrende Transistor ausgeschaltet.

[0018] Fig. 1b veranschaulicht ein herkömmliches Schalteransteuersystem **120** mit einer Spannungsquelle **126**, einer Treiberschaltung **124** und einem selbstleitenden Transistor **122**. Wie gezeigt wird die Treiberschaltung **124** mit einer festen Spannung V_N von der Spannungsquelle **126** versorgt, die zu dem Sourcepotential S des Transistors **122** in Beziehung steht. Ähnlich dem in Fig. 1b gezeigten selbstsperrenden Transistor **102** ist die Einsatzspannung V_{th} des Transistors **122** der Gate-Source-Spannungspegel, der den Übergang zwischen den Zuständen „ein“ und „aus“ definiert. Im Fall des selbstleitenden Transistors **122** jedoch ist diese Einsatzspannung V_{th} eine negative Spannung, was bedeutet, dass die Spannung der Gateelektrode G des selbstleitenden Transistors **122** auf ein Spannungspotential gebracht wird, das unter der Spannung des Sourceknotens S liegt, um den selbstleitenden Transistor **122** auszuschalten. Falls das Spannungspotential V_N der Spannungsquelle **126** die negative Einsatzspannung V_{th} des selbstleitenden Transistors **122** übersteigt, kann dementsprechend der selbstleitende Transistor ausgeschaltet werden durch Anlegen der Spannung an den negativen Anschluss der Spannungsquelle **126**. Wenn jedoch die Gate-Source-Spannung des selbstleitenden Transistors **122** eine Spannung von Null ist, wird der selbstleitende Transistor **122** leitend.

[0019] In Fällen, in denen die Einsatzspannung V_{th} des angesteuerten Transistors eine niedrige positive oder niedrige negative Spannung nahe an Masse ist, kann ein bipolares Ansteuerschema verwendet werden, um sicherzustellen, dass der Transistor eingeschaltet und ausgeschaltet wird. Fig. 1c veranschaulicht ein herkömmliches bipolares Schalteransteuersystem **130** mit einer positiven Spannungsquelle **134**, einer negativen Spannungsquelle **136**, einer Treiberschaltung **138** und einem Transistor **132**. Wenn der Transistor **132** eingeschaltet ist, wird die durch die positive Spannungsquelle **134** erzeugte Spannung V_P an den Gateanschluss G des Transistors **132** angelegt. Gleichermaßen wird, wenn der Transistor **132** ausgeschaltet ist, die durch die negative Spannungsquelle **136** erzeugte Spannung V_N an den Gateanschluss G des Transistors **132** angelegt. Das Verwenden eines derartigen bipolaren Ansteuerschemas kann die Schaltleistung verbessern, wenn die Einsatzspannung V_{th} eine niedrige Spannung ist, und kann einen Spielraum bereitstellen, um sicherzustellen, dass der Transistor **132** ordnungsgemäß schaltet. Falls beispielsweise die Einsatzspannung V_{th} des Transistors **132** etwa 1 V beträgt, kann das Ansteuern des Transistors **132** mit einer positiven Leistungsversorgung von 12 V eine asymmetrische Ansteuerspannung bereitstellen. In solchen

Fällen hilft das Verwenden einer negativen Spannungsquelle **136** sicherzustellen, dass der Transistor **132** mit ausreichender Übersteuerung ausgeschaltet wird.

[0020] Weil sich die Einsatzspannung V_{th} eines Transistors über eine Temperaturvariation, Prozessvariation, statistische Variationen, Drifffekte und andere Ursachen hinweg ändern kann, werden solche Änderungen oftmals während des Designs herkömmlicher Treiberschaltungen berücksichtigt. Falls beispielsweise die Einsatzspannung V_{th} eines selbstleitenden Transistors einer Variation zwischen -5 V und -9 V unterworfen ist, liefert eine negative Versorgungsspannung in einem herkömmlichen System eine negative Spannung, die zum Bereitstellen von ausreichender Übersteuerung, um den Transistor auszuschalten, ausgebildet ist. In diesem Beispiel liefert eine negative Spannung von -11 V eine Übersteuerung von 2 V , um den Transistor in dem Worst-Case-Szenarium auszuschalten, wenn sich die Einsatzspannung V_{th} des selbstleitenden Transistors auf -9 V befindet.

[0021] Bei einem Ausführungsbeispiel stehen Versorgungsspannungen für einen Gatetreiber zu einem Gatepotential in Beziehung, das einem Schaltschwellenwert entspricht, beispielsweise $V_G = V_S + V_{th}$. Mit anderen Worten stehen die Ansteuerpegel zu $V_S + V_{th}$ in Beziehung, anstatt direkt zu V_S . Somit kann ein positiver Gateansteuerpegel („ein“) als $V_{th} + V_P$ (positive Übersteuerung) ausgedrückt werden, und der negative Pegel („aus“) kann als $V_{th} - V_N$ ausgedrückt werden. Unter realen Arbeitsbedingungen jedoch kann sich die momentane Einsatzspannung V_{th} aufgrund von Änderungen der Temperatur und anderen Drifffekten im Laufe der Zeit ändern.

[0022] Fig. 2 veranschaulicht ein Schalteransteuersystem **200**, das eine positive Spannungsquelle **206** und eine negative Spannungsquelle **208**, eine Ansteuerschaltung **204** und einen Transistor **202** umfasst. Der Transistor **202** kann unter Verwendung verschiedener Arten von Transistoren implementiert werden. Beispielsweise kann der Transistor unter anderem einen Leistungs-MOSFET-Transistor, einen GaN-HEMT, einen JFET, einen Anreicherungs-MOSFET, einen Verarmungs-MOSFET oder einen Bipolarsperrschichttransistor (BJT) umfassen.

