



(11)

EP 2 420 107 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.07.2015 Patentblatt 2015/28

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

(21) Anmeldenummer: **10711663.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/054014

(22) Anmeldetag: **26.03.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/118944 (21.10.2010 Gazette 2010/42)

(54) LEISTUNGSREGELUNG VON LED, MITTELS MITTELWERT DES LED-STROMS UND BIDIREKTIONALER ZÄHLER

POWER REGULATION OF LED BY MEANS OF AN AVERAGE VALUE THE LED CURRENT AND BIDIRECTIONAL COUNTER

RÉGULATION DE LA PUISSANCE DE DEL, À L'AIDE DE LA MOYENNE DU COURANT DES DEL ET D'UN COMPTEUR BIDIRECTIONNEL

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK SM TR

- **BARTH, Alexander**
A-6861 Alberschwende (AT)
- **MAYRHOFFER, Markus**
A-6850 Dornbirn (AT)
- **MARENT, Günter**
A-6780 Bartholomäberg (AT)

(30) Priorität: **14.04.2009 AT 22909 U**
15.04.2009 DE 102009017139
19.03.2010 DE 102010003054

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.02.2012 Patentblatt 2012/08

(73) Patentinhaber:

- **Tridonic GmbH & Co KG**
6851 Dornbirn (AT)
- **Tridonic AG**
8755 Ennenda (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 0 287 360 WO-A1-2006/135836
WO-A2-2007/016373 WO-A2-2007/044948
US-A- 4 592 057 US-A- 5 317 578
US-A1- 2005 218 838 US-A1- 2006 238 174
US-A1- 2007 024 213 US-A1- 2007 097 044
US-A1- 2007 182 346 US-A1- 2007 229 001
US-A1- 2010 045 190

(72) Erfinder:

- **PEREIRA, Eduardo**
CH-8854 Siebnen (CH)
- **ZIMMERMANN, Michael**
CH-8888 Heiligkreuz (CH)

EP 2 420 107 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 vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zum Betreiben von Leuchtdioden (LED), insbesondere von anorganischen Leuchtdioden oder auch organischen Leuchtdioden, welche in elektronischen Vorschaltgeräten für entsprechende Leuchtdioden zum Einsatz kommt.

[0002] Die Erfindung bezieht sich auch auf ein Beleuchtungssystem.

[0003] Die US 2006/0238174 A1 beschreibt einen Schaltregler für eine LED. Der Schaltregler umfasst einen Transistor. Sobald dieser eingeschaltet ist, fließt ein Strom durch eine Spule. Der Transistor wird ausgeschaltet, wenn der Spulenstrom einen gewünschten Maximalwert erreicht. Der Maximalwert wird durch einen Vergleich einer Überwachungsspannung an einer Klemme der Spule mit einer Referenz ermittelt. Der Transistor wird eingeschaltet, wenn ermittelt wird, dass der Spulenstrom den Wert Null erreicht hat.

[0004] Bei dem Stand der Technik wird der Ausschaltzeitpunkt des Schalters dadurch bestimmt, dass der LED-Strom einen fest vorgegeben Ausschaltsschwellenwert erreicht. Dabei kommt es zu Ungenauigkeiten, da der negative Stromflussbereich unmittelbar nach dem Einschalten des Schalters variieren kann, was die Leistungsregelung ungenau macht.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung ist nunmehr, die Leistungsregelung einer LED in einem Konverter wie beispielsweise einem Boost-Konverter (Hochsetzsteller), Buck-Konverter (auch Tiefsetzsteller genannt) oder Buck-Boost Konverter (Sperrwandler oder auch Inverter genannt) genauer zu machen.

[0006] Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche. Die abhängigen Ansprüche bilden den zentralen Gedanken der Erfindung in besonders vorteilhafter Weise weiter.

[0007] Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung, insbesondere zur Leistungsregelung einer LED in einem Konverter mit einem Schalter.

[0008] Die Erfindung lässt sich dabei gleichermassen anwenden auf:

- den sog. Boarderline-Mode oder Critical Conduction Mode (Grenzmodus), bei dem der Entmagnetisierungsstrom auf Null abfällt bzw. die Nulllinie kreuzt, was unverzüglich das Einschalten des Schalters und somit das Wiederaufsteigen des Stroms auslöst,
- den Continuous Conduction Mode (nichtlückender Strombetrieb), bei dem das Wiedereinschalten des Schalters erfolgt, bevor der Strom auf Null abgefallen ist, und
- den Discontinuous Conduction Mode (lückender Strombetrieb), bei dem das Wiedereinschalten des Schalters erst wieder erfolgt, nachdem der Strom während einer Zeitdauer grösser als Null auf dem Nullpegel verharrt hat.

[0009] Der Konverter wird durch einen aktiv getakteten Schalter und passive Energiespeicherelemente mit beispielsweise einer Induktivität gebildet. Beispielsweise kann es sich bei einem solchen Konverter um einen Buck-Konverter, Buck-Boost Konverter oder Flyback-Konverter (isolierter Sperrwandler) handeln.

[0010] Die LED ist dabei in dem Ausgangskreis verschaltet. Es wird eine Induktivität aufmagnetisiert, wenn der Schalter aktiv getaktet wird und über den geschlossenen Schalter und die Induktivität ein Stromfluß erfolgt. Als Rückführgrösse für die Regelung wird ein für den Mittelwert des LED-Stroms repräsentativer gemessener Istwert verwendet, der mit einem Referenzwert als Sollwert verglichen wird.

[0011] Abhängig von einer Differenz zwischen dem Istwert und dem Sollwert kann das Tastverhältnis des aktuellen Einschaltvorgangs des aktiv getakteten Schalters und/oder eines folgenden Einschaltvorgangs eingestellt werden.

[0012] Dabei kann das Tastverhältnis des aktiv getakteten Schalters nur bei jedem n-ten Einschaltvorgang verändert werden, wobei n grösser oder gleich 2 ist.

[0013] Das Tastverhältnis des aktiv getakteten Schalters kann bspw. über den Zeitpunkt des Ausschaltens des aktiv getakteten Schalters als Steuergrösse verändert werden.

[0014] Das Tastverhältnis kann durch adaptive Vorgabe eines Ausschaltpegels einer gemessenen, für den LED-Strom repräsentativen Grösse eingestellt werden, wobei bei Erreichen des Ausschaltpegels der aktiv getaktete Schalter ausgeschaltet wird.

[0015] Als Steuergrösse der Leistungsregelung kann alternativ oder zusätzlich zu der Taktung des aktiv getakteten Schalters der Pegel der den Konverter versorgenden DC-Busspannung verwendet werden.

[0016] Die Busspannung kann mittels einer aktiven PFC-Schaltung erzeugt werden, wobei der Pegel der erzeugten Busspannung durch Veränderung der Taktung eines Schalters der PFC-Schaltung ausgeführt wird.

[0017] Als für den Mittelwert des LED-Stroms repräsentativer gemessener Istwert kann ein Abtastwert des LED-Stroms werden, vorzugsweise gemessen bei der Hälfte der Einschaltzeitdauer des aktiv getakteten Schalters.

[0018] Der für den Mittelwert des LED-Stroms repräsentative Istwert kann durch eine kontinuierliche Messung des LED-Stroms (oder einer dafür repräsentativen Grösse) ermittelt werden.

[0019] Der kontinuierlich gemessene LED-Strom kann mit einem Referenzwert verglichen werden und der für den Mittelwert repräsentative Istwert kann das Tastverhältnis des Vergleichswerts über die Einschaltzeitdauer des aktiv geschalteten Schalters sein.

[0020] Das Tastverhältnis kann anhand eines bidirektionalen digitalen Zählers ermittelt werden.

[0021] Der Referenzwert kann von einem vorgegebenen Dimmwert und/oder der gemessenen LED-Spannung abhängen.

