



(10) **DE 10 2018 117 528 A1** 2019.01.24

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 117 528.0**

(22) Anmeldetag: **19.07.2018**

(43) Offenlegungstag: **24.01.2019**

(51) Int Cl.: **H03K 17/08 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**15/655,259**                      **20.07.2017**      **US**

(71) Anmelder:  
**Maxim Integrated Products, Inc., San Jose, Calif.,  
US**

(74) Vertreter:  
**Patentanwälte Canzler & Bergmeier Partnerschaft  
mbB, 85055 Ingolstadt, DE**

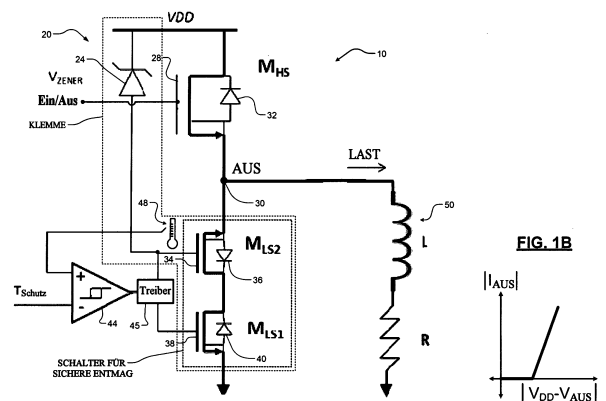
(72) Erfinder:  
**Buzzetti, Siro, Arese, IT; Demicheli, Marco,  
Binago, IT; Ranieri, Danilo, Cislago, IT**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Entladeschaltungen zum Entladen von induktiven Elementen mit Temperaturschutz**

(57) Zusammenfassung: Eine Entladeschaltung zum Entmagnetisieren einer induktiven Last weist einen ersten Schalter auf, der einen Steueranschluss und einen ersten und einen zweiten Anschluss umfasst. Der erste Anschluss ist mit einer Spannungsversorgung verbunden. Ein zweiter Schalter weist einen Steueranschluss und einen ersten und einen zweiten Anschluss auf. Der zweite Anschluss des ersten Schalters und der zweite Anschluss des zweiten Schalters sind mit der induktiven Last verbunden. Ein dritter Schalter weist einen Steueranschluss und einen ersten und einen zweiten Anschluss auf. Der erste Anschluss des dritten Schalters ist mit dem ersten Anschluss des zweiten Schalters verbunden. Eine erste Zener-Diode weist eine mit dem Steueranschluss des zweiten Schalters verbundene Anode und eine mit der Spannungsversorgung verbundene Kathode auf. Eine erste Temperaturerfassungsschaltung erzeugt ein erstes Erfassungstemperatursignal, das auf einer Temperatur von mindestens einer Komponente der Schaltung basiert. Eine erste Vergleichsschaltung empfängt ein erstes Referenztemperatursignal und das erste Erfassungstemperatursignal und erzeugt eine erste Ausgabe.



**Beschreibung**QUERVERWEIS AUF  
VERWANDTE ANMELDUNGEN

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung ist mit dem United States Patent Nr. 9,673,007 verwandt, das am 6. Juni 2017 erteilt wurde und das hiermit in seiner Gesamtheit durch Bezugnahme aufgenommen wird.

## TECHNISCHES GEBIET

**[0002]** Die vorliegende Offenbarung betrifft Entladeschaltungen zum Entladen von Energie aus einem induktiven Element.

## HINTERGRUND

**[0003]** Die hier bereitgestellte Hintergrundbeschreibung dient dem Zwecke einer allgemeinen Darstellung des Kontextes der Offenbarung. Arbeiten der vorliegend genannten Erfinder in dem in diesem Hintergrundabschnitt beschriebenen Umfang sowie Aspekte der Beschreibung, die ansonsten möglicherweise nicht als Stand der Technik zum Zeitpunkt der Einreichung gelten, werden im Hinblick auf die vorliegende Offenbarung weder ausdrücklich noch implizit als Stand der Technik aufgenommen.

**[0004]** Eine Anwendung eines industriellen Hochseitenschalters besteht im Ansteuern einer Spule (oder eines induktiven Elements) eines Elektromagnet-Relais. Während einer „EIN“-Phase liefert der Hochseitenschalter Strom an die Spule.

**[0005]** Die Spule erzeugt eine magnetische Kraft, um die Kontakte des Elektromagnet-Relais geschlossen zu halten. Wenn das Elektromagnet-Relais geöffnet wird, ist es erwünscht, den Spulenstrom so schnell wie möglich auf null zu überführen, um das Elektromagnet-Relais zu schützen (hier als „schnelle Entmagnetisierung“ bezeichnet).

**[0006]** Schnelle Entmagnetisierung kann dadurch erreicht werden, dass der Schalter dazu gebracht wird, sich wie eine Hochspannungs-Zener-Diode zu verhalten, welche eine Spannung der Spule bei etwa  $V_{Zener} = 50 \text{ V}$  unter  $V_{DD}$  klemmt. Beispielsweise wird die Induktivität der Spule bei einer Stromversorgungsspannung  $V_{DD} = 30 \text{ V}$  eine Rückwärtsspannung von  $V_{DD} - V_{Zener} = -20 \text{ V}$  sehen, welche die Induktivitätsentmagnetisierung treibt.

**[0007]** Während schneller Entmagnetisierung erzeugt eine Entladeschaltung thermische Leistung ( $P = V_{Zener} \cdot I_{\text{Induktives Element}}$ ), die sehr hoch werden kann, wenn große Relais verwendet werden (z. B.  $P = 50 \text{ W}$ ). Als Folge davon wird sich die IC schnell aufheizen. Unglücklicherweise kann der Spulenstrom nicht angehalten werden, wenn dieser fließt. Daher hängt der

Hochseitenschalter allein von der Verlustleistungsfähigkeit der IC-Packung ab, um die Temperatur der IC aufrechtzuerhalten bis die Spule vollständig entladen ist. Oberhalb eines gewissen Energieniveaus (in Abhängigkeit von der Größe des Elektromagnet-Relais und dem Anfangsstrom) versagt der Hochseitenschalter letztlich und ist dauerhaft beschädigt.

## KURZDARSTELLUNG

**[0008]** Eine Entladeschaltung zum Entmagnetisieren einer induktiven Last weist einen ersten Schalter auf, der einen Steueranschluss und einen ersten und einen zweiten Anschluss umfasst. Der erste Anschluss ist mit einer Spannungsversorgung verbunden. Ein zweiter Schalter weist einen Steueranschluss und einen ersten und einen zweiten Anschluss auf. Der zweite Anschluss des ersten Schalters und der zweite Anschluss des zweiten Schalters sind mit der induktiven Last verbunden. Ein dritter Schalter weist einen Steueranschluss und einen ersten und einen zweiten Anschluss auf. Der erste Anschluss des dritten Schalters ist mit dem ersten Anschluss des zweiten Schalters verbunden. Eine erste Zener-Diode weist eine mit dem Steueranschluss des zweiten Schalters verbundene Anode und eine mit der Spannungsversorgung verbundene Kathode auf. Eine erste Temperaturerfassungsschaltung erzeugt ein erstes Erfassungstemperatursignal, das auf einer Temperatur von mindestens einer Komponente der Schaltung basiert. Eine erste Vergleichsschaltung empfängt ein erstes Referenztemperatursignal und das erste Erfassungstemperatursignal und erzeugt eine erste Ausgabe.

**[0009]** Bei anderen Merkmalen umfasst der erste Schalter einen doppelt-diffundierten Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffektschalter (DMOS-FET). Der zweite Schalter und der dritte Schalter umfassen DMOS-FETs. Die Schaltung ist als eine einzelne integrierte Schaltung implementiert und jeder des ersten Schalters, des zweiten Schalters und des dritten Schalters umfasst einen Transistor. Der zweite Schalter und der dritte Schalter werden basierend auf der ersten Ausgabe der ersten Vergleichsschaltung eingeschaltet, wenn das erste Erfassungstemperatursignal größer als das erste Referenztemperatursignal ist.

**[0010]** Der zweite Schalter und der dritte Schalter werden basierend auf der ersten Ausgabe der ersten Vergleichsschaltung ausgeschaltet, wenn das erste Erfassungstemperatursignal kleiner als das erste Referenztemperatursignal ist.

**[0011]** Bei anderen Merkmalen werden der zweite Schalter und der dritte Schalter basierend auf der ersten Ausgabe der ersten Vergleichsschaltung eingeschaltet, wenn das erste Erfassungstemperatursignal um einen ersten vorbestimmten Betrag größer als das erste Referenztemperatursignal ist. Der zweite

Schalter und der dritte Schalter werden ausgeschaltet, wenn das erste Erfassungstemperatursignal um einen zweiten vorbestimmten Betrag kleiner als das erste Referenztemperatursignal ist.

**[0012]** Bei anderen Merkmalen wird Leistung, wenn der erste Schalter ausgeschaltet wird, aus der induktiven Last durch die Entladeschaltung mit einer ersten Rate umgesetzt bis das erste Erfassungstemperatursignal kleiner als das erste Referenztemperatursignal ist. Die Entladeschaltung setzt Leistung mit einer zweiten Rate, die langsamer als die erste Rate ist, um, wenn das erste Erfassungstemperatursignal größer als das erste Referenztemperatursignal ist.

**[0013]** Bei anderen Merkmalen setzt die Entladeschaltung Leistung mit der zweiten Rate um, bis das Erfassungstemperatursignal um einen ersten vorbestimmten Betrag unter das Referenztemperatursignal fällt. Die Entladeschaltung setzt Leistung mit der ersten Rate um, nachdem das Erfassungstemperatursignal um einen zweiten vorbestimmten Betrag unter das Referenztemperatursignal fällt.

**[0014]** Bei anderen Merkmalen weist jeder des ersten Schalters, des zweiten Schalters und des dritten Schalters einen Transistor mit einer Body-zu-Epitaxial-Diode auf.

**[0015]** Die induktive Last weist ein induktives Element auf. Die erste Temperaturerfassungsschaltung erfasst eine Temperatur des zweiten Schalters.

**[0016]** Eine zweite Zener-Diode weist eine mit dem Steueranschluss des ersten Schalters verbundene Anode und eine mit der Spannungsversorgung verbundene Kathode auf. Eine zweite Temperaturerfassungsschaltung erzeugt ein zweites Erfassungstemperatursignal, das auf einer Temperatur des ersten Schalters basiert. Eine zweite Vergleichsschaltung empfängt ein zweites Referenztemperatursignal und das zweite Erfassungstemperatursignal und erzeugt eine zweite Ausgabe.

