

(19)



(11)

EP 2 901 816 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.11.2017 Patentblatt 2017/45

(51) Int Cl.:
H05B 33/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13841314.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/AT2013/000157

(22) Anmeldetag: **30.09.2013**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/047668 (03.04.2014 Gazette 2014/14)

(54) **BETRIEBSSCHALTUNG MIT GETAKTETEM KONVERTER ZUR ANSTEUERUNG EINER LED-STRECKE**

OPERATING CIRCUIT WITH CLOCKED CONVERTER FOR ACTUATING AN LED SECTION

CIRCUIT DE SERVICE AVEC CONVERTISSEUR CADENCÉ POUR L'EXCITATION D'UNE RANGÉE DE DEL

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(74) Vertreter: **Rupp, Christian**
Mitscherlich PartmbB
Patent- und Rechtsanwälte
Sonnenstraße 33
80331 München (DE)

(30) Priorität: **28.09.2012 DE 102012217748**
28.09.2012 AT 3852012 U

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 451 247 DE-A1-102006 034 371
US-A1- 2010 026 208 US-B1- 7 550 934

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.08.2015 Patentblatt 2015/32

(73) Patentinhaber: **Tridonic GmbH & Co. KG**
6851 Dornbirn (AT)

• **ADRAGNA C: "DESIGN OF FIXED-OFF-TIME-CONTROLLED PFC PRE-REGULATORS WITH THE L6562am", APPLICATION NOTE, STMICROELECTRONICS, Nr. AN1792, 1. November 2003 (2003-11-01), Seiten 1-30, XP007921730,**

(72) Erfinder:
• **KUCERA, Clemens**
A-6700 Bludenz (AT)
• **LOCHMANN, Frank**
88147 Essersweiler (DE)

EP 2 901 816 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Betriebsschaltung zur Ansteuerung einer LED-Strecke mit wenigstens einer LED. Die LED-Strecke wird dabei von einem getakteten Konverter angesteuert, vorzugsweise von einem Buck-Konverter. Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf die indirekte Ermittlung des Stroms (I_{LED}) durch die LED-Strecke.

[0002] Halbleiterlichtquellen wie beispielsweise Leuchtdioden sind während der letzten Jahre für Beleuchtungsanwendungen zunehmend interessant geworden. Der Grund dafür liegt unter anderem darin, dass entscheidende technische Innovationen und große Fortschritte sowohl bei der Helligkeit als auch bei der Lichteffizienz (Lichtleistung pro Watt) dieser Lichtquellen erzielt werden konnten. Nicht zuletzt durch die vergleichsweise lange Lebensdauer konnten sich Leuchtdioden zu einer attraktiven Alternative zu herkömmlichen Lichtquellen wie Glüh- oder Gasentladungslampen entwickeln.

[0003] Halbleiterlichtquellen sind aus dem Stand der Technik hinreichend bekannt und werden im Folgenden allgemein als "LED" (Light Emitting Diode) bezeichnet. Dieser Begriff soll im Folgenden sowohl Leuchtdioden aus anorganischen Materialien als auch Leuchtdioden aus organischen Materialien umfassen.

[0004] Es ist bekannt, dass die Lichtabstrahlung von LEDs mit dem Stromfluss durch die LEDs korreliert. Zur Helligkeitsregelung werden LEDs daher grundsätzlich in einem Modus betrieben, in dem der Stromfluss durch die LED geregelt wird.

[0005] In der Praxis werden zur Ansteuerung einer Anordnung von einer LED oder mehreren LEDs vorzugsweise Schaltregler, beispielsweise Tiefsetzsteller (Step-Down- oder Buck-Konverter) verwendet. Ein solcher Schaltregler ist beispielsweise aus der DE 10 2006 034 371 A1 bekannt. Dabei steuert eine Steuereinheit einen hochfrequent getakteten Schalter (beispielsweise einen Leistungstransistor, FET, MOSFET) an. Im eingeschalteten Zustand des Schalters fließt Strom über die LED Anordnung und eine Spule, die dadurch aufgeladen wird. Die zwischengespeicherte Energie der Spule entlädt sich im ausgeschalteten Zustand des Schalters über die LED(s) (Freilaufphase).

[0006] Bekanntlich kann jedoch bei einer derartigen Konfiguration und vor allem bei Verwendung eines Niederpotential ("Low-Side")-Schalters nicht ohne weiteres der LED-Strom in der Freilaufphase, d.h. bei geöffnetem, nichtleitend-geschalteten Schalter, gemessen werden. Diese Messung ist jedoch nötig, wenn der LED-Strom als Istwert zur Steuerung der LED-Strecke zugeführt werden soll.

Die Erfindung löst nun dieses Problem durch Bereitstellen einer Betriebsschaltung und eines Verfahrens gemäß der unabhängigen Ansprüche. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche. In einem ersten Aspekt stellt die Erfindung eine Betriebsschaltung für eine LED-Strecke mit wenigstens einer

LED gemäß Anspruch 1 bereit.

[0007] Der Betriebsschaltung an wenigstens einem eingangsseitigen Anschluss eine Versorgungsspannung zuführbar ist, und die Betriebsschaltung eine Spule und einen durch eine Steuereinheit getakteten ersten Schalter aufweist, wobei bei leitfähig-geschalteten ersten Schalter in der Spule eine Energie zwischengespeichert wird, die sich bei nichtleitfähig-geschalteten ersten Schalter über eine Diode und über die LED-Strecke entlädt, wobei ein Kondensator vorgesehen ist, der parallel zu der LED-Strecke angeordnet ist und der bei angeschlossener LED während der Phase der Entladung der Spule den Strom durch die LED aufrecht erhält, und wobei die Steuereinheit dazu eingerichtet ist, den Schalter-Strom durch den ersten Schalter an einem ersten Mess-Widerstand zu ermitteln, vorzugsweise die Versorgungsspannung an einem zweiten Mess-Widerstand und vorzugsweise eine Mess-Spannung an der LED-Strecke an einem dritten Mess-Widerstand zu ermitteln und daraus den LED-Strom durch die D-Strecke zu berechnen.

[0008] Die Steuereinheit kann die LED-Spannung als Differenz aus der Versorgungsspannung und der Mess-Spannung berechnen. Die Steuereinheit kann die LED-Spannung auch anhand einer Messung einer Spannung an der Spule während der Ausschaltzeit des ersten Schalters messen.

[0009] Die Steuereinheit kann den LED-Strom berechnen aus dem Produkt der Versorgungsspannung und des Schalter-Stroms als übertragene Leistung dividiert durch die LED-Spannung.

[0010] Die Steuereinheit kann den Schalter-Strom einer Durchschnittsbildung (Tiefpassfilterung, zeitliche Mittelung, Integration) unterziehen.