[0022] Der LED-Strom kann durch einen der folgenden Betriebsmodi (bzgl. der Taktung des Schalters, insbesondere seines Wiedereinschaltens) erzeugt werden:

- dem sog. Boarderline-Mode oder Critical Conduction Mode bei dem der Entmagnetisierungsstrom auf Null abfällt bzw. die Nulllinie kreuzt, was unverzüglich das Einschalten des Schalters und somit das Wiederaufsteigen des Stroms auslöst,
- dem Continuous Conduction Mode, bei dem das Wiedereinschalten des Schalters erfolgt, bevor der Strom auf Null abgefallen ist, oder
- dem Discontinuous Conduction Mode, bei dem das Wiedereinschalten des Schalters erst wieder erfolgt, nachdem der Strom während einer Zeitdauer grösser als Null auf dem Nullpegel verbleibt.

[0023] Ein Dimmen der LED(s) kann durch PWM erfolgen, wobei der LED-Strom vorzugsweise im Continuous Conduction Mode in den Einschaltzeitdauern eines PWM-Impulses erzeugt wird.

[0024] Die Erfindung bezieht sich auch auf eine integrierte Schaltung, insbesondere ASIC oder Mikrokontroller bzw. Hybrid davon, die zur Durchführung eines Verfahrens wie oben ausgeführt ausgelegt ist.

[0025] Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf ein Betriebsgerät für eine LED, aufweisend eine derartige integrierte Schaltung.

[0026] Erfindungsgemäss ist auch eine Schaltung zur Leistungsregelung einer LED vorgesehen, die einen Konverter mit einem Schalter aufweist, wobei die LED in dem Ausgangskreis verschaltbar ist. Eine Steuereinheit aktiviert den Schalter, wodurch der Schalter den Stromfluß übernimmt und die Induktivität aufmagnetisiert, wodurch die LED mit einer hochfrequenten Spannung versorgt ist. Der Steuereinheit wird ein für den Mittelwert des LED-Stroms repräsentativer gemessener Istwert zurückgeführt, der mit einem Referenzwert verglichen wird.

[0027] Die Steuereinheit kann abhängig von einer Differenz zwischen dem Istwert und dem Sollwert das Tastverhältnis des aktuellen Einschaltvorgangs des aktiv getakteten Schalters und/oder eines folgenden Einschaltvorgangs einstellen.

[0028] Die Steuereinheit kann das Tastverhältnis des aktiv getakteten Schalters nur bei jedem n-ten Einschaltvorgang verändern, wobei n grösser oder gleich 2 ist.

[0029] Die Steuereinheit kann das Tastverhältnis des aktiv getakteten Schalters über den Zeitpunkt des Ausschaltens des aktiv getakteten Schalters als Steuergrösse verändern.

[0030] Die Steuereinheit kann das Tastverhältnis durch adaptive Vorgabe eines Ausschaltpegels einer gemessenen, für den LED-Strom repräsentativen Grösse einstellen, wobei die Steuereinheit bei Erreichen des Ausschaltpegels der aktiv getaktete Schalter ausschaltet.

[0031] Die Steuereinheit kann neben der Regelung des Betriebs der LED auch eine Zwischenkreisschaltung

ansteuern und von der Zwischenkreisschaltung Rückführsignale erhalten, wobei die Zwischenkreisspannung die den Konverter versorgende DC-Busspannung erzeugt.

[0032] Die Steuereinheit kann als Steuergrösse der Leistungsregelung alternativ oder zusätzlich zu der Taktung des aktiv getakteten Schalters den Pegel der den Konverter versorgenden DC-Busspannung verwenden.

[0033] Zur Erzeugung der Busspannung kann eine aktive PFC-Schaltung vorgesehen sein, wobei die Steuereinheit den Pegel der erzeugten Busspannung durch Veränderung der Taktung eines Schalters der PFC-Schaltung ausführt.

[0034] Der Steuereinheit kann als ein für den Mittelwert des LED-Stroms repräsentativer gemessener Istwert ein Abtastwert des LED-Stroms, vorzugsweise gemessen bei der Hälfte der Einschaltzeitdauer des aktiv getakteten Schalters, zurückgeführt sein.

[0035] Die Steuereinheit kann zur Ermittlung des für den Mittelwert des LED-Stroms repräsentativen Istwerts kontinuierlich den LED-Strom (oder eine dafür repräsentative Grösse) messen.

[0036] Die Steuerschaltung kann einen Komparator aufweisen, der den kontinuierlich gemessenen LED-Strom mit einem Referenzwert vergleicht und die Steuerschaltung als für den Mittelwert repräsentativen Istwert das Tastverhältnis des Ausgangssignals des Komparators verwendet.

[0037] Das Ausgangssignal des Komparators kann einem bidirektionalen digitalen Zähler der Steuerschaltung zugeführt sein.

[0038] Die Steuerschaltung kann den Referenzwert abhängig von einem extern oder intern vorgegebenen Dimmwert und/oder der gemessenen und der Steuerschaltung zugeführten LED-Spannung einstellen.

[0039] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung näher beschrieben.

Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemässes Betriebsgerät für in einem Buck-Konverter verschaltete LED,

Figur 2 zeigt im Detail eine erfindungsgemässe Schaltung für in einem Buck-Boost-Konverter verschaltete LED sowie die daran abgreifbaren Messsignale,

Figur 3 zeigt den Verlauf von Ansteuersignalen von einem Schalter der Halbbrücke sowie der Mittenpunktspannung U_{L3} und des LED-Stroms I_{LED} ,

Figur 4 zeigt den Aufbau einer Regelung des LED-Stroms,

Figur 5 zeigt den zeitlichen Verlauf von Signalen der Regelung von Figur 4,

[0040] Fig. 1 zeigt ein elektronisches Vorschaltgerät

zum Betreiben von LED.

[0041] Fig. 1 zeigt einen Konverter zum Betreiben mindestens einer LED und eine Schaltung zur Leistungsfaktorkorrektur, wobei beide Schaltungen durch eine Steuereinheit IC gesteuert wird.

[0042] Eingangsseitig weist das elektronische Vorschaltgerät einen mit Netzspannung versorgten - nicht dargestellten Gleichrichter - auf, an den sich die aktive Leistungsfaktor-Korrekturschaltung anschliesst, die als Hochsetzsteller fungiert.

[0043] Die PFC-Schaltung weist im wesentlichen eine Spule L6 auf, die aufmagnetisiert wird, wenn der Schalter (Transistor) S6 auf einen Ansteuerbefehl S6D von der integrierten Schaltung IC aus vorgegeben geschlossen ist.

[0044] Wenn der Schalter S6 geöffnet wird, entlädt sich die Energie der aufmagnetisierten Spule L6 über ein Diode D9 zum Speicherkondensator C6, so dass sich an dem Kondensator C6 eine hochgesetzte Gleichspannung Uout (Busspannung Uout) einstellt, die einen dreieckförmigen Rippel mit der Frequenz der Taktung des Schalters S6 aufweist.

[0045] An dem Pin ST2 kann bei geöffnetem Schalter S6 einerseits die Busspannung Uout an diesem Pin gemessen werden, andererseits kann auch der Zeitpunkt der Entmagnetisierung der Spule L6 festgestellt werden.

[0046] Ausgangsseitig umfaßt das in Fig. 1 gezeigte elektronische Vorschaltgerät einen Konverter mit einem Schalter S1 und einer Induktivität L1. Eine Beschreibung der weiteren Elemente wird nachfolgend gegeben.

[0047] Der Konverter weist einen weiteren Schalter S1 auf und ist als Buck-Konverter ausgeführt. Der Strom durch den Schalter S1 kann mittels eines Messwiderstands (Shunt) R1 an einem Pin CS der Steuerschaltung IC zugeführt werden. An dem Pin S1D wird ein Steuerungssignal für den Schalter S1 durch die Steuerschaltung IC ausgegeben.