**[0017]** Bei anderen Merkmalen empfängt eine Treiberschaltung die erste Ausgabe und die zweite Ausgabe und Steuerzustände des ersten Schalters, des zweiten Schalters und des dritten Schalters basierend auf der ersten Ausgabe und der zweiten Ausgabe. Die Treiberschaltung umfasst eine Logikschaltung und/oder eine Nachschlagetabelle.

**[0018]** Bei anderen Merkmalen veranlasst die Treiberschaltung die Entladeschaltung zum Umsetzen von Leistung mit einer ersten Rate, während das erste und das zweite Erfassungstemperatursignal um einen ersten vorbestimmten Betrag unter dem ersten bzw. dem zweiten Referenztemperatursignal liegen. Die Treiberschaltung veranlasst die Entladeschaltung zum Umsetzen von Leistung mit einer zwei-

ten Rate kleiner als die erste Rate, wenn das erste und das zweite Erfassungstemperatursignal um einen zweiten vorbestimmten Betrag über dem ersten bzw. dem zweiten Referenztemperatursignal liegen.

**[0019]** Bei anderen Merkmalen veranlasst die Treiberschaltung die Entladeschaltung zum Umsetzen von Leistung mit einer ersten Rate, während das erste und das zweite Erfassungstemperatursignal unter dem ersten bzw. dem zweiten Referenztemperatursignal liegen. Die Treiberschaltung veranlasst die Entladeschaltung zum Umsetzen von Leistung mit einer zweiten Rate kleiner als die erste Rate, wenn das erste und das zweite Erfassungstemperatursignal über dem ersten bzw. dem zweiten Referenztemperatursignal liegen.

**[0020]** Bei anderen Merkmalen veranlasst die Treiberschaltung den ersten Schalter, als Teil einer Klemme zu arbeiten, wenn das zweite Temperatursignal kleiner als das zweite Referenztemperatursignal ist. Die Treiberschaltung veranlasst den zweiten Schalter, als Teil einer Klemme zu arbeiten, wenn das zweite Temperatursignal größer als das zweite Referenztemperatursignal ist und das erste Temperatursignal kleiner als das erste Referenztemperatursignal ist.

**[0021]** Eine Entladeschaltung zum Entmagnetisieren einer induktiven Last weist einen ersten Schalter auf, der einen Steueranschluss und einen ersten und einen zweiten Anschluss umfasst. Der erste Anschluss des ersten Schalters ist mit einer Spannungsversorgung verbunden. Ein zweiter Schalter weist einen Steueranschluss und einen ersten und einen zweiten Anschluss auf, wobei der erste Anschluss des zweiten Schalters mit dem zweiten Anschluss des ersten Schalters verbunden ist. Ein dritter Schalter weist einen Steueranschluss und einen ersten und einen zweiten Anschluss auf. Der erste Anschluss des dritten Schalters ist mit dem zweiten Anschluss des ersten Schalters und dem ersten Anschluss des zweiten Schalters verbunden. Der zweite Anschluss des dritten Schalters ist mit einem Ausgangsknoten verbunden. Eine Zener-Diode weist eine mit dem Steueranschluss des dritten Schalters verbundene Anode und eine mit dem ersten Anschluss des dritten Schalters und dem ersten Anschluss des zweiten Schalters verbundene Kathode auf. Eine Temperaturerfassungsschaltung erzeugt ein Erfassungstemperatursignal, das auf einer Temperatur von mindestens einer Komponente der Schaltung basiert. Eine Vergleichsschaltung empfängt ein Referenztemperatursignal und das Erfassungstemperatursignal und eine Ausgabe. Die Steueranschlüsse des zweiten Schalters und des dritten Schalters werden basierend auf der Ausgabe der Vergleichsschaltung gesteuert.

**[0022]** Bei anderen Merkmalen umfasst der erste Schalter einen doppelt-diffundierten Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffektschalter (DMOS-FET). Der zwei-

te Schalter und der dritte Schalter umfassen DMOS-FETs. Die Schaltung ist als eine einzelne integrierte Schaltung implementiert und jeder des ersten Schalters, des zweiten Schalters und des dritten Schalters umfasst einen Transistor.

**[0023]** Bei anderen Merkmalen werden der zweite Schalter und der dritte Schalter basierend auf der Ausgabe der Vergleichsschaltung eingeschaltet, wenn das Erfassungstemperatursignal größer als das Referenztemperatursignal ist. Der zweite Schalter und der dritte Schalter werden basierend auf der Ausgabe der Vergleichsschaltung ausgeschaltet, wenn das Erfassungstemperatursignal kleiner als das Referenztemperatursignal ist.

**[0024]** Bei anderen Merkmalen werden der zweite Schalter und der dritte Schalter basierend auf der Ausgabe der Vergleichsschaltung eingeschaltet, wenn das Erfassungstemperatursignal um einen ersten vorbestimmten Betrag größer als das Referenztemperatursignal ist. Der zweite Schalter und der dritte Schalter werden basierend auf der Ausgabe der Vergleichsschaltung ausgeschaltet, wenn das Erfassungstemperatursignal um einen zweiten vorbestimmten Betrag kleiner als das Referenztemperatursignal ist.

**[0025]** Bei anderen Merkmalen wird Leistung, wenn der erste Schalter ausgeschaltet wird, aus der induktiven Last durch die Schaltung mit einer ersten Rate umgesetzt bis das Erfassungstemperatursignal gleich dem Referenztemperatursignal ist. Die Schaltung setzt Leistung mit einer zweiten Rate, die langsamer als die erste Rate ist, um, wenn das Erfassungstemperatursignal größer als das Referenztemperatursignal ist.

**[0026]** Bei anderen Merkmalen setzt die Schaltung Leistung mit der zweiten Rate um, bis das Erfassungstemperatursignal um einen ersten vorbestimmten Betrag unter das Referenztemperatursignal fällt. Die Schaltung setzt Leistung mit der ersten Rate um, nachdem das Erfassungstemperatursignal um einen zweiten vorbestimmten Betrag unter das Referenztemperatursignal fällt.

**[0027]** Bei anderen Merkmalen weist jeder des ersten Schalters, des zweiten Schalters und des dritten Schalters einen Transistor mit einer Body-zu-Epitaxial-Diode auf. Die induktive Last weist ein induktives Element auf. Die Temperaturerfassungsschaltung erfasst eine Temperatur des dritten Schalters.

**[0028]** Weitere Anwendungsgebiete der vorliegenden Offenbarung werden anhand der ausführlichen Beschreibung, der Ansprüche und der Zeichnungen offensichtlich werden. Die ausführliche Beschreibung und spezifische Beispiele sind lediglich für Anschau-

ungszwecke gedacht und sind nicht dafür gedacht, den Schutzzumfang der Offenbarung zu beschränken.

## Figurenliste

**[0029]** Die vorliegende Offenbarung wird anhand der ausführlichen Beschreibung und der begleitenden Zeichnungen besser vollständig verständlich, wobei gilt:

**Fig. 1A** ist ein elektrisches Schema- und Funktionsblockdiagramm eines Beispiels für eine Entladeschaltung für ein induktives Element gemäß der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 1B** veranschaulicht einen Strom der Klemmenschaltung als eine Funktion von  $|V_{DD} - V_{AUS}|$ ;

**Fig. 2A** ist ein elektrisches Schema- und Funktionsblockdiagramm eines Beispiels für die Entladeschaltung von **Fig. 1A** während eines schnellen Entmagnetisierungsmodus gemäß der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 2B** ist ein elektrisches Schema- und Funktionsblockdiagramm eines Beispiels für die Entladeschaltung von **Fig. 1A** während eines langsamen Entmagnetisierungsmodus gemäß der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 3** ist ein elektrisches Schema- und Funktionsblockdiagramm eines weiteren Beispiels für eine Entladeschaltung für ein induktives Element gemäß der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 4A** ist ein elektrisches Schema- und Funktionsblockdiagramm eines Beispiels für die Entladeschaltung von **Fig. 3** während eines schnellen Entmagnetisierungsmodus gemäß der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 4B** ist ein elektrisches Schema- und Funktionsblockdiagramm eines Beispiels für die Entladeschaltung von **Fig. 3** während eines langsamen Entmagnetisierungsmodus gemäß der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 5A** ist ein elektrisches Schema- und Funktionsblockdiagramm eines weiteren Beispiels für eine Entladeschaltung für ein induktives Element gemäß der vorliegenden Offenbarung; und

**Fig. 5B** ist eine Wahrheitstabelle, die den Betrieb der Entladeschaltung von **Fig. 5A** veranschaulicht.

**[0030]** In den Zeichnungen können Bezugswerte wiederverwendet werden, um ähnliche und/oder identische Elemente zu identifizieren.

## AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0031]** Die vorliegende Offenbarung betrifft Entladeschaltungen zum sicheren Entmagnetisieren eines induktiven Elements oder einer Spule. Die Entlade-

schaltung ist unter Verwendung einer integrierten Schaltung (IC), von diskreten Komponenten oder einer Kombination davon implementiert. Die Entladeschaltung schützt die IC und/oder die diskreten Komponenten vor Überhitzung während Entmagnetisierung des induktiven Elements. Die Entmagnetisierung kann unabhängig von einer Energiemenge, die umgesetzt werden muss, ohne Beschädigung durchgeführt werden. Die Systeme und Verfahren gemäß der vorliegenden Offenbarung ermöglichen die Verwendung von Relais jeglicher Größe und ermöglichen, dass die IC in kleineren IC-Packungen montiert werden.

**[0032]** Wie nachfolgend weiter beschrieben wird, überwacht die Entladeschaltung die Temperatur und agiert auf typische Weise, bis eine vorbestimmte Temperatur überschritten wird. Wenn die vorbestimmte Temperatur überschritten wird, stellt die Schaltung auf Kosten einer zeitweilig verringerten Entladerate Schutz bereit. Die Verringerung der Leistungsfähigkeit wird einen vernachlässigbaren negativen Einfluss auf die meisten Anwendungen haben.

