

19



LE GOUVERNEMENT  
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
Ministère de l'Économie

11

N° de publication :

LU502669

12

## BREVET D'INVENTION

B1

21

N° de dépôt: LU502669

51

Int. Cl.:

G01R 31/26, H03K 17/0412, H03K 17/16, H03K 17/14,  
G01R 31/27

22

Date de dépôt: 12/08/2022

30

Priorité:

72

Inventeur(s):

ENGEL Sebastian – Deutschland, VOß Jens –  
Deutschland, ENGELMANN Thomas – Deutschland,  
KRUPAR Jörg – Deutschland

43

Date de mise à disposition du public: 13/02/2024

47

Date de délivrance: 13/02/2024

74

Mandataire(s):

TAUTZ & SCHUHMACHER – 80639  
München (Deutschland)

73

Titulaire(s):

ELMOS SEMICONDUCTOR SE –  
44227 Dortmund (Deutschland)

54

**VERFAHREN ZUR AUSWAHL EINES ANSTEUERPARAMETERSATZES, INTEGRIERTER SCHALTKEIS UND LEISTUNGSBAUGRUPPE.**

57

Bereitgestellt wird ein Verfahren (300) zur Auswahl eines Ansteuerparametersatzes für ein in einer Leistungsbaugruppe (100) verbautes Schaltelement (104). Das Verfahren (300) umfasst ein Bereitstellen (302) von mehreren vorbestimmten Ansteuerparametersätzen und Kennwerten für mehrere verschiedene vorbestimmte Schaltelementtypen, wobei das in der Leistungsbaugruppe (100) verbaute Schaltelement (104) einem Schaltelementtyp der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen entspricht. Ferner umfasst das Verfahren ein Ermitteln (304) eines Messwertes in der Leistungsbaugruppe (100), welcher von einer Gateladung des Schaltelements (104) und/oder von einer Schwellenspannung des Schaltelements (104) abhängig ist. Außerdem umfasst das Verfahren ein Vergleichen (306) des ermittelten Messwertes mit den Kennwerten der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen. Zudem umfasst das Verfahren ein Auswählen (308) eines Ansteuerparametersatzes der mehreren vorbestimmten Ansteuerparametersätze zur Ansteuerung des Schaltelements (104) auf Basis des Vergleichs des ermittelten Messwertes mit den Kennwerten der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen.

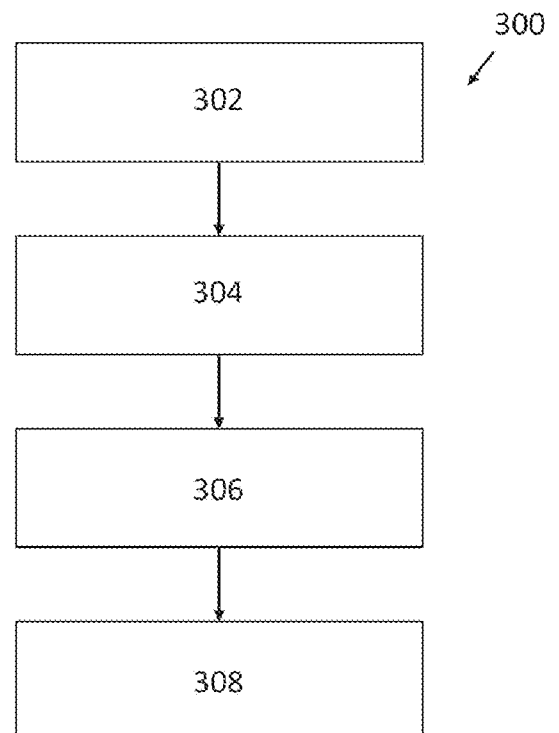


**Fig. 3**

## **VERFAHREN ZUR AUSWAHL EINES ANSTEUERPARAMETERSATZES, INTEGRIERTER SCHALTKREIS UND LEISTUNGSBAUGRUPPE**

Bereitgestellt werden ein Verfahren zur Auswahl eines Ansteuerparametersatzes  
5 für ein in einer Leistungsbaugruppe verbautes Schaltelement, ein integrierter  
Schaltkreis und eine Leistungsbaugruppe, sowie Verfahren zum Betrieb und zur  
Herstellung der Leistungsbaugruppe. Die Ausführungsformen liegen somit  
insbesondere auf dem Gebiet der integrierten Schaltkreise und der  
Leistungsbaugruppen zum Antreiben einer elektrischen Last.

10 Treiber können zum Antreiben, d.h. zur Ansteuerung, einer elektrischen Last, wie  
etwa von Elektromotoren und/oder anderen elektrischen Verbrauchern, verwendet  
werden. Dabei kommen typischerweise ein oder mehrere integrierte Schaltkreise  
und Schaltelemente zum Einsatz, wobei die Schaltelemente in Halbbrücken  
15 angeordnet sein können, wie beispielhaft in Figur 2B gezeigt.

In der Massenproduktion von Leistungsbaugruppen besteht häufig das Problem,  
dass aufgrund verschiedener Produktionsstandorte oder auch wegen  
eingeschränkter Bauteilverfügbarkeit in der laufenden Produktion verschiedene

20 Schaltelementtypen für ein und denselben Einsatzzweck verwendet werden  
müssen, da keine ausreichende Anzahl von Schaltelementen eines identischen  
Typs verfügbar sind. Beispielsweise können die verschiedenen

Schaltelementtypen zwar gleichartige Schaltelemente betreffen, welche aber in  
manchen Eigenschaften voneinander abweichen. Beispielsweise können

25 verschiedene Schaltelementtypen von verschiedenen Herstellern bereitgestellt  
werden und/oder aus unterschiedlichen Produktionschargen kommen. Bei den

Schaltelementen kann es sich insbesondere um Feldeffekttransistoren, FETs,  
handeln. Die verschiedenen Schaltelementtypen, die dabei zum Einsatz kommen,  
können in manchen Eigenschaften stark voneinander abweichen und

30 insbesondere stark unterschiedliche Gateladungen aufweisen. Um dennoch einen  
korrekten Betrieb der Leistungsbaugruppe trotz variierender Schaltelemente  
sicherstellen zu können, kann es ratsam sein, eine äußere Beschaltung der

Schaltelemente und auch einen Ladestrom und Entladestrom für die Schaltelemente stets auf den speziellen Schaltelementtyp zu optimieren, der tatsächlich verbaut ist, um einen guten Kompromiss aus Verlustleistung im Schaltelement, Störaussendung an den Schaltflanken und Verlusten in der Ansteuerschaltung zu erzielen. Weiterhin kann es zum selben Zweck ratsam sein, verschiedene Wartezeiten, wie z.B. die Totzeit in der Ansteuerung an den speziellen Schaltelementtyp anzupassen.

Jedoch hat der Hersteller einer Leistungsbaugruppe während der Herstellung der Leistungsbaugruppe in der Regel keine Informationen darüber, welcher Schaltelementtyp gerade in der jeweiligen Baugruppe der Leistungsbaugruppe verbaut wird. Damit besteht auch keine Möglichkeit, in der laufenden Produktion z.B. mit schaltelementabhängiger Außenbeschaltung und/oder Programmierung, auf die wechselnden Schaltelementtypen zu reagieren. Damit ist eine oben beschriebene Optimierung nicht möglich. Als Hilfslösung kommen üblicherweise zusätzliche externe Gate-Source Kapazitäten (auch als  $C_{GS}$  bezeichnet und beispielhaft in Figur 2B gezeigt) zum Einsatz. Diese werden in der Regel so groß dimensioniert, dass sie die Verzögerungen im Schaltvorgang dominieren. Diese Hilfslösung führt jedoch zu einer Reihe von Nachteilen gegenüber der optimalen Dimensionierung.

Durch den Einsatz von Gate-Source Kapazitäten wird vom Gatetreiber, d.h. von der Leistungsbaugruppe zur Ansteuerung des Gates des Schaltelements, deutlich mehr Umladestrom benötigt, als dies ohne die Gate-Source Kapazitäten erforderlich wäre. Dies übertrifft selbst den bei Verwendung eines Schaltelements mit der größtmöglichen Gateladung aber ohne Gate-Source Kapazitäten erforderlichen Umladestrom. Dadurch können solche integrierten Schaltkreise in einer Leistungsbaugruppe nicht ohne Weiteres eingesetzt werden, deren maximaler Ausgangsstrom zwar für das Schaltelement inklusive erforderlicher Reserven an sich ausreichen würde, nicht aber für das Schaltelement mit zusätzlichen Gate-Source Kapazitäten. Dies kann somit zu einer Erhöhung der Herstellungskosten und/oder zu einem größeren Flächenbedarf für einen

leistungsstärkeren integrierten Schaltkreis in der Leistungsbaugruppe und in der Stromversorgung führen. Außerdem kann eine dadurch entstehende zusätzliche Verlustleistung im integrierten Schaltkreis zu einer erhöhten Eigenerwärmung führen, sodass der vorhandene Abstand zwischen der maximal erlaubten

- 5 Siliziumtemperatur und einer maximal erlaubten Umgebungstemperatur reduziert wird und gegebenenfalls für einen beabsichtigen Einsatz des integrierten Schaltkreises in einem vorgesehenen Leistungsbaugruppe nicht mehr ausreicht.

- Außerdem muss herkömmlicherweise eine vorgegebene Totzeit derart festgelegt werden, dass diese auch mit einem Schaltelement mit den ungünstigsten Eigenschaften anwendbar ist. Das führt zu unnötigen Verlusten in den Schaltelementen und damit gegebenenfalls zu Zusatzkosten für eine etwaig erforderliche Kühlung oder zu einer Verschlechterung der Verlustleistungsklasse der Schaltelemente. Außerdem wird dadurch die erforderliche Totzeit generell größer als ohne die zusätzliche Gate-Source Kapazitäten. Zudem verringert typischerweise eine dominierende externe Gate-Source Kapazität das Verhältnis aus der zur Einstellung der Steilheit der Schaltflanke nötigen Gate-Drain Kapazität des Schaltelements selbst und der gesamten Gate-Source Kapazität. Dadurch wird es erschwert, eine angemessene Flankensteilheit am Phasenausgang zu dimensionieren. Die Flankensteilheit fällt dadurch herkömmlicherweise in der Regel deutlich zu hoch aus, was eine Reihe weiterer Nachteile verursacht: Zum einen können durch eine Kombination aus hohem Umladestrom und einem Reverse Recovery Verhalten von Bodydioden der Schaltelemente Querströme in der Leistungsbaugruppe verursacht werden. Außerdem können erhöhte leitungsgebundene Störungen verursacht werden, die gegebenenfalls mit zusätzlichem Filteraufwand beseitigt werden müssen. Ferner können nochmals erhöhte Verlustleistungen in den Schaltelementen durch die entstehenden Querströme verursacht werden. Darüber hinaus können die Querströme zu erhöhter Schwingneigung an der Phase führen. Dies kann erfordern, dass die Schwingneigung wiederum durch ein entsprechend dimensioniertes Snubber-Netzwerk abgebaut werden muss. Dessen Dämpfung und damit auch die umsetzbare Leistung ist wiederum an die erhöhte Schwingneigung anzupassen.
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30

Dies kann folglich zu erhöhten Bauteilkosten speziell für den Snubber-Widerstand führen.

Zusammengefasst führt die Wechselbarkeit der Schaltelemente in der  
5 Serienproduktion von Leistungsbaugruppen im Stand der Technik zu Nachteilen  
und insbesondere zu Zusatzkosten und verringerter Performance der  
Leistungsbaugruppe.

Es besteht daher die Aufgabe, Verfahren und Vorrichtungen bereitzustellen,  
10 welche die dem Stand der Technik anhaftenden Nachteile überwinden.

Die Aufgabe wird gelöst durch Verfahren, einen integrierten Schaltkreis und einen  
Leistungsbaugruppe mit den Merkmalen der jeweiligen unabhängigen Ansprüche.  
Optionale Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen und in der Beschreibung  
15 angegeben.

Bereitgestellt wird ein Verfahren zur Auswahl eines Ansteuerparametersatzes für  
ein in einer Leistungsbaugruppe verbautes Schaltelement. Das Verfahren umfasst  
ein Bereitstellen von mehreren vorbestimmten Ansteuerparametersätzen und  
20 Kennwerten für mehrere verschiedene vorbestimmte Schaltelementtypen, wobei  
das in der Leistungsbaugruppe verbaute Schaltelement einem Schaltelementtyp  
der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen entspricht. Ferner umfasst das  
Verfahren ein Ermitteln eines Messwertes in der Leistungsbaugruppe, welcher von  
einem oder mehreren Schaltelementparametern des Schaltelements abhängig ist.  
25 Zudem umfasst das Verfahren ein Vergleichen des ermittelten Messwerts mit den  
Kennwerten der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen. Außerdem umfasst  
das Verfahren ein Auswählen eines Ansteuerparametersatzes der mehreren  
vorbestimmten Ansteuerparametersätze zur Ansteuerung des Schaltelements auf  
Basis des Vergleichs des ermittelten Messwertes mit den Kennwerten der  
30 mehreren verschiedenen Schaltelementtypen.