[0048] Bei geschlossenem Schalter S1 fließt der Strom durch die Leuchtdioden (LED) und eine Induktivität L1 und steigt näherungsweise linear mit der Magnetisierung der Induktivität L1 an. Bei ausgeschaltetem Schalter S1 baut sich die Energie der Induktivität L1 durch einen Stromfluss wiederum durch die LEDs und die Freilaufdiode D1 näherungsweise linear ab, bis der Schalter S1 schließlich wieder eingeschaltet wird. Mittels des Spannungsteilers R5, R6 kann an einem Messpunkt und Pin A2 der Zeitpunkt ermittelt werden, indem die Magnetisierung der Induktivität L1 im Wesentlichen abgebaut ist und somit der Strom durch den Freilaufpfad (Diode D1, LED-Strecke, L1) nicht mehr weitergetrieben wird.

[0049] Das Wiedereinschalten des aktiv getakteten Schalters S1 kann durch die Überwachung des durch die Induktivität L1 fließenden Zweigstroms i_{L1} festgelegt werden. Beispielsweise kann überwacht werden, ob der durch die Induktivität L1 fließende Zweigstrom i_{L1} wieder auf Null abgesunken bzw. ob die Induktivität L1 entmagnetisiert ist (Critical Conduction Mode). Dies kann mittels einer Sekundärwicklung an der Induktivität L1 oder

auch mittels einer Überwachung der Spannung über dem Schalter S1 erfolgen. Im Continuous Conduction Mode wird überwacht, ob eine der Zweigstrom eine untere Einschaltsschwelle (größer als Null) erreicht hat. Im Discontinuous Conduction Mode wird überwacht, ob der Zweigstrom bereits eine vorbestimmte Zeitdauer auf Null war, bevor eingeschaltet wird. In diesem Discontinuous Conduction Mode wird zur Berechnung des zeitlich mittleren Werts des Stroms die Ausschaltzeitdauer T_{off} einbezogen.

[0050] Es kann aber auch ein Wiedereinschalten aufgrund des Ablaufs einer bestimmten Zeitspanne einer direkten Strommessung in dem Pfad der LED erfolgen. Es kann aber auch ein Wiedereinschalten aufgrund der Auswertung der Steilheit des Anstieges des erfassten LED-Stromes während der Einschaltphase des Schalters S1 und / oder der Dauer der Einschaltphase des Schalters S1 erfolgen. Es kann auch der aktuelle Stromwert unmittelbar oder kurz nach dem Wiedereinschalten des Schalters S1 ausgewertet werden, um davon abhängig die Dauer der Ausschaltphase und somit den nächsten Wiedereinschaltzeitpunkt festzulegen.

[0051] Da ein Betrieb der LED mit einem möglichst konstanten Strom erfolgen sollte, kann das Wiedereinschalten des Schalters S1 vor der vollständigen Entmagnetisierung der Induktivität L1 vorteilhaft sein, vor allem, wenn kein oder nur ein sehr kleiner Kondensator C1 vorhanden ist. In diesem Fall kann ein sogenannter nichtlückender Strombetrieb erreicht werden.

[0052] Die Steuerschaltung IC steuert den Konverter an und kann weiterhin die PFC-Regelung durchführen.

[0053] Der Steuereinheit können Rückführsignale aus dem Bereich der PFC-Zwischenkreisspannung zurückgeführt werden, wie bspw.:

- die Eingangsspannung über einen Abgriff ST1,
- der Strom durch die Induktivität L6 mittels eines Spannungsteilers ST2 (oder eine Überwachung der Spannung über der Induktivität L6), und
- die Busspannung Uout über den Spannungsteiler ST2.

[0054] Die Steuereinheit kann den Pegel der Ausgangsspannung durch Taktung des Schalters S6 einstellen und mittels der zurückgeführten Busspannung vorzugsweise digital regeln.

[0055] Der Steuereinheit können Rückführsignale aus dem Bereich des die LED enthaltenden Lastkreises mit dem Konverter zurückgeführt werden:

- die LED-Spannung V_{LED} (beispielsweise ermittelt mittels eines Vergleiches der zurückgeführten Busspannung mit der Spannung am Spannungsteiler A2),
- den LED-Strom I_{LED} mittels des Shunts R1 (nur während des Einschaltens des aktiv getakteten Schalters S1), und
- die Spannung über dem Schalter S1 mittels eines

Abgriffs A2 (beispielsweise induktiv oder durch Abgriff über dem dem Schalter S1).

[0056] Die LED-Spannung V_{LED} kann beispielsweise als Parameter für die Regelung des LED Betriebes oder auch zur Fehlererkennung ausgewertet werden.

[0057] Im Discontinuous Conduction Mode kann wie bereits erwähnt zur Berechnung des zeitlich mittleren Werts des Stroms durch die LED die Ausschaltzeitdauer T_{off} des Schalters S1 einbezogen werden. Die Ausschaltzeitdauer T_{off} kann beispielsweise mittels der Überwachung der Spannung über dem Schalter S1 bestimmt werden. In diesem Fall kann erkannt werden, über welchen Zeitraum eine Entmagnetisierung der Induktivität L1 vorliegt (was der Ausschaltzeitdauer T_{off} entspricht). Die Ausschaltzeitdauer T_{off} kann aber beispielsweise auch durch eine Auswertung des Ansteuersignals für den Schalter S1 bestimmt bzw. erfasst werden.

[0058] Vorzugsweise ist parallel zur LED ein Kondensator C1 als Filter- oder Glättungskondensator parallel geschaltet. Dieser kann im Betrieb die LED-Spannung glätten und während der Entmagnetisierung der Induktivität L1 die LED-Spannung aufrecht erhalten. In diesem Fall entspricht der über den Shunt R1 ermittelte Strom nicht exakt dem durch die LED fließenden Strom, sondern enthält zusätzlich auch einen über den Kondensator C1 fließenden Stromanteil. Auch dieser Gesamtstrom kann für die erfindungsgemäße Leistungsregelung genutzt werden, da der Strom durch den Shunt R1 wiederum ein Maß für die aktuelle Leistung im Ausgangskreis darstellt, wenn davon ausgegangen wird, dass die Busspannung U_{out} konstant ist (z.B. aufgrund der Regelung des PFC) oder aufgrund einer Messung bekannt ist. Auch dieser Gesamtstrom wird deshalb im nachfolgenden als LED-Strom bezeichnet.

[0059] Zwischen dem Schalter S1 und dem negativen Pol der Gleichspannungsquelle ist ein niederohmiger Shunt R1 zwischengeschaltet, der jedoch nur zur Messung von Strömen dient und auf die Spannungen in der Schaltung keinen messbaren Einfluß hat.

[0060] Eine Helligkeitsänderung (Dimmen) der LED wird vorzugsweise durch einen gepulsten Betrieb (Perioden mit nahezu konstantem LED-Strom werden durch Perioden ohne Stromfluß unterbrochen, PWM) erreicht. Für diesen Betrieb eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren, insbesondere bei Anwendung eines nichtlückenden Strombetriebs, der in den Einschalt-Zeitdauern eines PWM-Betriebs durchgeführt wird.

[0061] Dabei kann vorgesehen sein, dass bei einem Einschalten der LEDs der oder die ersten PWM-Impulse eines Impulszuges gezielt verlängert werden, damit ein üblicherweise parallel zu der LED-Strecke geschalteter Speicherkondensator schneller auf die Sollspannung aufgeladen wird.

[0062] Fig. 2 zeigt einen Konverter zum Betreiben mindestens einer LED, wobei diese Schaltung durch eine Steuereinheit IC gesteuert wird. Dem Konverter kann eine Schaltung zur Leistungsfaktorkorrektur vorgeschaltet

sein.

[0063] Der Konverter weist einen weiteren Schalter S1 auf und ist als Buck-Boost-Konverter ausgeführt. Der Strom durch den Schalter S1 kann mittels eines Messwiderstands (Shunt) R1 an einem Pin CS der Steuerschaltung IC zugeführt werden. An dem Pin SR wird ein Steuersignal für den Schalter S1 durch die Steuerschaltung IC ausgegeben.

