



(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2017/126103**  
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2  
IntPatÜG)

(51) Int Cl.: **H02M 7/48 (2007.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2016 006 269.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2016/051844**

(86) PCT-Anmeldetag: **22.01.2016**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **27.07.2017**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **04.10.2018**

(71) Anmelder:  
**Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP**

(72) Erfinder:  
**Sakai, Shinji, Tokyo, JP; Oda, Hisashi, Tokyo, JP**

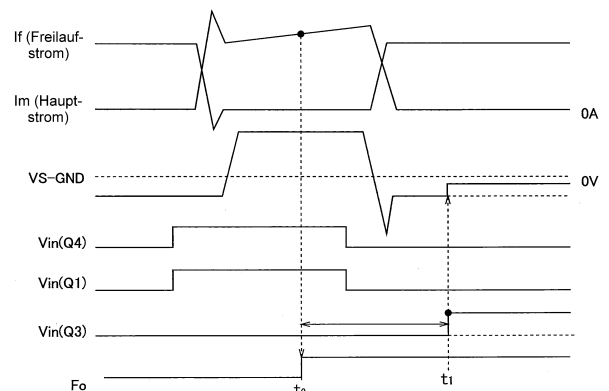
(74) Vertreter:  
**Hoefler & Partner Patentanwälte mbB, 81543  
München, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Steuerschaltung**

(57) Zusammenfassung: Eine Steuerschaltung umfasst eine Inverterschaltung, welche einen high-side MOSFET und einen low-side MOSFET umfasst, die so verbunden sind, dass sie einen Totem-Pole ausbilden, einen ersten Gate-Treiber, der eingerichtet ist, den low-side MOSFET zu schalten, einen zweiten Gate-Treiber, der eingerichtet ist, den high-side MOSFET zu schalten, eine Bootstrap-Schaltung, die eingerichtet ist, den zweiten Gate-Treiber mit einer Spannung zu versorgen, und einen Erfassungsteil, der eingerichtet ist, ein Anomalie-Signal auszugeben, wenn in der Inverterschaltung ein Strom fließt, der größer ist, als ein vordefinierter Wert. Im Ansprechen auf das Ausgeben eines Anomalie-Signals wird der low-side MOSFET ausgeschaltet und der high-side MOSFET eingeschaltet. Anschließend wird der low-side MOSFET in einem Zustand, in dem ein Freilaufstrom durch den low-side MOSFET fließt, eingeschaltet, um zu verhindern, dass ein Bootstrap-Kondensator der Bootstrap-Schaltung überlastet wird.



**Beschreibung**

## Technisches Problem

## Gebiet

**[0001]** Diese Erfindung betrifft eine Steuerschaltung, die eingesetzt wird, um eine Inverterschaltung zu steuern.

## Hintergrund

**[0002]** In der Invertersteuerung werden Bootstrap-Systeme hauptsächlich eingesetzt, um eine Spannungsversorgung für einen high-side Gate-Treiber von einer Spannungsversorgung für einen low-side Gate-Treiber bereitzustellen. In dem Fall, in dem eine induktive Last durch eine Inverterschaltung unter Verwendung von MOSFETs angesteuert wird, fließt ein Freilaufstrom der induktiven Last zurück in einen MOSFET, und das Drain-Potential, welches das Potential an einem high-side Hauptelektrodenanschluss ist, wird niedriger, als das Source-Potential, welches das Potential an einem low-side Hauptelektrodenanschluss ist. Insbesondere in dem Fall, in dem der Freilaufstrom durch den low-side MOSFET fließt, verursacht dessen Drain-Potential, das niedriger ist, als das Source-Potential, dass ein Bootstrap-Kondensator, der ein Ende besitzt, das mit dem Drain-Anschluss verbunden ist, überlastet wird. Das Überlasten des Bootstrap-Kondensators kann eine Überspannung im Gate-Treiber oder im MOSFET verursachen. Insbesondere in dem Fall, in dem ein übermäßiger Hauptstrom eine Schutzfunktion zum Ausschalten des low-side MOSFET auslöst und bewirkt, dass ein Freilaufstrom fließt, wird der Freilaufstrom auch zu einem relativ großen Strom. Dementsprechend wird dieses Problem signifikant.

**[0003]** Patentliteratur 1 offenbart eine Methode zur Lösung dieses Problems. In Patentliteratur 1 umfasst eine Halbbrückenschaltung, die GaN FETs als Schaltelemente einsetzt, eine Bootstrap-Kondensator-Klemmschaltung, die in Serie mit einem Lade-pfad eines Bootstrap-Kondensators geschaltet ist. Dementsprechend kann eine Steuerung ausgeführt werden, selbst wenn das Potential auf der Schaltelementseite des Bootstrap-Kondensators zu einem übermäßig negativen Potential wird, so dass die Spannung, auf die der Bootstrap-Kondensator geladen wird, konstant sein kann.

## Stand der Technik

## Patentliteratur

**[0004]** Patentliteratur 1: Japanische Übersetzung der Internationalen PCT Anmeldungsveröffentlichungs-Nr. 2015-511112

**[0005]** Die in Patentliteratur 1 offenbarte Methode besitzt jedoch die folgenden Probleme:

- Eine potentialfreie Spannungsversorgung wird zusätzlich benötigt, um eine Bootstrap-Kondensator-Klemmschaltung zu treiben;
- Eine analoge Steuerung für ein Konstanthalten der Bootstrap-Kondensatorspannung wird benötigt, und die Steuerung ist kompliziert, z.B. eine Rückkopplung zum Verstärker 385; und
- Ein Ladestrom ist begrenzt durch den Pch-MOSFET 380, der sich im Bootstrap-Ladepfad befindet, oder Größe und Kosten sind erforderlich, um eine Energieversorgungsfähigkeit sicherzustellen.

**[0006]** Dementsprechend wird eine Steuerschaltung, welche das Überlasten eines Bootstrap-Kondensators reduziert, mit einem einfachen Aufbau gefordert.

**[0007]** Die vorliegende Erfindung wurde umgesetzt, um die oben beschriebenen Probleme zu lösen, und eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Steuerschaltung bereitzustellen, die das Überlasten eines Bootstrap-Kondensators einer Bootstrap-Schaltung mit einem einfachen Aufbau reduzieren kann.