**[0033]** Gesteuerte Entmagnetisierung wird durch automatisches Auswählen eines schnellen oder eines langsamen Entmagnetisierungsmodus erreicht. Während des schnellen Entmagnetisierungsmodus verhält sich die Entladeschaltung auf eine typische Weise. Beispielsweise kann die Entladeschaltung die Spannung der Spule oder des induktiven Elements auf 50 V unter  $V_{DD}$  klemmen. Während des schnellen Entmagnetisierungsmodus wird die Temperatur von Komponenten in der Entladeschaltung schnell ansteigen. Sobald die vorbestimmte Temperatur erreicht wird schaltet die Entladeschaltung auf den langsamen Entmagnetisierungsmodus um und wird die Verlustleistung auf ein Niveau absenken, dass unbegrenzt aufrechterhalten werden kann. Während des langsamen Entmagnetisierungsmodus entlädt sich die Spule oder das induktive Element mit einer geringeren Rate und die IC-Temperatur wird abnehmen. Sobald die Temperatur wieder auf einen akzeptablen Temperaturwert gefallen ist, wird der schnelle Entmagnetisierungsmodus wieder eingeleitet. Die Entladeschaltung schaltet zwischen dem schnellen und dem langsamen Entmagnetisierungsmodus um, bis die Spule oder das induktive Element vollständig entladen ist.

**[0034]** Nehmen wir nun Bezug auf **Fig. 1A**, wo eine Schaltung **10** (wie etwa eine integrierte Schaltung (IC), diskrete Komponenten oder Kombinationen davon) eine Entladeschaltung **20** aufweist. Die Entladeschaltung **20** weist einen Transistor **28** auf, der als ein Hochseitenschalter  $M_{HS}$  fungiert. Der Transistor **28** weist einen mit  $V_{DD}$  verbundenen ersten Anschluss, einen mit einem Ausgangsknoten **30** verbundenen zweiten Anschluss und einen Steueranschluss auf. In

einigen Beispielen weist der Transistor **28** eine Körper-zu-Epitaxial-Diode (EPI-Diode) **32** auf.

**[0035]** Ein Schalter für sichere Entmagnetisierung weist einen ersten Transistor **34** und einen zweiten Transistor **38** auf, die als ein Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  bzw.  $M_{LS1}$  fungieren. Der Transistor **34** weist einen mit dem Ausgangsknoten **30** verbundenen zweiten Anschluss auf. In einigen Beispielen weist der Transistor **34** eine Körper-zu-Epitaxial-Diode (EPI-Diode) **36** auf. Ein erster Anschluss des Transistors **34** ist mit einem ersten Anschluss des Transistors **38** verbunden. Ein zweiter Anschluss des Transistors **38** ist mit einem Referenzpotential verbunden, wie etwa Masse. In einigen Beispielen weist der Transistor **38** eine Körper-zu-Epitaxial-Diode (EPI-Diode) **40** auf.

**[0036]** Steueranschlüsse des ersten und des zweiten Transistors **34** und **38** sind mit einer Treiberschaltung **45** verbunden. Die Treiberschaltung **45** ist mit einem Ausgang einer Vergleichsschaltung **44** verbunden. Die Treiberschaltung **45** steuert die Steueranschlüsse des ersten und des zweiten Transistors **34** und **38** auf Grundlage eines Zustands der Vergleichsschaltung **44**. Eine Anode einer Zener-Diode **24** ist mit dem Steueranschluss des Transistors **34** verbunden. Eine Kathode der Zener-Diode **24** ist mit  $V_{DD}$  verbunden. In manchen Beispielen setzt die Vergleichsschaltung **44** Hysterese ein. Ein invertierender Eingang der Vergleichsschaltung **44** ist mit einem ersten Temperaturreferenzsignal  $T_{Schutz}$  verbunden. Ein nichtinvertierender Eingang der Vergleichsschaltung **44** ist mit einem Temperatursensor **48** verbunden, der ein Erfassungstemperatursignal auf Grundlage einer Temperatur von  $M_{LS2}$  erzeugt. Ein Last **50** ist mit dem Ausgang der Entladeschaltung **20** verbunden. Die Last **50** kann ein induktives Element **L** und einen Widerstand **R**, die in Serie geschaltet sind, aufweisen, obgleich andere Arten von Lasten oder Verbindungen verwendet werden können.

**[0037]** In diesem Beispiel fungiert der Transistor **28** als ein Lasttreiber zum Laden der Last **50**. Die Klemmenschaltung weist die Transistoren **34** und **38**, die Zener-Diode **24** und den Temperatursensor **48** auf. Der Schalter für sichere Entmagnetisierung weist die Transistoren **34** und **38** auf.

**[0038]** In **Fig. 1B** sind Klemm-Strom/Spannung-Kennlinien als eine Funktion von  $|V_{DD} - V_{AUS}|$  gezeigt. Die Klemmenspannung beginnt Strom  $|I_{AUS}|$  zu liefern, wenn die Differenz  $|V_{DD} - V_{AUS}|$  über die Klemmenspannung hinaus ansteigt. In manchen Beispielen ist die Klemmenspannung gleich 50 V, obgleich andere Werte verwendet werden können.

**[0039]** Die Klemme und der Schalter werden durch dieselben Transistoren dargestellt. Was die zwei Funktionen unterscheidet, ist der Spannungsabfall über den zweiten Niederseitenschalter  $M_{LS2}$ . Wäh-

rend der Klemmphase fällt die Spannung hauptsächlich über dem zweiten Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  ab, somit wird die Leistung hauptsächlich durch den zweiten Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  umgesetzt. Mit denselben  $V_{DD} = 30\text{ V}$ ,  $V_{KLEMMME} = 50\text{ V}$  und  $V_{AUS} = -20\text{ V}$ , setzt die Entladeschaltung 20 V mal dem Strom (d. h. 20W mit einem Strom von 1 A) um. Daher ist diese Ausgestaltung energieeffizienter als die im United States Patent Nr. 9,673,007 gezeigte. Allerdings muss der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  größer sein, um die relativ große Leistung umzusetzen. Der Hochseitenschalter  $M_{HS}$  ist weiterhin der Lasttreiber (d. h., dass der Anfangsstrom  $I_{LAST}$  durch Einschalten des Hochseitenschalters  $M_{HS}$  geliefert wird).

**[0040]** Wenden wir uns nun den **Fig. 2A** und **Fig. 2B** zu, wo ein den Betrieb der Entladeschaltung **20** von **Fig. 1A** veranschaulichendes Beispiel gezeigt ist. Die obige Erörterung setzt voraus, dass die Last zuvor mit einem Ladestrom  $I_{LAST}$  von 1 A geladen wurde. Während schneller Entmagnetisierung (**Fig. 2A**) zieht der Strom des induktiven Elements AUS negativ. Der Hochseitenschalter  $M_{HS}$  wird im Aus-Zustand gehalten. Der Steueranschluss des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  folgt AUS und daher nimmt die Spannung über der Zener-Diode zu. Wenn  $V_{ZENER} = 50\text{ V}$  ist, hört der Steueranschluss des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  auf, abzusinken und daher steigt die Gate-Source-Spannung des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  an und der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  schaltet ein. Der Laststrom fließt durch den zweiten Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  und die Diode des ersten Niederseitenschalters  $M_{LS1}$ . Der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  setzt Leistung  $= V_{KLEMMME} \cdot I_{LAST}$  um, was die Temperatur des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  ansteigen lässt. Sobald die Temperatur des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$   $T_{SCHUTZ}$  erreicht, wird sichere Entmagnetisierung durchgeführt.

**[0041]** Während sicherer Entmagnetisierung (**Fig. 2B**), sind der erste Niederseitenschalter  $M_{LS1}$  und der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  vollständig eingeschaltet. Der Laststrom fließt weiter durch den ersten Niederseitenschalter  $M_{LS1}$  und den zweiten Niederseitenschalter  $M_{LS2}$ , welche derart bemessen sind, dass deren Gesamtspannungsabfall  $\sim 1\text{ V}$  (d. h.  $V_{AUS} = -1\text{ V}$ ) ist. Der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  setzt nun sehr viel weniger Leistung um und kühlt sich ab. Wenn die Temperatur des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  um einen Hysteresebetrag unter  $T_{SCHUTZ}$  absinkt, kehrt die Entladeschaltung zu schneller Entmagnetisierung zurück.

**[0042]** Im Vergleich mit früheren Entladeschaltungen, wie etwa die Entladeschaltung in dem gemeinschaftlich zugeteilten United States Patent Nr. 9,673,007, setzt die Entladeschaltung **20** in **Fig. 1** während des schnellen Entmagnetisierungsmodus weniger Leistung um. Als Ergebnis wird die Entlade-

schaltung **20** auch aufgrund der niedrigeren durch die Klemmschaltung absorbierten Leistung dahin tendieren, weniger häufig zu überhitzen.

**[0043]** In manchen Beispielen weist der Transistor **28** einen Hochspannungstransistor mit niedrigem Durchlassinnenwiderstand auf, wie etwa  $R_{ON} = 0,05\ \Omega$ , 65 V doppelt-diffundierte Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren (DMOS-FET). In manchen Beispielen beträgt der zu liefernde Maximalstrom  $I_{LAST}$  1 A. In manchen Beispielen können die Transistoren **34** und **38** unter Verwendung von DMOS-FETs mit kleinerer Fläche als der Transistor **28** (und daher einem höheren Durchlassinnenwiderstand) implementiert sein. In manchen Beispielen beträgt  $R_{ON}$  der Transistoren **34** und **38** 0,5  $\Omega$ . In manchen Beispielen werden die Transistoren **34** und **38** normalerweise in einem Aus-Zustand gehalten ( $V_{GS} = 0\text{ V}$ ) und leiten aufgrund entgegengesetzter Körper-zu-EPI-Dioden **36** und **40** Strom weder für positive noch für negative Werte von  $V_{AUS}$ . Die Transistoren **34**, **38** können p-Kanal-Transistoren oder n-Kanal-Transistoren sein. In manchen Beispielen sind die Transistoren **34**, **38** n-Kanal-Transistoren mit direkt verbundenen Drains. In manchen Beispielen weisen die Transistoren doppelt-diffundierte Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren (DMOS-FETs) auf. In manchen Beispielen entspricht der Steueranschluss einem Gate eines Transistors, der erste Anschluss entspricht einer Source eines Transistors und der zweite Anschluss entspricht einer Drain eines Transistors.