[0064] Bei geschlossenem Schalter S1 fließt der Strom durch eine Induktivität L1 und steigt im Wesentlichen linear mit der Magnetisierung der Induktivität L1 an. Die LED werden während dieser Phase von dem Kondensator C1 gespeist. Bei ausgeschaltetem Schalter S1 baut sich die Energie der Induktivität L1 durch einen Stromfluß durch die LEDs und die Freilaufdiode D1 im Wesentlichen linear ab, bis der Schalter S1 schließlich wieder eingeschaltet wird. Mittels der Sekundärwicklung L2 auf der Induktivität L1 kann an einem Messpunkt und Pin A2 der Zeitpunkt ermittelt werden, in dem die Magnetisierung der Induktivität L1 im Wesentlichen abgebaut ist und somit der Strom durch den Freilaufpfad (Diode D1, LED-Strecke, Induktivität L1) nicht mehr weitergetrieben wird.

[0065] Das Wiedereinschalten des aktiv getakteten Schalters S1 kann durch die Überwachung des durch die Induktivität L1 fließenden Zweigstroms i_{L1} festgelegt werden. Beispielsweise kann überwacht werden, ob der durch die Induktivität L1 fließende Zweigstrom i_{L1} wieder auf Null abgesunken bzw. ob die Induktivität L1 entmagnetisiert ist. Dies kann mittels einer Sekundärwicklung an der Induktivität L1 oder auch mittels einer Überwachung der Spannung über dem Schalter S1 erfolgen. Es kann aber auch ein Wiedereinschalten aufgrund des Ablaufs einer bestimmten Zeitspanne einer direkten Strommessung in dem Pfad der LED erfolgen. Es kann aber auch ein Wiedereinschalten aufgrund der Auswertung der Steilheit des Anstieges des erfassten LED-Stromes während der Einschaltphase des Schalters S1 und / oder der Dauer der Einschaltphase des Schalters S1 erfolgen. Es kann auch der aktuelle Stromwert unmittelbar oder kurz nach dem Wiedereinschalten des Schalters S1 ausgewertet werden, um davon abhängig die Dauer der Ausschaltphase und somit den nächsten Wiedereinschaltzeitpunkt festzulegen.

[0066] Die Steuerschaltung IC steuert den Konverter an und kann weiterhin die PFC-Regelung durchführen.

[0067] Der Steuereinheit können Rückführsignale aus dem Bereich des die LED enthaltenden Lastkreises mit dem Konverter zurückgeführt werden:

- die LED-Spannung V_{LED} mittels eines nicht dargestellten, parallel zur LED angeordneten Spannungsteilers,
- den LED-Strom I_{LED} (bspw. mittels Shunt R1), und
- die Spannung über dem Schalter S1 mittels eines Abgriffs A2 (induktiv oder durch Abgriff über dem Schalter S1).

[0068] Vorzugsweise ist parallel zur LED ein Kondensator C1 als Filter- oder Glättungskondensator parallel geschaltet. Dieser kann im Betrieb die LED-Spannung glätten und während der Aufmagnetisierung oder auch während der Entmagnetisierung der Induktivität L1 die LED-Spannung aufrecht erhalten.

[0069] Zwischen dem Schalter S1 und dem negativen Pol der Gleichspannungsquelle ist ein niederohmiger Shunt R1 zwischengeschaltet, der jedoch nur zur Messung von Strömen dient und auf die Spannungen in der Schaltung keinen messbaren Einfluß hat.

[0070] In Figur 3 werden Signalverläufe während des Ein- und Ausschaltens des Schalters S1 dargestellt. Dabei ist wie ersichtlich der Schalter S1 aktiv getaktet und zwischen den Zeitpunkten T_{31} und T_{32} (Zeitdauer t_{ON}) eingeschaltet. Wie ersichtlich kann der linear ansteigende LED-Strom I_{LED} nur während der Zeitdauer t_{ON} an dem Shunt R1 erfasst werden, während der der Schalter S1 eingeschaltet ist. In der Zeitdauer des Ausschaltens des Schalters S1, in der die Induktivität L1 den Strom durch die LED absinkend bis zum unteren Umkehrpunkt weitertreibt, kann der LED-Strom mittels des Shunts R1 dagegen nicht erfasst werden.

[0071] Der Einschaltzeitpunkt des hochfrequent getakteten Schalters S1 kann durch die Überwachung des durch die Induktivität L1 fließenden Zweigstroms i_{L1} festgelegt werden. Beispielsweise kann überwacht werden, ob der durch die Induktivität L1 fließende Zweigstrom i_{L1} wieder auf Null abgesunken bzw. ob die Induktivität L1 entmagnetisiert ist. Dies kann mittels einer Sekundärwicklung an der Induktivität L2 oder auch mittels einer Überwachung der Spannung über dem Schalter S1 erfolgen.

[0072] Bei dem Stand der Technik wird der Ausschaltzeitpunkt des hochfrequent getakteten Schalters S1 dadurch festgelegt, wenn der LED-Strom einen festgelegten Schwellenwert I_{peak} erreicht. Dabei bleibt - wie bereits eingangs erläutert - etwaige Schwankungen des maximalen negativen Strompegels ΔI bei dem Umkehrpunkt T_{31} und dem unberücksichtigt, was diese Art der Leistungsregelung ungenau macht.

[0073] Gemäss der Erfindung wird nunmehr der Ausschaltzeitpunkt des aktiv getakteten Schalters (im Beispiel der Figur 2 Schalter S1) adaptiv gestaltet, so dass im Ergebnis die Einschaltzeitdauer t_{ON} variabel ist. Dies kann bspw. dadurch erzielt werden, indem die Ausschaltsschwelle für den LED-Strom adaptiv gestaltet wird und/oder die Einschaltzeitdauer des aktiv getakteten Schalters adaptiv einstellbar ist.

[0074] Die Adaptierung erfolgt dabei anhand eines Rückführsignals, das für den Mittelwert des LED-Stroms (Mittelung über eine oder mehrere Einschaltzeitdauern des aktiv getakteten Schalters) repräsentativ ist. Durch Regelung auf den Mittelwert des LED-Stroms ist die Lampenleistungsregelung wesentlich genauer.

[0075] Der Mittelwert des LED-Stroms kann erfasst werden, indem zu dem Zeitpunkt $t_{on}/2$, also zur Hälfte der Einschaltzeitdauer t_{ON} des aktiv getakteten Schalters

ein Abtastwert erfasst und ausgewertet wird. Ist dieser höher als der Soll-Mittelwert, kann die Einschaltzeitdauer oder die Ausschaltstromschwelle verringert werden, und zwar im aktuellen oder in einem folgenden Einschaltvorgang des aktiv getakteten Schalters.

[0076] (Im Discontinuous Conduction Mode wird wie gesagt zur Berechnung des zeitlich mittleren Werts des Stroms die Ausschaltzeitdauer T_{off} einbezogen.)

[0077] Im Folgenden soll indessen ein Ausführungsbeispiel erläutert werden, bei dem der LED-Strom kontinuierlich erfasst und zu der Steuereinheit zurückgeführt wird.

[0078] Wie in Figur 4 gezeigt wird in der Steuereinheit der LED-Strom I_{LED} durch einen Komparator K1 mit einem Referenzwert I_{avg_soll} verglichen. Dieser Referenzwert I_{avg_soll} gibt also den Soll-Mittelwert für den LED-Strom vor und kann bspw. von einer externen oder internen Dimmwertvorgabe und/oder der Höhe der LED-Spannung abhängen. Dieser Referenzwert I_{avg_soll} ist ein Mass für die Sollleistung.