## Mittel zur Lösung der Probleme

**[0008]** Gemäß einer vorliegenden Erfindung umfasst eine Steuerschaltung eine Inverterschaltung, welche einen Totem-Pole-Aufbau mit einem high-side MOSFET und einem low-side MOSFET umfasst, welche so verbunden sind, dass sie einen Totem-Pole ausbilden, einen ersten Gate-Treiber, welcher eingerichtet ist, den low-side MOSFET zu schalten, einen zweiten Gate-Treiber, welcher eingerichtet ist, den high-side MOSFET zu schalten, eine Bootstrap-Schaltung, welche eingerichtet ist, den zweiten Gate-Treiber mit einer Spannung zu versorgen, und einen Erfassungsteil, welcher eingerichtet ist, ein Anomalie-Signal auszugeben, wenn ein Strom in der Inverterschaltung fließt, der größer ist, als ein vordefinierter Wert, wobei im Ansprechen auf das Ausgeben des Anomalie-Signals der erste Gate-Treiber den low-side MOSFET ausschaltet, und der zweite Gate-Treiber den low-side MOSFET ausschaltet, und anschließend in einem Zustand, in dem ein Freilaufstrom durch eine Body-Diode des low-side MOSFET fließt, der erste Gate-Treiber den low-side MOSFET einschaltet, um einen Schutzbetrieb auszuführen, der verhindert, dass ein Bootstrap-Kondensator der Bootstrap-Schaltung überlastet wird.

**[0009]** Weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden anhand der folgenden Beschreibung deutlich.

#### Vorteilhafte Auswirkungen der Erfindung

**[0010]** In dieser Erfindung schaltet eine Steuerschaltung, die ein Bootstrap-Ladesystem einsetzt, einen low-side MOSFET in einem Zustand an, in dem ein Freilaufstrom durch die Body-Diode des low-side MOSFET fließt. Dementsprechend kann ein Überlasten des Bootstrap-Kondensators reduziert werden.

#### Figurenliste

**Fig. 1** ist ein Schaltbild einer Steuerschaltung gemäß Ausführungsform 1.

**Fig. 2** ist eine Ansicht zur Erklärung eines Verfahrens zum Laden des Bootstrap-Kondensators.

**Fig. 3** ist ein Zeitdiagramm, das den Betrieb der Steuerschaltung zeigt.

**Fig. 4** ist ein Schaltbild der Steuerschaltung gemäß Ausführungsform 2.

**Fig. 5** ist ein Zeitdiagramm, das den Betrieb der Steuerschaltung zeigt.

**Fig. 6** ist ein Diagramm, das den Aufbau der Steuerschaltung gemäß Ausführungsform 3 zeigt.

**Fig. 7** ist ein Zeitdiagramm, das den Betrieb der Steuerschaltung zeigt.

**Fig. 8** ist ein Schaltbild der Steuerschaltung gemäß Ausführungsform 4.

#### Beschreibung der Ausführungsformen

**[0011]** Es werden Steuerschaltungen gemäß der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung mit Bezug zu den Figuren beschrieben. Dieselben oder korrespondierende Komponenten werden mittels derselben Bezugszeichen gekennzeichnet und die Wiederholung deren Erklärung kann vermieden werden.

#### Ausführungsform 1.

**[0012]** **Fig. 1** ist ein Schaltbild einer Steuerschaltung gemäß Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung. Die Steuerschaltung steuert eine Inverterschaltung. Die Inverterschaltung umfasst einen Totem-Pole-Aufbau mit einem high-side MOSFET **Q2** und einem low-side MOSFET **Q1**, die so verbunden sind, dass sie einen Totem-Pole ausbilden und einen Totem-Pole-Aufbau mit einem high-side MOSFET **Q4** und einem low-side MOSFET **Q3**, die so verbunden sind, dass sie einen Totem-Pole ausbilden. Die vier MOSFETs bilden eine Vollbrückenschaltung.

Diese Vollbrückenschaltung erlaubt, dass ein Wechselstrom einer Induktivität zur Verfügung gestellt wird, welche eine Last darstellt.

**[0013]** Die low-side MOSFETs **Q1** und **Q3** werden jeweils durch die ersten Gate-Treiber **10** und **14** geschaltet. Die high-side MOSFETs **Q2** und **Q4** werden jeweils durch die zweiten Gate-Treiber **12** und **16** geschaltet. Alle MOSFETs bestehen zum Beispiel aus Silizium. Die Vorwärtsspannungsabfälle  $V_F$  der Body-Dioden der low-side MOSFETs **Q1** und **Q3** in Ein-Zuständen sind niedriger, als die Vorwärtsspannungsabfälle  $V_F$  der Body-Dioden der low-side MOSFETs **Q1** und **Q3** in Aus-Zuständen.

**[0014]** Eine Versorgungsspannung für den ersten Gate-Treiber **10** wird von einer Spannungsquelle **VD1** bereitgestellt. Eine Versorgungsspannung für den zweiten Gate-Treiber **12** wird bereitgestellt, indem die Spannung der Spannungsquelle **VD1** mit einer Bootstrap-Schaltung, welche eine Bootstrap-Diode **D1** und einen Bootstrap-Kondensator **C1** umfasst, erhöht wird.

**[0015]** Eine Versorgungsspannung für den ersten Gate-Treiber **14** wird durch eine Spannungsquelle **VD2** bereitgestellt. Eine Versorgungsspannung für den zweiten Gate-Treiber **16** wird bereitgestellt, indem die Spannung der Spannungsquelle **VD2** mit einer Bootstrap-Schaltung, welche eine Bootstrap-Diode **D2** und einen Bootstrap-Kondensator **C2** umfasst, erhöht wird.

**[0016]** Wie oben beschrieben werden Spannungen, die durch eine Erhöhung von Versorgungsspannungen mittels Bootstrap-Schaltungen erzielt werden, als Versorgungsspannungen für die zweiten Gate-Treiber **12** und **16** eingesetzt. Mit anderen Worten versorgen die Bootstrap-Schaltungen die zweiten Gate-Treiber **12** und **16** mit Spannungen.

**[0017]** Die Anschlüsse 20, 22, 24 und 26 sind jeweils mit dem ersten Gate-Treiber **10**, dem zweiten Gate-Treiber **12**, dem ersten Gate-Treiber **14** und dem zweiten Gate-Treiber **16** verbunden. Über die Anschlüsse 20, 22, 24 und 26 werden den Gate-Treibern von außen Steuersignale zugeführt.

**[0018]** **Fig. 2** ist eine Ansicht zur Erklärung eines Verfahrens zum Laden der Bootstrap-Kondensatoren **C1** und **C2**. Ein Strom wird durch einen Pfad geleitet, der durch die gestrichelte Linie **A1** gekennzeichnet ist, um den Bootstrap-Kondensator **C1** zu laden. Konkret wird der low-side MOSFET **Q1** eingeschaltet, um den Bootstrap-Kondensator **C1** mit einem Strom zu laden, der von der Spannungsquelle **VD1** für den ersten Gate-Treiber **10** durch die Bootstrap-Diode **D1** fließt.

**[0019]** Auf ähnliche Weise wird der Bootstrap-Kondensator **C2** geladen. Konkret wird der low-side MOSFET **Q3** eingeschaltet, um den Bootstrap-Kondensator **C2** mit einem Strom zu laden, der von der Spannungsquelle VD2 für den ersten Gate-Treiber **14** durch die Bootstrap-Diode D2 fließt.