**[0044]** Nehmen wir nun Bezug auf **Fig. 3**, wo eine Entladeschaltung **150** für ein induktives Element gezeigt ist. Die Entladeschaltung **150** weist einen Hochseitenschalter  $M_{HS}$  auf, der einen ersten Anschluss, einen zweiten Anschluss und einen Steueranschluss aufweist. Beispielsweise weist der Hochseitenschalter  $M_{HS}$  einen Transistor **152** auf, der eine Körper-zu-Epitaxial(EPI)-Diode **154** aufweist. Die Entladeschaltung **150** weist einen ersten Niederseitenschalter  $M_{LS1}$  auf, der einen ersten Anschluss, einen zweiten Anschluss und einen Steueranschluss aufweist. Beispielsweise weist der erste Niederseitenschalter  $M_{LS1}$  einen Transistor **156** auf, der eine Körper-zu-Epitaxial(EPI)-Diode **158** aufweist. Die Entladeschaltung **150** weist einen zweiten Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  auf, der einen ersten Anschluss, einen zweiten Anschluss und einen Steueranschluss aufweist. Beispielsweise weist der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  einen Transistor **164** auf, der eine Körper-zu-Epitaxial(EPI)-Diode **166** aufweist.

**[0045]** Der erste Anschluss des Hochseitenschalters  $M_{HS}$  ist mit einer Spannungsversorgung  $V_{DD}$  verbunden. Der zweite Anschluss des Hochseitenschalters  $M_{HS}$  ist mit dem ersten Anschluss des ersten Niederseitenschalters  $M_{LS1}$  und dem ersten Anschluss des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  verbunden. Ein

zweiter Anschluss des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  ist mit einer Last **165** verbunden. Eine Zener-Diode **170** beinhaltet eine mit dem Steueranschluss des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS1}$  verbundene Anode und eine mit dem ersten Anschluss des ersten Niederseitenschalters  $M_{LS1}$  und dem ersten Anschluss des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  verbundene Kathode.

**[0046]** Ein Temperatursensor **172** erfasst eine Temperatur des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$ . Eine Vergleichsschaltung **174** empfängt ein Referenztemperatursignal  $T_{SCHUTZ}$  und ein Erfassungstemperatursignal von dem Temperatursensor **172**. In manchen Beispielen verwendet die Vergleichsschaltung **174** Hysterese. Eine Ausgabe der Vergleichsschaltung **174** wird in eine Treiberschaltung **175** eingegeben. Die Treiberschaltung **175** steuert die Steueranschlüsse des ersten Niederseitenschalters  $M_{LS1}$  und des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$ .

**[0047]** Während schneller Entmagnetisierung wird durch den ersten Niederseitenschalter  $M_{LS1}$ , den zweiten Niederseitenschalter  $M_{LS2}$ , die Zener-Diode **170** und den Temperatursensor **172** eine Klemme ausgebildet. Während sicherer Entmagnetisierung ist der Schalter für sichere Entmagnetisierung durch den ersten Niederseitenschalter  $M_{LS1}$  und den zweiten Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  implementiert.

**[0048]** Beziehen wir uns nun auf **Fig. 4A**, wo, während schneller Entmagnetisierung, der Strom des induktiven Elements der Last **165** AUS negativ zieht und der Hochseitenschalter  $M_{HS}$  im Aus-Zustand gehalten wird. Die Kathode der Zener-Diode **170** geht auf etwa  $-0,6$  V (aufgrund der Diode des ersten Niederseitenschalters  $M_{LS1}$ ). Der Steueranschluss des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  folgt AUS und daher nimmt die Spannung über der Zener-Diode **170** zu. Wenn  $V_{ZENER} = 50$  V ist, hört der Steueranschluss des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  auf, abzusinken und daher steigt die Gate-Source-Spannung des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  an und der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  schaltet ein. Der Laststrom fließt durch den zweiten Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  und die Diode des ersten Niederseitenschalters  $M_{LS1}$ . Der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  setzt Leistung  $= V_{ZENER} \cdot I_{LAST}$  um, was die Temperatur des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  ansteigen lässt. Sobald der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$   $T_{SCHUTZ}$  erreicht, geht der Betrieb in den sicheren Entmagnetisierungsmodus über.

**[0049]** Beziehen wir uns nun auf **Fig. 4B**, wo, während des sicheren Entmagnetisierungsmodus, der erste Niederseitenschalter  $M_{LS1}$  und der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  vollständig eingeschaltet sind. Der Laststrom fließt weiter durch den ersten Niederseitenschalter  $M_{LS1}$  und den zweiten Niederseitenschalter  $M_{LS2}$ , welche derart bemessen sind, dass de-

ren Gesamtspannungsabfall  $\sim 1$  V (d. h.  $V_{AUS} = -1$  V) ist. Der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  setzt nun weniger Leistung um und kühlt sich ab. Wenn die Temperatur von  $M_{LS2}$  um einen Hysteresebetrag unter  $T_{SCHUTZ}$  absinkt, kehrt die Entladeschaltung zum schnellen Entmagnetisierungsmodus zurück.

**[0050]** In **Fig. 3-4B** werden die Klemme und der Schalter durch dieselben Transistoren dargestellt und die Leistung wird weiter hauptsächlich durch den zweiten Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  umgesetzt. Im Vergleich zu dem früheren Ansatz erreicht diese Lösung eine höhere Entladespannung mit den gleichen  $V_{DD} = 30$  V,  $V_{KLEMME} = 50$  V,  $V_{AUS} = -49$  V (ein Spannungsabfall von 1 V wird an dem ersten Niederseitenschalter  $M_{LS1}$  angenommen).

**[0051]** Ein Vorteil dieses Designs besteht darin, dass eine hohe Leistung mit einer schnelleren Entladerate umgesetzt wird (da  $V_{AUS}$  weiter ins Negative reicht). Ein zweiter Vorteil besteht darin, dass der Hochseitenschalter  $M_{HS}$  einer niedrigeren Spannung standhalten muss und daher kleiner gemacht werden kann. Hier ist der Lasttreiber dadurch gebildet, dass der Hochseitenschalter  $M_{HS}$  und der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  in Serie arbeiten.

**[0052]** Nehmen wir nun Bezug auf **Fig. 5A-5B**, wo eine Entladeschaltung **200** für ein induktives Element gezeigt ist. Die Entladeschaltung **200** weist einen Hochseitenschalter  $M_{HS}$  auf, der einen ersten Anschluss, einen zweiten Anschluss und einen Steueranschluss aufweist. Beispielsweise weist der Hochseitenschalter  $M_{HS}$  einen Transistor **202** auf, der eine Körper-zu-Epitaxial(EPI)-Diode **204** aufweist. Die Entladeschaltung **200** weist einen ersten Niederseitenschalter  $M_{LS1}$  auf, der einen ersten Anschluss, einen zweiten Anschluss und einen Steueranschluss aufweist. Beispielsweise weist der erste Niederseitenschalter  $M_{LS1}$  einen Transistor **210** auf, der eine Körper-zu-Epitaxial(EPI)-Diode **212** aufweist. Die Entladeschaltung **200** weist einen zweiten Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  auf, der einen ersten Anschluss, einen zweiten Anschluss und einen Steueranschluss aufweist. Beispielsweise weist der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  einen Transistor **218** auf, der eine Körper-zu-Epitaxial(EPI)-Diode **220** aufweist.

**[0053]** Der erste Anschluss des Hochseitenschalters  $M_{HS}$  ist mit einer Spannungsversorgung  $V_{DD}$  verbunden. Der zweite Anschluss des Hochseitenschalters  $M_{HS}$  ist mit dem zweiten Anschluss des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  und mit einer Last **221** verbunden. Der erste Anschluss des ersten Niederseitenschalters  $M_{LS1}$  ist mit dem ersten Anschluss des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  verbunden. Eine Zener-Diode **230** weist eine mit dem Steueranschluss des Hochseitenschalters  $M_{HS}$  verbundene Anode und eine mit der Spannungsversorgung  $V_{DD}$  verbundene Kathode auf. Eine Zener-Diode **234** weist eine

mit dem Steueranschluss des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  verbundene Anode und eine mit der Spannungsversorgung  $V_{DD}$  verbundene Kathode auf.

**[0054]** Ein Temperatursensor **236** erzeugt ein Erfassungstemperatursignal auf Grundlage einer Temperatur des Hochseitenschalters  $M_{HS}$ . Ein Temperatursensor **240** erzeugt ein Erfassungstemperatursignal auf Grundlage einer Temperatur des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$ . Eine Vergleichsschaltung **238** empfängt ein Referenztemperatursignal  $T_{Schutz}$  und das Erfassungstemperatursignal von dem Temperatursensor **236**. Eine Vergleichsschaltung **242** empfängt ein Referenztemperatursignal  $T_{Schutz}$  und das Erfassungstemperatursignal von dem Temperatursensor **240**. In manchen Beispielen verwenden die Vergleichsschaltungen **238**, **242** Hysterese. Ausgaben der Vergleichsschaltungen **238**, **242** werden in eine Treiberschaltung **250**, die Ausgänge aufweist, die mit den Steueranschlüssen des Hochseitenschalters  $M_{HS}$  und des ersten und des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS1}$  und  $M_{LS2}$  verbunden sind, eingegeben. Ein Beispiel für eine den Betrieb der Logikschaltung der Nachschlagetabelle **250** spezifizierende Wahrheitstabelle ist in **Fig. 5B** gezeigt. In manchen Beispielen weist die Treiberschaltung **250** eine Logikschaltung oder eine Nachschlagetabelle (LUT) auf.

**[0055]** In diesem Beispiel werden zwei Klemmen verwendet. Die erste Klemme ist der Hochseitenschalter  $M_{HS}$ . Die zweite Klemme ist der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  wie in **Fig. 1A** und **Fig. 1B**. Diese Anordnung ermöglicht zusätzliche Verwendung der SCHNELLEN Entmagnetisierungsfunktion (d. h., die KLEMME-Funktion), wie nachfolgend beschrieben wird.

**[0056]** Während schneller Entmagnetisierung wird entweder der Hochseitenschalter  $M_{HS}$  oder der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  als Klemme verwendet, in Abhängigkeit von deren entsprechenden Temperaturen (siehe **Fig. 5B**). Falls die Temperatur des Hochseitenschalters  $M_{HS}$  kleiner als  $T_{Schutz}$  ist, dann arbeitet der Hochseitenschalter  $M_{HS}$  als eine Klemme (der Hochseitenschalter  $M_{HS}$  neigt dazu, heiß zu werden.).