[0079] Um eine konstante Lampenleistung zu erzielen, muss bei schwankender LED-Spannung V_{LED} die Sollwertvorgabe für den Mittelwert des LED-Stroms invers nachgeführt werden, so dass sich ergebende Produkt aus LED-Strom und LED-Spannung konstant geregelt bleibt. Bei konstanter LED-Spannung entspricht natürlich eine Mittelstromregelung genau einer Lampenleistungsregelung.

[0080] Bei diesem Ausführungsbeispiel ist es Ziel der Regelung, dass das Tastverhältnis des Ausgangs des Komparators K1 während einer Einschaltzeitdauer t_{ON} des aktiv getakteten Schalters 50% beträgt. In dem Ausführungsbeispiel wird dazu das Ausgangssignal des Komparators einem digitalen Up-/Down-Zähler COUNTER zugeführt, der von einem Zeitgeber der Steuereinheit getaktet ist (Taktsignal CNT_CLK). Wie in Figur 5 ersichtlich zählt der Zähler COUNTER in eine Richtung, solange der LED-Strom I_{LED} unterhalb des Referenzwerts I_{avg_soll} liegt, und in die umgekehrte Richtung, sobald der LED-Strom I_{LED} den Referenzwert I_{avg_soll} überschreitet. Wenn der Istwert des Mittelwerts des LED-Stroms I_{LED} genau der Referenzwertvorgabe I_{avg_soll} entspricht, wird das Tastverhältnis des dem Zähler COUNTER zugeführten Vergleichssignals 50% sein und somit am Ende einer Einschaltzeitdauer der Zählerstand genau seinem Anfangsstand entsprechen.

[0081] Jedwede Abweichung wird indessen zu einer Abweichung ERROR des Zählerstands von dessen Anfangsstand führen. Dieses Abweichungssignal ERROR wird einem vorzugsweise digitalen Regler REGULATOR zugeführt, der ebenfalls von einem Zeitgeber der Steuereinheit getaktet durch ein Signal reg_clk wird. Der Regler REGULATOR implementiert eine Regelstrategie (bspw. PI-Regler) und steuert abhängig vom dem Eingangssignal ERROR und der Regelstrategie eine die Leistung der LED beeinflussende Stellgrösse an. Diese Stellgrösse kann bspw. eines oder mehreres sein von:

- Busspannung,
- adaptive Ausschaltsschwelle I_{peak} , und/oder
- adaptive Einschaltzeitdauer Ton.

[0082] Die Stellgrösse(n) kann im aktuellen Einschaltvorgang, in einem jeden folgenden Einschaltvorgang oder aber in jedem n-ten Einschaltvorgang verändert werden, wobei n eine ganze Zahl grösser oder gleich 2 ist.

[0083] Im Beispiel von Figur 4 und 5 wird entweder die Einschaltzeitdauer Ton verändert, oder aber der Regler REGULATOR verändert den Referenzwert eines weiteren Komparators K2 der Steuereinheit, an dessen nichtinvertierten Eingang der LED-Strom I_{LED} anliegt.

[0084] Das Ausgangssignal des weiteren Komparators K2 steuert das Ausschalten $gate_off$ des Schalters.

[0085] Bei dem Konverter für die LED kann es sich beispielsweise auch um einen Boost Konverter oder einen Flyback-Konverter handeln.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung einer LED mittels eines Konverters mit einem Schalter, wobei die LED in dem Ausgangskreis verschaltet ist und eine Induktivität (L1) aufmagnetisiert wird, wenn der Schalter (S1) aktiv getaktet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Rückführgrösse für die Regelung ein für den Mittelwert des LED-Stroms (I_{LED}) repräsentativer gemessener Istwert verwendet wird, der mit einem Referenzwert (I_{AVG_SOLL}) verglichen wird, wobei der für den Mittelwert des LED-Stroms (I_{LED}) repräsentative Istwert durch eine kontinuierliche Messung des LED-Stroms (I_{LED}) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der aktiv getaktete Schalter (S1) zu einem Zeitpunkt eingeschaltet wird, wenn der indirekt oder direkt erfasste Strom auf Null abgeklungen ist, vorzugsweise seinen unteren Umkehrpunkt erreicht hat.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem abhängig von einer Differenz zwischen dem Istwert und dem Sollwert das Tastverhältnis des aktuellen Einschaltvorgangs des aktiv getakteten Schalters und/oder eines folgenden Einschaltvorgangs eingestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem das Tastverhältnis des aktiv getakteten Schalters nur bei jedem n-ten Einschaltvorgang verändert wird, wobei n grösser oder gleich 2 ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

bei dem das Tastverhältnis des aktiv getakteten Schalters über den Zeitpunkt des Ausschaltens des aktiv getakteten Schalters als Steuergrösse verändert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Tastverhältnis durch adaptive Vorgabe eines Ausschaltpegels einer gemessenen für den LED-Strom repräsentativen Grösse eingestellt wird, wobei bei Erreichen des Ausschaltpegels der aktiv getaktete Schalter ausgeschaltet wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem als Steuergrösse der Leistungsregelung alternativ oder zusätzlich zu der Taktung des aktiv getakteten Schalters der Pegel der den Konverter versorgenden DC-Busspannung verwendet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die Busspannung mittels einer aktiven PFC-Schaltung erzeugt wird, wobei der Pegel der erzeugten Busspannung durch Veränderung der Taktung eines Schalters der PFC-Schaltung ausgeführt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem als ein für den Mittelwert des LED-Stroms repräsentativer gemessener Istwert ein Abtastwert des LED-Stroms, vorzugsweise gemessen bei der Hälfte der Einschaltzeitdauer des aktiv getakteten Schalters, verwendet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem der kontinuierlich gemessene LED-Strom mit einem Referenzwert verglichen wird und der für den Mittelwert repräsentative Istwert das Tastverhältnis des Vergleichswerts über die Einschaltzeitdauer des aktiv geschalteten Schalters ist.
11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem das Tastverhältnis anhand eines bidirektionalen digitalen Zählers ermittelt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, bei dem der Referenzwert von einem vorgegebenen Dimmwert und/oder der gemessenen LED-Spannung abhängt.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der LED-Strom durch eine der folgenden Betriebsmodi erzeugt wird:
 - dem sog. Boarderline-Mode oder Critical Conduction Mode bei dem der Entmagnetisierungsstrom auf Null abfällt bzw. die Nulllinie kreuzt,

was unverzüglich das Einschalten des Schalters und somit das Wiederansteigen des Stroms auslöst,

- dem Continuous Conduction Mode, bei dem das Wiedereinschalten des Schalters erfolgt, bevor der Strom auf Null abgefallen ist, oder

- dem Discontinuous Conduction Mode, bei dem das Wiedereinschalten des Schalters erst wieder erfolgt, nachdem der Strom während einer Zeitdauer grösser als Null auf dem Nullpegel verbleibt.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein Dimmen der LED(s) durch PWM erfolgt, wobei der LED-Strom vorzugsweise im Continuous Conduction Mode in den Einschaltzeitdauern eines PWM-Impulses erzeugt wird.

15. Integrierte Schaltung, insbesondere ASIC, die zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgelegt ist.

16. Schaltung, vorzugsweise digitale Schaltung, zur Leistungsregelung einer LED, aufweisend einen Konverter mit einem Schalter, wobei die LED in dem Ausgangskreis verschaltet wird, wobei eine Steuereinheit die Aufmagnetisierung einer Induktivität (L1) steuert, indem sie den Schalter (S1) aktiv taktet, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuereinheit ein für den Mittelwert des LED-Stroms repräsentativer gemessener Istwert zurückgeführt ist, der mit einem Referenzwert verglichen wird wobei der für den Mittelwert des LED-Stroms (I_{LED}) repräsentative Istwert durch eine kontinuierliche Messung des LED-Stroms (I_{LED}) ermittelt wird.

17. Betriebsgerät für LED, aufweisend eine Schaltung nach einem der Ansprüche 15 oder 16.

18. Leuchte, aufweisend eine LED und ein Betriebsgerät nach Anspruch 17.

19. Beleuchtungssystem, aufweisend mehrere Leuchten, darunter wenigstens eine gemäß Anspruch 18, wobei die Leuchten vorzugsweise durch eine oder mehrere Busleitungen untereinander und/oder mit einer zentralen Steuereinheit verbunden sind.