[0011] Der LED-Strom kann der Steuereinheit als Rückführsignal, insbesondere als Ist-Wert, zugeführt werden. Die Steuereinheit kann die Einschaltzeitdauer des ersten Schalters steuern.

[0012] Die Steuereinheit kann einen Abschaltsschwellwert für den ersten Schalter vorgeben.

[0013] Die Mittelung des Schalter-Stroms kann durch einen Tiefpassfilter erfolgen, der den zeitlichen Mittelwert des Stroms erfassen kann.

[0014] Der Schalter-Strom kann mit einem PWM-Signal kombiniert werden. Das PWM-Signal kann im Verhältnis zur Frequenz des Schalter-Stroms niederfrequent sein.

Ein zweiter Schalter kann einen Strompfad zwischen dem ersten Mess-Widerstand und dem Tiefpassfilter nur während einer Einschaltzeitdauer des PWM-Signals freigeben, und während einer Ausschaltzeitdauer des PWM-Signals den Strompfad unterbrechen.

Während der Ausschaltzeitdauer kann der gemittelte, tiefpassgefilterte, Schalter-Strom gehalten werden. Die Steuereinheit kann den gemittelten Schalter-Strom während der Ausschaltzeitdauer des PWM-Signals auswerten.

Die Steuereinheit kann ein Tastverhältnis des PWM-Signals steuern. Die Steuereinheit kann den Abschalt-

schwellwert für den ersten Schalter abhängig von dem gemittelten Schalter-Strom einstellen.

Der Steuereinheit kann ein die Versorgungsspannung wiedergebendes Signal, ein den gemittelten Schalter-Strom wiedergebendes Signal, ein Signal, welches die Spannung über der LED wiedergibt und/oder ein Signal, dass die Differenz aus der Versorgungsspannung und der Mess-Spannung wiedergibt, zugeführt werden.

Die Steuereinheit kann den zweiten Schalter steuern. Der zweite Schalter kann den Tiefpassfilter von dem ersten Mess-Widerstand trennen, wenn die Steuereinheit einen Nulldurchgang, insbesondere das Abfallen des Stroms in der Spule bzw. einer Drossel, feststellt. Ein weiterer Aspekt betrifft eine Leuchte mit einer LED-Strecke und einer Betriebsschaltung, wie sie oben beschrieben ist. In noch einem weiteren Aspekt stellt die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben von einer LED-Strecke mit wenigstens einer LED gemäß Anspruch 9. Ein weiterer Aspekt betrifft auch eine Betriebsschaltung für eine LED-Strecke mit wenigstens einer LED, wobei die Betriebs-

schaltung durch einen getakteten Konverter, beispielsweise einen Tiefsetzsteller (Buck-Konverter), Hochsetzsteller (Boost-Konverter), Sperrwandler (Inverter) oder Buck-Boost Konverter, für den Betrieb zumindest der LED-Strecke gebildet wird.

Die Erfindung wird nunmehr auch mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine Schaltungsanordnung gemäß der Erfindung.

Fig. 2 exemplarisch einige Stromverläufe in der Schaltungsanordnung.

[0015] In Fig. 1 zeigt eine Schaltungsanordnung - unter anderem - einem Tiefsetzsteller (Buck-Konverter) für den Betrieb zumindest der LED-Strecke (mit einer oder mehreren in Serie geschalteten LEDs), mit einem ersten Schalter LS, der auch als Konverter-Schalter des Buck-Konverters als Beispiel für einen getakteten Konverter, bezeichnet werden kann. Die Schaltungsanordnung, im Folgenden auch als Betriebsschaltung bezeichnet, wird mit einer Gleichspannung bzw. einer gleichgerichteten Wechselspannung V_{bus} versorgt. Die Gleichspannung bzw. einer gleichgerichteten Wechselspannung V_{bus} kann über einem Netzgleichrichter direkt aus einem Wechselspannungsnetz oder auch durch Zwischenschaltung einer aktiven Leistungsfaktorkorrekturschaltung oder auch über einen Gleichspannungswandler, beispielsweise auch einen potentialgetrennten Gleichspannungswandler, gespeist werden.

[0016] Parallel zu der Versorgungsspannung V_{bus} ist ein Kondensator C_{bus} angeordnet. Ein erster Mess-Widerstand $R_{V_{bus}Shunt}$ ist über einen ersten Widerstand $R_{V_{bus}}$ mit der Versorgungsspannung V_{bus} verbunden. An diesem ersten Mess-Widerstand $R_{V_{bus}Shunt}$ kann die Versorgungsspannung V_{bus} von einer Steuereinheit SE (z.B. einem Mikrocontroller, einer ASIC, einem IC, ...) erfasst werden.

[0017] Es schließt sich der eigentliche Konverter an, wobei zunächst eine Diode D1, der erste Schalter LS und ein zweiter Mess-Widerstand R_{Shunt} in Serie parallel zum Kondensator C_{bus} verschaltet sind. Zwischen Diode D1 und dem ersten Schalter LS ist die potentialniedrigere Seite der Diode D1 über eine Spule L_{buck} mit einem zu der Diode D1 parallelgeschalteten zweiten optionalen Kondensator C_{LED} verbunden. An dem zweiten Mess-Widerstand R_{Shunt} kann, z.B. von der Steuereinheit SE, der Schalter-Strom I_{LS} durch den ersten Schalter LS erfasst werden.

[0018] Parallel zu dem zweiten Kondensator C_{LED} ist schließlich die LED-Strecke LED geschaltet.

[0019] Im eingeschalteten Zustand des ersten Schalters LS (während der Einschaltzeitdauer T_{on}) wird in der Spule L_{buck} Energie aufgebaut, die sich im ausgeschalteten Zustand des ersten Schalters LS (Ausschaltzeitdauer oder Zeitdauer T_{off}) über die LED-Strecke LED entlädt.

[0020] Induktiv mit der Spule L_{buck} ist eine Drosselwicklung ZX (auch als Drossel ZX bezeichnet) gekoppelt, über die in einem Messkreis die Lade- und Entlade-Vorgänge (Magnetisierung und Entmagnetisierung) der Spule L_{buck} erfasst werden können. Insbesondere können über die Drosselwicklung ZX Nulldurchgänge, d.h. eine Entmagnetisierung und somit Entladung der Spule L_{buck} auf den Null-Pegel, erfasst werden. Dies kann z.B. durch die Steuereinheit SE erfolgen, indem z.B. der Strom $I_{L_{buck}}$ durch die Spule, z.B. an der Drosselwicklung ZX erfasst wird. Beispielsweise kann die Entmagnetisierung der Spule L_{buck} , welche verbunden ist mit dem Abfall des Stromes $I_{L_{buck}}$ auf Null, mittels eines Spannungsüberwachung an Drosselwicklung ZX durch die Steuereinheit SE erfasst werden.