[0023] Bei einigen Ausführungsbeispielen bildet die Kombination aus positiver Spannungsquelle **206** und negativer Spannungsquelle **208** eine potentialfreie Leistungsversorgung, deren Gleichtaktspannung durch Anlegen einer Spannung an einen gemeinsamen Knoten **220** eingestellt werden kann, der zwischen die positive Spannungsquelle **206** und die negative Spannungsquelle **208** gekoppelt ist. Durch Koppeln der Spannungsquelle **210** zwischen den gemeinsamen Knoten **220** und den Sourceknoten S

des Transistors **202** kann der Gleichtaktausgang der Treiberschaltung **204** entsprechend der zeitabhängigen Einsatzspannung $V_{th}(t)$ des Transistors **202** oder einer beliebigen anderen zeitabhängigen Spannung eingestellt werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen, bei denen die Ausgänge der Spannungsquelle **206** und **208** der Einsatzspannung des Transistors **202** nachlaufen (engl.: track), können die Spannung V_P der positiven Spannungsquelle **206** und die Spannung V_N der negativen Spannungsquelle **208** gewählt werden, ohne dass eine Variation der Einsatzspannung des Transistors **202** berücksichtigt werden muss. Bei solchen Ausführungsbeispielen können die Mindestwerte von V_P und V_N gemäß einer Schaltdynamik gewählt werden.

[0024] Beispielsweise werden bei einem Ausführungsbeispiel die Spannungsquellen **206** und **208** jeweils so eingestellt, dass sie etwa 3 V erzeugen, und die Spannungsquelle **210** ist dazu ausgebildet, eine Spannung zu liefern, die sich der Einsatzspannung des Transistors **202** annähert. Falls die Approximation der Einsatzspannung des Transistors **202** etwa -5 V beträgt, liefert die Spannungsquelle **210** somit etwa -5 V , der positive Anschluss der Spannungsquelle **206** liefert etwa -2 V und der negative Anschluss der Spannungsquelle **208** liefert etwa -8 V . Bei alternativen Ausführungsbeispielen können je nach dem bestimmen System und seinen Spezifikationen andere Spannungspegel verwendet werden.

[0025] Die Spannungsquellen **206** und **208** können unter Verwendung von in der Technik bekannten Leistungsschaltungen implementiert werden. Beispielsweise können getaktete Leistungsversorgungen, Spannungsregler, Batterien und andere Leistungsversorgungsschaltungen und -systeme zum Implementieren der Spannungsquelle **206** und **208** verwendet werden. Beispielsweise kann die Spannungsquelle **210** unter Verwendung verschiedener Vorspannungs-Schaltungen und/oder Leistungsversorgungsschaltungen, die in der Technik bekannt sind, implementiert werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen kann die Spannungsquelle **210** unter Verwendung einer Kopie des Transistors **202** implementiert werden, um eine Spannung zu erzeugen, die sich der Einsatzspannung V_{th} des Transistors **202** annähert. Die Treiberschaltung **204** kann unter Verwendung von in der Technik bekannten Treiberschaltungen implementiert werden, wie etwa einem Treiber aus der Familie Infineon EiceDRIVER oder einem Treiber aus der Serie Texas Instruments UCC27x.

[0026] Fig. 3 veranschaulicht ein Schalteransteuersystem **300** gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Wie gezeigt, generiert die Transistorkopie-Schaltung **306** eine zeitabhängige Spannung $V(t)$, die an den Gleichtaktanschluss V_{CM} der potentialfreien Stromquelle **302** gekoppelt wird. Bei einem Ausführungsbeispiel erzeugt die potenti-

alfreie Leistungsversorgung **302** eine Spannung am Anschluss VP, die auf einem Spannungspotential liegt, das größer ist als die Spannung am Anschluss VCM, und erzeugt eine Spannung am Anschluss VN, die auf einem Spannungspotential ist, das unter der Spannung am Anschluss VCM liegt. Effektiv verfolgen die Spannungen an den Anschlüssen VP und VN die durch die Transistorkopie-Schaltung **306** erzeugte Spannung $V(t)$.

[0027] Bei einem Ausführungsbeispiel erzeugt die Transistorkopie-Schaltung **306** eine Spannung $V(t)$, die sich der Einsatzspannung des Transistors **202** annähert und/oder zu ihr in Beziehung steht, indem ein Transistor mit einer ähnlichen Struktur und/oder einer ähnlichen Bauelementgeometrie wie der Transistor **202** verwendet wird. Die Spannung $V(t)$ kann über der Zeit variieren, um Änderungen der Einsatzspannung bezüglich Temperatur, Drifteffekten und Änderungen bei anderen Parametern zu verfolgen, die die Einsatzspannung des Transistors und des Kopiebauelements in der Transistorkopie-Schaltung **306** beeinflussen können. Bei alternativen Ausführungsbeispielen kann die Spannung $V(t)$ neben der Transistorkopie-Schaltung **306** durch andere Arten von Schaltungen erzeugt werden.

[0028] Die Treiberschaltung **304** besitzt Versorgungsanschlüsse, die an die Anschlüsse VP und VN der potentialfreien Leistungsversorgung **302** gekoppelt sind.

[0029] Bei einem Ausführungsbeispiel legt die Treiberschaltung abwechselnd die Spannungen an den Anschlüssen VP und VN der potentialfreien Leistungsversorgung **302** gemäß einem Schaltsignal am Eingang VSW der Treiberschaltung **304** an den Gateanschluss G des Transistors **202** an. Beispielsweise legt bei einem Ausführungsbeispiel die Treiberschaltung **304** die Spannung am Anschluss VP der potentialfreien Leistungsversorgung **302** an, wenn das Signal am Eingang VSW ein logisches H ist, und legt die Spannung am Anschluss VN der potentialfreien Leistungsversorgung **302** an, wenn das Signal am Eingang VSW ein logisches L ist. Alternativ kann die Beziehung zwischen dem logischen Sinn des Eingangs VSW und der an die Gateelektrode des Transistors **202** angelegten Spannung umgedreht werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen kann der Ausgang der Treiberschaltung **304** zwischen seinen Leistungsversorgungsverbindungen und seinem Ausgangsanschluss einen Spannungsabfall einführen.