Des Weiteren wird ein Verfahren zum Antreiben einer Last mittels einer Leistungsbaugruppe bereitgestellt. Das Verfahren umfasst ein Bereitstellen der Leistungsbaugruppe, wobei in der Leistungsbaugruppe zumindest ein Schaltelement verbaut ist, welches einem Schaltelementtyp von mehreren vorbestimmten verschiedenen Schaltelementtypen entspricht. Ferner umfasst das Verfahren ein Auswählen eines Ansteuerparametersatzes für das in der Leistungsbaugruppe verbaute Schaltelement mittels eines offenbarungsgemäßen Verfahrens. Zudem umfasst das Verfahren ein Antreiben einer Last mittels der Leistungsbaugruppe unter Verwendung des ausgewählten Ansteuerparametersatzes zur Ansteuerung des Schaltelements.

In einem weiteren Aspekt wird ein Verfahren zur Herstellung einer Leistungsbaugruppe bereitgestellt. Das Verfahren umfasst ein Verbauen zumindest eines Schaltelements in der Leistungsbaugruppe, wobei das Schaltelement einem Schaltelementtyp von mehreren vorbestimmten verschiedenen Schaltelementtypen entspricht. Ferner umfasst das Verfahren ein Auswählen eines Ansteuerparametersatzes zur Ansteuerung des in der Leistungsbaugruppe verbauten Schaltelements mittels eines offenbarungsgemäßen Verfahrens. Zudem umfasst das Verfahren ein Speichern des ausgewählten Ansteuerparametersatzes zur Ansteuerung des in der Leistungsbaugruppe verbauten Schaltelements in einem Speicherelement.

In einem weiteren Aspekt wird ein integrierter Schaltkreis zum Ansteuern eines Schaltelements in einer Leistungsbaugruppe bereitgestellt. Das Schaltelement entspricht dabei einem Schaltelementtyp von mehreren vorbestimmten verschiedenen Schaltelementtypen. Der integrierte Schaltkreis ist dazu eingerichtet, mehrere vorbestimmte Ansteuerparametersätze und Kennwerte für die mehreren verschiedenen vorbestimmten Schaltelementtypen bereitzustellen, und einen Messwert in der Leistungsbaugruppe zu ermitteln, welcher von einem oder mehreren Schaltelementparametern des Schaltelements abhängig ist. Außerdem ist der integrierte Schaltkreis dazu eingerichtet, den ermittelten Messwert mit den Kennwerten der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen

zu vergleichen. Zudem ist der integrierte Schaltkreis dazu eingerichtet, einen Ansteuerparametersatz der mehreren vorbestimmten Ansteuerparametersätze zur Ansteuerung des Schaltelements auf Basis des Vergleichs des ermittelten Messwertes mit den Kennwerten der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen auszuwählen.

In noch einem weiteren Aspekt wird eine Leistungsbaugruppe zur Ansteuerung einer Last bereitgestellt, wobei die Leistungsbaugruppe zumindest ein Schaltelement eines Schaltelementtyps von mehreren vorbestimmten

verschiedenen Schaltelementtypen aufweist. Die Leistungsbaugruppe ist dazu eingerichtet, mehrere vorbestimmte Ansteuerparametersätze und Kennwerte für die mehreren verschiedenen vorbestimmten Schaltelementtypen bereitzustellen, und einen Messwert in der Leistungsbaugruppe zu ermitteln, welcher von einer einem oder mehreren Schaltelementparametern des Schaltelements abhängig ist.

Ferner ist die Leistungsbaugruppe dazu eingerichtet, den ermittelten Messwert mit den Kennwerten der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen zu vergleichen, und einen Ansteuerparametersatz der mehreren vorbestimmten

Ansteuerparametersätze zur Ansteuerung des Schaltelements auf Basis des Vergleichs des ermittelten Messwertes mit den Kennwerten der mehreren

verschiedenen Schaltelementtypen auszuwählen.

Ein Ansteuerparametersatz ist dabei ein Datensatz, welcher einen oder mehrere Parameter enthalten kann, welche für die Ansteuerung von Schaltelementen eines bestimmten Schaltelementtyps in einer Leistungsbaugruppe und/oder mittels einer

Leistungsbaugruppe und insbesondere mittels eines integrierten Schaltkreises geeignet oder optimiert sein können.

Eine Leistungsbaugruppe kann dabei ein Treiber zum Antreiben einer Last sein.

Als Last wird im Rahmen der vorliegenden Offenbarung allgemein eine elektrische

Last bezeichnet. Insbesondere kann die Leistungsbaugruppe ein Motortreiber zum Antreiben eines Elektromotors sein, wobei in diesem Fall die Last einen Elektromotor umfasst. Insbesondere kann eine Leistungsbaugruppe dazu

ausgelegt sein, einen Gleichstrommotor, einen bürstenlosen Gleichstrommotor, beispielsweise mit zwei oder drei Phasen, einen Schrittmotor und/oder einen einphasigen oder mehrphasigen Wechselstrommotor anzusteuern. Eine Leistungsbaugruppe kann dabei eine Baugruppe aus mehreren Komponenten aufweisen. Optional kann die Leistungsbaugruppe ein oder mehrere Schaltelemente aufweisen und einen integrierten Schaltkreis zur Ansteuerung der Schaltelemente. Optional kann die Leistungsbaugruppe mehrere Schaltelemente aufweisen, welche in einer oder in mehreren Halbbrückenschaltungen verschaltet sind. Beispielsweise können für jede Phase des Elektromotors zwei oder mehr Schaltelemente bereitgestellt werden, welche zusammen in jeweils einer Halbbrückenschaltung mit zwei oder mehr Halbbrücken verschaltet sind. Die Leistungsbaugruppe kann ferner dazu eingerichtet sein, den Elektromotor unter Verwendung des ausgewählten Ansteuerparametersatzes zur Ansteuerung des Schaltelements anzutreiben.

Eine Last ist dabei insbesondere eine elektrische Last. Die Last kann einen oder mehrere elektrische Verbraucher umfassen. Beispielsweise kann eine Last einen Elektromotor umfassen oder als solcher ausgebildet sein. Die Last kann alternativ oder zusätzlich andere elektrische Verbraucher, wie etwa Leuchtmittel, umfassen.

Ein Schaltelement kann dabei ein Transistor sein. Optional kann das Schaltelement als Feldeffekttransistor, FET, ausgebildet sein und optional als Hochleistungs-FET. Optional kann das Schaltelement auch als IGBT ausgebildet sein. Für den Fachmann auf dem Gebiet gehört es zu den Fertigkeiten, das hier beschriebene Verfahren auch auf andere spannungs- oder stromgesteuerte Schaltelemente anzuwenden. Das Schaltelement kann dabei einen geöffneten Zustand und einen geschlossenen Zustand aufweisen, wobei das Schaltelement in geöffnetem Zustand einen Stromfluss unterbindet und im geschlossenen Zustand einen Stromfluss ermöglicht. Ein Schließen des Schaltelements kann dabei ein Überführen des Schaltelements vom geöffneten Zustand in den geschlossenen Zustand und ein Öffnen des Schaltelements ein Überführen des Schaltelements vom geschlossenen Zustand in den geöffneten Zustand

bezeichnen. Dass ein Schaltelement in der Leistungsbaugruppe verbaut ist, kann dabei beuteten, dass das Schalelement von einer Baugruppe der Leistungsbaugruppe umfasst ist und einen Teil von dieser bildet.

- 5 Verschiedene Schaltelementtypen können dabei verschiedene Arten und/oder Formen von Schaltelementen bezeichnen. Dabei können die Schaltelementtypen in manchen Aspekten gleiche oder ähnliche Spezifikationen aufweisen, um für den gleichen Zweck verwendet werden zu können. In anderen Aspekten können sich jedoch die verschiedenen Schaltelementtypen unterscheiden und eine andere
- 10 Optimierung hinsichtlich eines effizienten Schaltbetriebs erfordern. Insbesondere können sich die Schaltelemente verschiedener Schaltelementtypen hinsichtlich ihrer Gateladung unterscheiden. Die Gateladung bezeichnet dabei jene Ladungsmenge, die in einen Gate-Anschluss des Schaltelements eingespeist werden muss, um das Schaltelement, je nach Art des Schaltelements,
- 15 einzuschalten oder auszuschalten, d.h. in den geschlossenen Zustand zu überführen. Auch können sich die Schaltelemente verschiedener Schaltelementtypen hinsichtlich ihrer Schwellenspannung unterscheiden. Die Schwellenspannung ist dabei jener Spannungswert der Gatespannung des Schaltelements, ab welchem das Schaltelement einen Stromfluss ermöglicht. Die
- 20 Schwellenspannung kann etwa durch den Hersteller des Schaltelements bestimmt und angegeben werden, wie beispielsweise in einem Datenblatt des Schaltelements. Als Gatespannung wird im Rahmen der vorliegenden Offenbarung eine Gate-Source-Spannung bezeichnet.
- 25 Der Messwert ist dabei solch ein Messwert, welcher aus in der Leistungsbaugruppe messbaren verfügbaren Größen und optional mit den durch die Leistungsbaugruppe bereitgestellten Mitteln ermittelbar ist. Der Messwert kann dabei optional aus einem oder mehreren in der Leistungsbaugruppe gemessenen Größen bestimmt und/oder berechnet werden. Dabei kann der Messwert derartig
- 30 festgelegt sein, dass dieser mit den für die mehreren verschiedenen vorbestimmten Schaltelementtypen hinterlegten Kennwerten vergleichbar ist.

Das Antreiben einer Last kann dabei das kontrollierte Zuführen von elektrischer Energie zur Last umfassen. Das Antreiben eines Elektromotors kann gleichbedeutend sein mit dem Ansteuern des Elektromotors.

- 5 Der eine oder die mehreren Schaltelementparameter können dabei optional eine Gateladung des Schaltelements und/oder eine Schwellenspannung des Schaltelements umfassen.

10 Die Offenbarung bietet dabei den Vorteil, dass in der Leistungsbaugruppe eine Auswahl geeigneter Ansteuerparameter vorgenommen werden kann und auf diese Weise eine Anpassung der Ansteuerung des Schaltelements erfolgen kann. Dadurch kann erreicht werden, dass eine zumindest teilweise Optimierung der Ansteuerung auf das verbaute Schaltelement bzw. die verbauten Schaltelemente erfolgen kann, ohne dass dafür ein aufwendiger Optimierungsprozess erforderlich ist. Dies bietet somit den Vorteil, dass bei der Herstellung der Leistungsbaugruppe 15 Schaltelemente mehrerer verschiedener Schaltelementtypen für ein und denselben Zweck eingesetzt werden können und dennoch eine zumindest teilweise Optimierung der Ansteuerung des Schaltelements bzw. der Schaltelemente erfolgen kann. In diesem Fall kann der ausgewählte 20 Ansteuerparametersatz optional in einem nicht-flüchtigen Speicherelement abgespeichert werden. Dadurch kann vermieden werden, dass die Ansteuerung derart ausgestaltet werden muss, dass diese für alle verbaubaren Schaltelemente geeignet ist, aber in vielen Fällen die Ansteuerung nur mit Effizienzeinbußen erfolgen kann. Mit anderen Worten kann dadurch vermieden werden, dass die 25 Ansteuerung auf den schlechtest möglichen Fall ausgelegt und bei allen Schaltelementen in gleicher Weise angewendet werden muss. Vielmehr bietet die Offenbarung den Vorteil, dass eine Individualisierung der Ansteuerung für eine Mehrzahl von verschiedenen, vorbestimmten Schaltelementtypen, welche in der Leistungsbaugruppe verbaubar sind, erfolgen kann.