[0021] In Serie zu dem Leuchtmittel ist über einen weiteren Widerstand $R_{V_{LED}}$ ein dritter Mess-Widerstand $R_{V_{LED}Shunt}$ angeschlossen, an dem eine Mess-Spannung V_{LED} von der Steuereinheit SE erfasst werden kann. Die LED-Spannung kann somit ermittelt werden. Sie ergibt sich dabei aus der Differenz zwischen der Versorgungsspannung V_{bus} und der am dritten Mess-Widerstand ermittelten Mess-Spannung V_{LED} .

[0022] Zurück an dem ersten Schalter LS ist an dessen potentialniedrigere Seite zwischen dem ersten Schalter LS und dem zweiten Mess-Widerstand R_{Shunt} über einen weiteren Widerstand ein zweiter Schalter FS verschaltet, über den ein Filter 1. Ordnung (Tiefpass) zu- oder abgeschaltet werden kann.

[0023] Der erste Schalter wird dabei über eine Treiberschaltung LS_{DRV} mit einer Treiber Spannung V_{gate} angesteuert, während der zweite Schalter FS über eine Treiberschaltung mit der Spannung V_{duty} angesteuert wird. Die jeweilige Ansteuerung kann auch durch eine Steuereinheit SE erfolgen, wobei beispielsweise die Treiberschaltung LS_{DRV} und /oder die Treiberschaltung mit der Spannung V_{duty} Teil der Steuereinheit SE sein können.

[0024] Das Tiefpassfilter TPF dient nun dazu, den an

dem zweiten Mess-Widerstand R_{Shunt} erfassten Schalter-Strom I_{LS} zeitlich zu mitteln. Die Erfindung sieht nämlich zur Messung des LED-Stroms I_{LED} als Istwert folgendes vor:

[0025] Der Schalter-Strom I_{LS} durch den ersten Schalter LS wird bei eingeschaltetem ersten Schalter LS an dem zweiten Mess-Widerstand R_{Shunt} erfasst. Dieser Strom steigt während der Einschaltzeitphase des ersten Schalters LS im Wesentlichen linear an und fällt beim Öffnen des Schalters LS auf null ab.

[0026] Der Strom durch die Spule L_{buck} zeigt also einen zickzackförmigen zeitlichen Verlauf: bei eingeschaltetem ersten Schalter zeigt der Strom eine ansteigende Flanke, bei ausgeschaltetem ersten Schalter ergibt sich eine abfallende Flanke. Während der Freilaufphase ist der Schalter-Strom I_{LS} daher Null, bevor er beim erneuten Einschalten des ersten Schalters LS wieder ansteigt.

[0027] Vorzugsweise wird der Schalter LS ausgeschaltet, wenn eine Abschaltschwelle (abgelegt beispielsweise in der Steuereinheit SE) erreicht ist. Dieser Schalter-Stromverlauf I_{LS} wird nunmehr gemittelt, indem er der Tiefpassschaltung TPF zugeführt wird. Somit wird der sich im zeitlichen Mittel einstellende Schalter-Strom I_{LS} erfasst.

[0028] Der hochfrequente, näherungsweise zickzackförmigen Verlauf des LED-Stroms I_{LED} (im Ausführungsbeispiel fällt der LED-Strom I_{LED} durch die Spule L_{buck} auf Null ab, bevor wieder eingeschaltet wird, was einem Betrieb im sog. "Borderline Mode" entspricht) kann kombiniert werden mit einer im Verhältnis dazu niederfrequenten PWM-Ansteuerung (LF PWM, low-frequent PWM).

[0029] Eine große Schwankungsbreite des Stroms (Welligkeit oder Rippel) kann sich nämlich bei LEDs nachteilig auswirken, da mit Veränderung der Stromamplitude sich das Spektrum des emittierten Lichts verändern kann. Um das emittierte Lichtspektrum während des Betriebs möglichst konstant zu halten, ist es bekannt, bei LEDs für Helligkeitsregelungen nicht die Stromamplitude zu variieren, sondern alternativ oder zusätzlich ein Pulsmodulationsverfahren, beispielsweise das PWM (Pulse- Width Modulation)-Verfahren, anzuwenden.

[0030] Dabei werden den LEDs durch die Betriebschaltung niederfrequente (typischerweise mit einer Frequenz im Bereich von 100-1000 Hz) Pulspakete mit (im zeitlichen Mittel) konstanter Stromamplitude zugeführt. Dem Strom innerhalb eines Pulspakets ist der oben angeführte hochfrequente Rippel überlagert. Die Helligkeit der LEDs kann nun durch die Frequenz der Pulspakete gesteuert werden; die LEDs können beispielsweise gedimmt werden, indem der zeitliche Abstand zwischen den Pulspaketen vergrößert wird. Es wird somit also die hochfrequente Taktung des ersten Schalters LS mit einem PWM-Signal kombiniert, wobei die Frequenz des PWM-Signals im Verhältnis zur Frequenz der hochfrequenten Taktung des ersten Schalters (LS) niederfrequent ist. Es ergibt sich dadurch eine hochfrequente Taktung des ersten Schalters LS, welche von längeren Pau-

sen ohne Taktung unterbrochen wird, wobei diese längeren Pausen die Ausschaltphase des niederfrequenten PWM-Signals sind. Vorzugsweise sind die Frequenz der hochfrequenten Taktung und des niederfrequenten PWM-Signals aufeinander abgestimmt, um Flackereffekte zu vermeiden.

Beispielsweise kann die Frequenz der hochfrequenten Taktung ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz des niederfrequenten PWM-Signals sein.

[0031] Aus Gründen der Farbkonstanz soll innerhalb eines Pulspakets die Amplitude des Rippels möglichst gering sein. Dabei kann der Schalter in einem hochfrequenten PWM-Modus betrieben werden. In diesem Fall wird bei fix vorgegebener Frequenz das Einschaltverhältnis für die hochfrequente Taktung des ersten Schalters abhängig vom Mittelwert des ermittelten LED-Stromes oder Schalterstromes eingestellt. Eine Aufrechterhaltung des Stromes durch die LED kann durch die Parallelschaltung eines Kondensators C_{LED} erfolgen, wie dies später noch erläutert wird. Alternativ kann die Einstellung des Stromes durch die LED durch geeignete Wahl des Einschaltzeitpunkts und Ausschaltzeitpunkts erfolgen. So können diese Zeitpunkte beispielsweise so gewählt werden, dass der erste Schalter LS eingeschaltet wird, wenn der Strom einen bestimmten minimalen Referenzwert unterschreitet und der Schalter ausgeschaltet wird, wenn der Strom einen maximalen Referenzwert überschreitet (Abschaltschwellwert). Der minimale Referenzwert kann auch Null sein.