[0030] Fig. 4 veranschaulicht ein Schalteransteuersystem **400** gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, bei der die potentialfreie Leistungsversorgung unter Verwendung von Wicklungen **416** und **418** des Transformators **414** mit Mittenabgriff implementiert wird. Bei einem Ausführungsbeispiel können die Wicklungen **416** und **418**

Sekundär- und/oder Hilfswicklungen eines Transformators eines getakteten Leistungswandlers wie etwa eines Sperrwandlers sein. Bei einigen Ausführungsbeispielen kann der Transformator **414** eine Primärwicklung **430** enthalten, die an eine primärseitige Schaltnetzteilschaltungsanordnung gekoppelt ist, die zur Vereinfachung der Darstellung nicht gezeigt ist. Die Realisierung und der Betrieb einer derartigen primärseitigen getakteten Leistungsversorgungsschaltung kann unter Verwendung von in der Technik bekannten Schaltungen und Verfahren erfolgen.

[0031] Das Schalteransteuersystem **400** umfasst den Transistor **202** und die Ansteuerschaltung **402**, die dazu ausgebildet ist, ein Schaltsignals VSW an die Gateelektrode des Transistors **202** anzulegen. Der Transistor **202** kann eine beliebige Art von Transistor sein, der beispielsweise eine positive Einsatzspannung oder eine negative Einsatzspannung besitzt. Der positive Leistungsversorgungsanschluss **422** der Treiberschaltung **402** ist über eine Diode **410** an die Wicklung **416** des Transformators **414** gekoppelt und der negative Leistungsversorgungsanschluss **424** der Treiberschaltung **402** ist über die Diode **412** an die Wicklung **418** des Transformators **414** gekoppelt. Die Dioden **410** und **412** richten den Strom in den Wicklungen **416** und **418** des Transformators **414** gleich. Bei einigen Ausführungsbeispielen können die Dioden **410** und **412** unter Verwendung von Schalttransistoren implementiert werden, die als Synchrongleichrichter betrieben werden. Die an die Dioden **410** und **412** gekoppelten Kondensatoren **406** und **408** sorgen für eine Filterung und dämpfen die Versorgungswelligkeit.

[0032] Ein Pufferverstärker **404** mit einer Verstärkung von Eins (engl.: unity gain buffer amplifier) ist dazu ausgebildet, die Spannung $V(t)$ zum Mittenabgriff **432** des Transformators **414** zu puffern. Die Spannung $V(t)$ kann beispielsweise eine Spannung darstellen, die sich der Einsatzspannung des Transistors **202** annähert. Alternativ kann die Spannung $V(t)$ eine beliebige zeitabhängige Spannung sein. Bei vielen Ausführungsbeispielen ist die zeitliche Variation von $V(t)$ langsam im Vergleich zu den Schalttransienten. Dann blockiert der Kondensator C, der zwischen den Sourceknoten S des Transistors **202** und den Ausgang des Pufferverstärkers **404** mit einer Verstärkung von Eins gekoppelt ist, die Gleichtaktversorgungs-komponente $V(t)$, liefert aber einen Pfad mit niedriger Impedanz für die schnellen Schalttransienten.

[0033] Der Verstärker **404**, der in einer Rückkopplungskonfiguration mit Verstärkung Eins (engl.: unity gain feedback configuration) gezeigt ist, kann unter Verwendung eines Transkonduktanzverstärkers, eines Operationsverstärkers oder einer anderen, in der Technik bekannten Art von Verstärker realisiert werden. Bei alternativen Ausführungsbeispielen kön-

nen andere Verstärkerkonfigurationen neben einer Eins-Konfiguration verwendet werden. Beispielsweise kann ein Verstärker mit einem Leistungsfaktor kleiner eins oder größer als eins verwendet werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen kann der Verstärker **404** entfallen. Es versteht sich, dass das System **400** nur eines von vielen Ausführungsbeispielen ist, die verwendet werden können, um ein Ausführungsbeispiel von Transistoransteuerschaltungen und – systemen zu implementieren. Bei alternativen Ausführungsbeispielen können andere Schaltungsarchitekturen und -topologien verwendet werden.

[0034] Fig. 5 veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel einer Schaltung, mit der eine zeitabhängige Spannung $V(t)$ auf der Basis einer Kopie des anzustuernden Schalttransistors generiert wird. Wie gezeigt, ist der Kopietransistor **508** als Diode verschaltet, wobei seine Drainelektrode an seine Gateelektrode gekoppelt ist. Die Spannungsquelle **506** kann zwischen die Drainelektrode und die Gateelektrode des Kopietransistors **508** gekoppelt sein, um negative Einsatzspannungen für selbstleitende Bauelemente zu berücksichtigen. Die Stromquelle **504** ist an den Kopietransistor **508** gekoppelt und liefert einen Vorstrom. Gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen ist der Sourceknoten S des Kopietransistors **508** an den gleichen Knoten wie die Sourceelektrode des Schalttransistors gekoppelt, der angesteuert wird (z.B. Transistor **202** in Fig. 3 und Fig. 4), oder ist an einen Knoten mit einer gleichen oder ähnlichen Spannung wie die Sourceelektrode des Schalttransistors gekoppelt.

[0035] Bei einem Ausführungsbeispiel besitzt der Kopietransistor **508** eine ähnliche Struktur wie der angesteuerte Schalttransistor. Falls beispielsweise der Schalttransistor ein GaN-HEMT ist, ist auch der Kopietransistor **508** ein GaN-HEMT. Bei einigen Ausführungsbeispielen kann auch die Geometrie des Kopietransistors der Geometrie des Schalttransistors entsprechen. Beispielsweise kann der Schalttransistor unter Verwendung von n Einheitsbauelementen konstruiert werden, während der Kopietransistor unter Verwendung von einem oder von zwei des Einheitsbauelements realisiert werden kann. Bei solchen Ausführungsbeispielen muss der Strom der Stromquelle **504** nur in der Größenordnung von $1/n$ des Stroms des Schalttransistors liegen, damit $V(t)$ die Einsatzspannung des Schalttransistors verfolgen kann. Bei einigen Ausführungsbeispielen können sich die Einheitsbauelemente des Kopietransistors **508** an der gleichen Stelle wie der Schalttransistor befinden, um eine angepasste Leistung zu verbessern. Durch Anordnen des Kopietransistors **508** am gleichen Ort wie dem Hauptschalttransistor werden Änderungen bei der Temperatur beim Schalttransistor auf den Kopietransistor **508** angewendet.