**[0057]** Wenn die Temperatur des Hochseitenschalters  $M_{HS}$  größer als  $T_{Schutz}$  ist und die Temperatur des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  kleiner als  $T_{Schutz}$  ist, dann arbeitet der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  als eine Klemme (der Hochseitenschalter  $M_{HS}$  neigt dazu, sich abzukühlen, wohingegen der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  dazu neigt, heiß zu werden). Falls die Temperatur des Hochseitenschalters  $M_{HS}$  und des zweiten Niederseitenschalters  $M_{LS2}$  größer als  $T_{Schutz}$  sind, führt die Entladeschaltung eine sichere Entmagnetisierung aus.

**[0058]** Während sicherer Entmagnetisierung sind der erste Niederseitenschalter  $M_{LS1}$  und der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  vollständig eingeschaltet, wodurch  $V_{AUS} \sim -1$  V wird. Der erste Niederseitenschalter  $M_{LS1}$  und der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  setzen wenig Leistung um, der Hochseitenschalter  $M_{HS}$  setzt keine Leistung um und das Gesamtsystem neigt zum Abkühlen. Irgendwann wird entweder der Hochseitenschalter  $M_{HS}$  oder der zweite Niederseitenschalter  $M_{LS2}$  unter  $T_{Schutz}$  fallen und wird wieder damit beginnen, als eine Klemme (schnelle Entmagnetisierung) zu arbeiten.

**[0059]** Die obige Beschreibung ist lediglich von veranschaulichender Natur und ist keinesfalls dafür beabsichtigt, die Offenbarung, deren Anwendung oder Verwendungen zu beschränken. Die weitgehenden Lehren der Offenbarung können in einer Vielfalt von Ausgestaltungen implementiert werden. Wenngleich diese Offenbarung bestimmte Beispiele enthält, sollte somit der wahre Schutzzumfang der Offenbarung nicht auf diese beschränkt sein, da weitere Modifikationen für den Fachmann bei einer Analyse der Zeichnungen, der Spezifikation und der folgenden Ansprüche offensichtlich werden. So wie er hier verwendet wird, soll der Ausdruck mindestens einer von A, B und C aufgefasst werden, logisch (A oder B oder C) zu bedeuten, unter Verwendung eines nichtexklusiven logischen ODERs. Es versteht sich, dass einer oder mehrere Schritte innerhalb eines Verfahrens in anderer Reihenfolge (oder gleichzeitig) ausgeführt werden können, ohne die Prinzipien der vorliegenden Offenbarung abzuändern.



**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**

- US 9673007 [0001, 0039, 0042]

## Patentansprüche

1. Entladeschaltung zum Entmagnetisieren einer induktiven Last, umfassend:

einen ersten Schalter, umfassend einen Steueranschluss und einen ersten und einen zweiten Anschluss, wobei der erste Anschluss mit einer Spannungsversorgung verbunden ist;

einen zweiten Schalter, umfassend einen Steueranschluss und einen ersten und einen zweiten Anschluss, wobei der zweite Anschluss des ersten Schalters und der zweite Anschluss des zweiten Schalters mit der induktiven Last verbunden sind;

einen dritten Schalter, umfassend einen Steueranschluss und einen ersten und einen zweiten Anschluss, wobei der erste Anschluss des dritten Schalters mit dem ersten Anschluss des zweiten Schalters verbunden ist;

eine erste Zener-Diode, aufweisend eine mit dem Steueranschluss des zweiten Schalters verbundene Anode und eine mit der Spannungsversorgung verbundene Kathode;

eine erste Temperaturerfassungsschaltung, die ein erstes Erfassungstemperatursignal, das auf einer Temperatur von mindestens einer Komponente der Schaltung basiert, erzeugt; und

eine erste Vergleichsschaltung, die ein erstes Referenztemperatursignal und das erste Erfassungstemperatursignal empfängt und eine erste Ausgabe erzeugt.

2. Entladeschaltung nach Anspruch 1, wobei:  
der erste Schalter einen doppelt-diffundierten Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffektschalter (DMOS-FET) umfasst; und  
der zweite Schalter und der dritte Schalter DMOS-FETs umfassen.

3. Entladeschaltung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Schaltung als eine einzelne integrierte Schaltung implementiert ist und jeder des ersten Schalters, des zweiten Schalters und des dritten Schalters einen Transistor umfasst.

4. Entladeschaltung nach Ansprüchen 1-3, wobei der zweite Schalter und der dritte Schalter umgedreht werden auf Grundlage der ersten Ausgabe der ersten Vergleichsschaltung, wenn das erste Erfassungstemperatursignal größer als das erste Referenztemperatursignal ist und der zweite Schalter und der dritte Schalter ausgeschaltet werden auf Grundlage der ersten Ausgabe der ersten Vergleichsschaltung, wenn das erste Erfassungstemperatursignal kleiner als das erste Referenztemperatursignal ist.

5. Entladeschaltung nach Ansprüchen 1-3, wobei der zweite Schalter und der dritte Schalter umgedreht werden auf Grundlage der ersten Ausgabe der ersten Vergleichsschaltung, wenn das erste Erfassungstemperatursignal um einen ersten vorbestimmten Be-

trag größer als das erste Referenztemperatursignal ist und der zweite Schalter und der dritte Schalter ausgeschaltet werden auf Grundlage der ersten Ausgabe der ersten Vergleichsschaltung, wenn das erste Erfassungstemperatursignal um einen zweiten vorbestimmten Betrag kleiner als das erste Referenztemperatursignal ist.

6. Entladeschaltung nach Ansprüchen 1-5, wobei:  
wenn der erste Schalter ausgeschaltet wird, Leistung aus der induktiven Last durch die Entladeschaltung mit einer ersten Rate umgesetzt wird, bis das erste Erfassungstemperatursignal kleiner als das erste Referenztemperatursignal ist, und  
die Entladeschaltung Leistung mit einer zweiten Rate, die langsamer als die erste Rate ist, umsetzt, wenn das erste Erfassungstemperatursignal größer als das erste Referenztemperatursignal ist.

7. Entladeschaltung nach Anspruch 6, wobei:  
die Entladeschaltung Leistung mit der zweiten Rate umsetzt, bis das erste Erfassungstemperatursignal um einen ersten vorbestimmten Betrag unter das erste Referenztemperatursignal fällt; und  
die Entladeschaltung Leistung mit der ersten Rate umsetzt, nachdem das erste Erfassungstemperatursignal um einen zweiten vorbestimmten Betrag unter das erste Referenztemperatursignal fällt.

8. Schaltung nach Ansprüchen 1-7, wobei jeder des ersten Schalters, des zweiten Schalters und des dritten Schalters einen Transistor mit einer Body-zu-Epitaxial-Diode aufweist.

9. Entladeschaltung nach Ansprüchen 1-8, wobei die induktive Last ein induktives Element aufweist.

10. Entladeschaltung nach Ansprüchen 1-9, wobei die erste Temperaturerfassungsschaltung die Temperatur des zweiten Schalters erfasst.

11. Entladeschaltung nach Anspruch 10, ferner Folgendes umfassend:  
eine zweite Zener-Diode, aufweisend eine mit dem Steueranschluss des ersten Schalters verbundene Anode und eine mit der Spannungsversorgung verbundene Kathode; und  
eine zweite Temperaturerfassungsschaltung zum Erzeugen eines zweiten Erfassungstemperatursignals, das auf einer Temperatur des ersten Schalters basiert.

12. Entladeschaltung nach Anspruch 11, ferner umfassend eine zweite Vergleichsschaltung, die ein zweites Referenztemperatursignal und das zweite Erfassungstemperatursignal empfängt und eine zweite Ausgabe erzeugt.

13. Entladeschaltung nach Anspruch 12, ferner umfassend eine Treiberschaltung zum Empfangen

der ersten Ausgabe und der zweiten Ausgabe und zum Steuern von Zuständen des ersten Schalters, des zweiten Schalters und des dritten Schalters auf Grundlage der ersten Ausgabe und der zweiten Ausgabe.

14. Entladeschaltung nach Anspruch 13, wobei die Treiberschaltung eine Logikschaltung und/oder eine Nachschlagetabelle umfasst.

15. Entladeschaltung nach Anspruch 13 oder 14, wobei:

die Treiberschaltung die Entladeschaltung zum Umsetzen von Leistung mit einer ersten Rate veranlasst, während das erste und das zweite Erfassungstemperatursignal um einen ersten vorbestimmten Betrag unter dem ersten bzw. dem zweiten Referenztemperatursignal liegen; und

die Treiberschaltung die Entladeschaltung zum Umsetzen von Leistung mit einer zweiten Rate kleiner als die erste Rate veranlasst, wenn das erste und das zweite Erfassungstemperatursignal um einen zweiten vorbestimmten Betrag über dem ersten bzw. dem zweiten Referenztemperatursignal liegen.

16. Entladeschaltung nach Anspruch 13 oder 14, wobei:

die Treiberschaltung die Entladeschaltung zum Umsetzen von Leistung mit einer ersten Rate veranlasst, während das erste und das zweite Erfassungstemperatursignal unter dem ersten bzw. dem zweiten Referenztemperatursignal liegen; und

die Treiberschaltung die Entladeschaltung zum Umsetzen von Leistung mit einer zweiten Rate kleiner als die erste Rate veranlasst, wenn das erste und das zweite Erfassungstemperatursignal über dem ersten bzw. dem zweiten Referenztemperatursignal liegen.

17. Entladeschaltung nach Ansprüchen 13-16, wobei:

die Treiberschaltung den ersten Schalter veranlasst, als Teil einer Klemme zu arbeiten, wenn das zweite Erfassungstemperatursignal kleiner als das zweite Referenztemperatursignal ist; und

die Treiberschaltung den zweiten Schalter veranlasst, als Teil einer Klemme zu arbeiten, wenn das zweite Erfassungstemperatursignal größer als das zweite Referenztemperatursignal ist und das erste Temperatursignal kleiner als das erste Referenztemperatursignal ist.

