

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Anmeldenummer: GM 9023/2014 (51) Int. Cl.: **H05B 33/08** (2006.01)
 (86) PCT-Anmeldenummer: PCT/EP14056687
 (22) Anmeldetag: 03.04.2014
 (24) Beginn der Schutzdauer: 15.09.2018
 (45) Veröffentlicht am: 15.09.2018

(30) **Priorität:**
03.04.2013 DE 102013205859.4 beansprucht.

(56) **Entgegenhaltungen:**
 US 2012217889 A1
 WO 0158218 A1
 US 2003085749 A1
 US 2007210725 A1
 US 2010277088 A1
 WO 2012025345 A1

(73) **Gebrauchsmusterinhaber:**
Tridonic GmbH & Co KG
6850 Dornbirn (AT)

(72) **Erfinder:**
Keller Ueli
8738 Uetliburg (CH)
Pereira Eduardo
8854 Siebnen (CH)

(74) **Vertreter:**
Barth Alexander Dipl.Ing. (FH)
6850 Dornbirn (AT)

(54) **LED-Steuerung mit überlagerten hochfrequenten und niederfrequenten Impulsen**

(57) Es wird vorgeschlagen eine Betriebsschaltung für den Betrieb einer LED-Strecke, aufweisend:
 - eine Schaltreglerschaltung zur Erzeugung eines Stroms für die LED-Strecke und aufweisend mindestens einen Schalter (S1) und eine als Energiespeicher dienende Spule (L1), und
 - eine Steuerschaltung (SR) zur Steuerung des Schalters (S1) mit einem Steuersignal (ST), bei dem einem hochfrequenten Impulssignal ein im Vergleich dazu niederfrequentes Impulssignal (ST_{LF}) überlagert wird, wobei das hochfrequente Impulssignal und das niederfrequente Impulssignal (ST_{LF}) synchronisiert sind.

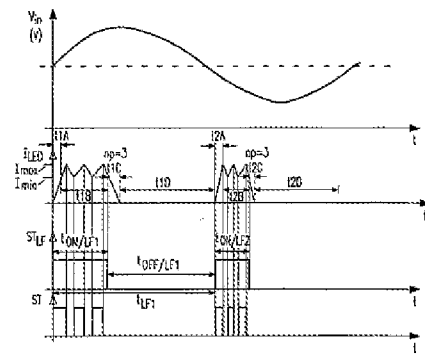


Fig. 4

Beschreibung

LED-STEUERUNG MIT ÜBERLAGERTEN HOCHFREQUENTEN UND NIEDERFREQUENTEN IMPULSEN

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Schaltung zum Betrieb von Leuchtmitteln insbesondere Leuchtdioden (LEDs) mittels beispielsweise Schaltreglern zur Bereitstellung eines Betriebsstroms für die LEDs.

[0002] Es ist grundsätzlich bekannt, Schaltregler, insbesondere Abwärtswandler zur Ansteuerung von LEDs zu verwenden.

[0003] Dabei steuert eine Steuereinheit einen getakteten Halbleiter-Leistungsschalter an, mittels dem in dessen eingeschalteten Zustand eine Spule magnetisiert wird. Die in der Spule aufgebaute Energie entlädt sich im ausgeschalteten Zustand des Schalters über die LED-Strecke.

[0004] Es kommt somit zu einem zickzackförmigen Stromverlauf durch die LED-Strecke um einen konstanten Mittelwert herum, wobei sich im eingeschalteten Zustand des Schalters jeweils eine ansteigende Flanke und im ausgeschalteten Zustand des Schalters eine abfallende Flanke des Leuchtdiodenstroms ergibt. Der zeitliche Mittelwert des LED-Stroms wird durch entsprechende hochfrequente Taktung des Leistungsschalters durch eine Steuereinheit eingestellt.

[0005] Indessen ist es bekannt, dass zum Dimmen der LED-Strecke die Steuereinheit der hochfrequenten Taktung des Schalters eine im Vergleich dazu niederfrequente Pulsweitenmodulation, auch PWM-Modulation genannt, überlagern kann. Bei dieser PWM-Modulation wird bei konstanter Frequenz das Tastverhältnis bzw. der Tastgrad eines Rechteckpulses moduliert. Mit anderen Worten wird bei fester Impulsperiodendauer von der Steuereinheit entweder die Impulsdauer oder die Pausendauer nach einem Impuls geändert.