[0036] Es versteht sich, dass die Schaltung von Fig. 5 lediglich eine von vielen Beispielen von Schaltungen ist, die verwendet werden können, um eine Approximation einer Einsatzspannung eines Schalttransistors zu erzeugen. Bei alternativen Ausführungsbeispielen Schaltungen und Systeme, die in der gleichzeitig anhängigen Anmeldung mit der laufenden US-Nummer 14/473,377 beschrieben werden.

[0037] Fig. 6 veranschaulicht ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens **600** zum Ansteuern eines Schalttransistors. Dieses Verfahren kann beispielsweise in Verbindung mit verschiedenen, hierin offenbarten dargestellten Ausführungsbeispielen verwendet werden. Bei einem Ausführungsbeispiel wird ein Gleichtaktsteueranschluss einer potentialfreien Leistungsversorgung mit einer auf einer Einsatzspannung des Schalttransistors basierenden Spannung in Schritt **602** vorgespannt. In Schritt **604** wird der Schalttransistor durch Ansteuern eines Steueranschlusses des Schalttransistors mit einer ersten Spannung der potentialfreien Leistungsversorgung eingeschaltet, und in Schritt **606** wird der Schalttransistor durch Ansteuern des Steueranschlusses des Schalttransistors mit einer zweiten Spannung der potentialfreien Leistungsversorgung ausgeschaltet.

[0038] Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst eine Schaltung zum Ansteuern eines Steueranschlusses eines Schalttransistors: einen Treiber mit einem Ausgang, der dazu ausgebildet ist, an einen Steueranschluss des Schalttransistors gekoppelt zu werden, einen ersten Leistungsversorgungsanschluss, der dazu ausgebildet ist, an einen ersten Anschluss einer potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt zu werden, einen zweiten Leistungsversorgungsanschluss, der dazu ausgebildet ist, an einen zweiten Anschluss der potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt zu werden, und einen Schalteingangsanschluss, der dazu ausgebildet ist, ein Schaltsignal zu empfangen. Die Schaltung umfasst weiterhin eine Vorspannungs-Schaltung mit einem Ausgangsanschluss, der dazu ausgebildet ist, an einem Gleichtaktsteueranschluss der potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt zu werden, wobei die Vorspannungs-Schaltung dazu ausgebildet ist, eine zeitlich abhängige Spannung zu liefern. Bei einigen Ausführungsbeispielen umfasst die Schaltung weiterhin die potentialfreie Leistungsversorgung.

[0039] Bei einem Ausführungsbeispiel umfasst die potentialfreie Leistungsversorgung eine erste Spule, eine erste Diode, die zwischen den ersten Anschluss der potentialfreien Leistungsversorgung und die erste Spule gekoppelt ist, eine zweite Spule, die an die erste Spule an dem Gleichtaktsteueranschluss und an den zweiten Anschluss der potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt ist, und eine zweite Diode, die zwischen die zweite Spule und den zweiten Anschluss der potentialfreien Leistungsversorgung

gung gekoppelt ist. Die zweite Spule ist magnetisch an die erste Spule gekoppelt.

[0040] Bei einem Ausführungsbeispiel beinhaltet der Schalttransistor einen selbstleitenden Transistor, der Teil der Schaltung sein kann. Der selbstleitende Transistor kann unter Verwendung eines GaN-HEMT-Bauelements implementiert werden, und der Steueranschluss des selbstleitenden Transistors kann eine Gateelektrode des GaN-HEMT sein. Bei einigen Ausführungsbeispielen ist die zeitabhängige Spannung eine auf einer Einsatzspannung des Schalttransistors basierende Spannung. Diese Spannung kann auf der Einsatzspannung des Schalttransistors basieren und kann eine Spannung sein, die im Wesentlichen gleich der Einsatzspannung des Schalttransistors ist. Bei einem Ausführungsbeispiel besitzt die Bias-Schaltung eine Kopie des Schalttransistors.

[0041] Bei einem Ausführungsbeispiel ist der Treiber dazu ausgebildet, den Schalttransistor durch Koppeln einer Spannung des ersten Leistungsversorgungsanschlusses an den Steueranschluss des Transistors einzuschalten, und den Schalttransistor durch Koppeln einer Spannung des zweiten Leistungsversorgungsanschlusses an den Steueranschluss des Schalttransistors auszuschalten.

[0042] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel beinhaltet ein Verfahren zum Steuern eines Schalttransistors: Einschalten des Schalttransistors durch Ansteuern eines Steueranschlusses des Schalttransistors mit einer ersten Spannung einer potentialfreien Leistungsversorgung, Ausschalten des Schalttransistors durch Ansteuern eines Steueranschlusses des Schalttransistors mit einer zweiten Spannung der potentialfreien Leistungsversorgung, und Vorspannen eines Gleichtaktsteueranschlusses der potentialfreien Leistungsversorgung mit einer auf einer Einsatzspannung des Schalttransistors basierenden Spannung, die im Wesentlichen gleich der Einsatzspannung des Schalttransistors sein kann. Das Vorspannen des Gleichtaktsteueranschlusses der potentialfreien Leistungsversorgung kann das Bereitstellen einer Einsatzspannung einer Kopie des Schalttransistors beinhalten.

[0043] Bei einem Ausführungsbeispiel werden die Schritte des Einschaltens und Ausschaltens gemäß einem Schaltsignal durchgeführt. Der Schalttransistor kann einen selbstleitenden Transistor beinhalten, und der Schalttransistor beinhaltet ein GaN-HEMT-Bauelement, so dass der Steueranschluss des Schalttransistors eine Gateelektrode des GaN-HEMT ist.