18. Entladeschaltung zum Entmagnetisieren einer induktiven Last, umfassend:

einen ersten Schalter, umfassend einen Steueranschluss und einen ersten und einen zweiten Anschluss, wobei der erste Anschluss des ersten Schalters mit einer Spannungsversorgung verbunden ist; einen zweiten Schalter, umfassend einen Steueranschluss und einen ersten und einen zweiten Anschluss, wobei der erste Anschluss des zweiten

Schalters mit dem zweiten Anschluss des ersten Schalters verbunden ist;

einen dritten Schalter, umfassend einen Steueranschluss und einen ersten und einen zweiten Anschluss, wobei der erste Anschluss des dritten Schalters mit dem zweiten Anschluss des ersten Schalters und dem ersten Anschluss des zweiten Schalters verbunden ist, und wobei der zweite Anschluss des dritten Schalters mit einem Ausgangsknoten verbunden ist;

eine Zener-Diode, aufweisend eine mit dem Steueranschluss des dritten Schalters verbundene Anode und eine mit dem ersten Anschluss des dritten Schalters und dem ersten Anschluss des zweiten Schalters verbundene Kathode;

eine Temperaturerfassungsschaltung, die ein erstes Erfassungstemperatursignal, das auf einer Temperatur von mindestens einer Komponente der Schaltung basiert, erzeugt; und

eine Vergleichsschaltung, die ein Referenztemperatursignal und das Erfassungstemperatursignal empfängt und eine Ausgabe erzeugt.

19. Entladeschaltung nach Anspruch 18, wobei: der erste Schalter einen doppelt-diffundierten Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffektschalter (DMOS-FET) umfasst; und der zweite Schalter und der dritte Schalter DMOS-FETs umfassen.

20. Entladeschaltung nach Anspruch 18 oder 19, wobei die Schaltung als eine einzelne integrierte Schaltung implementiert ist und jeder des ersten Schalters, des zweiten Schalters und des dritten Schalters einen Transistor umfasst.

21. Entladeschaltung nach Ansprüchen 18-20, wobei der zweite Schalter und der dritte Schalter eingeschaltet werden auf Grundlage der Ausgabe der Vergleichsschaltung, wenn das Erfassungstemperatursignal größer als das Referenztemperatursignal ist und der zweite Schalter und der dritte Schalter ausgeschaltet werden auf Grundlage der Ausgabe der Vergleichsschaltung, wenn das Erfassungstemperatursignal kleiner als das Referenztemperatursignal ist.

22. Entladeschaltung nach Ansprüchen 18-20, wobei der zweite Schalter und der dritte Schalter eingeschaltet werden auf Grundlage der Ausgabe der Vergleichsschaltung, wenn das Erfassungstemperatursignal um einen ersten vorbestimmten Betrag größer als das Referenztemperatursignal ist und der zweite Schalter und der dritte Schalter ausgeschaltet werden auf Grundlage der Ausgabe der Vergleichsschaltung, wenn das Erfassungstemperatursignal um einen zweiten vorbestimmten Betrag kleiner als das Referenztemperatursignal ist.

23. Entladeschaltung nach Ansprüchen 18-22, wobei:

wenn der erste Schalter ausgeschaltet wird, Leistung aus der induktiven Last durch die Schaltung mit einer ersten Rate umgesetzt wird, bis das Erfassungstemperatursignal gleich dem Referenztemperatursignal ist, und die Schaltung Leistung mit einer zweiten Rate, die langsamer als die erste Rate ist, umsetzt, wenn das Erfassungstemperatursignal größer als das Referenztemperatursignal ist.

24. Entladeschaltung nach Anspruch 23, wobei die Schaltung Leistung mit der zweiten Rate umsetzt, bis das Erfassungstemperatursignal um einen ersten vorbestimmten Betrag unter das Referenztemperatursignal fällt; und die Schaltung Leistung mit der ersten Rate umsetzt, nachdem das Erfassungstemperatursignal um einen zweiten vorbestimmten Betrag unter das Referenztemperatursignal fällt.

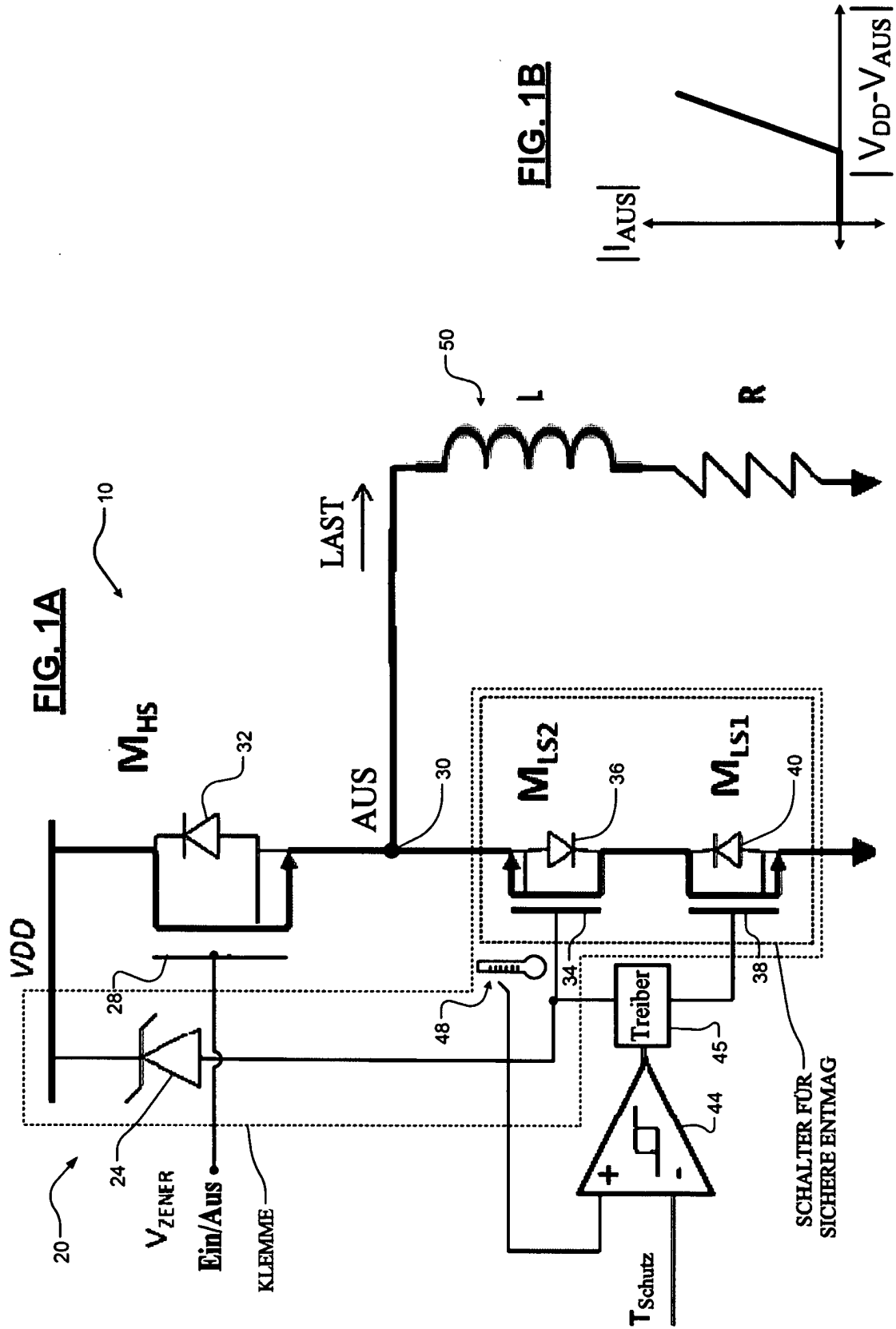
25. Entladeschaltung nach Ansprüchen 18-24, wobei jeder des ersten Schalters, des zweiten Schalters und des dritten Schalters einen Transistor mit einer Body-zu-Epitaxial-Diode aufweist.

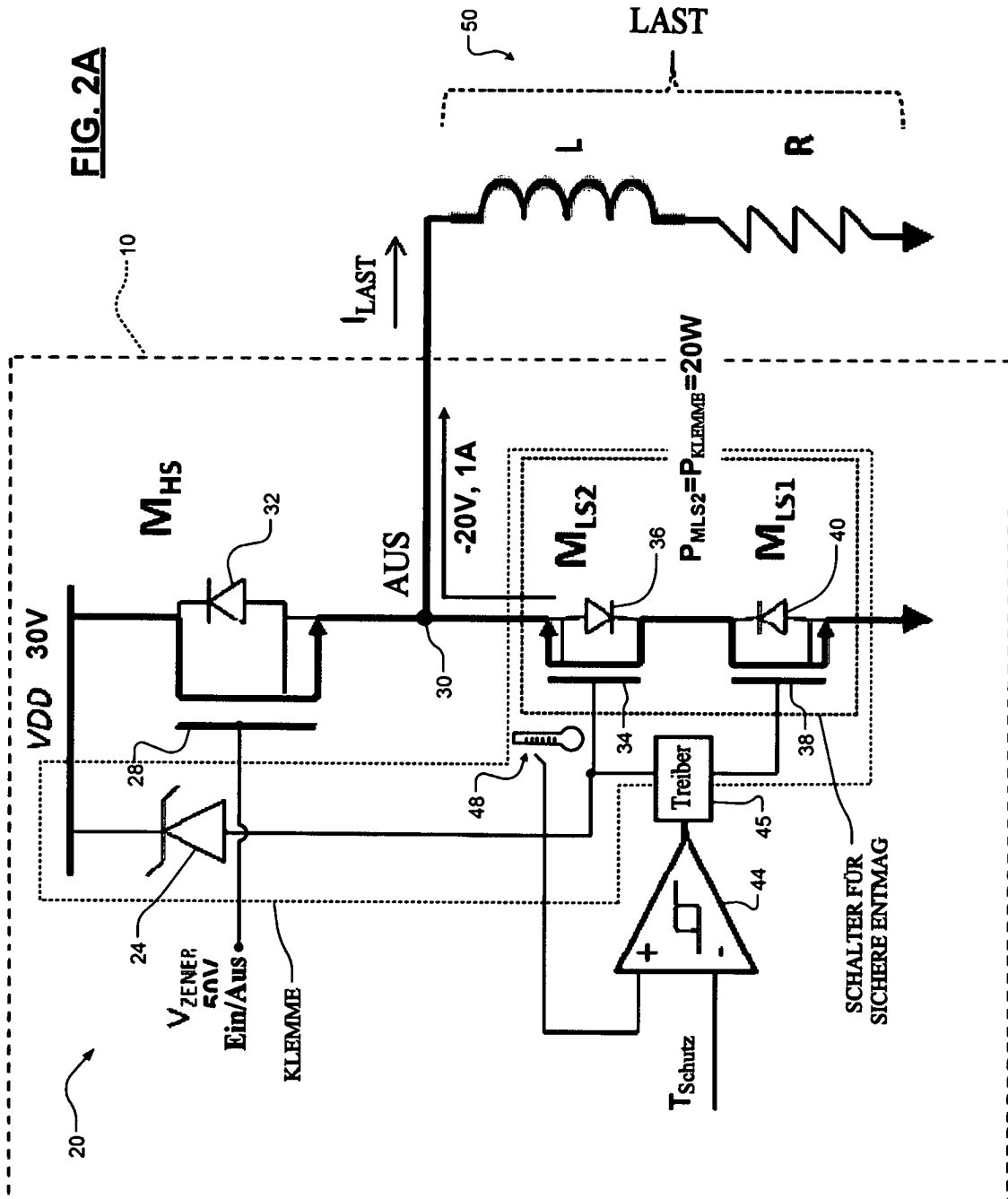
26. Entladeschaltung nach Ansprüchen 18-25, wobei die induktive Last ein induktives Element aufweist.