[0006] Fig. 1 zeigt ein Beispiel für den Verlauf eines PWM-Signals LF_PWM, dass nach dem Stand der Technik der hochfrequenten Taktung des Schalters überlagern wird. In der PWM-Modulation bleibt die Impulsperiodendauer T_{LF} konstant, wobei die Frequenz des PWM-Signals beispielsweise 500 Hz beträgt. Wahlweise ist dann die Impulsdauer $T_{on_{LF}}$ oder die Pausendauer $T_{off_{LF}}$ zum Erreichen des gewünschten Dimm-Levels veränderbar. Der Schaltregler zur Ansteuerung der LED-Strecke wird in bekannter Weise von einer in Fig. 1 gezeigten Busspannung V_{bus} versorgt, die um einen Mittelwert V_0 eine Restwelligkeit bzw. einen Ripple von beispielsweise 100 Hz aufweist.

[0007] Bei einer positiven Flanke des PWM-Signals LF_PWM wird der Schalter des Schaltreglers geschlossen, was zu einer linearen Steigung des LED-Stroms I_{LED} führt. Bei Erreichen eines Maximalwerts I_{max} wird der Schalter geöffnet. Der LED-Strom nimmt wieder linear ab, bis eine untere Schwelle I_{min} erreicht wird. Das folgende Schließen des Schalters führt zum zuvor genannten zickzackförmigen Stromverlauf des LED-Stroms um den Wert I_{amp} während der Impulsdauer des PWM-Signals LF_PWM.

[0008] Nachdem die Steuereinheit einen Dimmbefehl erhalten hat, berechnet sie die entsprechende Impulsdauer $T_{on_{LF}}$, die für den gewünschten Dimmpegel erforderlich ist. Sobald die zuvor berechnete Impulsdauer $T_{on_{LF}}$ abgelaufen ist, wird für die restliche Pausendauer $T_{off_{LF}}$ der Schalter geöffnet. Zum Erreichen eines mittleren LED-Stroms I_0 wird dabei die Impulsdauer $T_{on_{LF}}$ abhängig von folgender Formel berechnet:

$$I_0 = I_{amp} * T_{on_{LF}} * (T_{on_{LF}} + T_{off_{LF}})$$

[0009] Indessen wurde erkannt, dass diese Art der Schaltersteuerung nachteilig sein kann. Die Steigung bzw. die Steilheit des LED-Stroms ist nämlich abhängig von dem Ripple der Busspannung V_{bus} und z.B. von der LED-Spannung, die wiederum von der Temperatur abhängt. Für einen bestimmten Dimmbefehl ist daher die Anzahl der hochfrequenten Impulse während der

Impulsdauer $T_{on_{LF}}$ variabel.

[0010] Weiterhin wurde erkannt, dass für ein festgesetztes Tastverhältnis des PWM-Signals LF_PWM der LED-Strom sich beim Ablauf der Impulsdauer $T_{on_{LF}}$ in unterschiedlichen Phasen befinden kann. Zu diesem Zeitpunkt kann z.B. der LED-Strom den Maximalwert I_{max} oder den Minimalwert I_{min} aufweisen. Alternativ kann der LED-Strom nach Ablauf der Impulsdauer $T_{on_{LF}}$ mitten in einer Anstiegs- oder Abnahme-Phase sein. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Steigung des LED-Stroms nicht immer gleich bleibt.

[0011] Dies kann z.B. bei niedrigen Dimm-Werten zu unerwünschten Flicker-Erscheinungen führen.

[0012] Der vorliegenden Erfindung liegt nunmehr die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Schaltung zum Betrieb von LEDs vorzuschlagen.

[0013] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0014] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird vorgeschlagen eine Betriebsschaltung für den Betrieb einer LED-Strecke, aufweisend:

[0015] - eine Schaltreglerschaltung zur Erzeugung eines Stroms für die LED-Strecke und aufweisend mindestens einen Schalter und eine als Energiespeicher dienende Spule, und

[0016] - eine Steuerschaltung zur Steuerung des Schalters mit einem Steuersignal, bei dem einem hochfrequenten Impulssignal ein im Vergleich dazu niederfrequentes Impulssignal überlagert wird,

[0017] wobei das hochfrequente Impulssignal und das niederfrequente Impulssignal synchronisiert sind.

[0018] Es wird also eine Synchronisation der hochfrequenten Taktung des Schalters und der niederfrequenten Modulation dieser hochfrequenten Taktung vorgeschlagen. Die niederfrequente Modulation wird somit abhängig von der hochfrequenten Taktung des Schalters durchgeführt.