30

Ferner bietet die Erfindung den Vorteil, dass das Verfahren zur Auswahl des Ansteuerparametersatzes mittels der Leistungsbaugruppe selbst erfolgen kann,

ohne dass dafür zusätzliche Hardware zwingend erforderlich ist. Insbesondere können alle oder manche Verfahrensschritte mittels eines offenbarungsgemäßen integrierten Schaltkreises erfolgen, welchen die Leistungsbaugruppe aufweist. Da die Leistungsbaugruppe zur Funktion ohnehin einen integrierten Schaltkreis

- 5 benötigen kann, entsteht für einen offenbarungsgemäßen Leistungsbaugruppe kein Bedarf an zusätzlicher Hardware. Ferner bietet dies den Vorteil, dass das Verfahren zur Auswahl eines Ansteuerparametersatzes von der Leistungsbaugruppe selbst durchgeführt werden kann und entsprechend die Durchführung des Verfahrens nicht auf das Herstellungsverfahren beschränkt ist.
- 10 Vielmehr kann die Auswahl eines Ansteuerparametersatzes regelmäßig erfolgen, wie beispielsweise bei jedem Start bzw. bei der Inbetriebnahme der Leistungsbaugruppe. Mitanderen Worten kann die Leistungsbaugruppe ferner dazu eingerichtet sein, das Ermitteln des Messwerts, das Vergleichen des Messwerts mit den Kennwerten, und das Auswählen des Parametersatzes bei
- 15 einer und optional bei jeder Inbetriebnahme der Leistungsbaugruppe, d.h. bei jedem Start der Leistungsbaugruppe und/oder bei jedem Anlegen einer Versorgungsspannung an die Leistungsbaugruppe und/oder während eines laufenden Betriebs der Leistungsbaugruppe durchzuführen. Ebenso bietet dies die optionale Möglichkeit, auch bei Änderungen des Messwertes, die von einer
- 20 Degradation oder anderen Einflüssen herrühren, die Auswahl eines geeigneten Ansteuerparametersatzes vorzunehmen, wenngleich sich hinsichtlich des Schaltelementtyps keine Änderung ergibt.

- Ferner bietet die Offenbarung den Vorteil, dass auch im Herstellungsverfahren
- 25 eine Auswahl eines Ansteuerparametersatzes erfolgen kann und der Ansteuerparametersatz optional fest in einem nicht-flüchtigen Speicherelement hinterlegt wird. Dadurch kann eine effiziente Optimierung der Ansteuerung des Schaltelements bereits seitens des Herstellers erfolgen.

- 30 Ferner bietet die Erfindung den Vorteil, dass eine Totzeit für einen momentanen Arbeitspunkt des Schaltelements reduziert oder minimal eingestellt werden kann gemessen am Schaltverhalten eines weiteren Schaltelements in der

Halbbrückenschaltung. Der Stromfluss wird dadurch optional nur noch genau so lange im Laststromkreis unterbrochen, wie dies technisch erforderlich ist, um Querströme zu vermeiden. Außerdem bietet die Offenbarung den Vorteil, dass eine Effizienz der Leistungsbaugruppe durch eine Vermeidung von

- 5 Spannungsabfällen bei Stromführung über das Schaltelement gesteigert werden kann. Außerdem bietet die Offenbarung den Vorteil, dass eine Effektivität durch Verlängern der aktiven Bestromung der Last erreicht werden kann. Zudem kann ein verbessertes akustisches Verhalten durch optimierte Schaltvorgänge erzielt werden. Außerdem kann eine bessere elektromagnetische Verträglichkeit durch
- 10 die Vermeidung von Unstetigkeiten im Stromfluss zur Last erreicht werden.

- Die mehreren vorbestimmten Ansteuerparametersätze können dabei einen oder mehrere Parameter beinhalten, welche zur Ansteuerung eines Schaltelements eines der verschiedenen Schaltelementtypen ausgelegt sind. Insbesondere
- 15 können die Parameter einen Ladestrom für das Schaltelement und/oder einen Entladestrom des Schaltelements und /oder eine Totzeit, in welcher das Schaltelement bei einem Schaltvorgang zeitgleich mit einem weiteren Schaltelement in einer Halbbrücke der Leistungsbaugruppe in geschlossenem Zustand verbleibt, umfassen. Optional können die Parameter auch mehrere dieser
- 20 Parameter und/oder Kombinationen dieser Parameter aufweisen. Diese Parameter bieten den Vorteil, dass diese in der Leistungsbaugruppe hinterlegt werden können und sodann für eine optimierte Ansteuerung des Schaltelements verwendet werden können. Durch das Hinterlegen entsprechender Parametersätze für mehrere verschiedene Schaltelementtypen kann eine
- 25 effiziente Optimierung der Ansteuerung des Schaltelements erfolgen, auch wenn bei der Herstellung der Leistungsbaugruppe Schaltelemente unterschiedlicher Schaltelementtypen verbaut werden.

- Das Ermitteln des Messwertes kann ein Messen eines zeitlichen
- 30 Spannungsverlaufs einer Gatespannung des Schaltelements umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann das Ermitteln des Messwerts ein Messen eines zeitlichen Spannungsverlaufs über ein zweites Schaltelement umfassen, welches sich mit

dem Schaltelement in einer Halbbrücke der Leistungsbaugruppe befindet. Dies bietet den Vorteil, dass das Ermitteln des Messwerts durch die Leistungsbaugruppe selbst, insbesondere durch einen integrierten Schaltkreis, erfolgen kann, ohne dass dazu zusätzliche Hardware erforderlich ist. Zudem bietet dies den Vorteil, dass das Ermitteln des Messwerts optional durch das Messen einer oder mehrerer elektrischer Spannungen in der Leistungsbaugruppe und optional durch das Messen von Zeitdauern erfolgen kann. Dies ermöglicht, die Hardwareanforderungen gering zu halten.

- Das Ermitteln des Messwerts kann ein Messen einer oder mehrerer Zeitdauern umfassen. Dies kann beispielsweise eine Zeitdauer  $t_{d,OFF}$  zwischen einem Schließen des Schaltelements und dem Erreichen einer vorgegebenen OFF-Spannung  $U_{OFF}$  durch die Gatespannung des Schaltelements umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann dies eine Zeitdauer  $t_{d,ON}$  zwischen dem Schließen des Schaltelements und dem Erreichen einer ON-Spannung  $U_{ON}$  durch die Gatespannung des Schaltelements umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann dies eine Zeitdauer  $t_{d,PH}$  zwischen dem Schließen des Schaltelements und dem Beginn oder Ende einer Änderung der in der Halbbrückenschaltung anliegenden Phasenspannung  $U_{PH}$  umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann dies eine Zeitdauer  $dt_{PH,1}$  zwischen dem Erreichen der OFF-Spannung  $U_{OFF}$  am Schaltelement und dem Erreichen einer maximalen Spannung am zweiten Schaltelement in der Halbbrückenschaltung umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann dies eine Zeitdauer  $dt_{PH,2}$  zwischen dem Erreichen einer maximalen Spannung am zweiten Schaltelement in der Halbbrückenschaltung und dem Erreichen der ON-Spannung  $U_{ON}$  am Schaltelement umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann dies eine Zeitdauer  $dt_{ON,OFF}$  zwischen dem Erreichen der OFF-Spannung  $U_{OFF}$  durch die Gatespannung des Schaltelements und dem Erreichen der ON-Spannung  $U_{ON}$  durch die Gatespannung des Schaltelements umfassen. Dabei ist die OFF-Spannung jener Wert der Gatespannung des Schaltelements, bis zu welchem das Schaltelement in einem geöffneten Zustand ist. Entsprechend ist die ON-Spannung jener Spannungswert, welcher zum zuverlässigen Schließen des Schaltelements als Gatespannung angelegt wird. Die gemessenen Zeitdauern

der jeweiligen Spannungen sind dabei von der Gateladung und/oder von der Schwellenspannung des Schaltelements abhängig. Entsprechend bietet dies den Vorteil, dass auf diese Weise ein Messwert ermittelbar ist, der von der Gatespannung und/oder von der Schwellenspannung abhängt. Dies bietet somit

5 den Vorteil, dass das Ermitteln des Messwerts auf besonders effiziente Weise erfolgen kann, da sowohl das Abgreifen der erforderlichen Spannungswerte als auch das Messen von Zeitdauern mittels eines integrierten Schaltkreises der Leistungsbaugruppe erfolgen kann und entsprechend keine zusätzliche Hardware erforderlich ist. Ferner bietet dies den Vorteil, dass die Spannungen und

10 Zeitdauern mit sehr hoher Genauigkeit gemessen werden können und entsprechend der Messwert mit hoher Genauigkeit ermittelt werden kann. Darüber hinaus bietet die Offenbarung den Vorteil, dass die Leistungsbaugruppe keine Mittel zur Messung der Gateladung und/oder Schwellenspannung des Schaltelements aufweisen muss und kein direktes Messern der Gateladung

15 und/oder Schwellenspannung erforderlich ist.

Das Erreichen der jeweiligen Spannungswerte durch die Gatespannung bzw. die an dem zweiten Schaltelement anliegende Spannung kann durch entsprechende Komparatoren ermittelt werden. So kann die Leistungsbaugruppe etwa einen

20 Komparator zum Vergleich der am zweiten Schaltelement anliegenden Phasenspannung  $U_{PH}$  mit einem Referenzwert  $U_{PH,REF}$  und/oder einen Komparator zum Vergleich der Gatespannung  $U_{GS}$  des Schaltelements mit einem vorbestimmten Spannungswert der ON-Spannung  $U_{ON}$  und/oder einen Komparator zum Vergleich der Gatespannung  $U_{GS}$  des Schaltelements mit einem

25 vorbestimmten Spannungswert  $U_{OFF}$  umfassen. Manche oder alle der Komparatoren können dabei in den integrierten Schaltkreis integriert sein. Ferner kann die Leistungsbaugruppe und/oder der integrierte Schaltkreis dazu ausgelegt sein, ein Steuersignal und/oder einen Systemtakt bereitzustellen und/oder zu empfangen.

30 Optional umfasst das Ermitteln des Messwerts ein Messen zumindest zwei der folgenden Zeitdauern: Zeitdauer  $dt_{ON,OFF}$ , Zeitdauer  $dt_{PH,1}$ , Zeitdauer  $dt_{PH,2}$ . Dies

bietet den Vorteil, dass dadurch der ermittelte Messwert eine besonders hohe Aussagekraft aufweisen kann und entsprechend der Vergleich des Messwerts mit den Kennwerten der verschiedenen Schaltelementtypen zu einer besonders genauen Auswahl des Ansteuerparametersatzes führen kann.

5

Das Ermitteln des Messwerts in der Leistungsbaugruppe kann ein Generieren einer Schaltflanke umfassen. Eine Schaltflanke ist dabei eine Signalflanke, welche im Verlauf der über dem zweiten Schaltelement, welches sich mit dem Schaltelement in einer Halbbrückenschaltung befindet, entsteht, wenn das Schaltelement geöffnet oder geschlossen wird und sich entsprechend die Spannung über dem zweiten Schaltelement aufbaut oder abbaut. Der Beginn und/oder das Ende des Spannungsaufbaus und/oder Spannungsabbaus kann dabei einen präzise ermittelbaren Zeitpunkt darstellen, welcher für die Messung zumindest mancher der oben genannten Zeitdauern herangezogen werden kann.

10

Die Erzeugung der Schaltflanke kann optional in einem stromfreien Betriebszustand erfolgen. Dazu kann etwa ein weiteres Schaltelement, welches sich in einer anderen Halbbrücke der Halbbrückenschaltung mit dem Schaltelement befindet hochohmig geschaltet werden, sodass kein Strom durch die Last fließt.

15

20

Das Ermitteln des Messwerts in der Leistungsbaugruppe kann ferner ein Konfigurieren eines Gatetreiberausgangsstroms auf einen reduzierten Wert gegenüber eines Gatetreiberausgangsstroms zum Antreiben der Last mittels der Leistungsbaugruppe umfassen. Mit anderen Worten kann der

25

Gatetreiberausgangsstrom, mittels welchem die Gateladung auf das Gate des Schaltelements aufgebracht wird, herabgesenkt werden gegenüber dem Gatetreiberausgangsstrom, der üblicherweise zum Antreiben der Last verwendet wird. Dadurch können die Spannungsverläufe verlangsamt und entsprechend die zu messenden Zeitdauern verlängert werden. Entsprechend können die gemessenen Zeitdauern und/oder Spannungswerte mit einer höheren Genauigkeit gemessen werden, wodurch die Genauigkeit bei der Ermittlung des Messwerts verbessert werden kann.

30

Das Verfahren kann ferner vorab ein Vorkonditionieren einer Phasenspannung auf einen bestimmten Wert umfassen. Der vorbestimmte Wert kann etwa bei 0V oder bei der Versorgungsspannung  $U_{BAT}$  liegen. Dies kann beispielsweise durch ein

5 kurzzzeitiges An- und Wiederabschalten des weiteren Schaltelements in der Halbbrückenschaltung erfolgen. Dadurch können definierte Bedingungen für die Durchführung der Messungen zur Bestimmung des Messwerts geschaffen werden.

- 10 Das Verfahren zur Auswahl eines Ansteuerparametersatzes kann optional für mehrere Schaltelemente der Leistungsbaugruppe durchgeführt werden. Sofern in einer Leistungsbaugruppe nur Schaltelemente eines Typs verbaut sind, für welche ein Ansteuerparametersatz auszuwählen ist, kann es ausreichend sein, das Verfahren lediglich für ein Schaltelement durchzuführen und sodann den sich
- 15 daraus ergebenden Ansteuerparametersatz für alle verbauten Schaltelemente zu verwenden. Sofern nicht auszuschließen ist, dass Schaltelemente mehrerer verschiedener Typen in ein und derselben Leistungsbaugruppe verbaut sind, kann es vorteilhaft sein, das Verfahren für mehrere Schaltelemente und optional für alle der Schaltelemente separat durchzuführen und den am besten geeigneten
- 20 Ansteuerparametersatz für jedes Schaltelement separat zu ermitteln, für welches das Verfahren durchgeführt wird.