Claims

1. Method for controlling an LED by means of a converter with a switch, whereby the LED is connected in the output circuit and an inductor (L1) is magnet-

ised when the switch (S1) is actively clocked, **characterised in that** a measured actual value representative of the mean value of the LED current (I_{LED}) is used as a feedback value for the control, whereby it is compared with a reference value (I_{AVG_soLL}), whereby the actual value representative of the mean value of the LED current (I_{LED}) is determined by a continuous measurement of the LED current (I_{LED}).

2. Method according to claim 1, whereby the actively clocked switch (S1) is switched on at a point in time when the indirectly or directly detected current has decayed to zero, has preferably reached its lower inversion point.

3. Method according to claim 1 or 2, whereby the duty cycle of the actual switching-on action of the actively clocked switch and/or a subsequent switching-on is set depending on a difference between the actual value and the reference value.

4. Method according to claim 3, whereby the duty cycle of the actively clocked switch is changed only at each n^{th} switching-on action, where n is greater than or equal to 2.

5. Method according to any one of the preceding claims, whereby the duty cycle of the actively clocked switch is changed as a control value at the point in time of switching off the actively clocked switch.

6. Method according to any one of the preceding claims, whereby the duty cycle is adjusted by adaptive setting of a switching-off level of a measured value representative of the LED current, whereby the actively clocked switch is switched off on reaching the switching-off level.

7. Method according to any one of the preceding claims, whereby the control value of the power control is used alternatively or additionally to the clocking of the actively clocked switch of the level of the DC bus voltage supplied to the converter.

8. Method according to claim 7, whereby the bus voltage is generated by means of an active PFC circuit, whereby the level of the bus voltage generated is adjusted by changing the timing of a switch of the PFC circuit.

9. Method according to any of the preceding claims, whereby a sampled value, preferably measured at the half-way point of the switching-on period of the actively clocked switch, is used as the measured actual value representative of the mean value of the LED current.

10. Method according to claim 9, whereby the continu-

ously measured LED current is compared with a reference value and the actual value representative of the mean value is the duty cycle of the reference value over the switched-on period of the actively connected switch.

11. Method according to claim 10, whereby the duty cycle is determined based on a bi-directional digital counter.

12. Method according to claim 8 or 9, whereby the said reference value depends on a predetermined dimming value and/or the measured LED voltage.

13. Method according to any one of the preceding claims, whereby the LED current is produced by one of the following modes of operation:

- the so-called borderline mode or critical conduction mode, whereby the demagnetisation current falls to zero or crosses the zero line and immediately triggers the switching-on of the switch and thus the renewed rise of the current.
- the continuous conduction mode, whereby the re-switching-on of the switch takes place before the current falls to zero, or
- the discontinuous conduction mode, whereby the re-switching-on of the switch only takes place again when the current remains at the zero level during a period of time greater than zero.

14. Method according to any of the preceding claims, whereby a dimming of the LED(s) is performed through PWM, whereby the LED current is preferably generated in the continuous conduction mode during the switching-on period of a PWM pulse.

15. Integrated circuit, in particular ASIC, that is designed to implement the method according to any of the preceding claims.

16. Circuit, preferably a digital circuit, for controlling the power of an LED, comprising a converter with a switch, whereby the LED is connected in the output circuit, whereby a control unit controls the magnetisation of an inductor (L1) to actively clock the switch (S1), **characterised in that** the control unit feeds back a measured actual value representative of the mean value of the LED current for comparison with a reference value, whereby the said representative actual value for the mean value of the LED current (I_{LED}) is determined by a continuous measurement of the LED current (I_{LED}).

17. Operating device for LEDs, comprising a circuit according to one of the claims 15 or 16.

18. Lamp, comprising an LED and an operating device

according to claim 17.

19. Lighting system, comprising a plurality of lamps, including at least one according to claim 18, whereby the lamps are preferably connected with one another and/or with a central control unit via one or more bus lines.

10 Revendications

1. Procédé permettant la régulation d'une diode électroluminescente au moyen d'un convertisseur muni d'un commutateur, la diode électroluminescente étant montée dans le circuit de sortie et une inductance (L1) subissant une magnétisation lorsque le commutateur (S1) est synchronisé en mode actif, **caractérisé en ce qu'**une valeur réelle mesurée, qui est représentative de la valeur moyenne du courant (I_{LED}) de la diode électroluminescente et qui est comparée à une valeur de référence (I_{AVG_SOLL}), est utilisée comme variable de réaction pour la régulation, la valeur réelle, représentative de la valeur moyenne du courant (I_{LED}) de la diode électroluminescente, étant déterminée par une mesure continue du courant (I_{LED}) de la diode électroluminescente.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le commutateur (S1) synchronisé en mode actif est connecté à l'instant où le courant détecté indirectement ou directement a décliné vers zéro, de préférence a atteint son point de retour inférieur.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le rapport cyclique du processus de connexion actuel du commutateur synchronisé en mode actif et/ou d'un processus de connexion consécutif est réglé en fonction d'une différence entre la valeur réelle et la valeur de consigne.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel le rapport cyclique du commutateur synchronisé en mode actif est modifié seulement à chaque $n^{\text{ième}}$ processus de connexion, n étant supérieur ou égal à 2.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le rapport cyclique du commutateur synchronisé en mode actif est modifié en tant que grandeur de commande pendant le moment de déconnexion du commutateur synchronisé en mode actif.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le rapport cyclique est réglé par une définition adaptative d'un niveau de déconnexion d'une grandeur mesurée, représentative du courant de la diode électroluminescente, le commutateur synchronisé en mode actif étant déconnec-

té lorsque le niveau de déconnexion est atteint.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le niveau de la tension du bus à courant continu, alimentant le convertisseur, est utilisé comme grandeur de commande de la régulation de la puissance en alternative ou en plus de la synchronisation du commutateur synchronisé en mode actif. 5
8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel la tension du bus est générée au moyen d'un circuit PFC actif, le niveau de la tension du bus générée étant effectué par la variation de la synchronisation d'un commutateur du circuit PFC. 10
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel une valeur d'échantillonnage du courant de la diode électroluminescente, mesurée de préférence à la moitié de la période de connexion du commutateur synchronisé en mode actif, est utilisée comme valeur réelle mesurée, représentative de la valeur moyenne du courant de la diode électroluminescente. 20
10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel le courant de la diode électroluminescente mesuré en continu est comparé à une valeur de référence et la valeur réelle représentative de la valeur moyenne est le rapport cyclique de la valeur de comparaison pendant la période de connexion du commutateur synchronisé en mode actif. 25
11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel le rapport cyclique est déterminé à l'appui d'un comparateur numérique bidirectionnel. 30
12. Procédé selon la revendication 8 ou 9, dans lequel la valeur de référence dépend d'une valeur de variation définie de l'intensité lumineuse et/ou de la tension mesurée de la diode électroluminescente. 35
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le courant de la diode électroluminescente est généré par l'intermédiaire de l'un des modes de fonctionnement suivants : 40
 - le mode limite (borderline mode) ou le mode de conduction critique, dans lequel le courant de démagnétisation chute à zéro ou croise la ligne zéro, ce qui déclenche immédiatement la connexion du commutateur et, par conséquent, la remontée du courant, 50
 - le mode de conduction continue, dans lequel le commutateur est reconnecté avant que le courant ait chuté à zéro, ou 55
 - le mode de conduction discontinue, dans lequel le commutateur est reconnecté seulement