[0019] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird vorgeschlagen ein Verfahren zum Betrieb einer LED-Strecke mittels einer Schaltreglerschaltung aufweisend mindestens einen Schalter und eine als Energiespeicher dienende Spule. Das Verfahren weist auf den Schritt der Steuerung des Schalters mit einem Steuersignal, bei dem einem hochfrequenten Impulssignal ein im Vergleich dazu niederfrequentes Impulssignal überlagert wird, wobei das hochfrequente Impulssignal und das niederfrequente Impulssignal synchronisiert werden.

[0020] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird vorgeschlagen eine integrierte Schaltung, vorzugsweise in Form eines Mikrocontrollers, einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (ASIC) oder eines digitalen Signalprozessors, zur Durchführung des Verfahrens.

[0021] Es wird also eine Synchronisation der hochfrequenten Taktung des Schalters und der niederfrequenten Modulation dieser hochfrequenten Taktung vorgeschlagen. Die niederfrequente Modulation wird somit abhängig von der hochfrequenten Taktung des Schalters durchgeführt.

[0022] Die abfallenden Flanken des niederfrequenten Impulssignals können mit dem hochfrequenten Impulssignal synchronisiert sein.

[0023] Die Zeitdauer jedes Impulses des niederfrequenten Impulssignals kann derart gewählt werden, dass während dieser Zeitdauer das hochfrequente Impulssignal nur vollständige Impulse aufweist.

[0024] Mit anderen Worten soll vorzugsweise eine abfallende Flanke eines niederfrequenten Impulses keinen hochfrequenten Impuls unterbrechen. Eine abfallende Flanke eines niederfrequenten Impulses darf also gemäss diesem Beispiel nur zu einem Zeitpunkt erzeugt werden, zu dem das hochfrequente Impulssignal keinen Impuls aufweist.

[0025] Die Überlagerung besteht insbesondere darin, dass z.B. zum Dimmen der LEDs die

Steuereinheit der hochfrequenten Taktung des Schalters eine im Vergleich dazu niederfrequente Modulation überlagert.

[0026] Während jedes Impulses des niederfrequenten Impulssignals kann das hochfrequente Impulssignal dieselbe Anzahl an vollständigen Impulsen aufweisen.

[0027] Die Steuereinheit kann eine abfallende Flanke des niederfrequenten Impulses dann erzeugen, wenn erkannt wird, dass der Strom für die LED-Strecke abnimmt.

[0028] Die Steuereinheit kann eine abfallende Flanke des niederfrequenten Impulses dann erzeugen, wenn erkannt wird, dass der Strom für die LED-Strecke einen Minimalwert erreicht.

[0029] Die Anzahl der hochfrequenten Impulse während eines niederfrequenten Impulses kann unabhängig von einem Dimmgrad für die LED-Strecke sein.

[0030] Bei konstantem Dimmgrad für die LED-Strecke kann das Tastverhältnis des niederfrequenten Impulssignals konstant bleiben.

[0031] Zum Dimmen der LED-Strecke kann die Pausendauer zwischen zwei Impulsen des niederfrequenten Impulssignals einstellbar sein.

[0032] Die Pausendauer kann von der Impulsdauer und von einem gewünschten Dimmgrad abhängig sein, vorzugsweise gemäß folgender Formel:

$$t_{\text{OFF}}/LF1 = t_{\text{ON}}/LF1 / \text{dim} + t_{\text{ON}}/LF1.$$

[0033] Die Anzahl der hochfrequenten Impulse kann während eines niederfrequenten Impulses abhängig von einem Dimmgrad für die LED-Strecke sein.

[0034] Bei variierendem Dimmgrad für die LED-Strecke kann das Tastverhältnis des niederfrequenten Impulssignals konstant bleiben.

[0035] Zum Dimmen der LED-Strecke kann die Anzahl der hochfrequenten Impulse während eines niederfrequenten Impulses einstellbar sein.

[0036] Zur Synchronisierung des hochfrequenten Impulssignals und des niederfrequenten Impulssignals kann die Zeitdauer eines hochfrequenten Impulssignals ermittelt werden, z.B. durch direkte Messung des hochfrequenten Impulssignals oder durch direkte oder indirekte Messung des Stroms für die LED-Strecke oder durch Abschätzung auf Basis des aktuellen Werts der Eingangsspannung.

[0037] Die Frequenz des niederfrequenten Impulssignals kann variierbar sein.