**[0020]** Wenn ein Freilaufstrom durch den high-side MOSFET **Q2** und den low-side MOSFET **Q3** fließt, wird das VS Potential um einen Betrag, der mit VF der Body-Diode des low-side MOSFET **Q3** korrespondiert, auf ein negatives Potential heruntergezogen, welches niedriger ist als GND. Das VS Potential ist ein Potential an einem Verbindungspunkt zwischen dem high-side MOSFET **Q4** und dem low-side MOSFET **Q3** oder an einem Verbindungspunkt zwischen dem high-side MOSFET **Q2** und dem low-side MOSFET **Q1**. Das VS Potential ist ein Bezugspotential für den Bootstrap-Kondensator **C1**. Wenn ein Freilaufstrom If fließt und ein VS Potential auf eine negative Spannung heruntergezogen wird, die niedriger ist als GND, werden die Bootstrap-Kondensatoren in den Lademodus versetzt. Das Fließen eines Ladestroms ist durch die gestrichelt-gepunktete Linie A2 in **Fig. 2** gekennzeichnet. Der Ladestrom verursacht eine Überspannung im Bootstrap-Kondensator **C2** in einer Höhe, die mit dem negativen Potential von VS korrespondiert, und der Bootstrap-Kondensator **C2** wird überlastet.

**[0021]** Die Steuerschaltung gemäß Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung reduziert das Überlasten eines Bootstrap-Kondensators durch die Ausführung der folgenden Schritte:

#### Anomalie-Erfassungsschritt

**[0022]** Anomalie-Erfassung bedeutet das Erfassen eines in der Inverterschaltung fließenden Stroms, der größer ist, als ein vordefinierter Wert. Die Steuerschaltung der vorliegenden Erfindung umfasst einen Erfassungsteil zur Erfassung eines in der Inverterschaltung fließenden Stroms, der größer ist, als ein vordefinierter Wert. Der Erfassungsteil in Ausführungsform 1 ist der erste Gate-Treiber **10**. Konkret verfügt der erste Gate-Treiber **10** über einen Strommess-IC für den low-side MOSFET **Q1**, und der Strommess-IC erfasst einen Strom in der Inverterschaltung. Wenn ein Hauptstrom in der Inverterschaltung größer wird, als ein vordefinierter Wert, gibt der Erfassungsteil ein Anomalie-Signal aus. Wenn zum Beispiel ein durch den high-side MOSFET **Q4**, die Induktivität L und den low-side MOSFET **Q1** fließender Hauptstrom größer wird, als ein vordefinierter Wert, gibt der erste Gate-Treiber **10** ein Anomalie-Signal Fo an den ersten Gate-Treiber **14** aus. Das Anomalie-Signal Fo ist durch das Bezugszeichen 30 gekennzeichnet. Es sei darauf hingewiesen, dass das Anomalie-Signal Fo an alle Gate-Treiber übertragen wird, nicht nur an den ersten Gate-Treiber **14**.

**[0023]** **Fig. 3** ist ein Zeitdiagramm, das den Betrieb der Steuerschaltung zeigt. Das Zeichen If repräsentiert die Wellenform eines durch die Body-Diode des low-side MOSFET **Q3** fließenden Freilaufstroms. Das Zeichen Im repräsentiert die Wellenform des Hauptstroms. Das Zeichen VS-GND repräsentiert den Unterschied zwischen dem VS Potential und dem GND Potential. Das Zeichen Vin (**Q4**) repräsentiert ein Eingangssignal des Gates des high-side MOSFET **Q4**. Das Zeichen Vin (**Q1**) repräsentiert ein Eingangssignal des Gates des low-side MOSFET **Q1**. Das Zeichen Vin (**Q3**) repräsentiert ein Eingangssignal des Gates des low-side MOSFET **Q3**. Das Zeichen Fo repräsentiert ein Anomalie-Signal. **Fig. 3** zeigt, dass das Anomalie-Signal Fo ausgegeben wird, wenn der Hauptstrom größer wird, als der vordefinierte Wert.

#### Unterbrechungsschritt

**[0024]** Im Ansprechen auf das Ausgeben des Anomalie-Signals Fo im Anomalie-Erfassungsschritt, wird ein Unterbrechungsschritt ausgeführt. Im Unterbrechungsschritt schalten die ersten Gate-Treiber **10** und **14** die low-side MOSFETs **Q1** und **Q3** ab, und die zweiten Gate-Treiber **12** und **16** schalten die high-side MOSFETs **Q2** und **Q4** ab. Somit werden alle vier MOSFETs abgeschaltet. **Fig. 3** zeigt, dass der high-side MOSFET **Q4** und der low-side MOSFET **Q1** nach der Ausgabe des Anomalie-Signals Fo ausgeschaltet werden.

#### Schutzbetrieb

**[0025]** Wenn der Unterbrechungsschritt beendet ist, fließt ein Freilaufstrom durch den high-side MOSFET **Q2** und den low-side MOSFET **Q3**. **Fig. 2** zeigt den durch den low-side MOSFET **Q3** fließenden Freilaufstrom If. Wenn der Freilaufstrom If durch den low-side MOSFET **Q3** fließt, fließt ein Strom durch den Pfad, der in **Fig. 2** mittels der gestrichelt-gepunkteten Linie A2 gekennzeichnet ist. Das VS Potential ist ein negatives Potential, das um einen Betrag niedriger ist als GND, der mit VF der Body-Diode in einem Zustand korrespondiert, in dem ein Freilaufstrom durch die Body-Diode des low-side MOSFET **Q3** fließt. Dementsprechend kann der Bootstrap-Kondensator **C2** überlastet werden. Um dem zu begegnen, wird die Schutzfunktion ausgeführt, wenn eine vordefinierte Zeit tdead seit der Ausgabe des Anomalie-Signals abgelaufen ist.

**[0026]** Konkret schaltet der erste Gate-Treiber **14** den low-side MOSFET **Q3** in einem Zustand ein, in dem ein Freilaufstrom durch die Body-Diode des low-side MOSFET **Q3** fließt. Dies reduziert VF der Body-Diode. **Fig. 3** zeigt, dass der low-side MOSFET **Q3** zu einem Zeitpunkt t1 eingeschaltet wird, um VS-GND zu verringern. Dieser Betrieb wird als Schutzbetrieb bezeichnet. Der Schutzbetrieb verhindert, dass

die Bootstrap-Kondensatoren der Bootstrap-Schaltungen überlastet werden.

**[0027]** Die Zeit  $t_{dead}$  ist lang genug, um sicherzustellen, dass der Schutzbetrieb zum Einschalten des low-side MOSFETs gestartet wird, nachdem alle MOSFETs im Unterbrechungsschritt ausgeschaltet wurden. Da der low-side MOSFET **Q3** eingeschaltet wird, nachdem die high-side MOSFETs **Q2** und **Q4** ausgeschaltet wurden, wird verhindert, dass der high-side MOSFET und der low-side MOSFET, die einen Totem-Pole-Aufbau ausbilden, zum selben Zeitpunkt eingeschaltet werden und ein Fließen eines L Stroms ermöglichen, der ein Hauptstrom ist.