- Das Auswählen des Ansteuerparametersatzes im Rahmen eines Verfahrens zum Antreiben einer Last kann dabei vor dem Antreiben des Elektromotors und/oder zu
- 25 Beginn des Antreibens des Elektromotors erfolgen. Beispielsweise kann beim Starten der Leistungsbaugruppe eine Initialisierung der Leistungsbaugruppe stattfinden, wobei die Initialisierung das Auswählen des Ansteuerparametersatzes umfasst. Alternativ oder zusätzlich kann das Auswählen des Ansteuerparametersatzes auch bei laufender Applikation erfolgen, also etwa
- 30 während des Antreibens der Last durch die Leistungsbaugruppe. Dies kann beispielsweise in regelmäßigen und/oder unregelmäßigen Abständen wiederholt werden. Dies kann den Vorteil bieten, dass auch Veränderungen in der

Leistungsbaugruppe und insbesondere im Speicherelement, welche beispielsweise durch Verschleiß und/oder äußere Einflüsse auftreten können, erkannt und durch die Auswahl eines geeigneten Ansteuerparametersatzes berücksichtigt werden können.

5

Die Leistungsbaugruppe kann dazu ausgelegt sein, einen variablen Gatetreiberausgangsstrom zur Ansteuerung eines Gates des Schaltelements bereitzustellen. Insbesondere kann die Leistungsbaugruppe einen integrierten Schaltkreis umfassen, der dazu ausgelegt ist, einen variablen

10 Gatetreiberausgangsstrom bereitzustellen. Dies bietet den Vorteil, dass der Gatetreiberausgangsstrom variiert werden kann. Optional kann dies dazu genutzt werden, für die Durchführung eines Verfahrens zur Auswahl eines

Ansteuerparametersatzes den Gatetreiberausgangsstrom derart zu reduzieren, dass Schaltvorgänge des Schaltelements verlangsamt werden und die zu

15 messenden Zeitdauern länger andauern und entsprechend mit größerer

Genauigkeit gemessen werden können. Das relative Reduzieren des Gatetreiberausgangsstroms und die Verlängerung der Zeitdauern ist dabei mit

Bezug zum regulären Gatetreiberausgangsstrom und den Zeitdauern bei regulärer Ansteuerung der Last zum regulären Betrieb der Last zu verstehen. Die Variation

20 des Gatetreiberausgangsstroms kann dabei eine standardmäßige Funktion des in der Leistungsbaugruppe verbauten integrierten Schaltelements sein und/oder durch andere Komponenten der Leistungsbaugruppe verwirklicht werden.

Im Folgenden wird ein Beispiel für das Auswählen eines Parametersatzes für ein

25 Schaltelement erläutert, ohne dass die Offenbarung darauf beschränkt ist.

Als Beispiel sei eine Applikation erwähnt, in der bei der Herstellung einer Leistungsbaugruppe ein oder mehrere FETs als Schaltelemente verbaut werden, die zumindest einem der folgenden Schaltelementtypen entsprechen:

- 30
- STB80NF55
  - IRF530N
  - IRF540N

- SUM70040E

Diese FETs weisen ähnliche Eigenschaften hinsichtlich ihrer Spannungsfestigkeiten und Betriebsströme auf und können in gleichartigen Gehäusen bereitgestellt werden. Entsprechend können prinzipiell Schaltelemente eines beliebigen Schaltelementtyps der oben genannten Schaltelementtypen an einer bestimmten Stelle einer Leistungsbaugruppe alternativ verbaut werden. Allerdings können für eine effiziente oder gar optimale Ansteuerung dieser Schaltelemente unterschiedliche Ansteuerparametersätze erforderlich sein. Daher ist es vorteilhaft, den einen oder mehrere verbauten Schaltelemente hinsichtlich ihres Schaltelementtyps mit einem offenbarungsgemäßen Verfahren zu charakterisieren und sodann einen geeigneten, vorbestimmten Ansteuerparametersatz auszuwählen.

Beispielhaft werden zur Identifikation bzw. Charakterisierung des verbauten Schaltelements in einer Leistungsbaugruppe folgende Parameter verwendet:

- Gatetreiberausgangsstrom: 10mA
- $U_{\text{OFF}}=0.8\text{V}$
- $U_{\text{ON}}=10\text{V}$
- $U_{\text{PH,REF}}=1\text{V}$

Dabei ist zu berücksichtigen, dass der geringe Gatestrom nur zur Identifikation bzw. Charakterisierung des Schaltelements genutzt wird, nicht aber für den regulären Betrieb der Leistungsbaugruppe bzw. des Schaltelements zum Antreiben einer Last. In der laufenden Applikation ist der Gatestrom typischerweise deutlich höher, um die Verlustleistung des FETs zu minimieren. Die Wahl von  $U_{\text{PH,REF}}$  hat dabei lediglich einen vernachlässigbaren oder keinen nennenswerten Einfluß auf die Messung, da die Dauer der Schaltflanke im Vergleich zur Gesamtdauer des Schaltvorgangs sehr gering ist.

Mit den oben angegebenen Parametern ergeben sich folgende Messwerte für die jeweiligen Zeitdauern:

| FET       | $t_{d,OFFn}/\mu s$ | $t_{d,PH}/\mu s$ | $t_{d,ON}/\mu s$ | $dt_{ON,OFF}/\mu s$ | $dt_{PH,1}/\mu s$ |
|-----------|--------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|
| STB80NF55 | 0,8                | 1,5              | 10               | 8,5                 | 0,7               |
| IRF530N   | 0,296              | 1,11             | 3,7              | 2,59                | 0,814             |
| IRF540N   | 0,568              | 2,13             | 7,1              | 4,97                | 1,562             |
| SUM70040E | 0,608              | 3,8              | 7,6              | 3,8                 | 3,192             |

Damit lassen sich folgende Messwerte für die Zuordnung eines (typischerweise unbekannten) Schaltelements zu einem der Schaltelementtypen beispielhaft als Identifikationsmerkmale verwenden. Die Identifikationsmerkmale können dabei als Kennwert(e) für die jeweiligen Schaltelementtypen bereitgestellt werden:

1)  $t_{d,ON} > 8 \mu s$ : STB80NF55

2)  $t_{d,ON} < 4 \mu s$ : IRF530N

3)  $t_{d,ON} = 4 \mu s - 8 \mu s$ : IRF540N oder SUM70040E

Da im letzten Fall das Identifikationsmerkmal für beide FETs sehr nah beieinander liegt, kann sich ein weiterer Kennwert ggf. ein weiter Messwert für eine zuverlässige Unterscheidung dieser beiden Schaltelementtypen anbieten. Unter Hinzuziehung eines weiteren Messwerts, z.B.  $dt_{PH,1}$  ist diese Unterscheidung mit einer größeren Genauigkeit möglich. Das weitere Kriterium zur Unterscheidung könnte im Fall 3) beispielsweise lauten:

$dt_{PH,1} < 2 \mu s$ : IRF540N

$dt_{PH,1} > 2 \mu s$ : SUM70040E

Würde man versuchen, ausschließlich  $dt_{PH,1}$  zur Identifikation der FETs zu verwenden, wäre wiederum die Unterscheidung zwischen STB80NF55 und

IRF530N wegen des geringen Unterschieds dieses Merkmals nur mit geringerer Zuverlässigkeit möglich.

Bei höherer Anzahl von zu unterscheidenden Schaltelementtypen kann die

- 5 Verwendung von mehr als einem Identifikationsmerkmal bzw. mehr als einem Kennwert sinnvoll sein.

Die oben genannten und im Folgenden erläuterten Merkmale und

- 10 Ausführungsformen sind dabei nicht nur als in den jeweils explizit genannten Kombinationen offenbart anzusehen, sondern sind auch in anderen technisch sinnhaften Kombinationen und Ausführungsformen vom Offenbarungsgehalt umfasst.

Weitere Einzelheiten und Vorteile sollen nun anhand von den folgenden

- 15 Beispielen und optionalen Ausführungsformen mit Bezug auf die Figuren näher erläutert werden.

Es zeigen:

- 20 Figur 1 in einer schematischen Darstellung eine Leistungsbaugruppe gemäß einer optionalen Ausführungsform zur Ansteuerung einer Last;

- Figur 2A in einer schematischen Darstellung eine optionale Anordnung des Schaltelements mit einem weiteren Schaltelement in einer  
25 Halbbrückenordnung;

Figur 2B eine Halbbrückenordnung mit Gate-Source Kapazitäten

- Figur 3 ein Verfahren zur Auswahl eines Ansteuerparametersatzes für ein in  
30 einer Leistungsbaugruppe verbautes Schaltelement;

Figur 4 eine Erläuterung mehrerer zeitlicher Spannungsverläufe und Zeitdauern;

Figur 5 ein Verfahren zum Antreiben einer Last mittels einer Leistungsbaugruppe gemäß einer optionalen Ausführungsform;

Figur 6 ein Verfahren zur Herstellung einer Leistungsbaugruppe gemäß einer optionalen Ausführungsform;

Figur 7 eine Schaltung gemäß einer optionalen Ausführungsform zur Messung der oben genannten Zeitdauern in einer Leistungsbaugruppe;

Figur 8 eine Treiberschaltung gemäß einer optionalen Ausführungsform zur Bereitstellung eines variablen Gatetreiberausgangsstroms.

In den folgenden Figuren werden gleiche oder ähnliche Elemente in den verschiedenen Ausführungsformen der Einfachheit halber mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Figur 1 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Leistungsbaugruppe 100 gemäß einer optionalen Ausführungsform zur Ansteuerung einer Last 102. Dabei weist die Leistungsbaugruppe 100 zumindest ein Schaltelement 104 eines Schaltelementtyps von mehreren vorbestimmten verschiedenen Schaltelementtypen auf. Das Schaltelement ist dabei als Feldeffekttransistor, FET, ausgestaltet und weist zumindest die Anschlüsse Source, Drain und Gate auf. Ferner weist die Leistungsbaugruppe 100 einen integrierten Schaltkreis 106 auf, der dazu eingerichtet sein kann, eine oder mehrere Funktionen der Leistungsbaugruppe 100 zu übernehmen. Die Leistungsbaugruppe 100 ist dazu eingerichtet, mehrere vorbestimmte Ansteuerparametersätze und Kennwerte für die mehreren verschiedenen vorbestimmten Schaltelementtypen bereitzustellen. Diese können auf einem Speicherelement 110 der Leistungsbaugruppe 110

gespeichert sein. Außerdem ist die Leistungsbaugruppe 100 dazu eingerichtet, einen Messwert in der Leistungsbaugruppe 100 zu ermitteln, welcher von einer Gateladung des Schaltelements 104 und/oder von einer Schwellenspannung des Schaltelements 104 abhängig ist, und den ermittelten Messwert mit den

- 5 Kennwerten der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen zu vergleichen. Außerdem ist die Leistungsbaugruppe 100 dazu eingerichtet, einen Ansteuerparametersatz der mehreren vorbestimmten Ansteuerparametersätze zur Ansteuerung des Schaltelements 104 auf Basis des Vergleichs des ermittelten Messwertes mit den Kennwerten der mehreren verschiedenen
- 10 Schaltelementtypen auszuwählen.

Die Leistungsbaugruppe 100 und insbesondere der integrierte Schaltkreis 106 sind ferner dazu ausgelegt, einen variablen Gatetreiberausgangsstrom zur Ansteuerung des Gates des Schaltelements 104 bereitzustellen.

- 15 Die Leistungsbaugruppe 100 ist ferner dazu eingerichtet, das Ermitteln des Messwerts, das Vergleichen des Messwerts mit den Kennwerten und das Auswählen des Parametersatzes bei einer Inbetriebnahme der Leistungsbaugruppe 100 durchzuführen. Außerdem kann die Leistungsbaugruppe
- 20 100 dazu eingerichtet sein, das Verfahren zur Auswahl der Ansteuerparameter während des Betriebs wiederholt durchzuführen.

- Die Leistungsbaugruppe 100 ist sodann dazu eingerichtet, die Last 102 unter Verwendung des ausgewählten Ansteuerparametersatzes zur Ansteuerung des
- 25 Schaltelements 104 anzutreiben.

- Ferner kann die Leistungsbaugruppe 100 zumindest ein zweites Schaltelement 108 aufweisen. Das zweite Schaltelement 108 kann dabei zusammen mit dem Schaltelement 104 in einer Halbbrückenschaltung angeordnet werden und
- 30 zusammen mit dem Schaltelement 104 dazu dienen, die Last 102 anzutreiben bzw. anzusteuern und eine Stromzufuhr zur Last 102 zu steuern. Optional kann das zweite Schaltelement 108 demselben Schaltelementtyp entsprechen wie das

Schaltelement 104. Außerdem weist die Leistungsbaugruppe 100 ein Speicherelement 110 auf, in welchem insbesondere Ansteuerparametersätze abgespeichert sein können. Das Speicherelement 110 kann optional einen Teil des integrierten Schaltkreises 106 bilden.