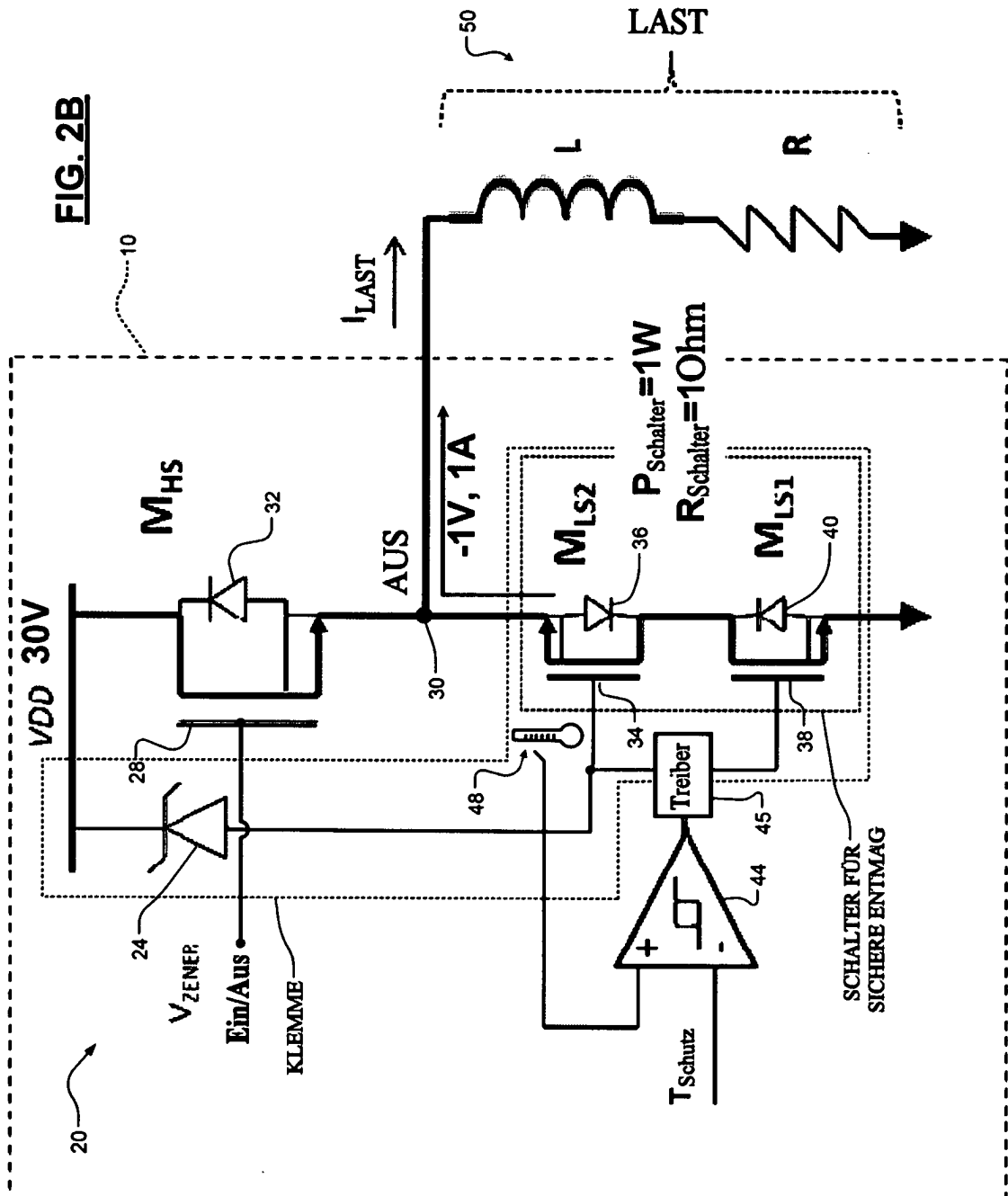
27. Entladeschaltung nach Ansprüchen 18-26, wobei die Temperaturerfassungsschaltung die Temperatur des dritten Schalters erfasst.

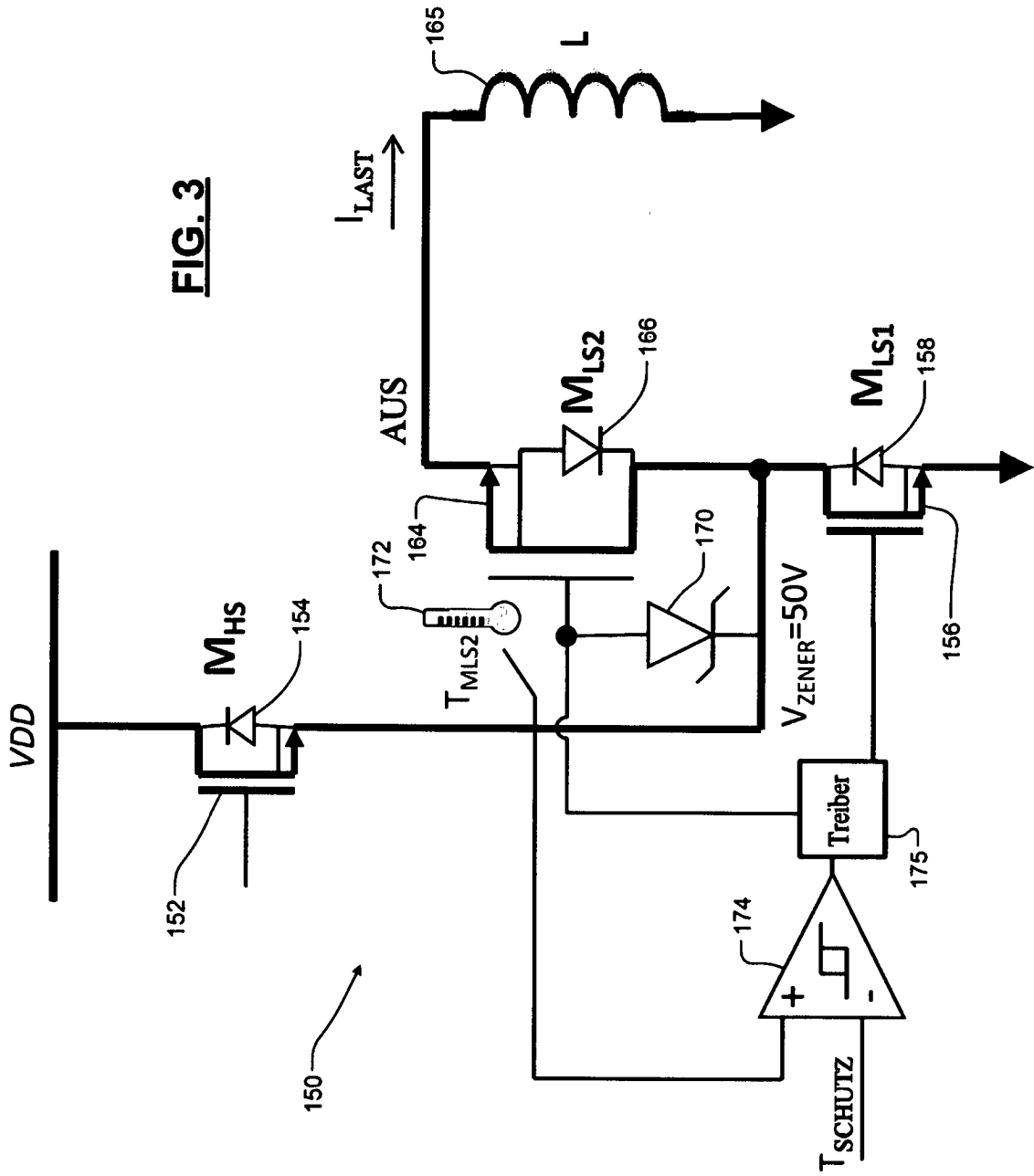
Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