**[0028]** Dadurch verhindert die Steuerschaltung der Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung ein Überlasten eines Bootstrap-Kondensators, indem ein low-side MOSFET in dem Fall eingeschaltet wird, in dem ein Freilaufstrom, der durch die Body-Diode des low-side MOSFET fließt, eine Potentialabnahme an einem Ende des Bootstrap-Kondensators verursacht und ein Überlasten des Bootstrap-Kondensators verursachen kann. Dieser Schutzbetrieb ist ein sehr einfacher Betrieb und erfordert keine zusätzlichen Teile. Dementsprechend kann das Überlasten eines Bootstrap-Kondensators einer Bootstrap-Schaltung mit einem einfachen Aufbau reduziert werden.

**[0029]** Die Inverterschaltung ist nicht auf eine Vollbrückenschaltung beschränkt. Die Inverterschaltung kann abweichend von einer Vollbrückenschaltung eine beliebige Inverterschaltung mit einem Totem-Pole-Aufbau sein. Zum Beispiel kann die Inverterschaltung eine Dreiphasen-Inverterschaltung sein. Der Erfassungsteil kann eine beliebige Schaltung sein, die ein Anomalie-Signal ausgibt, wenn ein Strom in der Inverterschaltung fließt, der größer ist, als ein vordefinierter Wert. Zum Beispiel kann der erste Gate-Treiber **14** eine Funktion besitzen, die als Erfassungsteil dient. In diesem Fall überwacht der erste Gate-Treiber **14** einen Hauptstrom und gibt ein Anomalie-Signal aus, wenn der Hauptstrom größer wird, als ein vordefinierter Wert.

**[0030]** In Ausführungsform 1 bestehen die vier MOSFETs aus Silizium. Die MOSFETs können jedoch aus einem Halbleiter mit einer breiten Bandlücke bestehen, welcher eine größere Bandlücke besitzt, als Silizium. Beispiele für Halbleiter mit einer breiten Bandlücke umfassen Siliziumcarbid, Gallium-Nitrid basierte Materialien und Diamant. Wenn VS-GND für einen Freilaufstrom, der durch einen aus Silizium hergestellten MOSFET fließt, mit ungefähr -0,6 V angenommen wird, wird VS-GND für einen Freilaufstrom, der durch einen MOSFET fließt, der aus einem Halbleiter mit einer breiten Bandlücke hergestellt wird, zum Beispiel eine Höhe von ungefähr -2,6 V annehmen. Dementsprechend ist das Überlasten des Bootstrap-Kondensators in dem Fall ein ernsthaftes Pro-

blem, in dem ein Halbleiter mit einer breiten Bandlücke verwendet wird. Somit ist die Steuerschaltung der vorliegenden Erfindung in dem Fall besonders effektiv, in dem MOSFETs aus Halbleitern mit breiter Bandlücke hergestellt werden.

**[0031]** Verschiedene weitere Modifikationen können durchgeführt werden, ohne von den Eigenschaften der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Diese Modifikationen können in geeigneter Weise auch für die Steuerschaltungen gemäß den Ausführungsformen unten angewendet werden. Es sei darauf hingewiesen, dass die Steuerschaltungen gemäß den Ausführungsformen unten viele Gemeinsamkeiten mit jener der Ausführungsform 1 besitzen, weshalb hauptsächlich Unterschiede zur Ausführungsform 1 beschrieben werden.

#### Ausführungsform 2.

**[0032]** Der Schutzbetrieb durch eine Steuerschaltung der Ausführungsform 2 ist unterschiedlich zum Schutzbetrieb der Ausführungsform 1. In Ausführungsform 2 gibt der erste Gate-Treiber im Schutzbetrieb ein PWM-Signal an den low-side MOSFET aus.

**[0033]** Fig. 4 ist ein Schaltbild der Steuerschaltung gemäß Ausführungsform 2. Ein Mikrocomputer 40, der PWM-Signale erzeugt, ist mit den ersten Gate-Treibern **10** und **14** und den zweiten Gate-Treibern **12** und **16** verbunden. Die ersten Gate-Treiber **10** und **14** und die zweiten Gate-Treiber **12** und **16** schalten die MOSFETs basierend auf den vom Mikrocomputer 40 gesendeten PWM-Signalen ein und aus. Der Mikrocomputer 40 ist eingerichtet, ein Anomalie-Signal  $F_o$  vom ersten Gate-Treiber **10** zu empfangen.

**[0034]** Im Schritt zur Ausführung des Schutzbetriebs stellt der Mikrocomputer 40 dem ersten Gate-Treiber **14** ein PWM-Signal zur Verfügung, um das PWM-Signal an den low-side MOSFET **Q3** anzulegen. Dies bewirkt, dass der low-side MOSFET **Q3** wiederholt ein- und ausgeschaltet wird. Fig. 5 zeigt, dass der low-side MOSFET **Q3** mit dem PWM-Signal zu einem Zeitpunkt  $t_1$  eingeschaltet wird. Indem der low-side MOSFET **Q3** auf diese Weise eingeschaltet wird, nimmt  $V_F$  des low-side MOSFET **Q3** ab, und die Abnahme von  $V_F$  reduziert das Überlasten des Bootstrap-Kondensators **C2**. Des Weiteren besteht keine Notwendigkeit ein neues Signalmuster für den Schutzbetrieb bereitzustellen, und ein bestehendes PWM-Signal kann verwendet werden. Dadurch wird die Verarbeitung vereinfacht.

#### Ausführungsform 3.

**[0035]** Der Betrieb einer Steuerschaltung gemäß Ausführungsform 3 besitzt ein Merkmal im Anomalie-Erfassungsschritt. In Ausführungsform 3 gibt der Erfassungsteil ein Anomalie-Signal aus, wenn die Tem-

peratur der Inverterschaltung größer wird, als ein vordefinierter Wert. Wenn ein Überstrom in der Inverterschaltung fließt, wird die Temperatur der Inverterschaltung hoch. Dementsprechend wird der Überstrom erkannt, indem eine hohe Temperatur der Inverterschaltung erkannt wird.

**[0036]** Fig. 6 ist ein Diagramm, das einen Aufbau der Steuerschaltung gemäß Ausführungsform 3 zeigt. Die Inverterschaltung umfasst ein Thermometer 50 zur Messung der Temperatur der Inverterschaltung. Das Ergebnis der Messung durch das Thermometer 50 wird an eine Treiberschaltung 52 zur Ansteuerung der MOSFETs übertragen. Die Treiberschaltung 52 verfügt über eine Funktion, die als Erfassungsteil dient und erfasst, ob die Temperatur der Inverterschaltung höher ist, als ein vordefinierter Wert. Wenn die Temperatur der Inverterschaltung höher ist, als der vordefinierte Wert, gibt die Treiberschaltung 52 ein Anomalie-Signal aus.