[0032] Daher ist vorgesehen, dass der Strompfad zwischen dem zweiten Mess-Widerstand R_{Shunt} in Serie zu dem ersten Schalter LS, dem Konverter-Schalter, hin zu dem Tiefpassfilter TPF nur während der Einschaltzeitdauer des Niederfrequenten PWM-Signals freigegeben ist. Während der Ausschaltzeitdauer des Niederfrequenten PWM-Signals wird der Strompfad unterbrochen, so dass das sich einstellende tiefpassgefilterte (gemittelte) Signal gehalten wird und somit auch eine Auswertung des Mittelwertes in der Ausschaltzeitdauer des niederfrequenten PWM-Signals durch die Steuereinheit erfolgen kann.

[0033] Der LED-Strom I_{LED} kann ermittelt werden durch Inbezugsetzen (bspw. Dividieren oder anderes Korrelieren) der durch den Konverter übertragenen Leistung durch die LED-Spannung. Die übertragene Leistung wird dabei berechnet durch die am ersten Mess-Widerstand ermittelte Versorgungsspannung V_{bus} , die multipliziert wird mit dem zeitlich gemittelten Schalter-Strom I_{LS} . Dies kann z.B. wiederum durch die Steuereinheit SE erfolgen.

[0034] Die LED-Spannung wird beispielsweise mit Hilfe einer Messung an dem dritten Mess-Widerstand $R_{\text{VLEDShunt}}$ ermittelt, der in Serie zu der LED-Strecke LED geschaltet ist. Die LED-Spannung ergibt sich dabei aus der Differenz zwischen der Versorgungsspannung V_{bus} und der am dritten Mess-Widerstand ermittelten Mess-Spannung V_{LED} . Die Steuereinheit SE könnte die LED-Spannung aber beispielsweise auch anhand einer

Messung einer Spannung an der Spule L_{buck} während der Ausschaltzeit des ersten Schalters LS messen, beispielsweise mittels einer Spannungsmessung an der Drosselwicklung ZX während der Entmagnetisierungsphase der Spule L_{buck} . Während dieser Entmagnetisierungsphase entspricht die Spannung über der Spule L_{buck} der Summe der Spannungen über der Diode D1 und der LED-Spannung. Es kann somit auf die LED-Spannung geschlossen werden, da bei Abzug der Durchlaß-Spannung der Diode D1 die Spannung über der Spule L_{buck} der LED-Spannung entspricht.

[0035] Somit wird indirekt der LED-Strom I_{LED} durch Berechnung der übertragenen Leistung und der indirekten Ermittlung der LED-Spannung ermittelt. Die Ermittlungen und/oder die Berechnungen erfolgen dabei vorzugsweise durch die Steuereinheit SE. Es kann bei der Berechnung der übertragenen Leistung auch ein Korrekturfaktor mit einbezogen werden, der beispielsweise das Schaltverhalten oder die Verluste des Konverters mit einbezieht.

[0036] Der berechnete LED-Strom kann somit als Istwertgröße für eine Regelung des LED-Stroms verwendet werden. Als Steuergröße für die Regelung kann einerseits die Einschaltzeitdauer T_{on} des ersten Schalters LS des (Buck-)Konverters verwendet werden. Alternativ oder zusätzlich kann das Tastverhältnis der niederfrequenten PWM-Ansteuerung, falls vorhanden, verwendet werden.

[0037] Ist die Steuergröße die Einschaltzeitdauer T_{on} des Konverters, kann die Abschaltschwelle für den ersten Schalter LS in der Steuereinheit SE abhängig von dem Mittelwert des Schalter-Stroms I_{LS} verschoben werden. Das Tastverhältnis der niederfrequenten PWM-Ansteuerung kann zumindest in einem Teilbereich des LED Betriebs, beispielsweise bei hohen Helligkeiten, bei 100 % Einschaltverhältnis oder nahe diesem Bereich fixiert werden. In diesem Bereich kann die Höhe des LED Stromes und somit die Helligkeit der LED durch die Anpassung der Abschaltschwelle für den ersten Schalter LS und somit über die Steuergröße die Einschaltzeitdauer T_{on} des Konverters beeinflusst werden. Es ist aber auch möglich, dass eine kombinierte Änderung sowohl des Tastverhältnisses der niederfrequenten PWM-Ansteuerung als auch der Anpassung der Abschaltschwelle für den ersten Schalter LS zumindest in einem Teilbereich des LED Betriebs erfolgen kann. Alternativ kann in einem Teilbereich des LED Betriebs auch nur eine Anpassung der Abschaltschwelle für den ersten Schalter LS erfolgen.

[0038] Der Steuereinheit SE werden vorzugsweise also ein Signal, das die Versorgungsspannung V_{bus} wiedergibt, ein Signal, das den zeitlichen Mittelwert des Schalter-Stroms I_{LS} wiedergibt (in den Einschaltzeitdauern der niederfrequenten PWM-Modulation, falls vorhanden), und/oder ein Signal, das die Versorgungsspannung V_{bus} minus die am dritten Mess-Widerstand $R_{\text{VLEDSchunt}}$ ermittelte Spannung V_{LED}

wiedergibt, zugeführt.

[0039] Auch neben der Ansteuerung des ersten Schalters LS kann die Steuereinheit SE im Übrigen auch selektiv den Tiefpassfilter TPF über Ansteuerung des zweiten Schalters FS freigeben (z.B. während der Einschaltzeitdauer des PWM-Signals) bzw. abtrennen (z.B. während der Ausschaltzeitdauer des PWM-Signals), d.h. des Pfads zwischen dem zweiten Mess-Widerstand R_{Shunt} dem ersten Schalter LS und dem Tiefpassfilter TPF.

[0040] Der optionale Kondensator C_{LED} parallel zur LED-Strecke LED ist als solcher bekannt und kann dazu dienen, zu vermeiden, dass der LED-Strom identisch den Verlauf durch die Spule L_{buck} nachvollzieht. Bei nichtleitfähig-geschalteten ersten Schalter LS, insbesondere während der Phase der Entmagnetisierung der Spule L_{Buck} , kann der Strom durch die LED aufgrund der in dem Kondensator C_{LED} zwischengespeicherten Energie aufrecht erhalten werden. Bekanntlich ist es hinsichtlich des Spektrums der LED-Strecke LED nachteilig, wenn der LED-Strom derartig große Hübe ausführt (außer bei einer reinen PWM-Ansteuerung zwischen 0 und 1, dann fließt nur ein Strom bei 1).

[0041] Das niederfrequente PWM-Signal muss nicht von der Steuereinheit selbst erzeugt werden, vielmehr kann es von außerhalb, beispielsweise durch ein extern zugeführtes PWM-Steuersignal, zugeführt werden und kann dann natürlich auch dem Freigabe/Abtrennelement, dem zweiten Schalter FS, für den Tiefpassfilter TPF zugeführt werden.