[0044] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel umfasst ein Schaltkreis eine potentialfreie Leistungsversorgung mit einem positiven Anschluss, ei-

nem negativen Anschluss und einem Gleichtaktanschluss. Der Schaltkreis umfasst weiterhin eine Treiberschaltung mit einem ersten Leistungsversorgungsanschluss, der an den positiven Anschluss der Leistungsversorgung gekoppelt ist, einem zweiten Leistungsversorgungsanschluss, der an den negativen Anschluss der Leistungsversorgung gekoppelt ist, und einem Ausgangsanschluss, der dazu ausgebildet ist, an einen Steueranschluss eines Schalttransistors gekoppelt zu werden. Der Schaltkreis umfasst weiterhin eine Gleichtakt-Bias-Schaltung mit einem Ausgang, der an den Gleichtaktanschluss der potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt ist, so dass die Gleichtakt-Bias-Schaltung dazu ausgebildet ist, eine auf einer Einsatzspannung des Schalttransistors basierende Spannung am Ausgang der Gleichtakt-Bias-Spannung bereitzustellen. Bei einigen Ausführungsbeispielen umfasst der Schaltkreis den Schalttransistor.

[0045] Bei einem Ausführungsbeispiel beinhaltet der Schalttransistor einen selbstleitenden Transistor, und der selbstleitende Transistor beinhaltet ein GaN-HEMT-Bauelement, so dass der Steueranschluss des Schalttransistors eine Gateelektrode des GaN-HEMT umfasst. Die Gleichtakt-Bias-Schaltung kann einen Spannungspufferverstärker mit einem Ausgang enthalten, der an den Gleichtaktanschluss der potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt ist.

[0046] Die Schalt-Schaltung kann einen Kondensator enthalten, der zwischen einem Lastweganschluss des Schalttransistors und den Ausgang des Spannungspufferverstärkers gekoppelt ist, und kann auch einen Kopietransistor enthalten, der an einen Eingang des Spannungspufferverstärkers gekoppelt ist. Bei einigen Ausführungsbeispielen umfasst die potentialfreie Leistungsversorgung einen Transformator, und der Gleichtaktanschluss der potentialfreien Leistungsversorgung umfasst einen Mittenabgriffsanschluss des Transformators.

[0047] Zu Vorteilen einiger Ausführungsbeispiele zählen Leistungseinsparungen aufgrund dessen, dass niedrigere Versorgungsspannungen verwendet werden, um Leistung an Schalttreiber zu liefern. Ein weiterer Vorteil beinhaltet die Fähigkeit zum Verfolgen der Einsatzspannungsvariation über die Zeit und die Fähigkeit zum Liefern symmetrischer Ansteuerungen an Schalttransistoren.

[0048] Zu weiteren Vorteilen der Ausführungsbeispiele zählt die Fähigkeit zum Variieren der Gateansteuerpegel nicht nur bezüglich der Transistor-Einsatzspannung, sondern auch zum Berücksichtigen anderer Aspekte wie etwa den Transistorarbeitsmodus (Schalter/Diode), die Laststromvariation und die Schaltgeschwindigkeit.

Patentansprüche

1. Schaltung zum Ansteuern eines Transistors, die aufweist:

einen Treiber, der aufweist: einen Ausgang, der dazu ausgebildet ist, an einen Steueranschluss des Schalttransistors gekoppelt zu werden, einen ersten Leistungsversorgungsanschluss, der dazu ausgebildet ist, an einem ersten Anschluss einer potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt zu werden, einen zweiten Leistungsversorgungsanschluss, der dazu ausgebildet ist, an einen zweiten Anschluss der potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt zu werden, und einen Schalteingangsanschluss, der dazu ausgebildet ist, ein Schaltsignal zu empfangen, und eine Vorspannungsschaltung mit einem Ausgangsanschluss, der dazu ausgebildet ist, an einem Gleichtaktsteueranschluss der potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt zu werden, wobei die Vorspannungsschaltung dazu ausgebildet ist, eine zeitlich abhängige Spannung zu liefern.

2. Schaltung nach Anspruch 1, die weiterhin die potentialfreie Leistungsversorgung.

3. Schaltung nach Anspruch 2, wobei die potentialfreie Leistungsversorgung aufweist:

eine erste Spule;

eine erste Diode, die zwischen den ersten Anschluss der potentialfreien Leistungsversorgung und die erste Spule gekoppelt ist;

eine zweite Spule, die an die erste Spule an dem Gleichtaktsteueranschluss und an den zweiten Anschluss der potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt ist; und

eine zweite Diode, die zwischen die zweite Spule und den zweiten Anschluss der potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt ist, wobei die zweite Spule magnetisch an die erste Spule gekoppelt ist.

4. Schaltung nach einem der Ansprüche 1–3, bei der der Schalttransistor einen selbstleitenden Transistor umfasst.

5. Schaltung nach Anspruch 4, bei der die Schaltung weiterhin den selbstleitenden Transistor aufweist.

6. Schaltung nach Anspruch 5, bei der der selbstleitende Transistor ein GaN-HEMT-Bauelement aufweist und der Steueranschluss des selbstleitenden Transistors eine Gateelektrode des GaN-HEMT aufweist.

7. Schaltung nach Anspruch 6, bei der die zeitabhängige Spannung eine Spannung auf der Basis einer Einsatzspannung des Schalttransistors aufweist.

8. Schaltung nach Anspruch 7, bei der die auf der Einsatzspannung des Schalttransistors basieren-

de Spannung eine Spannung aufweist, die im Wesentlichen gleich der Einsatzspannung des Schalttransistors ist.

9. Schaltung nach Anspruch 8, bei der die Vorspannungsschaltung eine Kopie des Schalttransistors aufweist.

10. Schaltung nach einem der Ansprüche 1–9, bei der der Treiber dazu ausgebildet ist, den Schalttransistor durch Koppeln einer Spannung des ersten Leistungsversorgungsanschlusses an den Steueranschluss des Transistors einzuschalten; und den Schalttransistor durch Koppeln einer Spannung des zweiten Leistungsversorgungsanschlusses an den Steueranschluss des Schalttransistors auszuschalten.