**[0037]** Fig. 7 ist ein Zeitdiagramm, das den Betrieb der Steuerschaltung gemäß Ausführungsform 3 zeigt. In Fig. 7 bedeutet „Temperatur“ die durch das Thermometer 50 gemessene Temperatur. Wenn die Temperatur zunimmt, so dass sie höher ist, als ein vordefinierter Wert Tx, wird das Anomalie-Signal Fo ausgegeben und der Unterbrechungsschritt wird ausgeführt. Im Anschluss daran wird der Schutzbetrieb ausgeführt, in welchem der low-side MOSFET Q3 eingeschaltet wird.

**[0038]** Indem die Temperatur überwacht wird, statt den Hauptstrom zu überwachen, wird der Freiheitsgrad beim Entwurf verbessert. Darüber hinaus kann eine Anomalie-Erfassung, in welcher die Temperatur überwacht wird, mit einer Anomalie-Erfassung eingesetzt werden, in welcher der Messstrom überwacht wird.

#### Ausführungsform 4.

**[0039]** In einer Steuerschaltung der Ausführungsform 4 führt der erste Gate-Treiber den Schutzbetrieb nicht aus, sofern die durch die Bootstrap-Schaltung erhöhte Spannung nicht größer wird, als ein vordefinierter Wert.

**[0040]** Fig. 8 ist ein Schaltbild der Steuerschaltung gemäß Ausführungsform 4. Der zweite Gate-Treiber 16, der den high-side MOSFET Q4 ein- und ausschaltet und der Mikrocomputer 40 sind durch eine Verbindungsleitung 60 verbunden. Diese Verbindung erlaubt es dem Mikrocomputer 40 die Versorgungsspannung für den zweiten Gate-Treiber 16 zu überwachen. Die Versorgungsspannung für den zweiten Gate-Treiber 16 ist gleich der Spannung, welche durch die Bootstrap-Schaltung erhöht wird.

**[0041]** In Ausführungsform 1 wird der low-side MOSFET Q3 im Schritt zur Ausführung des Schutzbetriebs eingeschaltet. Währenddessen überwacht der Mikrocomputer 40 in Ausführungsform 4 die Spannung, die durch die Bootstrap-Schaltung im Schritt zur Ausführung des Schutzbetriebs erhöht wird. Sofern die Spannung nicht höher wird, als ein vordefinierter Wert, führt der erste Gate-Treiber 14 den Schutzbetrieb nicht aus. Wenn die durch die Bootstrap-Schaltung erhöhte Spannung höher ist, als der vordefinierte Wert, wird der Schutzbetrieb ausgeführt.

**[0042]** Wie oben beschrieben wird der Schutzbetrieb ausgeführt, wenn in Ausführungsform 4 das Anomalie-Signal Fo ausgegeben wird und die durch die Bootstrap-Schaltung erhöhte Spannung höher ist, als der vordefinierte Wert. Dies erlaubt den low-side MOSFET Q3 in einem Fall ausgeschaltet zu lassen, in dem keine Möglichkeit besteht, dass ein Kurzschluss, in dem kein Strom durch die Induktivität L fließt, ein Überlasten des Bootstrap-Kondensators verursacht. Indem der low-side MOSFET Q3 ausgeschaltet bleibt, wird das Risiko eines Kurzschlusses eines Arms eliminiert, welcher durch das Einschalten des low-side MOSFET Q3 verursacht wird.

**[0043]** Die Inverterschaltung kann verschiedene Schutzschaltungen umfassen, wie eine Überstrom-Schutzschaltung, eine Kurzschluss-Schutzschaltung, eine Wärme-Schutzschaltung, und eine Steuerspannungsreduktions-Schutzschaltung. Dementsprechend kann das Anomalie-Signal Fo selbst dann ausgegeben werden, wenn ein Überstrom nicht in der Inverterschaltung fließt. In einem solchen Fall ist es ungünstig, dass der Schutzbetrieb automatisch im Ansprechen auf das Ausgeben des Anomalie-Signals Fo ausgeführt wird. Aus diesem Grund ist wie oben beschrieben eine Überwachung der „Spannung, die durch die Bootstrap-Schaltung erhöht wird“ effektiv.

#### Ausführungsform 5.

**[0044]** Der Erfassungsteil der Steuerschaltung gemäß Ausführungsform 5 gibt ein Anomalie-Signal aus, wenn die Spannung des Ein-Zustandes (VDS) des low-side MOSFET Q3 höher wird, als ein vordefinierter Wert. Dies führt zu Effekten, die ähnlich sind zu jenen der Steuerschaltung der Ausführungsform 1. Solch ein Erfassungsteil trägt zur Verbesserung des Freiheitsgrades im Entwurf bei.

**[0045]** Es sei darauf hingewiesen, dass die Merkmale der Steuerschaltung gemäß den oben beschriebenen Ausführungsformen in geeigneter Weise kombiniert werden können, um die vorteilhaften Auswirkungen der vorliegenden Erfindung zu verbessern.

Bezugszeichenliste

<b>10, 14</b>	erster Gate-Treiber
<b>12, 16</b>	zweiter Gate-Treiber
<b>C1, C2</b>	Bootstrap-Kondensator
<b>Q1, Q3</b>	low-side MOSFET
<b>Q2, Q4</b>	high-side MOSFET

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- JP 2015511112 [0004]



**Patentansprüche**

1. Steuerschaltung umfassend:

- eine Inverterschaltung, welche einen Totem-Pole-Aufbau umfasst, der einen high-side MOSFET und einen low-side MOSFET umfasst, welche so verbunden sind, dass sie einen Totem-Pole ausbilden;
- einen ersten Gate-Treiber, welcher eingerichtet ist, den low-side MOSFET zu schalten;
- einen zweiten Gate-Treiber, welcher eingerichtet ist, den high-side MOSFET zu schalten;
- eine Bootstrap-Schaltung, welche eingerichtet ist, den zweiten Gate-Treiber mit einer Spannung zu versorgen; und
- einen Erfassungsteil, welcher eingerichtet ist, ein Anomalie-Signal auszugeben, wenn ein Strom in der Inverterschaltung fließt, der größer ist, als ein vordefinierter Wert,
- wobei im Ansprechen auf das Ausgeben des Anomalie-Signals der erste Gate-Treiber den low-side MOSFET ausschaltet und der zweite Gate-Treiber den high-side MOSFET ausschaltet, und
- anschließend, in einem Zustand, in dem ein Freilaufstrom durch eine Body-Diode des low-side MOSFET fließt, der erste Gate-Treiber den low-side MOSFET einschaltet, um einen Schutzbetrieb auszuführen, der verhindert, dass ein Bootstrap-Kondensator der Bootstrap-Schaltung überlastet wird.