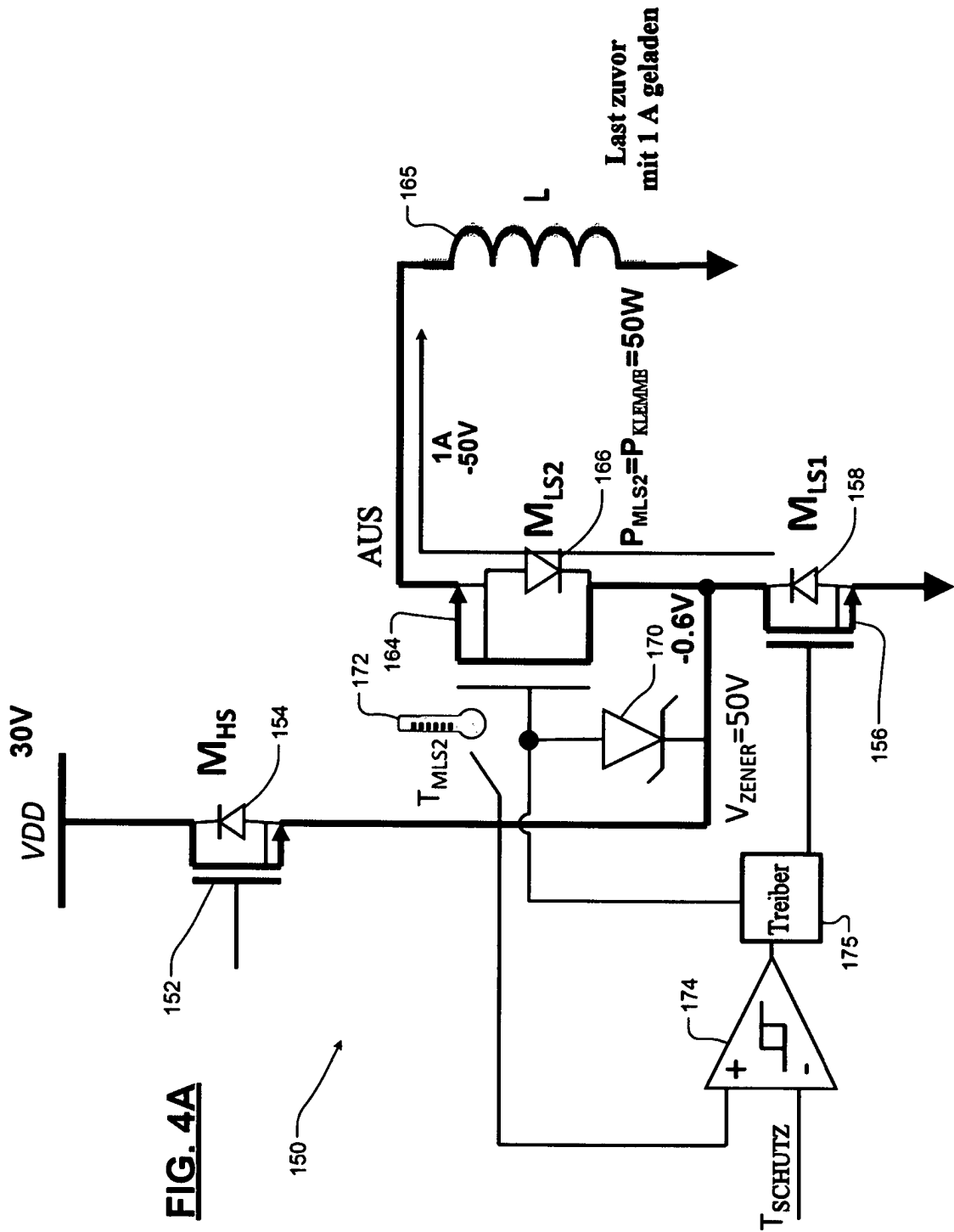




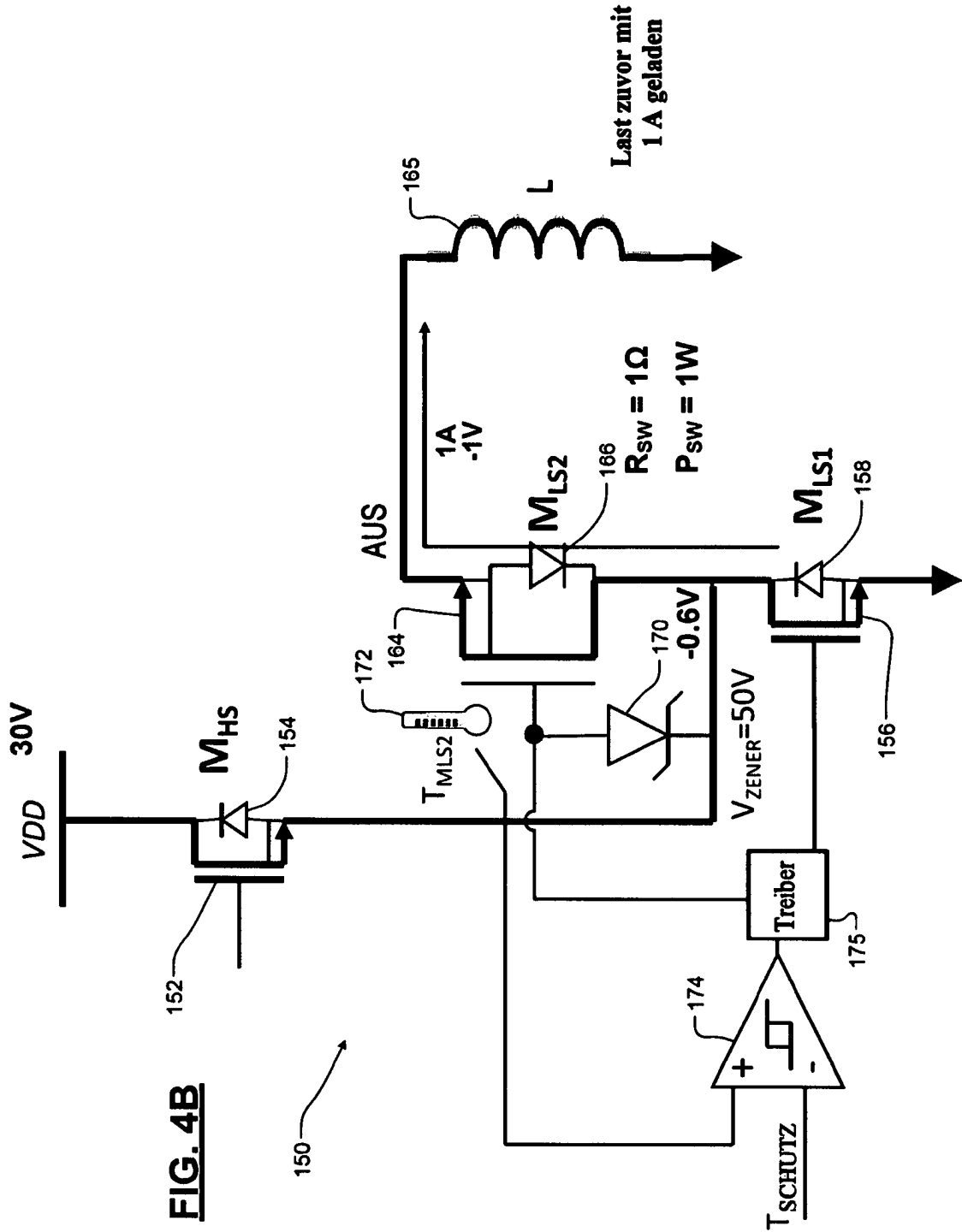








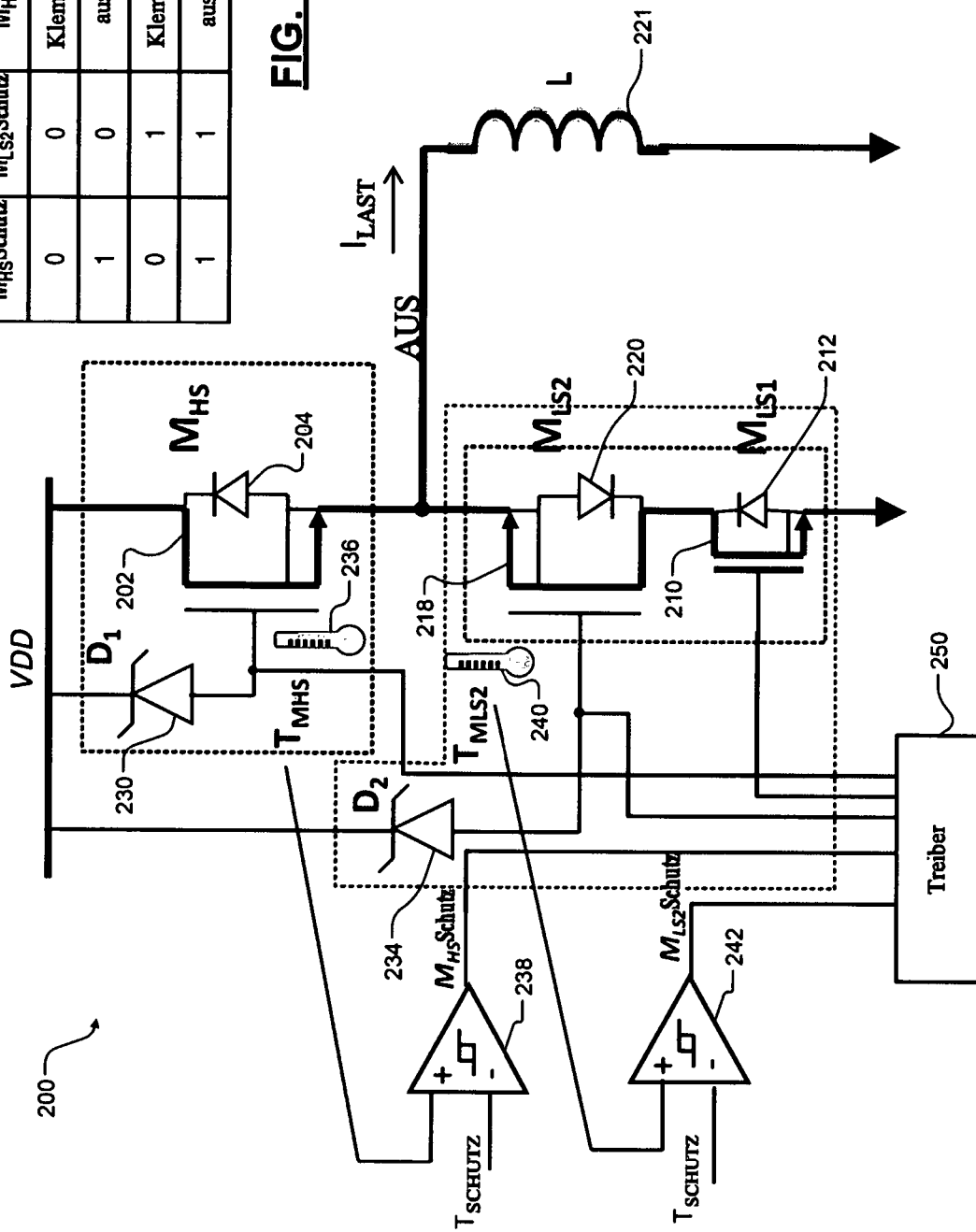
**FIG. 4A**



**FIG. 4B**

M <sub>HS</sub> Schutz	M <sub>LS2</sub> Schutz	M <sub>HS</sub>	M <sub>LS2</sub>	M <sub>LS1</sub>
0	0	Klemme	aus	Aus
1	0	aus	Klemme	Ein
0	1	Klemme	aus	aus
1	1	aus	ein	Ein

**FIG. 5B**



**FIG. 5A**