[0042] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann das Freigabe-/Abtrennenfenster für das Verbindungselement, der zweite Schalter FS, zwischen Tiefpassfilter TPF und dem zweiten Mess-Widerstand R_{Shunt} von einem PWM-Einschaltimpuls dahingehend abweichen, dass das "Abtrennen" erst erfolgt, wenn ein Nulldurchgang bzw. das Abfallen des Stroms durch die Spule L_{buck} auf null erfasst wird. Dies kann über die Drosselwicklung ZX, z.B. über einen Pin an der Drosselwicklung ZX, durch die Steuereinheit SE erfolgen. Somit wird sichergestellt, dass das Mittelungsfenster für die Tiefpassschaltung TPF immer vollständige dreieckförmige Verläufe des Spulenstroms abdeckt.

[0043] Es ist auch zu bemerken, dass die Spule L_{buck} auch zwischen dem zweiten Kondensator C_{LED} und der LED-Strecke LED angeordnet sein kann.

[0044] Der Tiefpaßfilter TPF und der zweite Schalter FS können optional auch in die Steuereinheit SE integriert sein.

[0045] Fig. 2 zeigt exemplarisch den Strom I_{LS} durch den ersten Schalter LS, den gemittelten Strom I_{LS} , der durch den Tiefpassfilter TPF ermittelt wird, den Stromverlauf I_{Lbuck} an der Spule L_{buck} und ein niederfrequentes PWM-Signal LF PWM.

[0046] Die erfindungsgemäße Erfassung des Schalter-Stroms nur während der Einschaltzeitdauer des niederfrequenten PWM-Signals kann auch in einer vereinfachten Ausführungsform genutzt werden, wenn nur der Schalter-Strom aber nicht die LED-Spannung und / oder

die Versorgungsspannung für die Ermittlung des LED Stromes betrachtet wird. Die kann insbesondere der Fall sein, wenn die LED-Spannung und / oder die Versorgungsspannung fix eingestellt sind. So kann die LED-Spannung bekannt sein, wenn die Anzahl der LED der LED Strecke bekannt ist. Die Versorgungsspannung kann beispielsweise bei Vorschalten einer aktiven Leistungsfaktorkorrekturschaltung fix vorgegeben sein.

Patentansprüche

1. Betriebsschaltung für eine LED-Strecke mit wenigstens einer LED,

- wobei der Betriebsschaltung an wenigstens einem eingangsseitigen Anschluss eine Versorgungsspannung (V_{bus}) zuführbar ist, und die Betriebsschaltung eine Spule (L_{Buck}) und einen durch eine Steuereinheit (SE) der Betriebsschaltung hochfrequent getakteten ersten Schalter (LS), einen ersten Mess-Widerstand ($R_{VbusShunt}$), einen zweiten Mess-Widerstand (R_{Shunt}), und einen dritten Mess-Widerstand ($R_{VledShunt}$) aufweist,
- wobei die Steuereinheit dazu eingerichtet ist, einen Schalter-Strom (I_{LS}) durch den ersten Schalter (LS) bei eingeschalteten ersten Schalter (LS) an dem zweiten Mess-Widerstand (R_{Shunt}) zu erfassen,
- wobei die Betriebsschaltung derart ausgestaltet ist, dass bei leitfähig-geschalteten ersten Schalter (LS) in der Spule (L_{Buck}) eine Energie zwischengespeichert wird, die sich bei nichtleitfähig-geschalteten ersten Schalter (LS) über eine Diode (D1) der Betriebsschaltung und über die LED-Strecke entlädt,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die Betriebsschaltung ferner ein Tiefpassfilter (TPF) aufweist, wobei das Tiefpassfilter (TPF) dazu eingerichtet ist, den an dem zweiten Mess-Widerstand (R_{Shunt}) erfassten Schalter-Strom (I_{LS}) zeitlich zu mitteln,
- wobei die Steuereinheit (SE) dazu eingerichtet ist,
- den zeitlich gemittelten Schalter-Strom (I_{LS}) durch den ersten Schalter an dem zweiten Mess-Widerstand (R_{Shunt}) und das Tiefpassfilter (TPF),
- die Versorgungsspannung (V_{bus}) an dem ersten Mess-Widerstand ($R_{VbusShunt}$) und
- eine Mess-Spannung (V_{led}) an der LED-Strecke an dem dritten Mess-Widerstand ($R_{VledShunt}$) zu ermitteln und daraus den LED-Strom (I_{LED}) durch die LED-Strecke zu

berechnen,

- wobei die Steuereinheit (SE) dazu eingerichtet ist, die hochfrequente Taktung des Schalter-Stroms (I_{LS}) mit einem im Vergleich dazu niederfrequenten PWM-Signal zu kombinieren,

wobei ein zweiter Schalter (FS) in der Betriebsschaltung vorgesehen ist, der dazu eingerichtet ist, einen Strompfad zwischen dem zweiten Mess-Widerstand (R_{Shunt}) und dem Tiefpassfilter (TPF) nur während einer Einschaltzeitdauer des PWM-Signals freizugeben, und während einer Ausschaltzeitdauer des PWM-Signals den Strompfad zu unterbrechen.

2. Betriebsschaltung nach Anspruch 1, wobei die Steuereinheit (SE) dazu eingerichtet ist, die LED-Spannung als Differenz aus der Versorgungsspannung (V_{bus}) und der Mess-Spannung (V_{led}) zu berechnen.

3. Betriebsschaltung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Steuereinheit (SE) dazu eingerichtet ist, den LED-Strom (I_{led}) aus dem Produkt der Versorgungsspannung (V_{bus}) und des Schalter-Stroms (I_{LS}) als übertragene Leistung dividiert durch die LED-Spannung zu berechnen.

4. Betriebsschaltung nach einem der vorigen Ansprüche, wobei die Steuereinheit (SE) dazu eingerichtet ist, einen Abschaltsschwellwert für den ersten Schalter (LS) vorzugeben.

5. Betriebsschaltung nach einem der vorigen Ansprüche, wobei während der Ausschaltzeitdauer der gemittelte, tiefpassgefilterte, Schalter-Strom (I_{LS}) gehalten wird und wobei die Steuereinheit (SE) dazu eingerichtet ist, den gemittelten Schalter-Strom (I_{LS}) während der Ausschaltzeitdauer des PWM-Signals auszuwerten.

6. Betriebsschaltung nach einem der vorigen Ansprüche, wobei die Steuereinheit (SE) dazu eingerichtet ist, ein Tastverhältnis des PWM-Signals zu steuern, und wobei die Steuereinheit (SE) dazu eingerichtet ist, den Abschaltsschwellwert für den ersten Schalter (LS) abhängig von dem gemittelten Schalter-Strom (I_{LS}) einzustellen.