2. Steuerschaltung nach Anspruch 1, wobei der Erfassungsteil das Anomalie-Signal ausgibt, wenn ein Hauptstrom der Inverterschaltung größer wird, als ein vordefinierter Wert.

3. Steuerschaltung nach einem der Ansprüche 1 und 2, wobei der erste Gate-Treiber dem low-side MOSFET im Schutzbetrieb ein PWM-Signal liefert.

4. Steuerschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Erfassungsteil das Anomalie-Signal ausgibt, wenn eine Temperatur der Inverterschaltung höher wird, als ein vordefinierter Wert.

5. Steuerschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der erste Gate-Treiber den Schutzbetrieb nicht ausführt, es sei denn, eine durch die Bootstrap-Schaltung erhöhte Spannung wird größer, als ein vordefinierter Wert.

6. Steuerschaltung nach Anspruch 1, wobei der Erfassungsteil ein Anomalie-Signal ausgibt, wenn eine Spannung eines Ein-Zustandes des low-side MOSFET höher wird, als ein vordefinierter Wert.

7. Steuerschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der high-side MOSFET und der low-side MOSFET aus einem Halbleiter mit einer breiten Bandlücke bestehen.

8. Steuerschaltung nach Anspruch 7, wobei der Halbleiter mit einer breiten Bandlücke aus Siliziumcarbid, oder einem Gallium-Nitrid basierten Material oder aus Diamant besteht.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