[0038] Die Steuerschaltung kann das hochfrequente Impulssignal derart erzeugen, dass wenn der Strom für die LED-Strecke einen Maximalwert erreicht, das hochfrequente Impulssignal eine negative Flanke zum Öffnen des Schalters aufweist, und wenn der Strom für die LED-Strecke einen Minimalwert erreicht, das hochfrequente Impulssignal eine positive Flanke zum Schließen des Schalters aufweist.

[0039] Bei eingeschaltetem Schalter kann in der Spule eine Energie aufgebaut werden, die sich bei ausgeschaltetem Schalter über die LED-Strecke entlädt.

[0040] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird vorgeschlagen eine Betriebsschaltung, vorzugsweise nach einem der obigen Aspekte, für den Betrieb einer LED-Strecke, aufweisend:

[0041] - eine Schaltreglerschaltung zur Erzeugung eines Stroms für die LED-Strecke und aufweisend mindestens einen Schalter und eine als Energiespeicher dienende Spule, und

[0042] - eine Steuerschaltung zur Steuerung des Schalters mit einem Steuersignal, bei dem einem hochfrequenten Impulssignal ein im Vergleich dazu niederfrequentes Impulssignal überlagert wird,

[0043] wobei zum Dimmen bzw. Herunterdimmen der LED-Strecke in einem höheren Dimmbereich das Tastverhältnis des niederfrequenten Impulssignals verringert wird, und zum Dimmen

bzw. Herunterdimmen der LED-Strecke in einem niedrigeren Dimmbereich die Pausendauer des niederfrequenten Impulssignals erhöht wird.

[0044] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird vorgeschlagen ein Verfahren, vorzugsweise nach einem der obigen Aspekte, zum Betrieb einer LED-Strecke mittels einer Schaltreglerschaltung aufweisend mindestens einen Schalter und eine als Energiespeicher dienende Spule, aufweisend die Steuerung des Schalters mit einem Steuersignal, bei dem einem hochfrequenten Impulssignal ein im Vergleich dazu niederfrequentes Impulssignal überlagert wird, wobei zum Dimmen bzw. Herunterdimmen der LED-Strecke in einem höheren Dimmbereich das Tastverhältnis des niederfrequenten Impulssignals (ST_{LF}) verringert wird, und zum Dimmen bzw. Herunterdimmen der LED-Strecke in einem niedrigeren Dimmbereich die Pausendauer (TOFF) des niederfrequenten Impulssignals (ST_{LF}) erhöht wird.

[0045] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird vorgeschlagen eine integrierte Schaltung, vorzugsweise in Form eines Mikrocontrollers, einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (ASIC) oder eines digitalen Signalprozessors, zur Durchführung des Verfahrens.

[0046] Der höhere Dimmbereich und der niedrigere Dimmbereich können angrenzen.

[0047] Im höheren Dimmbereich bleibt die Periode eines niederfrequenten Impulses vorzugsweise konstant und lediglich die Impulsdauer wird verringert.

[0048] Im niedrigeren Dimmbereich bleibt die Impulsdauer des niederfrequenten Impulssignals vorzugsweise konstant und lediglich die Pausendauer wird erhöht.

[0049] Die Impulsdauer, die an der unteren Grenze des höheren Dimmbereichs erreicht wird, kann im gesamten niedrigeren Dimmbereich konstant gehalten werden.

[0050] Die Periode des niederfrequenten Impulses, die an der oberen Grenze des niedrigeren Dimmbereichs erreicht wird, kann im gesamten höheren Dimmbereich konstant gehalten werden.

[0051] Die Steuerschaltung kann das hochfrequente Impulssignal derart erzeugen, dass wenn der Strom für die LED-Strecke einen Maximalwert erreicht, das hochfrequente Impulssignal eine negative Flanke zum Öffnen des Schalters aufweist, und wenn der Strom für die LED-Strecke einen Minimalwert erreicht, das hochfrequente Impulssignal eine positive Flanke zum Schließen des Schalters aufweist.

[0052] Bei eingeschaltetem Schalter kann in der Spule eine Energie aufgebaut werden, die sich bei ausgeschaltetem Schalter über die LED-Strecke entlädt.

[0053] Weitere Aspekte, Merkmale und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung beispielhafter Ausführungsbeispiele und anhand der Figuren der begleitenden Zeichnungen näher erläutert.