après que le courant soit resté au niveau zéro pendant une période supérieure à zéro.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel une variation de l'intensité lumineuse de la ou des diodes électroluminescentes est effectuée par une modulation de largeur d'impulsion, le courant de la diode électroluminescente étant généré de préférence dans le mode de conduction continue pendant les périodes de connexion d'une impulsion à modulation de largeur d'impulsion.
15. Circuit intégré, en particulier circuit intégré développé pour un client (ASIC), qui est configuré pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'une des revendications précédentes.
16. Circuit, de préférence circuit numérique, pour la régulation de la puissance d'une diode électroluminescente, comportant un convertisseur muni d'un commutateur, la diode électroluminescente étant montée dans le circuit de sortie, une unité de commande commandant la magnétisation d'une inductance (L1), par le fait qu'elle synchronise le commutateur (S1) en mode actif, **caractérisé en ce qu'une** valeur réelle mesurée, qui est représentative de la valeur moyenne du courant de la diode électroluminescente et qui est comparée à une valeur de référence, est renvoyée à l'unité de commande, la valeur réelle représentative de la valeur moyenne du courant (I_{LED}) de la diode électroluminescente étant déterminée par une mesure continue du courant (I_{LED}) de la diode électroluminescente.
17. Dispositif de fonctionnement pour diode électroluminescente, comportant un circuit selon la revendication 15 ou 16.
18. Luminaire comportant une diode électroluminescente et un dispositif de fonctionnement selon la revendication 17.
19. Système d'éclairage comportant plusieurs luminaires, parmi lesquels au moins un selon la revendication 18, les luminaires étant reliés entre eux de préférence via une ou plusieurs liaisons de bus et/ou étant reliés à une unité de commande centrale.