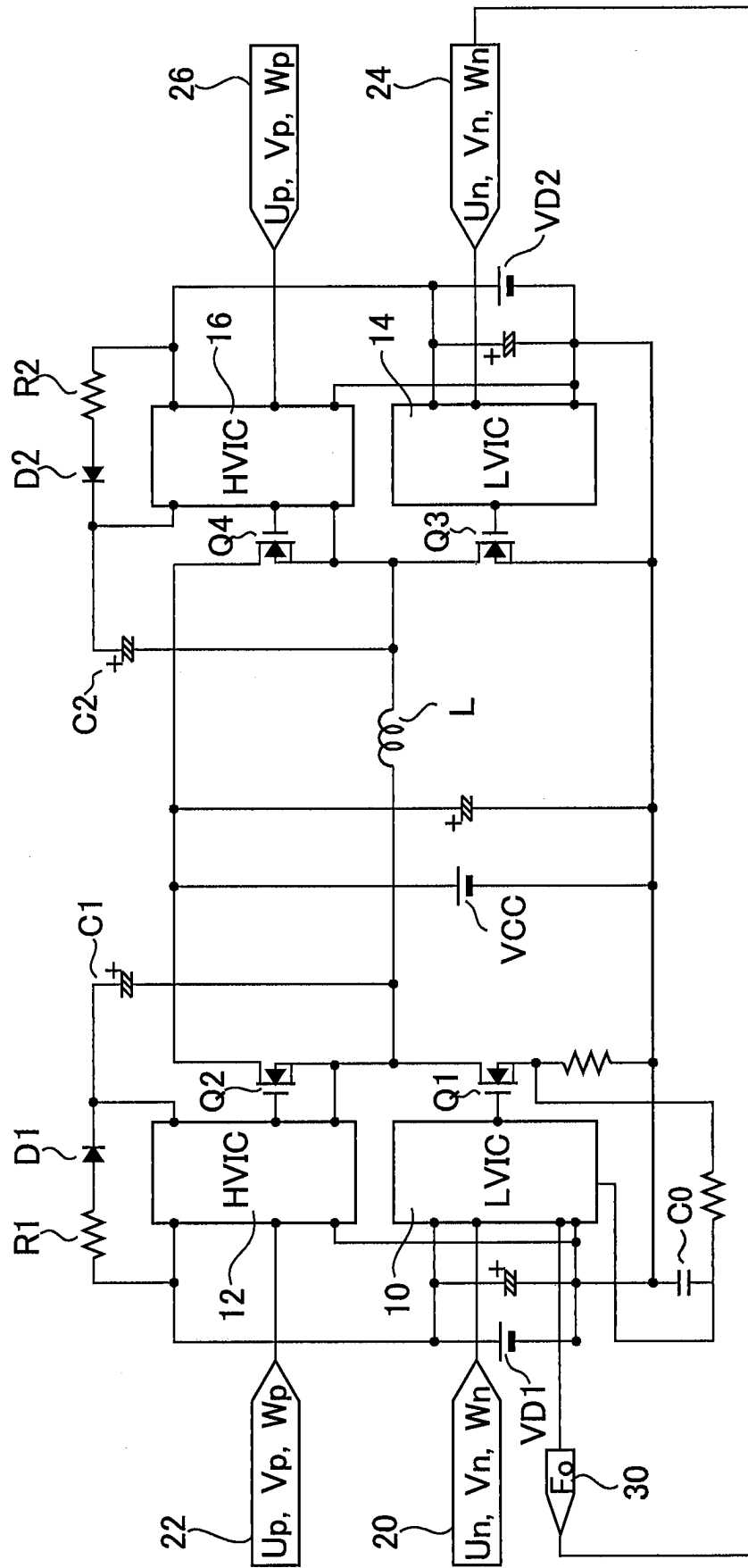




FIG. 3

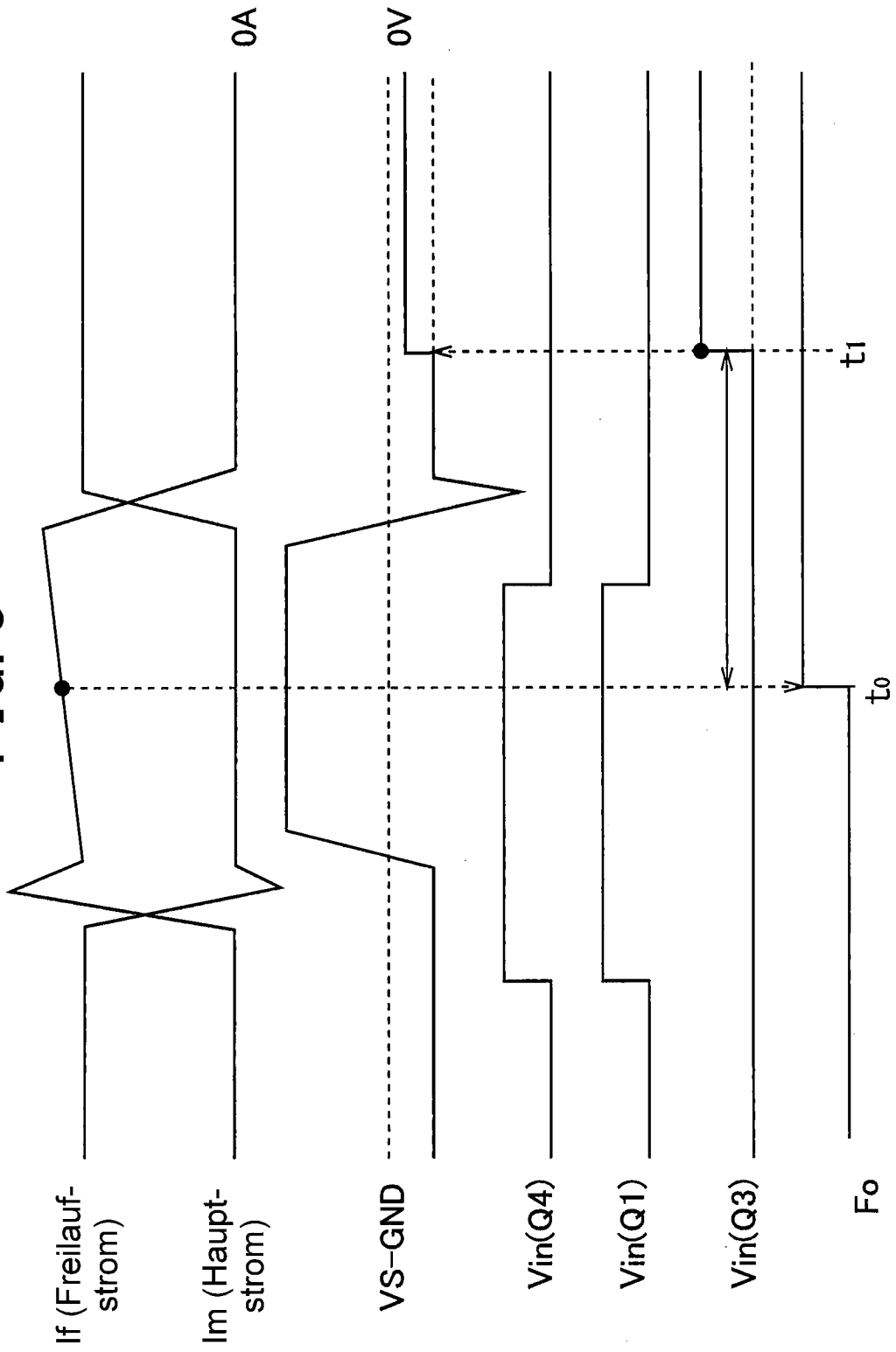


FIG. 4

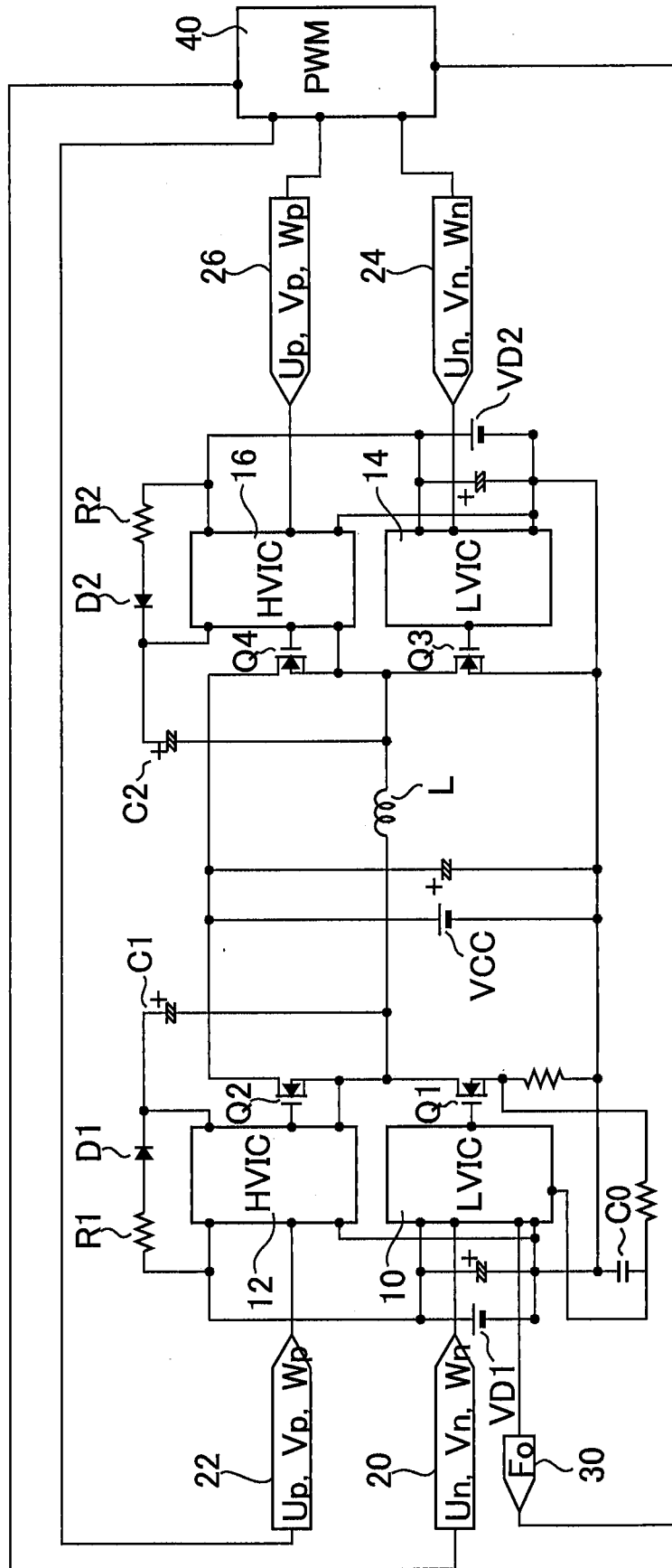


FIG. 5