5

Figur 2A zeigt in einer schematischen Darstellung eine optionale Anordnung des Schaltelements 104 mit dem Schaltelement 108 in einer Halbbrückenordnung. Die Schaltelemente 104 und 108 sind jeweils als Feldeffekttransistor, FET, ausgebildet, welche jeweils ein Gate 104a, 108a, eine Source 104b, 108b und ein Drain 104c, 108c aufweisen. Die dabei anliegenden Spannungen, welche im Rahmen eines offenbarungsgemäßen Verfahrens optional gemessen werden, sind an den jeweiligen Stellen indiziert. Dabei indiziert  $U_{BAT}$  eine bereitgestellte Batteriespannung,  $U_{GSH}$  die Gatespannung am Schaltelement 104 zwischen Gate 104a und Source 104b,  $U_{GSL}$  die Gatespannung am Schaltelement 108 zwischen Gate 108a und Source 108b, und  $U_{PH}$  die am zweiten Schaltelement 108 zwischen Source 108b und Drain 108c anliegende Phasenspannung. Figur 2B zeigt eine Halbbrückenschaltung, welche zwei Gate-Source Kapazitäten  $C_{GS}$  aufweist, wie im einleitenden Teil beschrieben.

Mit Verweis auf Figur 3 wird beispielhaft ein Verfahren 300 zur Auswahl eines Ansteuerparametersatzes für ein in einer Leistungsbaugruppe 100 verbautes Schaltelement 104 beschrieben, welches optional mit einer Leistungsbaugruppe 100 gemäß der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform durchführbar ist. Das Verfahren 300 umfasst in einem Schritt 302 ein Bereitstellen von mehreren vorbestimmten Ansteuerparametersätzen und Kennwerten für mehrere verschiedene vorbestimmte Schaltelementtypen, wobei das in der Leistungsbaugruppe 100 verbaute Schaltelement 104 einem Schaltelementtyp der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen entspricht.

In einem weiteren Schritt 304 umfasst das Verfahren 300 ein Ermitteln eines Messwertes in der Leistungsbaugruppe 100, welcher von einer Gateladung des Schaltelements 104 und/oder von einer Schwellenspannung des Schaltelements

- 104 abhängig ist. Das Ermitteln des Messwerts in der Leistungsbaugruppe 100 kann dabei ein Generieren einer Schaltflanke umfassen. Außerdem kann dies ein Konfigurieren eines Gatetreiberausgangsstroms auf einen reduzierten Wert gegenüber eines Gatetreiberausgangsstroms zum Antreiben der Last 102 mittels
- 5 der Leistungsbaugruppe 100 umfassen, sodass die zeitlichen Verläufe der sich ändernden Spannungen beim Generieren der Schaltflanke verlangsamt werden und entsprechend eine Genauigkeit bei der Messung einschlägiger Zeitdauern erhöht werden kann. Zudem kann das Ermitteln des Messwertes ein Messen eines zeitlichen Spannungsverlaufs einer Gatespannung des Schaltelements
- 10 und/oder ein Messen eines zeitlichen Spannungsverlaufs einer am zweiten Schaltelement 108 anliegenden Spannung umfassen, welches sich mit dem Schaltelement 104 in einer Halbbrückenschaltung der Leistungsbaugruppe 100 befindet, wie beispielhaft in Figur 2A gezeigt.
- 15 In einem weiteren Schritt 306 umfasst das Verfahren 300 ein Vergleichen des ermittelten Messwerts mit den Kennwerten der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen.
- In einem weiteren Schritt 308 umfasst das Verfahren 300 ein Auswählen eines
- 20 Ansteuerparametersatzes der mehreren vorbestimmten Ansteuerparametersätze zur Ansteuerung des Schaltelements 104 auf Basis des Vergleichs des ermittelten Messwertes mit den Kennwerten der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen.
- 25 Das beschriebene Verfahren 300 kann optional für mehrere Schaltelemente 104, 108 der Leistungsbaugruppe 100 durchgeführt werden. Das Verfahren 300 ermöglicht dabei, ein Schaltelement 104 zu identifizieren bzw. zu charakterisieren und entsprechend einen am besten geeigneten Ansteuerparametersatz aus mehreren vorbestimmten und bereitgestellten Ansteuerparametersätzen
- 30 auszuwählen, um die jeweiligen Schaltelemente 104, 108 auf effiziente Weise anzusteuern.

Die mehreren vorbestimmten Ansteuerparametersätze können einen oder mehrere der folgenden Parameter beinhalten, welche zur Ansteuerung des Schaltelements 104 eines der verschiedenen Schaltelementtypen ausgelegt sind. Insbesondere können die Parameter einen Ladestrom für das Schaltelement 104, einen Entladestrom des Schaltelements 104 und eine Totzeit, in welcher das Schaltelement 104 bei einem Schaltvorgang zeitgleich mit einem weiteren Schaltelement 108 in einer Halbbrückenschaltung der Leistungsbaugruppe 100 in geöffnetem Zustand verbleibt.

Mit Verweis auf Figur 4 werden im Folgenden mehrere zeitliche Spannungsverläufe und Zeitdauern angegeben, welche im Rahmen des Ermitteln des Messwerts gemäß Schritt 304 des Verfahrens 300 relevant sein können. Dabei sind mehrere Signale in den Graphen in Abschnitten a), b) und c) der Figur 4 gezeigt, welche das jeweilige Signal bzw. die Spannung in beliebigen Einheiten auf der vertikalen Achse und eine gemeinsame Zeitachse in beliebigen Einheiten auf der horizontalen Achse auftragen.

Der Graph in Abschnitt a) zeigt den zeitlichen Verlauf eines Steuersignals HS, mittels welchem ein Übergang vom geöffneten in den geschlossenen Zustand des Schaltelements 104 herbeigeführt wird. Der Graph in Abschnitt b) zeigt die Gatespannung  $U_{\text{GSH}}$  des Schaltelements 104 und der Graph in Abschnitt c) zeigt eine Phasenspannung  $U_{\text{PH}}$ , welche sowohl an dem zweiten Schaltelement 108 zwischen Source 108b und Drain 108c als auch an einem Ausgang der Leistungsbaugruppe anliegt.

Betrachtet man die Graphen in den Abschnitten a) bis c) in Zusammenschau, so ist erkennbar, dass das Schließen des Schaltelements 104, ausgelöst durch das Steuersignal HS, zunächst einen Ansteigen der Gatespannung  $U_{\text{GSH}}$  des Schaltelements 104 verursacht und bei Erreichen einer Schwellenspannung  $U_{\text{th}}$  zum zeitlich verzögerten Entstehen einer Schaltflanke führt, d.h. zu einem steilen Anstieg in der Spannung in der Last 102 und am zweiten Schaltelement 108. Durch Absenken des Gatetreiberausgangsstroms, mit welchem das Gate 104a

des Schaltelements 104 angesteuert wird und welches die Gatespannung  $U_{GSH}$  am ersten Schaltelement 104 verursacht, können der Anstieg der Spannungen und entsprechend die indizierten Zeitdauern verlängert werden.

- 5 Der dargestellte Schaltvorgang ist dabei unter anderem durch folgende Spannungen und Zeitdauern gekennzeichnet, welche durch die Leistungsbaugruppe 100 gemessen werden können und für die Ermittlung des Messwerts zur Auswahl des Ansteuerparametersatzes herangezogen werden können. Manche oder alle der Zeitdauern können von der Gateladung des
- 10 Schaltelements 104 und/oder von der Schwellenspannung des Schaltelements 104 abhängen. Dennoch ist es nicht erforderlich, die Gateladung und/oder die Schwellenspannung an sich zu messen. Die Messung kann sich vielmehr auf eine oder mehrere der folgenden Zeitdauern beschränken, wofür die technischen Anforderungen geringer sein können, als dies für eine direkte Messung der
- 15 Gateladung der Fall wäre.

- Das Ermitteln des Messwerts in Schritt 304 kann ein Messen einer Zeitdauer  $t_{d,OFF}$  zwischen einem Schließen des Schaltelements, d.h. dem Vorliegen des Steuersignals HS, und dem Erreichen einer vorgegebenen OFF-Spannung  $U_{OFF}$
- 20 durch die Gatespannung des Schaltelements 104 umfassen.

- Alternativ oder zusätzlich kann das Ermitteln des Messwerts in Schritt 304 ein Messen einer Zeitdauer  $t_{d,ON}$  zwischen dem Schließen des Schaltelements 104 und dem Erreichen einer ON-Spannung  $U_{ON}$  durch die Gatespannung des
- 25 Schaltelements 104 umfassen.

- Alternativ oder zusätzlich kann das Ermitteln des Messwerts in Schritt 304 ein Messen einer Zeitdauer  $t_{d,PH}$  zwischen dem Schließen des Schaltelements 104 und dem Erreichen einer maximalen Spannung zwischen Source 108b und Drain
- 30 108c am zweiten Schaltelement 108 in der Halbbrückenschaltung mit dem Schaltelement 104 umfassen.

Alternativ oder zusätzlich kann das Ermitteln des Messwerts in Schritt 304 ein Messen einer Zeitdauer  $dt_{PH,1}$  zwischen dem Erreichen der OFF-Spannung  $U_{OFF}$  durch die Gatespannung am Schaltelement 104 und dem Erreichen einer maximalen Source-Drain Spannung am zweiten Schaltelement 108 in der Halbbrückenschaltung umfassen.

Alternativ oder zusätzlich kann das Ermitteln des Messwerts in Schritt 304 ein Messen einer Zeitdauer  $dt_{PH,2}$  zwischen dem Erreichen einer maximalen Source-Drain Spannung am zweiten Schaltelement 108 in der Halbbrückenschaltung und dem Erreichen der ON-Spannung  $U_{ON}$  am Schaltelement 104 umfassen.

Alternativ oder zusätzlich kann das Ermitteln des Messwerts in Schritt 304 ein Messen einer Zeitdauer  $dt_{ON,OFF}$  zwischen dem Erreichen der OFF-Spannung  $U_{OFF}$  durch die Gatespannung des Schaltelements und dem Erreichen der ON-Spannung  $U_{ON}$  durch die Gatespannung des Schaltelements 104 umfassen.

Auf Basis einer oder mehrerer der gemessenen Zeitdauern kann sodann der Messwert ermittelt werden, welcher mit den Kennwerten der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen verglichen werden kann, um darauf basierend den Ansteuersatz eines Schaltelementtyps auszuwählen, dem das Schaltelement 104 entspricht.

Optional umfasst das Ermitteln des Messwerts in Schritt 304 ein Messen zumindest zwei der folgenden Zeitdauern: Zeitdauer  $dt_{ON,OFF}$ , Zeitdauer  $dt_{PH,1}$ , Zeitdauer  $dt_{PH,2}$ . Dadurch kann eine Genauigkeit erhöht werden und die Auswahl des Ansteuersatzes für das Schaltelement 104 besonders zuverlässig erfolgen.

Das oben beschriebene Verfahren zur Auswahl eines Ansteuerparametersatzes für ein Schaltelement 104 kann in ein Verfahren zum Antreiben einer Last 102 mit einer Leistungsbaugruppe 100 und/oder in Verfahren zur Herstellung einer Leistungsbaugruppe 100 implementiert sein. Das Verfahren kann dabei von einer

Leistungsbaugruppe 100 und/oder von einem integrierten Schaltkreis 106 ausgeführt werden.

Mit Bezug zu Figur 5 wird ein Verfahren 500 zum Antreiben einer Last 102 mittels einer Leistungsbaugruppe 100 gemäß einer optionalen Ausführungsform beschrieben. Das Verfahren 500 umfasst in einem Schritt 502 ein Bereitstellen der Leistungsbaugruppe 100, wobei in der Leistungsbaugruppe 100 zumindest ein Schaltelement 104 verbaut ist, welches einem Schaltelementtyps von mehreren vorbestimmten verschiedenen Schaltelementtypen entspricht.

Ferner umfasst das Verfahren 500 in einem Schritt 504 ein Auswählen eines Ansteuerparametersatzes für das in der Leistungsbaugruppe 100 verbaute Schaltelement 104 mittels eines oben-beschriebenen Verfahrens 300.

Ferner umfasst das Verfahren 500 in einem Schritt 506 ein Antreiben der Last 102 mittels der Leistungsbaugruppe 100 unter Verwendung des ausgewählten Ansteuerparametersatzes zur Ansteuerung des Schaltelements 104.