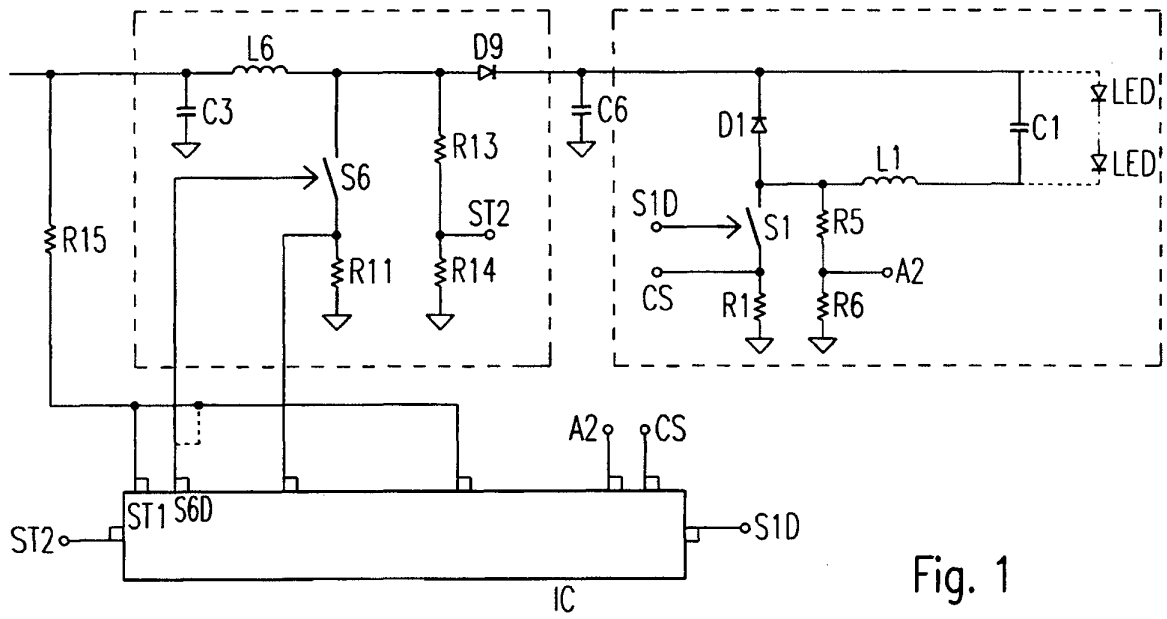


Fig. 1

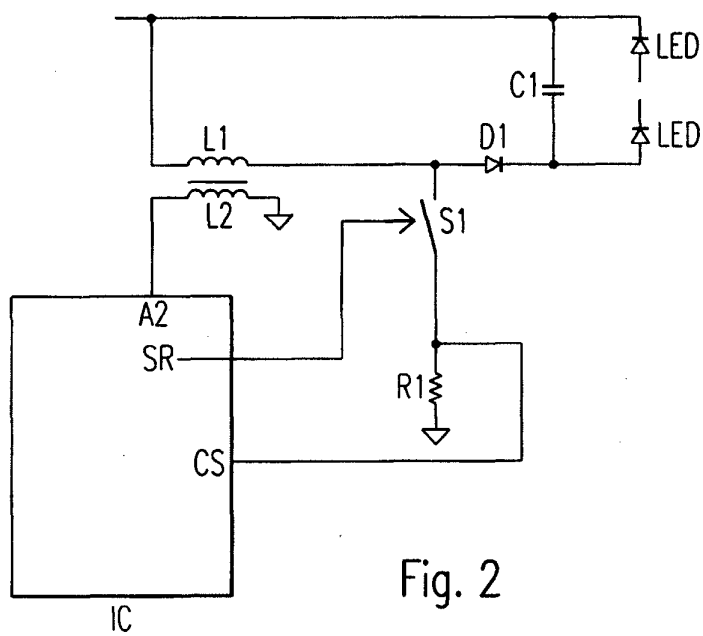


Fig. 2

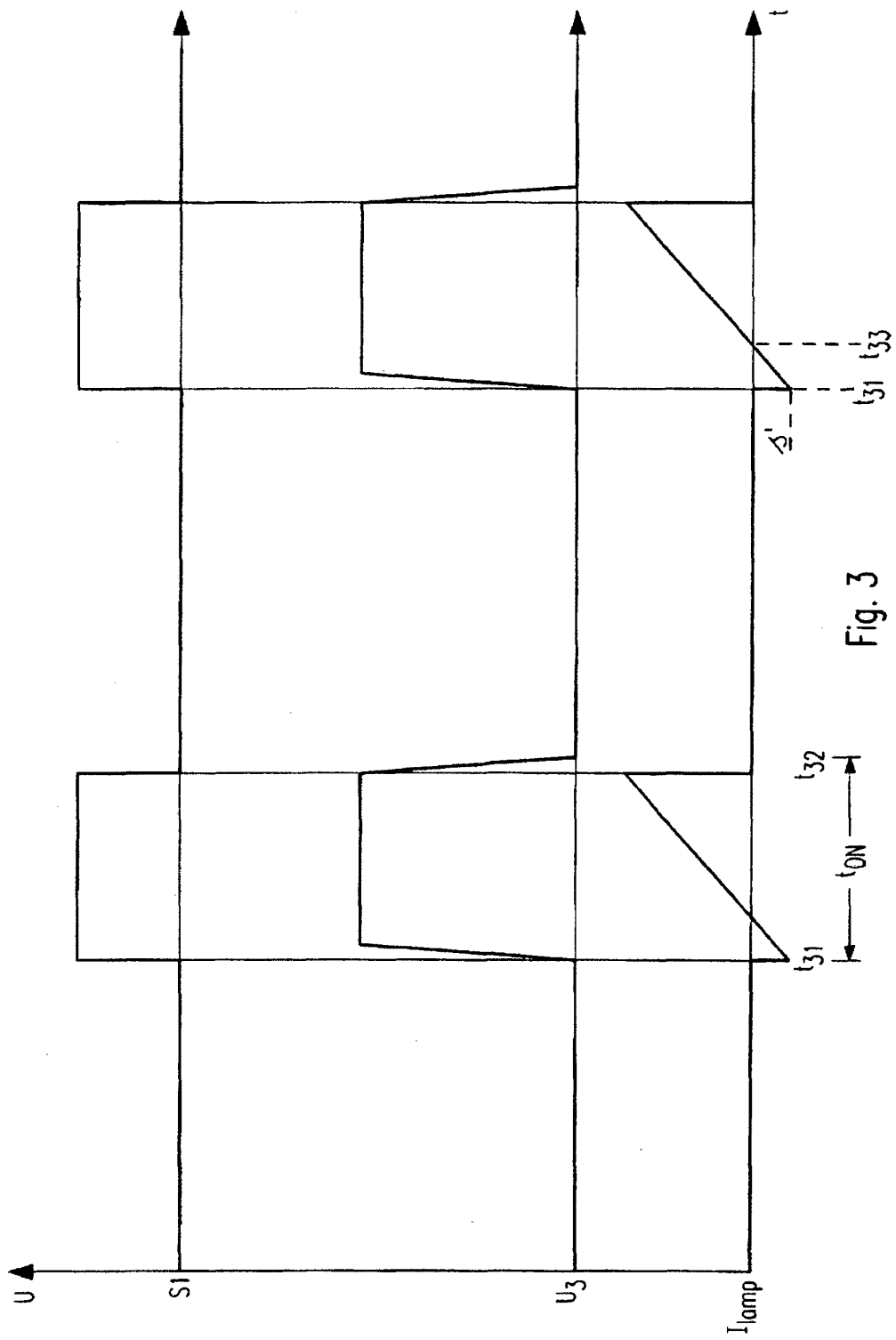


Fig. 3

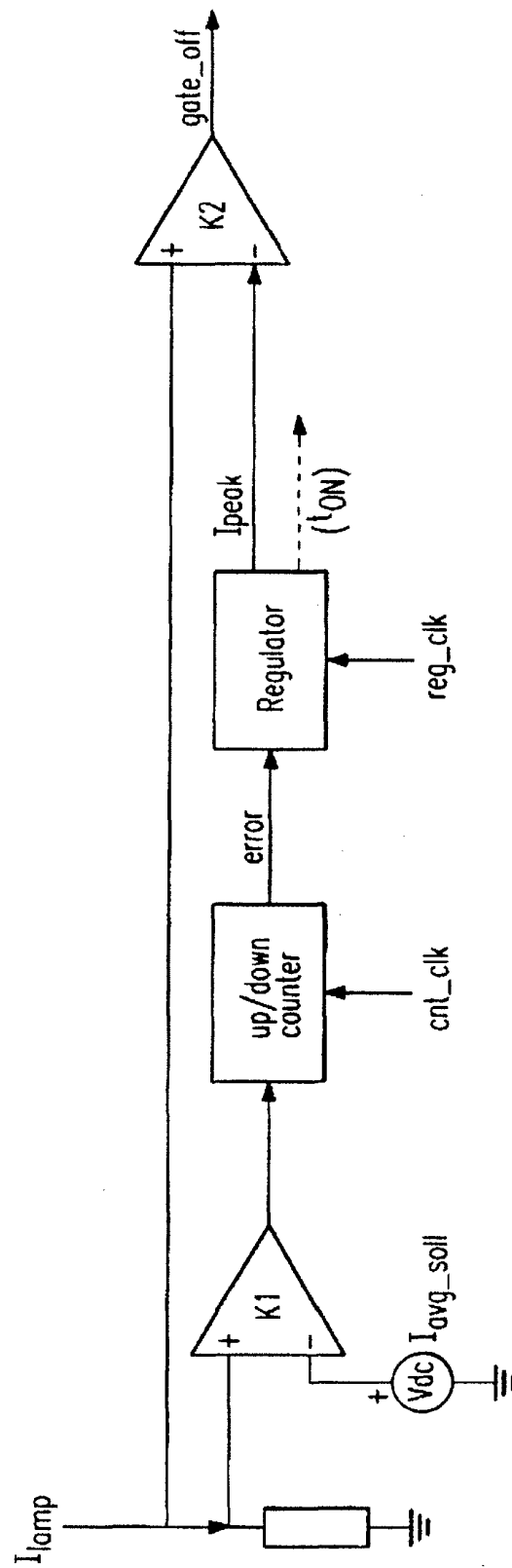


Fig. 4

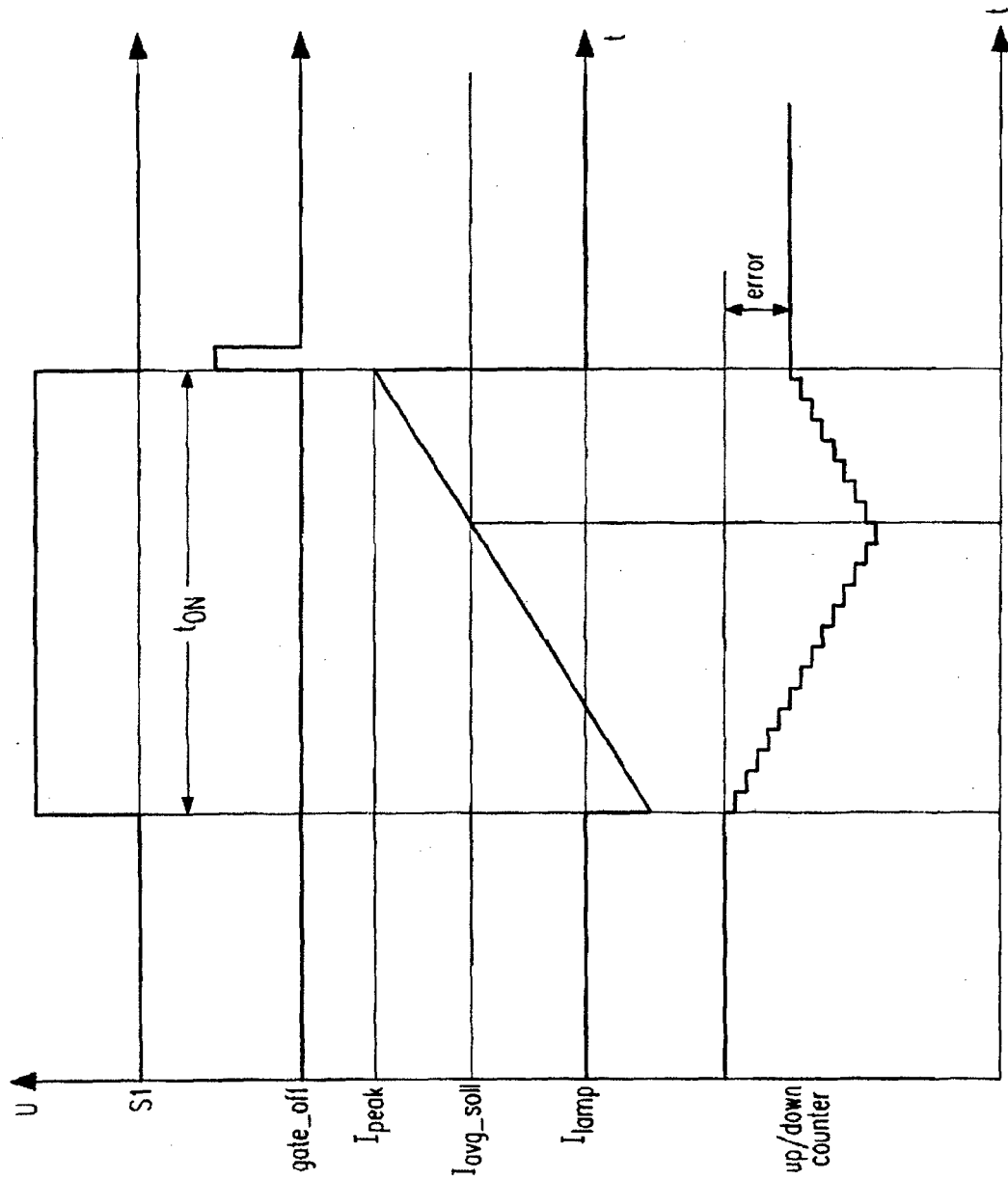


Fig. 5

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

- US 20060238174 A1 [0003]