11. Verfahren zum Steuern eines Schalttransistors, wobei das Verfahren aufweist:

Einschalten des Schalttransistors durch Ansteuern eines Steueranschlusses des Schalttransistors mit einer ersten Spannung einer potentialfreien Leistungsversorgung;

Ausschalten des Schalttransistors durch Ansteuern eines Steueranschlusses des Schalttransistors mit einer zweiten Spannung der potentialfreien Leistungsversorgung; und

Vorspannen eines Gleichtaktsteueranschlusses der potentialfreien Leistungsversorgung mit einer auf einer Einsatzspannung des Schalttransistors basierenden Spannung.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei der die auf der Einsatzspannung des Schalttransistors basierende Spannung im Wesentlichen gleich der Einsatzspannung des Schalttransistors ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei der das Vorspannen des Gleichtaktsteueranschlusses der potentialfreien Leistungsversorgung das Bereitstellen einer Einsatzspannung einer Kopie des Schalttransistors aufweist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11–13, bei der die Schritte des Einschaltens und Ausschaltens gemäß einem Schaltsignal durchgeführt werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11–14, bei der der Schalttransistor einen selbstleitenden Transistor aufweist.

16. Verfahren nach Anspruch 15, bei der der Schalttransistor ein GaN-HEMT-Bauelement aufweist und der Steueranschluss des Schalttransistors eine Gateelektrode des GaN-HEMT aufweist.

17. Schalt-Schaltung, die aufweist:

eine potentialfreie Leistungsversorgung, die einen positiven Anschluss, einen negativen Anschluss und einen Gleichtaktanschluss aufweist;
eine Treiberschaltung, die einen ersten Leistungsversorgungsanschluss, der an den positiven Anschluss der Leistungsversorgung gekoppelt ist, einen zweiten Leistungsversorgungsanschluss, der an den negativen Anschluss der Leistungsversorgung gekoppelt ist, und einen Ausgangsanschluss, der dazu ausgebildet ist, an einen Steueranschluss eines Schalttransistors gekoppelt zu werden, aufweist; und
eine Gleichtakt-Vorspannungs-Schaltung mit einem Ausgang, der an den Gleichtaktanschluss der potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt ist, wobei die Gleichtakt-Vorspannungs-Schaltung dazu ausgebildet ist, eine auf einer Einsatzspannung des Schalttransistors basierende Spannung am Ausgang der Gleichtakt-Vorspannungs-Schaltung zur Verfügung zu stellen.

18. Schalt-Schaltung nach Anspruch 17, die weiterhin den Schalttransistor aufweist.

19. Schalt-Schaltung nach Anspruch 18, bei der der Schalttransistor einen selbstleitenden Transistor aufweist; und
der selbstleitende Transistor ein GaN-HEMT-Bauelement aufweist und der Steueranschluss des Schalttransistors eine Gateelektrode des GaN-HEMT aufweist.

20. Schalt-Schaltung nach einem der Ansprüche 17–19, bei der die Gleichtakt-Vorspannungs-Schaltung einen Spannungspufferverstärker mit einem Ausgang, der an den Gleichtaktanschluss der potentialfreien Leistungsversorgung gekoppelt ist, aufweist.

21. Schalt-Schaltung nach Anspruch 20, die weiterhin einen Kondensator aufweist, der zwischen einen Lastpfadanschluss des Schalttransistors und den Ausgang des Spannungspufferverstärkers gekoppelt ist.

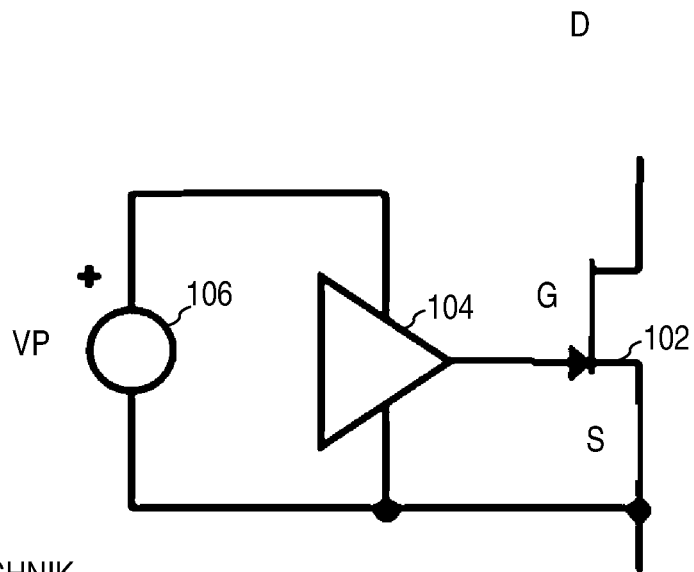
22. Schalt-Schaltung nach Anspruch 21, die weiterhin einen Kopietransistor aufweist, der an einen Eingang des Spannungspufferverstärkers gekoppelt ist.

23. Schalt-Schaltung nach einem der Ansprüche 17–22, bei der die potentialfreie Leistungsversorgung einen Transformator aufweist und der Gleichtaktanschluss der potentialfreien Leistungsversorgung einen Mittenabgriffsanschluss des Transformators aufweist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