Das Auswählen des Ansteuerparametersatzes gemäß Schritt 504 kann dabei optional vor dem Antreiben der Last 102 und/oder zu Beginn des Antreibens der Last 102 und/oder wiederholt während des Antreibens der Last 102 erfolgen.

Das oben beschriebene Verfahren 300 zur Auswahl eines Ansteuerparametersatzes für ein Schaltelement 104 kann zudem in ein Verfahren zur Herstellung einer Leistungsbaugruppe 100 implementiert sein. Das Verfahren kann dabei von einer Leistungsbaugruppe 100 und/oder von einem integrierten Schaltkreis 106 ausgeführt werden.

Mit Bezug zu Figur 6 wird ein Verfahren 600 zur Herstellung einer Leistungsbaugruppe 100 gemäß einer optionalen Ausführungsform erläutert.

Das Verfahren 600 umfasst in Schritt 602 ein Verbauen zumindest eines Schaltelements 104 in der Leistungsbaugruppe 100, wobei das Schaltelement 104 einem Schaltelementtyp von mehreren vorbestimmten verschiedenen Schaltelementtypen entspricht.

5

In Schritt 604 umfasst das Verfahren 600 ein Auswählen eines Ansteuerparametersatzes zur Ansteuerung des in der Leistungsbaugruppe 100 verbauten Schaltelements 104 mittels des oben-beschriebenen Verfahrens 300.

- 10 In Schritt 604 umfasst das Verfahren 600 ein Speichern des ausgewählten Ansteuerparametersatzes zur Ansteuerung des in der Leistungsbaugruppe 100 verbauten Schaltelements 104 in einem Speicherelement 110. Das Speicherelement 110 kann dabei als nicht-flüchtiges Speicherelement ausgebildet sein, sodass der Ansteuerparametersatz dauerhaft gespeichert ist und für das
- 15 Ansteuern der Last 102 fest hinterlegt ist.

- Figur 7 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Schaltung 700 gemäß einer optionalen Ausführungsform zur Messung der oben genannten Zeitdauern in einer Leistungsbaugruppe 100. Optional kann eine Leistungsbaugruppe 100 und/oder
- 20 ein integrierter Schaltkreis 106 der Leistungsbaugruppe 100 eine derartige Schaltung 700 umfassen. Die Schaltung 700 weist dabei einen Zähler 702 auf, welcher zum Messen von Zeitdauern ausgelegt ist und welcher das Steuersignal HS zum Öffnen und Schließen des Schaltelements 104 sowie ein Taktsignal 704 empfängt. Zudem weist die Schaltung 700 drei Komparatoren 706a, 706b und
- 25 706c auf, welche dazu ausgelegt sind, die Gatespannung bzw. die Source-Drain Spannung des Schaltelements 104 mit vorgegebenen Referenzwerten zu vergleichen.

- Der Zähler 702 lässt sich optional durch verschiedene Ereignisse starten und
- 30 stoppen. Zu diesen Ereignissen können optional zählen:

- Eine Änderung des Steuersignals HS, welches das entsprechende Schaltelement 104 einschaltet (oder abschaltet), d.h. schließt oder öffnet.

- Ein Über-/Unterschreiten der OFF-Spannung  $U_{OFF}$  durch die Gatespannung, gemessen durch den Komparator 706c mit einer entsprechenden Referenzspannung  $U_{OFF}$ .

5

- Ein Über-/Unterschreiten der ON-Spannung  $U_{ON}$  durch die Gatespannung, gemessen durch den Komparator 706b mit einer entsprechenden Referenzspannung  $U_{ON}$ .

10

- Ein Über-/Unterschreiten der Referenzphasenspannung  $U_{PH,REF}$  durch die Phasenspannung  $U_{PH}$ , gemessen durch den Komparator 706a mit einer entsprechenden Referenz für  $U_{PH,REF}$ .

15

Die Auswahl der Start- oder Stop Ereignisse für den Zähler 702 kann dabei in Abhängigkeit von den vorhandenen Möglichkeiten in der Leistungsbaugruppe 100 gewählt werden. Alternativ oder zusätzlich können bei der Auswahl der Start- oder Stop-Ereignisse etwaige Unterschiede zwischen den Schaltelementtypen berücksichtigt werden.

20

Figur 8 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Treiberschaltung 800 gemäß einer optionalen Ausführungsform zur Bereitstellung eines variablen, d.h. einstellbaren, Gatetreiberausgangsstroms. Die Treiberschaltung 800 weist ein Stromeinstellungselement 802 auf, mittels welchem der Gatetreiberausgangsstrom, welcher dem Gate 104a des Schaltelements 104

25

zugeführt wird eingestellt werden kann. Die Treiberschaltung 800 und insbesondere das Stromeinstellungselement 802 können Teil des integrierten Schaltkreises 106 und/oder der Leistungsbaugruppe 100 sein. Ferner weist die Treiberschaltung 800 einen Eingangsschalter 804 auf, der in geschlossenem Zustand das Gate 104a des Schaltelements 104 mit dem Potenzial der

30

Batteriespannung verbindet, und einen Ausgangsschalter 806, der in geschlossenem Zustand das Gate 104a mit dem Massepotenzial verbindet. In jedem Schaltzustand ist maximal einer der beiden Schalter 804, 806 geschlossen. Ist der Eingangsschalter 804 geschlossen, fließt ein Strom  $I_{ON}$  auf das Gate und das Schaltelement wird eingeschaltet bzw. geschlossen. Ist der Ausgangsschalter

806 geschlossen, wird das Gate 104a entladen und das Schaltelement 106 wird ausgeschaltet bzw. geöffnet, wobei die Gateladung als Strom  $I_{\text{OFF}}$  abfließt. Gemäß anderen Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass das Schaltelement 104 bei geladenem Gate geöffnet ist und bei entladendem Gate geschlossen ist.

5

Um den Ladevorgang und Entladevorgang des Gates 104a steuern zu können, weist die Treiberschaltung 800 ferner eine einstellbare Einschaltstromquelle 808 und eine einstellbare Ausschaltstromquelle 810 auf. Mit diesen kann die Stromstärke des Einschaltstroms  $I_{\text{ON}}$  bzw. des Ausschaltstroms  $I_{\text{OFF}}$  begrenzt werden und entsprechend die Zeitdauern des Ladens bzw. Entladens des Gates 104a variiert werden. Dies ermöglicht das Variieren des Gatetreiberausgangsstroms und kann dazu genutzt werden, die eine oder mehreren zu messenden Zeitdauern beim Ermitteln des Messwerts in Schritt 304 zu verlängern, um eine höhere Genauigkeit zu erzielen. Gemäß anderen Ausführungsformen kann in der Treiberschaltung 800 lediglich eine Stromquelle für entweder den Einschaltvorgang oder den Ausschaltvorgang bereitgestellt werden. Die Leistungsbaugruppe 100 und optional der integrierte Schaltkreis 106 der Leistungsbaugruppe 100 können dabei optional eine oder mehrere solcher Treiberschaltungen 800 aufweisen.

10

15

20

**Bezugszeichenliste**

|    |                  |                          |
|----|------------------|--------------------------|
|    | 100              | Leistungsbaugruppe       |
|    | 102              | Last                     |
| 5  | 104              | Schaltelement            |
|    | 104a             | Gate                     |
|    | 104b             | Source                   |
|    | 104c             | Drain                    |
|    | 106              | integrierter Schaltkreis |
| 10 | 108              | zweites Schaltelement    |
|    | 108a             | Gate                     |
|    | 108b             | Source                   |
|    | 108c             | Drain                    |
|    | 110              | Speicherelement          |
| 15 |                  |                          |
|    | 300              | Verfahren                |
|    | 302 – 308        | Verfahrensschritte       |
|    |                  |                          |
|    | 500              | Verfahren                |
| 20 | 502 – 506        | Verfahrensschritte       |
|    |                  |                          |
|    | 600              | Verfahren                |
|    | 602 – 606        | Verfahrensschritte       |
|    |                  |                          |
| 25 | 700              | Schaltung                |
|    | 702              | Zähler                   |
|    | 704              | Taktsignal               |
|    | 706a, 706b, 706c | Komparator               |
|    |                  |                          |
| 30 | 800              | Treiberschaltung         |
|    | 802              | Stromeinstellungselement |
|    | 804              | Einschaltswitch          |
|    | 806              | Ausschaltswitch          |
|    | 808              | Einschaltstromquelle     |
| 35 | 810              | Ausschaltstromquelle     |

|    |               |                                                                               |
|----|---------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|    | $U_{BAT}$     | Batteriespannung bzw. Versorgungsspannung der Halbbrücke                      |
|    | $U_{GSH}$     | Gatespannung des Schaltelements                                               |
|    | $U_{GSL}$     | Gatespannung des Schaltelements                                               |
|    | $U_{GS}$      | Gatespannung (Gate-Source Spannung)                                           |
| 5  | $U_{PH}$      | Phasenspannung                                                                |
|    | $U_{PH,REF}$  | Referenzwert für Phasenspannung                                               |
|    | $U_{ON}$      | ON-Spannung                                                                   |
|    | $U_{OFF}$     | OFF-Spannung                                                                  |
|    | $U_{th}$      | Schwellenspannung                                                             |
| 10 | $I_{ON}$      | Einschaltstrom                                                                |
|    | $I_{OFF}$     | Ausschaltstrom                                                                |
|    | $C_{GS}$      | Gate-Source-Kapazität                                                         |
|    | $t_{d,ON}$    | Zeitdauer bis Erreichen der ON-Spannung                                       |
| 15 | $t_{d,PH}$    | Zeitdauer bis Erreichen der Schaltflanke                                      |
|    | $t_{d,OFF}$   | Zeitdauer bis Erreichen der OFF-Spannung                                      |
|    | $dt_{PH,1}$   | Zeitdauer zwischen OFF-Spannung und Anstieg der Phasenspannung (Schaltflanke) |
|    | $dt_{PH,2}$   | Zeitdauer zwischen Schaltflanke und ON-Spannung                               |
| 20 | $dt_{ON,OFF}$ | Zeitdauer zwischen Erreichen der OFF- und Erreichen der ON-Spannung           |

**Patentansprüche**

1. Verfahren (300) zur Auswahl eines Ansteuerparametersatzes für ein in  
5 einer Leistungsbaugruppe (100) verbautes Schaltelement (104), das Verfahren  
(300) umfassend:

- Bereitstellen (302) von mehreren vorbestimmten Ansteuerparametersätzen  
und Kennwerten für mehrere verschiedene vorbestimmte  
10 Schaltelementtypen, wobei das in der Leistungsbaugruppe (100) verbaute  
Schaltelement (104) einem Schaltelementtyp der mehreren verschiedenen  
Schaltelementtypen entspricht;
- Ermitteln (304) eines Messwertes in der Leistungsbaugruppe (100), welcher  
von einem oder mehreren Schaltelementparametern des Schaltelements  
(104) abhängig ist;
- 15 - Vergleichen (306) des ermittelten Messwerts mit den Kennwerten der  
mehreren verschiedenen Schaltelementtypen;
- Auswählen (308) eines Ansteuerparametersatzes der mehreren  
vorbestimmten Ansteuerparametersätze zur Ansteuerung des  
Schaltelements (104) auf Basis des Vergleichs des ermittelten Messwertes  
20 mit den Kennwerten der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei der eine oder die mehreren  
Schaltelementparameter eine Gateladung des Schaltelements (104) und/oder eine  
Schwellenspannung des Schaltelements (104) umfassen.

3. Verfahren (300) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die mehreren  
vorbestimmten Ansteuerparametersätze einen oder mehrere der folgenden  
Parameter beinhalten, welche zur Ansteuerung eines Schaltelements (104) eines  
der verschiedenen Schaltelementtypen ausgelegt sind:

- einen Ladestrom für das Schaltelement (104);
- einen Entladestrom des Schaltelements (104);

- eine Totzeit, in welcher das Schaltelement (104) bei einem Schaltvorgang zeitgleich mit einem weiteren Schaltelement (108) in einer Halbbrückenschaltung der Leistungsbaugruppe (100) in geöffnetem Zustand verbleibt.

5

4. Verfahren (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Ermitteln des Messwertes ein Messen eines zeitlichen Spannungsverlaufs einer Gatespannung des Schaltelements (104) und/oder ein Messen eines zeitlichen Spannungsverlaufs über ein zweites Schaltelement (108) umfasst, welches sich mit dem Schaltelement in einer Halbbrückenschaltung der Leistungsbaugruppe (100) befindet.