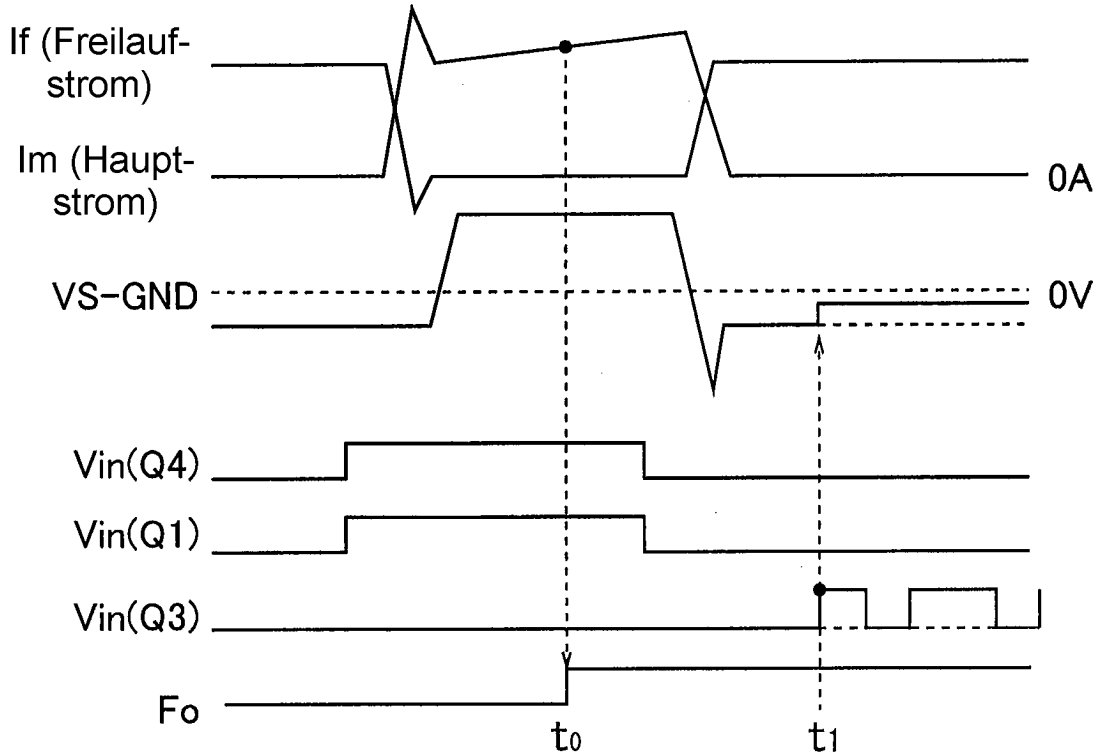


FIG. 6

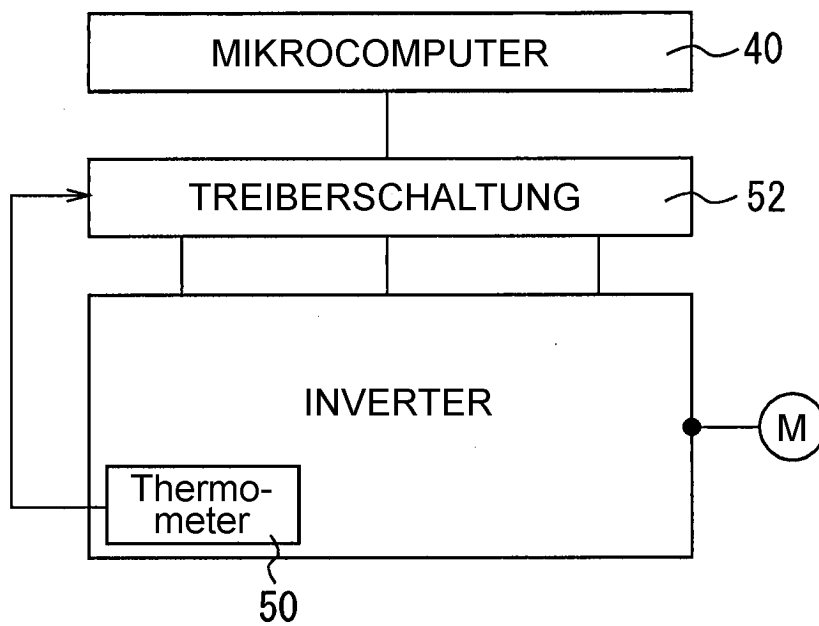


FIG. 7

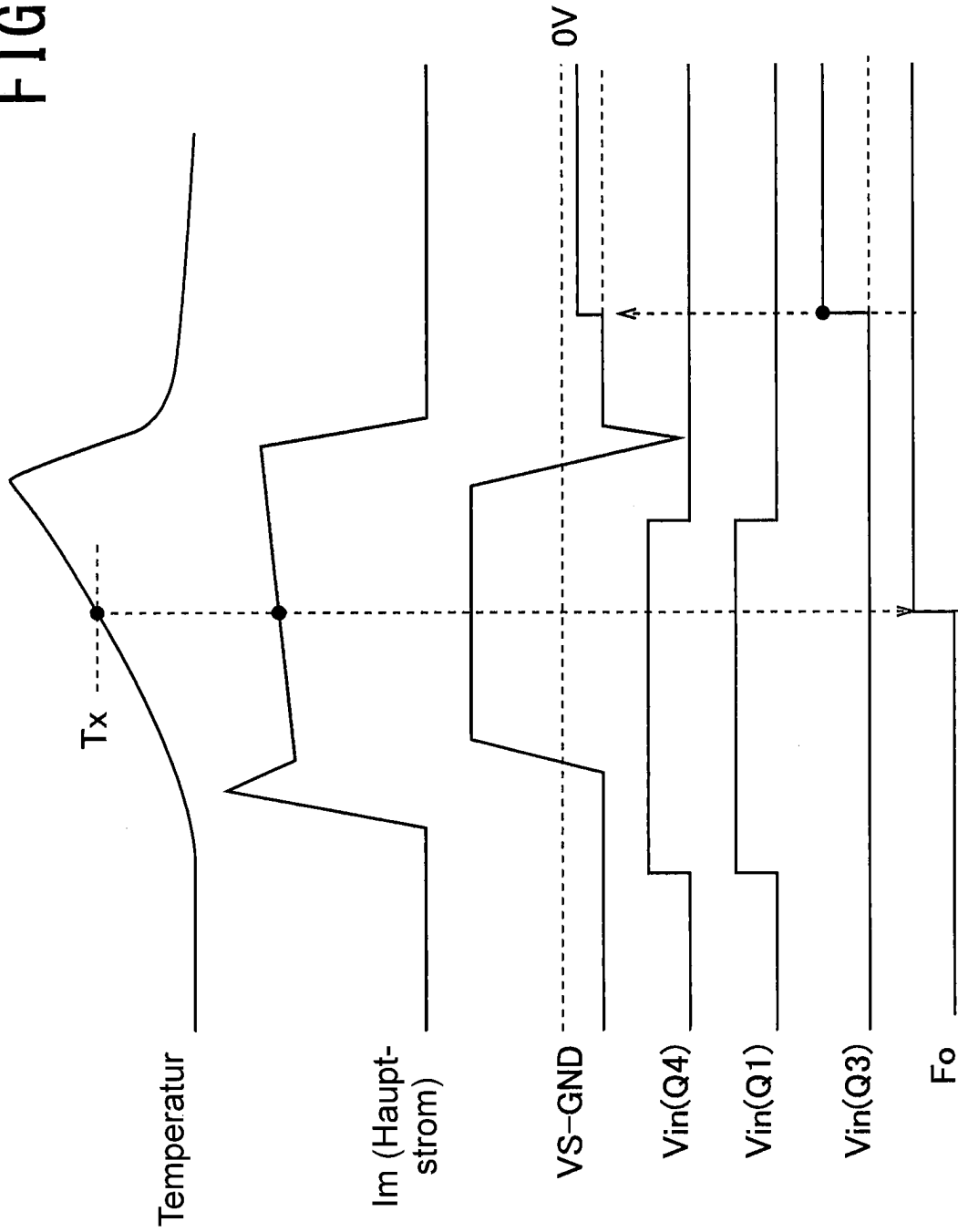


FIG. 8