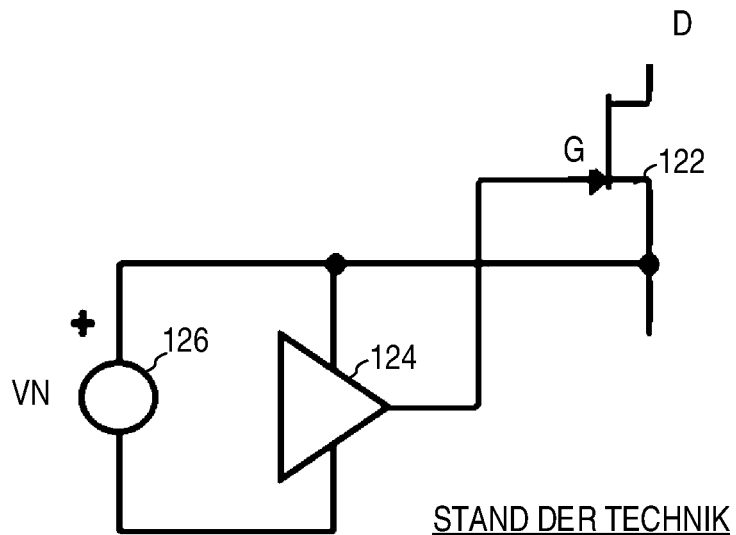
100 ↘



STAND DER TECHNIK

FIG. 1a

120 ↘



STAND DER TECHNIK

FIG. 1b

130

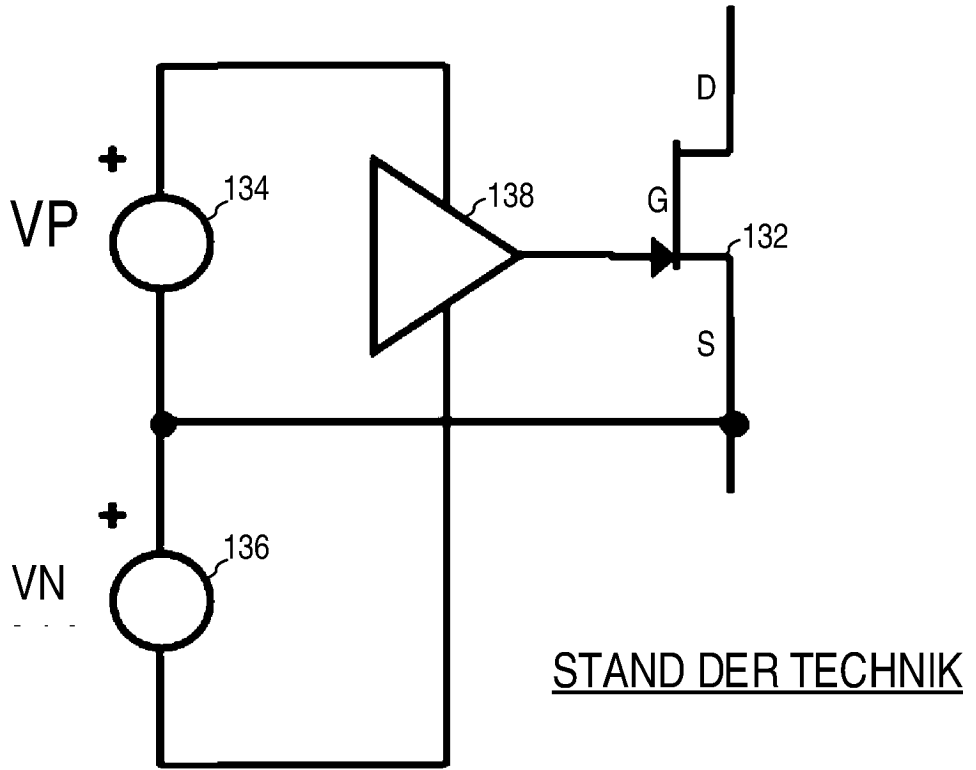


FIG. 1c

200

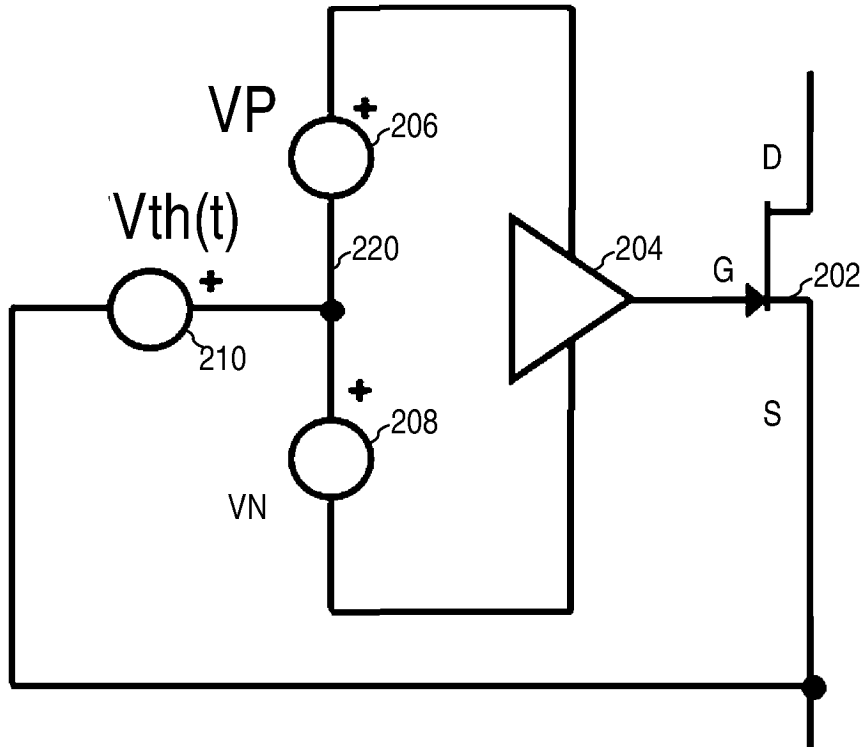