7. Betriebsschaltung nach einem der vorigen Ansprüche, wobei der Steuereinheit (SE) ein die Versorgungsspannung (V_{bus}) wiedergebendes Signal, ein den gemittelten Schalter-Strom (I_{LS}) wiedergebendes Signal und/oder ein Signal, das die Differenz aus der Versorgungsspannung (V_{bus}) und der Mess-Spannung (V_{led}) wiedergibt, zuführbar ist.

8. Betriebsschaltung nach einem der vorigen Ansprüche,

che, wobei ein Kondensator in der Betriebsschaltung vorgesehen ist, der parallel zu der LED-Strecke angeordnet ist und der dazu eingerichtet ist, bei nicht-leitfähig-geschalteten ersten Schalter (LS) den Strom durch die LED aufrecht zu erhalten.

9. Verfahren zum Betreiben, durch eine Betriebsschaltung, einer LED-Strecke mit wenigstens einer LED, aufweisend folgende Schritte:

- Zuführung der Betriebsschaltung an wenigstens einem eingangsseitigen Anschluss mit einer Versorgungsspannung (V_{bus}), wobei die Betriebsschaltung eine Spule (L_{Buck}) und einen durch eine Steuereinheit (SE) der Betriebsschaltung hochfrequent getakteten ersten Schalter (LS), einen ersten Mess-Widerstand ($R_{VbusShunt}$), einen zweiten Mess-Widerstand (R_{Shunt}), und einen dritten Mess-Widerstand ($R_{VledShunt}$) aufweist,
- Erfassung, durch die Steuereinheit, eines Schalter-Stroms (I_{LS}) durch den ersten Schalter (LS) bei eingeschalteten ersten Schalter (LS) an dem zweiten Mess-Widerstand (R_{Shunt}),
- Zwischenspeicherung einer Energie in der Spule bei leitfähig-geschalteten ersten Schalter (LS), wobei die Spule sich bei nichtleitfähig-geschalteten ersten Schalter über eine Diode (D1) der Betriebsschaltung und über die LED-Strecke entlädt,

gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- zeitliche Mittelung, durch ein Tiefpassfilter (TPF) der Betriebsschaltung, des an dem zweiten Mess-Widerstand (R_{Shunt}) erfassten Schalter-Stroms (LS)
- Ermittlung, durch die Steuereinheit (SE), des zeitlich gemittelten Schalter-Stroms (I_{LS}) durch den ersten Schalter an dem zweiten Mess-Widerstand (R_{Shunt}) und das Tiefpassfilter (TPF),
- Ermittlung, durch die Steuereinheit (SE), der Versorgungsspannung (V_{bus}) an dem ersten Mess-Widerstand ($R_{VbusShunt}$), und
- Ermittlung, durch die Steuereinheit (SE), einer Mess-Spannung (V_{led}) an der LED-Strecke an dem dritten Mess-Widerstand ($R_{VledShunt}$) und daraus Berechnung des LED-Stroms (I_{LED}) durch die LED-Strecke,
- Kombinieren der hochfrequenten Taktung des Schalter-Stroms (I_{LS}) mit einem im Vergleich dazu niederfrequenten PWM-Signal,
- Freigeben, durch einen zweiten Schalter (FS) der Betriebsschaltung, eines Strompfads zwischen dem zweiten Mess-Widerstand (R_{Shunt}) und dem Tiefpassfilter (TPF) nur während einer Einschaltzeitdauer des PWM-Signals, und
- Unterbrechung des Strompfads während einer

Ausschaltzeitdauer des PWM-Signals.

Claims

1. Operating circuit for an LED circuit with at least one LED,

- wherein the operating circuit may be supplied by a supply voltage (V_{bus}) via at least one input-side connection (LS), and wherein the operating circuit comprises a coil (L_{Buck}) and a first switch (LS), which is high-frequency clocked by a control unit (SE) of the operating circuit, a first shunt resistor ($R_{VbusShunt}$), a second shunt resistor (R_{Shunt}), and a third shunt resistor ($R_{VledShunt}$),
- wherein the control unit is arranged to detect a switch current (I_{LS}) through the first switch (LS) when the first switch (LS) is switched to the second shunt resistor (R_{Shunt}),
- wherein the operating circuit is so configured such that, when the first switch is switched in a conductive manner, energy is temporarily stored in the coil (L_{Buck}), while the LED circuit discharges via a diode (D1) of the operating circuit when the first switch is switched in a non-conductive manner,

characterized in that

- the operating circuit further comprises a low-pass filter (TPF), wherein the low-pass filter (TPF) is adapted to time-average the switch current (I_{LS}) detected at the second shunt resistor (R_{Shunt}),
- wherein the control unit (SE) is configured to calculate
 - the time-averaged switch current (I_{LS}) through the first switch to the second shunt resistor (R_{Shunt}) and the low-pass filter (TPF),
 - the supply voltage (V_{bus}) at the first shunt resistor ($R_{VbusShunt}$), and
 - to determine a measured voltage (V_{led}) at the LED circuit at the third shunt resistor ($R_{VledShunt}$), and to calculate the LED current (I_{LED}) through the LED circuit therefrom,
- wherein the control unit (SE) is configured to combine the high-frequency clocking of the switch current (I_{LS}) with a PWM signal, which is low-frequency compared to the former,
- wherein a second switch (FS) is provided in the operating circuit, which is configured to open a current path between the second shunt resistor (R_{Shunt}) and the low-pass fil-

- ter (TPF) only during a switched-on period of the PWM signal, and to interrupt the current path during a switched-off period of the PWM signal.
2. Operating circuit according to claim 1, wherein the control unit (SE) is configured to calculate the LED voltage as a difference between the supply voltage (V_{bus}) and the measuring voltage (V_{led}). 5
 3. Operating circuit according to claim 1 or 2, wherein the control unit (SE) is configured to calculate the LED current (I_{led}) from the product of the supply voltage (V_{bus}) and the switch current (I_{LS}) as the transmitted power divided by the LED voltage. 10
 4. Operating circuit according to one of the preceding claims, wherein the control unit (SE) is configured to provide a switch-off threshold value for the first switch (LS). 15
 5. Operating circuit according to one of the preceding claims, wherein the averaged, low-pass-filtered switch current (I_{LS}) is maintained during the switched-off period, and wherein the control unit (SE) is configured to evaluate the averaged switch current (I_{LS}) during the switched-off period of the PWM signal. 20
 6. Operating circuit according to one of the preceding claims, wherein the control unit (SE) is configured to control a duty cycle of the PWM signal, and wherein the control unit (SE) is configured to adjust the switch-off threshold value for the first switch (LS) as a function of the averaged switch current (I_{LS}). 25
 7. Operating circuit according to one of the preceding claims, wherein the control unit (SE) may be supplied with a signal representing the supply voltage (V_{bus}), a signal representing the averaged switch current (I_{LS}) and/or a signal representing the difference between the supply voltage (V_{bus}) and the measuring voltage (V_{led}). 30
 8. Operating circuit according to one of the preceding claims, wherein a capacitor is provided in the operating circuit, which is arranged in parallel to the LED circuit and which is configured to maintain the current through the LED in the case of a first switch (LS) being switched in a non-conductive manner. 35
 9. Method for operating, by means of an operating circuit, an LED circuit with at least one LED, comprising the following steps: 40
- supply of the operating circuit via at least one input-side terminal with a supply voltage (V_{bus}), wherein the operating circuit comprises a coil 45