10

5. Verfahren (300) gemäß Anspruch 4, wobei das Ermitteln (304) des Messwertes ein Messen einer oder mehrerer der folgenden Zeitdauern umfasst:

15

- eine Zeitdauer  $t_{d,OFF}$  zwischen einem Signalwechsel eines Ansteuersignals des Gatetreibers und dem Erreichen einer vorgegebenen OFF-Spannung  $U_{OFF}$  durch die Gatespannung des Schaltelements (104);
- eine Zeitdauer  $t_{d,ON}$  zwischen dem Signalwechsel eines Ansteuersignals des Gatetreibers und dem Erreichen einer ON-Spannung  $U_{ON}$  durch die Gatespannung des Schaltelements (104);
- eine Zeitdauer  $t_{d,PH}$  zwischen dem Signalwechsel eines Ansteuersignals des Gatetreibers und der Schaltflanke in der Halbbrückenschaltung;
- eine Zeitdauer  $dt_{PH,1}$  zwischen dem Erreichen der OFF-Spannung  $U_{OFF}$  am Schaltelement (104) und der Schaltflanke in der Halbbrückenschaltung;
- eine Zeitdauer  $dt_{PH,2}$  zwischen dem Erreichen der Schaltflanke in der Halbbrücke und dem Erreichen der ON-Spannung  $U_{ON}$  am Schaltelement (104);
- eine Zeitdauer  $dt_{ON,OFF}$  zwischen dem Erreichen der OFF-Spannung  $U_{OFF}$  durch die Gatespannung des Schaltelements (104) und dem Erreichen der ON-Spannung  $U_{ON}$  durch die Gatespannung des Schaltelements (104).

20

25

30

6. Verfahren (300) gemäß Anspruch 5, wobei das Ermitteln (304) des Messwerts ein Messen zumindest zwei der folgenden Zeitdauern umfasst: Zeitdauer  $dt_{ON,OFF}$ , Zeitdauer  $dt_{PH,1}$ , Zeitdauer  $dt_{PH,2}$ .

5 7. Verfahren (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Ermitteln (304) des Messwerts in der Leistungsbaugruppe ein Generieren einer Schaltflanke umfasst.

10 8. Verfahren (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Ermitteln (304) des Messwerts in der Leistungsbaugruppe (100) ein Konfigurieren eines Gatetreiberausgangsstroms auf einen reduzierten Wert gegenüber eines Gatetreiberausgangsstroms zum Antreiben einer Last (102) mittels der Leistungsbaugruppe (100) umfasst.

15 9. Verfahren (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren (300) für mehrere Schaltelemente (104, 108) der Leistungsbaugruppe (100) durchgeführt wird.

20 10. Verfahren (500) zum Antreiben einer Last (102) mittels einer Leistungsbaugruppe (100), das Verfahren (500) umfassend:

- Bereitstellen (502) der Leistungsbaugruppe (100), wobei in der Leistungsbaugruppe (100) zumindest ein Schaltelement (104) verbaut ist, welches einem Schaltelementtyp von mehreren vorbestimmten verschiedenen Schaltelementtypen entspricht;
- 25 - Auswählen (504) eines Ansteuerparametersatzes für das in der Leistungsbaugruppe (100) verbaute Schaltelement (104) mittels eines Verfahrens gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche;
- Antreiben (506) der Last (102) mittels der Leistungsbaugruppe (100) unter Verwendung des ausgewählten Ansteuerparametersatzes zur Ansteuerung
- 30 des Schaltelements (104).

11. Verfahren (500) gemäß Anspruch 10, wobei das Auswählen des Ansteuerparametersatzes vor dem Antreiben der Last (102) und/oder zu Beginn des Antreibens der Last (102) und/oder wiederholt während des Antreibens der Last (102) erfolgt.

5

12. Verfahren (600) zur Herstellung einer Leistungsbaugruppe (100), das Verfahren (600) umfassend:

10

- Verbauen (602) zumindest eines Schaltelements (104) in der Leistungsbaugruppe (100), wobei das Schaltelement (104) einem Schaltelementtyp von mehreren vorbestimmten verschiedenen Schaltelementtypen entspricht;
- Auswählen (604) eines Ansteuerparametersatzes zur Ansteuerung des in der Leistungsbaugruppe (100) verbauten Schaltelements (104) mittels eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8;
- Speichern (606) des ausgewählten Ansteuerparametersatzes zur Ansteuerung des in der Leistungsbaugruppe (100) verbauten Schaltelements (104) in einem Speicherelement (110).

15

20

13. Verfahren (600) gemäß Anspruch 12, wobei das Speicherelement (110) als nicht-flüchtiges Speicherelement ausgebildet ist.

25

14. Integrierter Schaltkreis (106) zum Ansteuern eines Schaltelements (104) in einer Leistungsbaugruppe (100), wobei das Schaltelement (104) einem Schaltelementtyp von mehreren vorbestimmten verschiedenen Schaltelementtypen entspricht und wobei der integrierte Schaltkreis dazu eingerichtet ist:

30

- mehrere vorbestimmte Ansteuerparametersätze und Kennwerte für die mehreren verschiedenen vorbestimmten Schaltelementtypen bereitzustellen;
- einen Messwert in der Leistungsbaugruppe (100) zu ermitteln, welcher von einem oder mehreren Schaltelementparametern des Schaltelements (104) abhängig ist;

- den ermittelten Messwert mit den Kennwerten der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen zu vergleichen;
- einen Ansteuerparametersatz der mehreren vorbestimmten Ansteuerparametersätze zur Ansteuerung des Schaltelements (104) auf Basis des Vergleichs des ermittelten Messwertes mit den Kennwerten der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen auszuwählen.

15. Verfahren gemäß Anspruch 14, wobei der eine oder die mehreren Schaltelementparameter eine Gateladung des Schaltelements (104) und/oder eine Schwellenspannung des Schaltelements (104) umfassen.

16. Integrierter Schaltkreis (106) gemäß Anspruch 14 oder 15, wobei der integrierte Schaltkreis (106) dazu ausgelegt ist, einen variablen Gatetreiberausgangsstrom zur Ansteuerung eines Gates (104a) des Schaltelements (104) bereitzustellen.

17. Leistungsbaugruppe (100) zur Ansteuerung einer Last (102), wobei die Leistungsbaugruppe (100) zumindest ein Schaltelement (104) eines Schaltelementtyps von mehreren vorbestimmten verschiedenen Schaltelementtypen aufweist; und wobei die Leistungsbaugruppe (100) dazu eingerichtet ist:

- mehrere vorbestimmte Ansteuerparametersätze und Kennwerte für die mehreren verschiedenen vorbestimmten Schaltelementtypen bereitzustellen;
- einen Messwert in der Leistungsbaugruppe zu ermitteln, welcher von einem oder mehreren Schaltelementparametern des Schaltelements (104) abhängig ist;
- den ermittelten Messwert mit den Kennwerten der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen zu vergleichen;
- einen Ansteuerparametersatz der mehreren vorbestimmten Ansteuerparametersätze zur Ansteuerung des Schaltelements (104) auf Basis des Vergleichs des ermittelten Messwertes mit den Kennwerten der mehreren verschiedenen Schaltelementtypen auszuwählen.

18. Leistungsbaugruppe (100) gemäß Anspruch 17, wobei der eine oder die mehreren Schaltelementparameter eine Gateladung des Schaltelements (104) und/oder eine Schwellenspannung des Schaltelements (104) umfassen.

5

19. Leistungsbaugruppe (100) gemäß Anspruch 17 oder 18, wobei die Leistungsbaugruppe (100) ferner dazu eingerichtet ist, das Ermitteln des Messwerts, das Vergleichen des Messwerts mit den Kennwerten und das Auswählen des Parametersatzes bei einer Inbetriebnahme der

10 Leistungsbaugruppe (100) und/oder bei jedem Anlegen einer Versorgungsspannung an die Leistungsbaugruppe (104) und/oder bei jedem Start der Leistungsbaugruppe (104) und/oder während eines laufenden Betriebs der Leistungsbaugruppe (104) durchzuführen.

15 20. Leistungsbaugruppe (100) gemäß einem der Ansprüche 17 bis 19, wobei die Leistungsbaugruppe (100) ferner dazu eingerichtet ist, die Last (102) unter Verwendung des ausgewählten Ansteuerparametersatzes zur Ansteuerung des Schaltelements (104) anzutreiben.

20 21. Leistungsbaugruppe (100) gemäß einem der Ansprüche 17 bis 20, wobei das Schaltelement (104) als Feldeffekttransistor ausgebildet ist oder einen solchen umfasst.

25 22. Leistungsbaugruppe (100) gemäß einem der Ansprüche 17 bis 21, wobei die Leistungsbaugruppe (100) dazu ausgelegt ist, einen variablen Gatetreiberausgangsstrom zur Ansteuerung eines Gates (104a) des Schaltelements (104) bereitzustellen.