FIG. 2

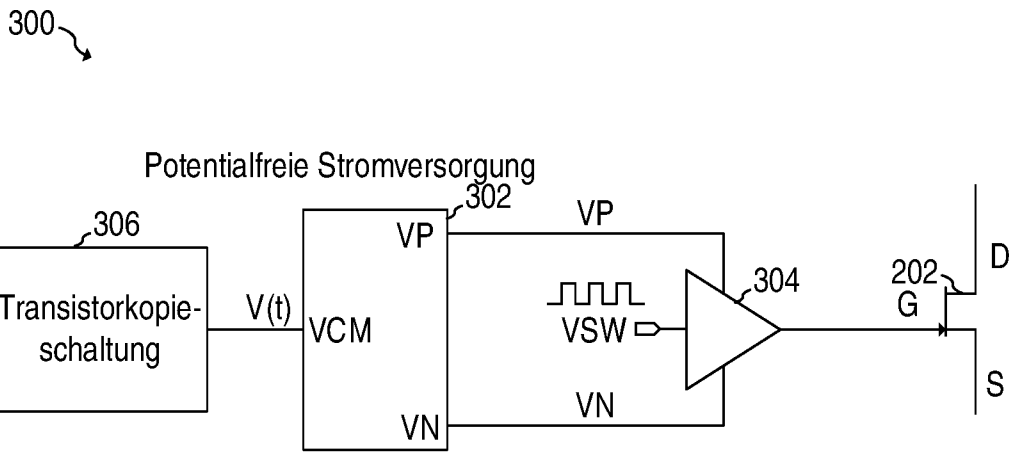


FIG. 3

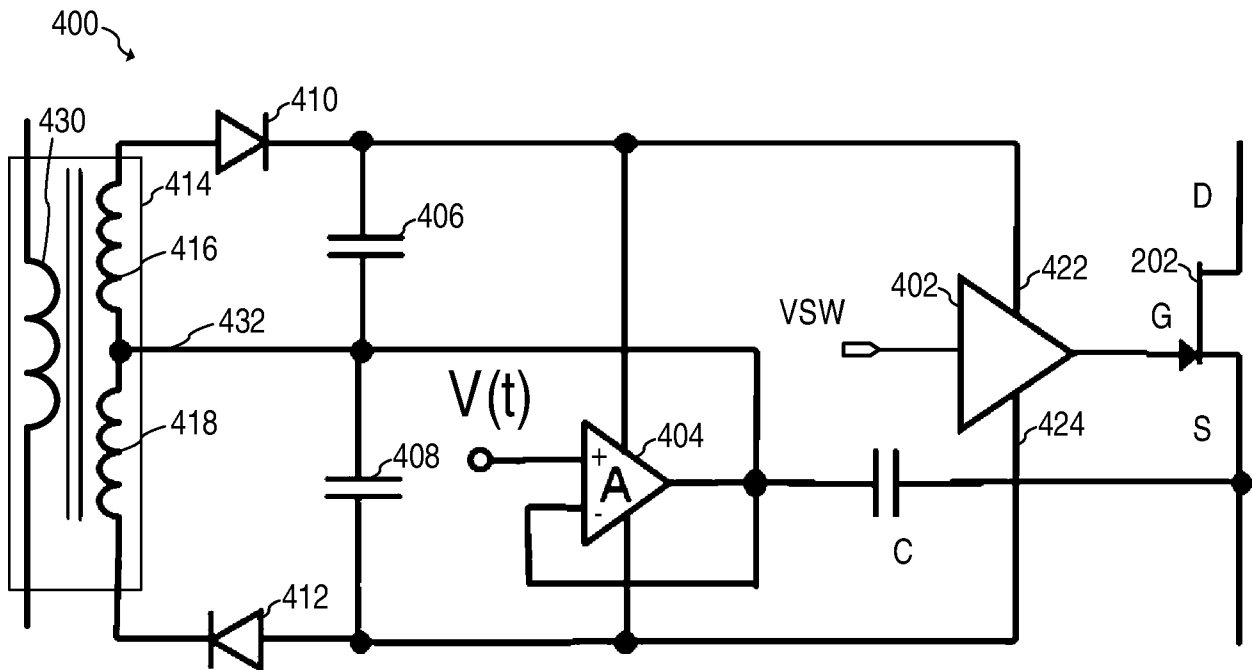


FIG. 4

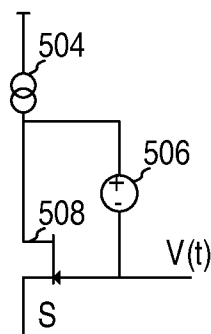
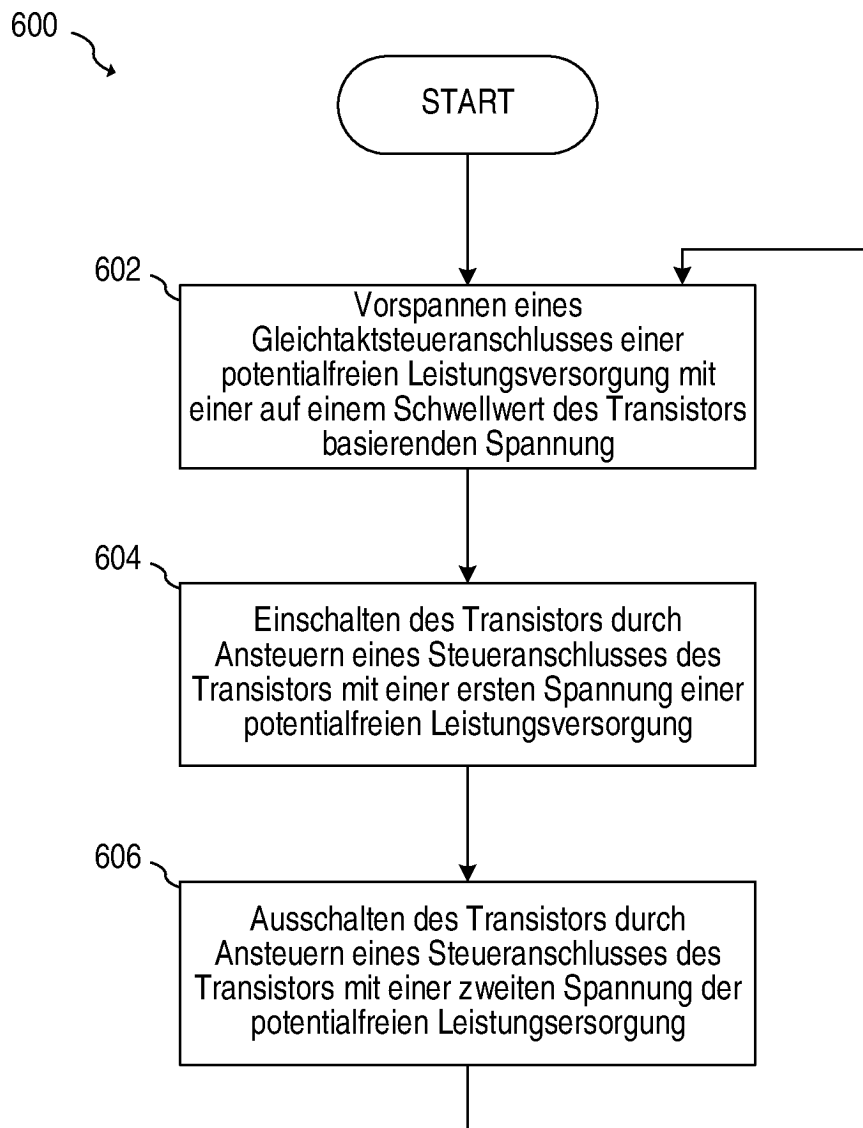


FIG. 5

**FIG. 6**