(L_{Buck}) and a first switch (LS), which is high-frequency clocked by a control unit (SE) of the operating circuit, a first shunt resistor ($R_{VbusShunt}$), a second shunt resistor (R_{Shunt}), and a third shunt resistor ($R_{VledShunt}$),

- wherein the control unit is arranged to detect a switch current (I_{LS}) through the first switch (LS) when the first switch (LS) is switched to the second shunt resistor (R_{Shunt}),
- when the first switch is switched in a conductive manner, energy is temporarily stored in the coil (L_{Buck}), while the LED circuit discharges via a diode (D1) of the operating circuit when the first switch is switched in a non-conductive manner, **characterized by** the following steps:
- time-averaging of the switch current (I_{LS}) detected at the second shunt resistor (R_{Shunt}) through a low-pass filter (TPF) of the operating circuit,
- determination, by means of the control unit (SE), of the time-averaged switch current (I_{LS}) by the first switch to the second shunt resistor (R_{Shunt}) and the low-pass filter (TPF),
- determination, by means of the control unit (SE), of the supply voltage (V_{bus}) at the first shunt resistor ($R_{VbusShunt}$), and
- determination, by means of the control unit (SE), of a measuring voltage (V_{led}) of the LED circuit at the third shunt resistor ($R_{VledShunt}$) and, from this, calculation of the LED current (I_{LED}) through the LED circuit,
- combining the high-frequency clocking of the switch current (I_{LS}) with a PWM signal that is low-frequency in comparison,
- releasing, by means of a second switch (FS) of the operating circuit, of a current path between the second shunt resistor (R_{Shunt}) and the low-pass filter (TPF) only during a switched-on period of the PWM signal, and
- interruption of the current path during a switched-off period of the PWM signal.

Revendications

1. Circuit de service pour une rangée de DEL comportant au moins une DEL,
 - une tension d'alimentation (V_{bus}) pouvant être conduite au circuit de service sur au moins une connexion côté entrée, et le circuit de service présentant une bobine (L_{Buck}) et un premier commutateur (LS) cadencé à haute fréquence par une unité de commande (SE) du circuit de service, une première résistance de mesure ($R_{VbusShunt}$), une deuxième résistance de mesure (R_{Shunt}) et une troisième résistance de mesure ($R_{VledShunt}$),

- l'unité de commande étant agencée pour détecter sur la deuxième résistance de mesure (R_{Shunt}) un courant de commutateur (I_{LS}) traversant le premier commutateur (LS) quand le premier commutateur (LS) est en circuit,
 - le circuit de service étant constitué de telle sorte que, quand le premier commutateur (LS) est commuté sur conduction, une énergie est stockée de façon intermédiaire dans la bobine (L_{Buck}) et se décharge, quand le premier commutateur (LS) est commuté sur non-conduction, par le biais d'une diode (D1) du circuit de service et par le biais de la rangée de DEL,

caractérisé en ce que

- le circuit de service présente en outre un filtre passe-bas (TPF), le filtre passe-bas (TPF) étant agencé pour calculer la moyenne dans le temps du courant de commutateur (I_{LS}) détecté sur la deuxième résistance de mesure (R_{Shunt}),
 - l'unité de commande (SE) étant agencée
 - pour déterminer le courant de commutateur (I_{LS}), dont la valeur moyenne dans le temps a été calculée, traversant le premier commutateur sur la deuxième résistance de mesure (R_{Shunt}) et le filtre passe-bas (TPF),
 - la tension d'alimentation (V_{bus}) sur la première résistance de mesure ($R_{VbusShunt}$) et
 - une tension de mesure (V_{led}) sur la rangée de DEL sur la troisième résistance de mesure ($R_{VledShunt}$),

et pour calculer à partir de cela le courant de DEL (I_{LED}) traversant la rangée de DEL,

- l'unité de commande (SE) étant agencée pour combiner le cadencement haute fréquence du courant de commutateur (I_{LS}) avec un signal PWM basse fréquence par comparaison,

un deuxième commutateur (FS) étant prévu dans le circuit de service, qui est agencé pour ne libérer un trajet de courant entre la deuxième résistance de mesure (R_{Shunt}) et le filtre passe-bas (TPF) que pendant une durée de mise en circuit du signal PWM et pour interrompre le trajet de courant pendant une durée de mise hors circuit du signal PWM.

2. Circuit de service selon la revendication 1, l'unité de commande (SE) étant agencée pour calculer la tension de DEL en tant que différence entre la tension d'alimentation (V_{bus}) et la tension de mesure (V_{led}).
3. Circuit de service selon la revendication 1 ou 2, l'unité de commande (SE) étant agencée pour calculer le courant de DEL (I_{LED}) à partir du produit de la tension d'alimentation (V_{bus}) et du courant de com-

mutateur (I_{LS}) en tant que puissance transmise divisée par la tension de DEL.

4. Circuit de service selon l'une des revendications précédentes, l'unité de commande (SE) étant agencée pour spécifier une valeur de seuil de coupure pour le premier commutateur (LS).
5. Circuit de service selon l'une des revendications précédentes, le courant de commutateur (I_{LS}), dont la valeur moyenne a été calculée, et filtré en passe-bas, étant maintenu pendant la durée de mise hors circuit, et l'unité de commande (SE) étant agencée pour analyser le courant de commutateur (I_{LS}), dont la valeur moyenne a été calculée, pendant la durée de mise hors circuit du signal PWM.
6. Circuit de service selon l'une des revendications précédentes, l'unité de commande (SE) étant agencée pour commander un rapport cyclique du signal PWM, et l'unité de commande (SE) étant agencée pour régler la valeur de seuil de coupure pour le premier commutateur (LS) en fonction du courant de commutateur (I_{LS}) dont la valeur moyenne a été calculée.
7. Circuit de service selon l'une des revendications précédentes, un signal reproduisant la tension d'alimentation (V_{bus}), un signal reproduisant le courant de commutateur (I_{LS}) dont la valeur moyenne a été calculée et/ou un signal qui reproduit la différence entre la tension d'alimentation (V_{bus}) et la tension de mesure (V_{led}) pouvant être conduit à l'unité de commande (SE).
8. Circuit de service selon l'une des revendications précédentes, un condensateur étant prévu dans le circuit de service et étant disposé parallèlement à la rangée de DEL et étant agencé pour maintenir le courant traversant la DEL quand le premier commutateur (LS) est commuté sur non-conduction.
9. Procédé de fonctionnement, par un circuit de service, d'une rangée de DEL, avec au moins une DEL, présentant les étapes suivantes :
 - amenée d'une tension d'alimentation (V_{bus}) au circuit de service sur au moins une connexion côté entrée,
 - le circuit de service présentant une bobine (L_{Buck}) et un premier commutateur (LS) cadencé à haute fréquence par une unité de commande (SE) du circuit de service, une première résistance de mesure ($R_{VbusShunt}$), une deuxième résistance de mesure (R_{Shunt}) et une troisième résistance de mesure ($R_{VledShunt}$),
 - détection, par l'unité de commande, sur la deuxième résistance de mesure (R_{Shunt}), d'un

courant de commutateur (I_{LS}) traversant le premier commutateur (LS) quand le premier commutateur (LS) est en circuit,