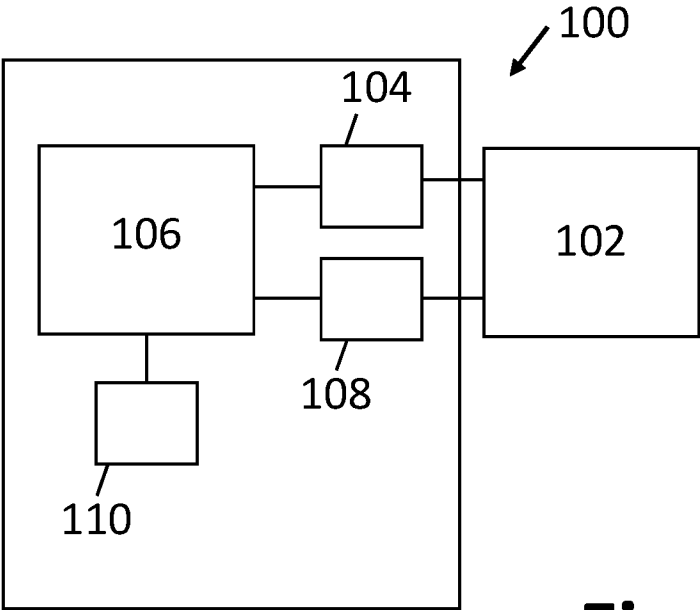


Fig. 1

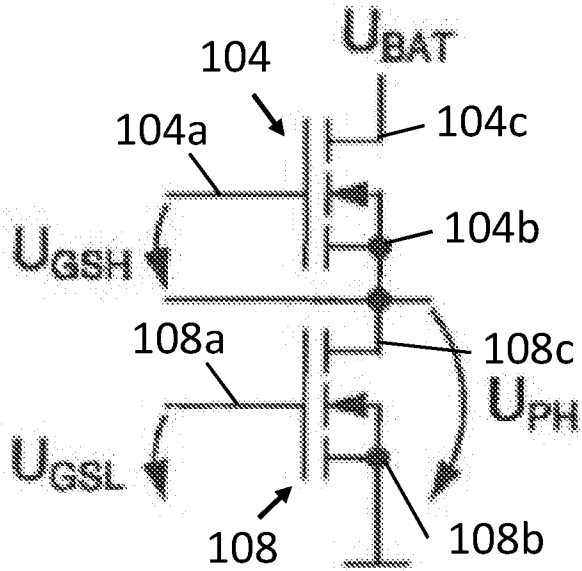
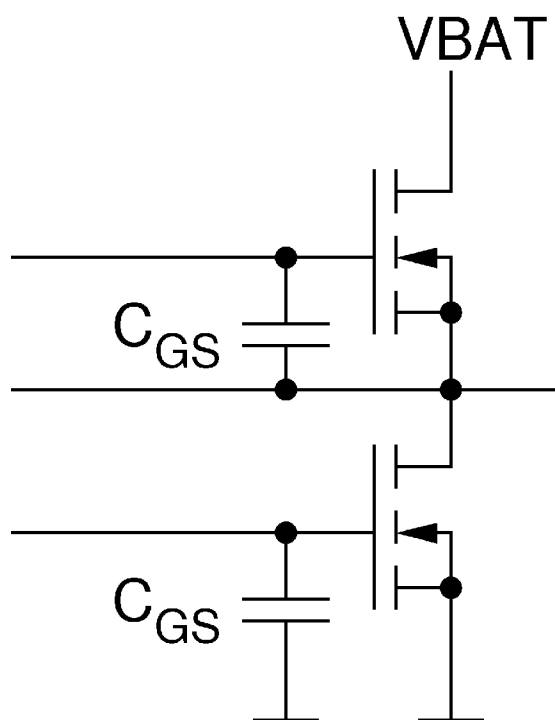
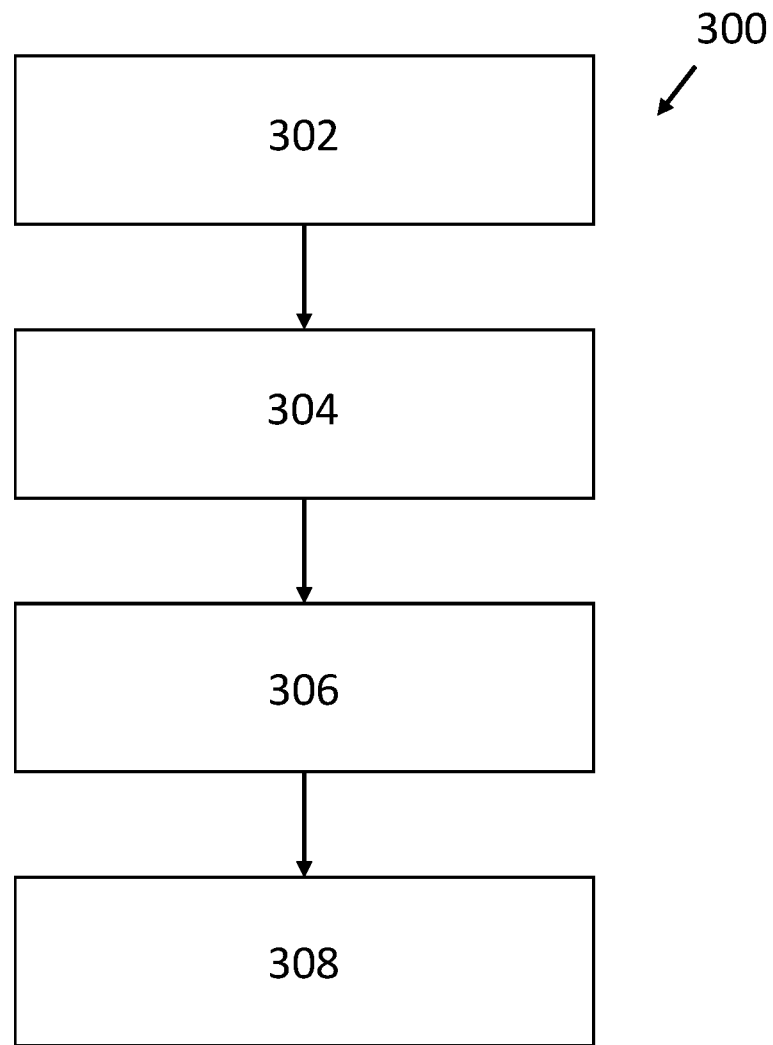
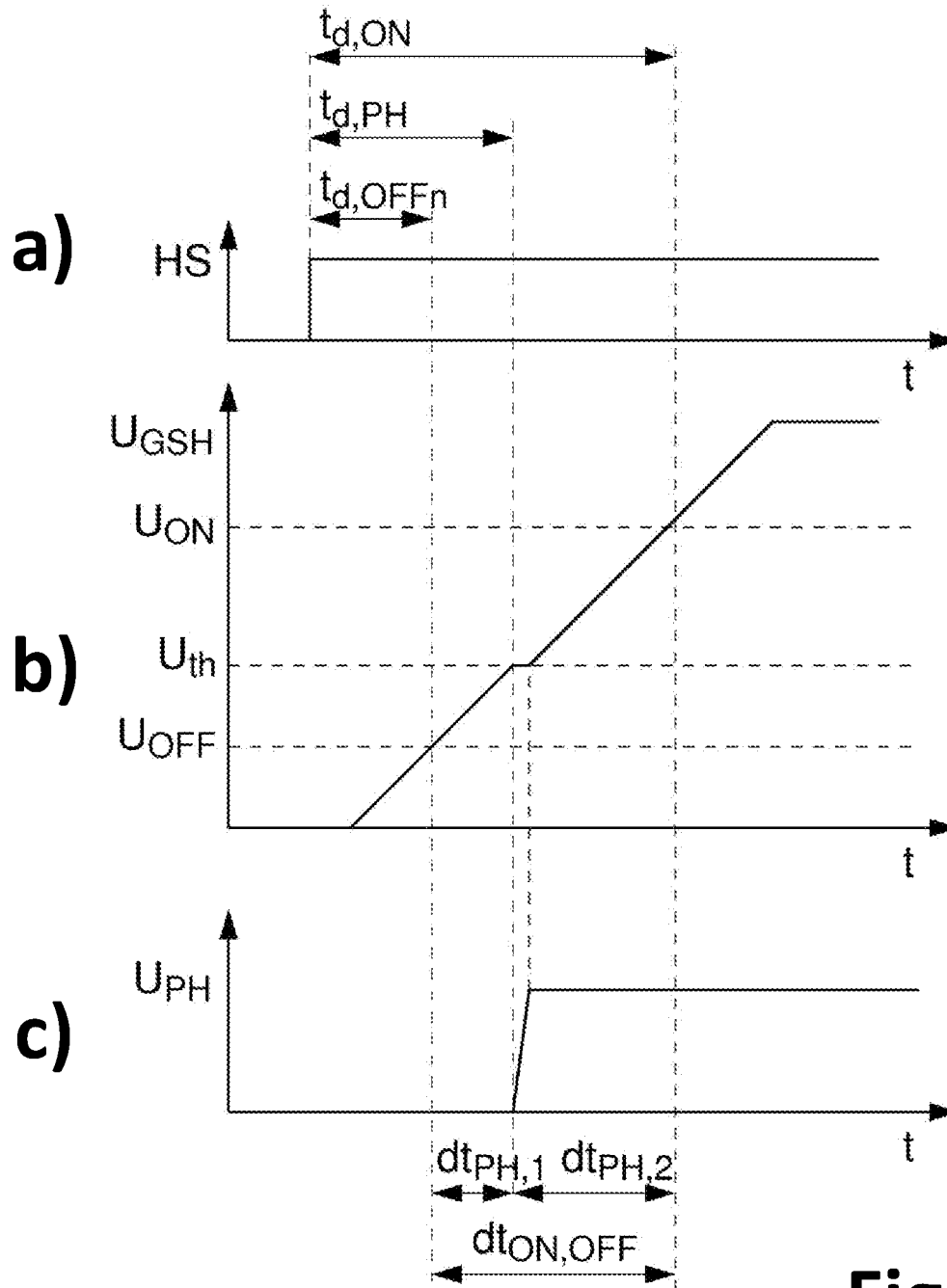
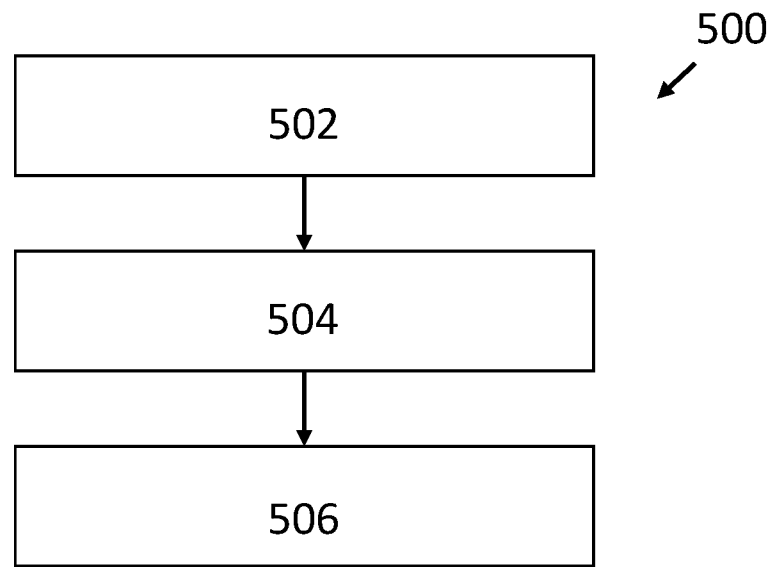
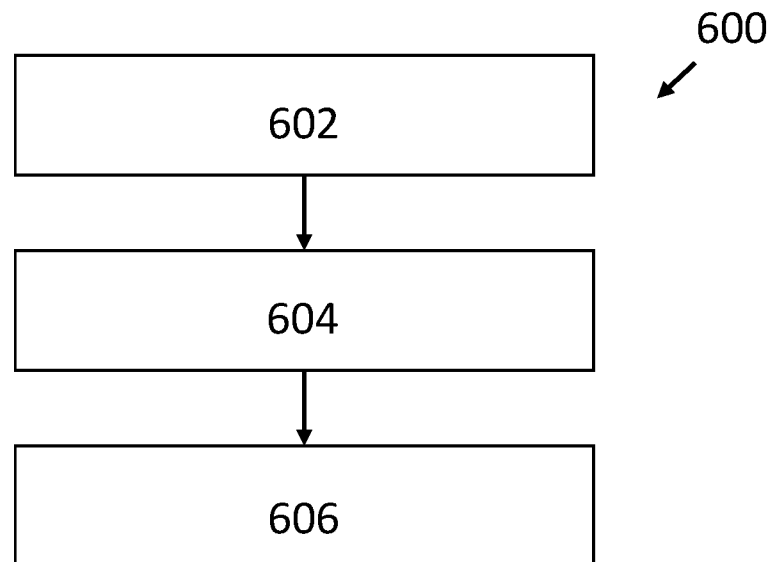


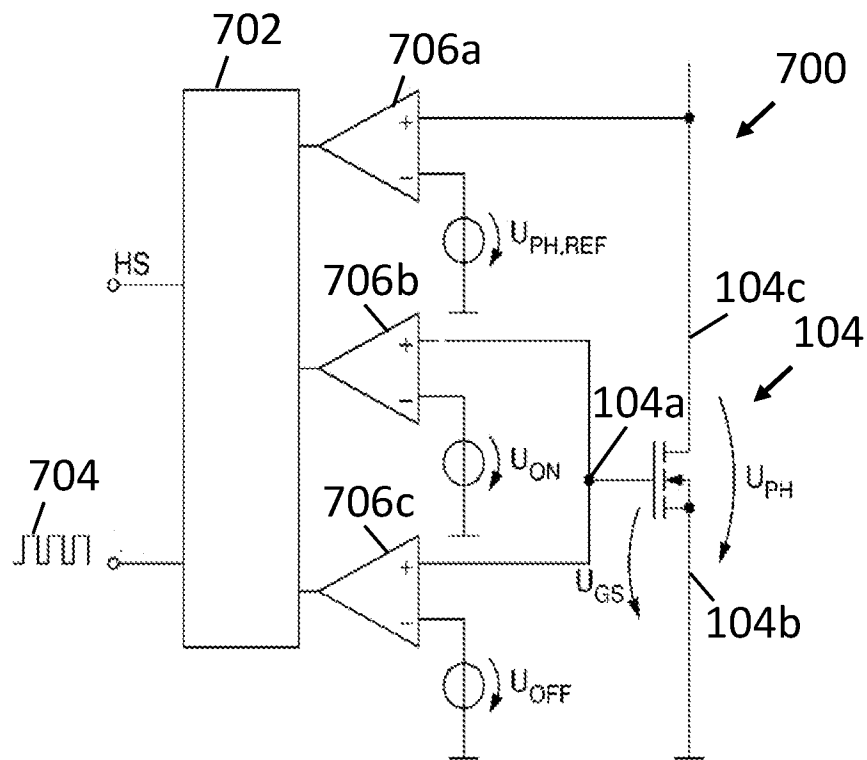
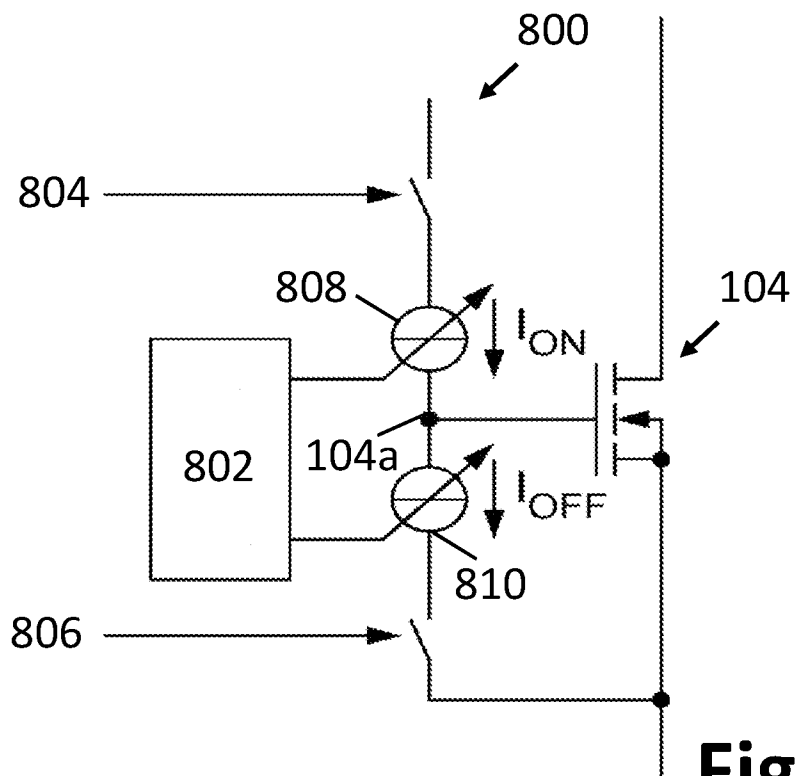
Fig. 2A

**Fig. 2B**

**Fig. 3**

**Fig. 4**

**Fig. 5****Fig. 6**

**Fig. 7****Fig. 8**