- stockage intermédiaire d'une énergie dans la bobine quand le premier commutateur est commuté sur conduction, la bobine se déchargeant, quand le premier commutateur (LS) est commuté sur non-conduction, par le biais d'une diode (D1) du circuit de service et par le biais de la rangée de DEL,

5

10

caractérisé par les étapes suivantes :

- calcul de la moyenne temporelle par un filtre passe-bas (TPF) du circuit de service, du courant de commutateur (LS) détecté sur la deuxième résistance de mesure (R_{Shunt}),

15

- détermination, par l'unité de commande (SE), du courant de commutateur (I_{LS}), dont la valeur moyenne dans le temps a été calculée, traversant le premier commutateur sur la deuxième résistance de mesure (R_{Shunt}) et le filtre passe-bas (TPF),

20

- détermination, par l'unité de commande (SE), de la tension d'alimentation (V_{bus}) sur la première résistance de mesure ($R_{VbusShunt}$), et

25

- détermination, par l'unité de commande (SE), d'une tension de mesure (V_{led}) sur la rangée de DEL sur la troisième résistance de mesure ($R_{VledShunt}$)

30

et, à partir de là, calcul du courant de DEL (I_{LED}) traversant la rangée de DEL,

- combinaison du cadencement haute fréquence du courant de commutateur (I_{LS}) avec un signal PWM basse fréquence par comparaison, - libération, par un deuxième commutateur (FS) du circuit de service, d'un trajet de courant entre la deuxième résistance de mesure (R_{Shunt}) et le filtre passe-bas (TPF) uniquement pendant une durée de mise en circuit du signal PWM, et - interruption du trajet de courant pendant une durée de mise hors circuit du signal PWM.

35

40

45

50

55

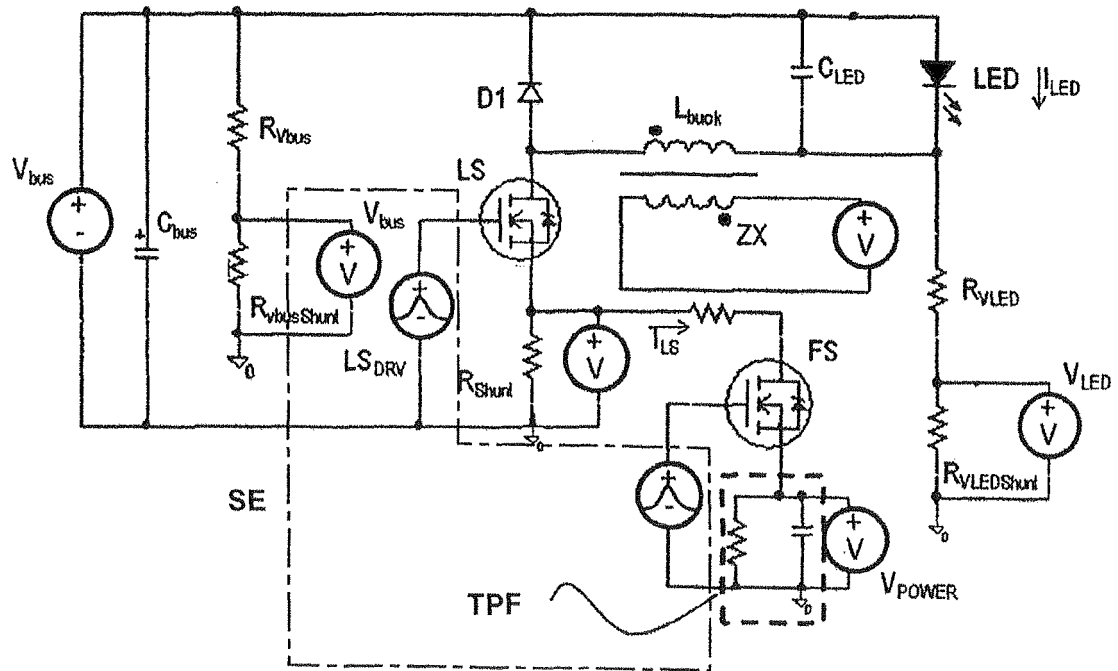


Fig. 1

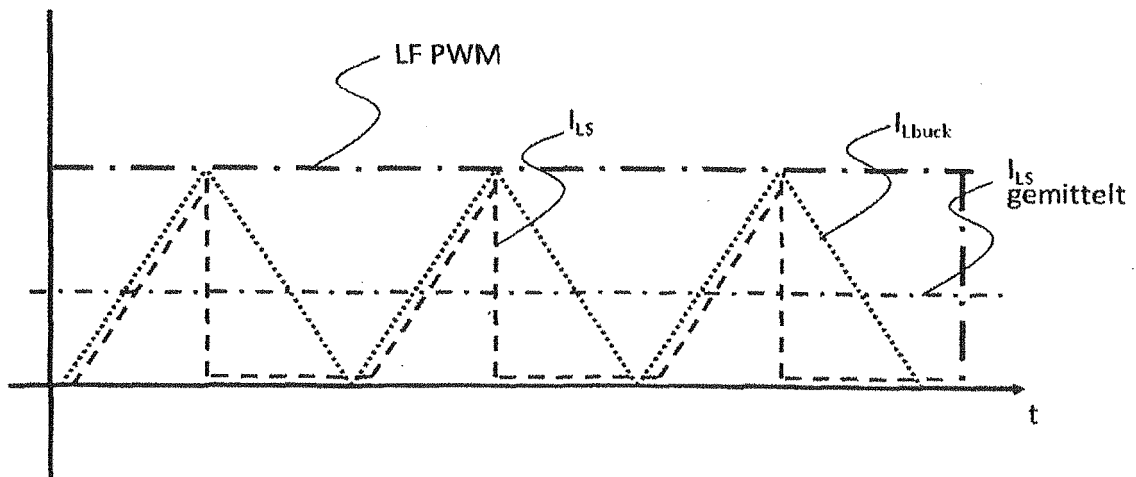


Fig. 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102006034371 A1 [0005]