[0054] Fig. 1 zeigt Signalverläufe, wie sie sich bei einer Betriebsschaltung nach dem Stand der Technik einstellen,

[0055] Fig. 2 zeigt eine Betriebsschaltung für Leuchtdioden gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

[0056] Fig. 3 zeigt eine erfindungsgemäße Abwandlung der Betriebsschaltung von Fig. 2,

[0057] Fig. 4 zeigt Signalverläufe, wie sie sich bei einer Betriebsschaltung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel einstellen,

[0058] Fig. 5 zeigt Signalverläufe, wie sie sich bei einer Betriebsschaltung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel einstellen,

[0059] Fig. 6 zeigt den Verlauf des LED-Stroms, der Impulsdauer und der Frequenz des niederfrequenten Impulssignals gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel, und

[0060] Fig. 7 zeigt den Verlauf des LED-Stroms bei unterschiedlichen Dimmwerten gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel.

[0061] In Fig. 2 ist schematisch eine Schaltung zum Betrieb von Leuchtdioden (LEDs) bzw. zum Betrieb einer LED-Strecke gezeigt.

[0062] Im dargestellten Beispiel umfasst die LED-Strecke zwei in Serie geschaltete LEDs. Indessen kann sich die Betriebsschaltung an die Art und die Anzahl der ebenfalls seriell verbundenen Leuchtdioden (LED) anpassen. Die Betriebsschaltung kann für lediglich eine LED eingesetzt werden. Alternativ können die LEDs auch parallel oder gemäß einer Seriell- und Parallelanordnung geschaltet sein. Die LEDs können OLEDs sein. Weiterhin kann es sich bspw. um monochromatische LEDs, Farbstoff-konvertierte weiße LEDs und/oder um RGB-LED-Module handeln.

[0063] Die Betriebsschaltung kann als Schaltregler bezeichnet werden, in dem die Stromversorgung der LED-Strecke mittels mindestens eines periodisch arbeitenden elektronischen Schalters und mindestens eines Energiespeichers gewährleistet wird.

[0064] Eine Eingangsspannung bzw. Busspannung V_{in} wird der Betriebsschaltung zugeführt, wobei diese Eingangsspannung V_{in} eine gleichgerichtete Wechselspannung bzw. DC-Spannung sein kann. Diese gleichgerichtete Wechselspannung bzw. DC-Spannung kann eine vorzugsweise näherungsweise konstante Spannung aufweisend eine Restwelligkeit oder Ripple sein. Die Eingangsspannung V_{in} kann ebenfalls eine konstante Gleichspannung sein in Form z.B. einer Batteriespannung.

[0065] Die Betriebsschaltung der Fig. 2 ist als Buck Konverter oder Abwärtswandler ausgestaltet. Die Eingangsspannung V_{in} liegt an einer Serienschaltung eines Halbleiter-Leistungsschalter S1, wie beispielsweise eines MOSFETs, und einer Freilaufdiode D1 an. Vorzugsweise ist in Serie zum Schalter S1 und zur Freilaufdiode D1 noch einen Messwiderstand R_s zum Ermitteln des Stroms durch den Schalter S1 vorgesehen. Eine Serienschaltung bestehend aus einer Spule L1 und der LED-Strecke ist parallel zur Freilaufdiode D1 angeordnet. In parallel zur LED-Strecke kann ein Kondensator C1 geschaltet sein.

[0066] Im eingeschalteten Zustand des Schalters S1 fließt ein Strom durch die LED-Strecke und die Spule L1. Während dieser Einschaltphase steigt somit der Strom durch die Spule L1. Während einer darauffolgenden Freilaufphase d.h. im ausgeschalteten Zustand des Schalters S1 entlädt sich die in der Spule L1 gespeicherte Energie in Form eines Stroms durch die LED-Strecke.

[0067] Es ist eine Steuerschaltung SR vorgesehen, die als Stellgröße der Regelung der LED-Leistung bzw. des LED-Stroms die Taktung des Schalters S1 in Form eines erfindungsgemäßen Signals vorgibt. Die Steuerschaltung SR kann als Steuer- und/oder Regelschaltung ausgestaltet sein.

[0068] Mittels des Messwiderstands R_s erfasst die Steuerschaltung SR den Strom durch den Schalter S1. Diese Erfassung erfolgt im eingeschalteten Zustand des Schalters S1. Über einen Spannungsteiler R1, R2 kann die Steuerschaltung SR das Potential auf der potentialniedrigeren Seite der LED-Strecke erfassen. Ein weiterer Spannungsteiler R3, R4 ermöglicht die Erfassung der Eingangsspannung V_{in} .

[0069] Fig. 3 zeigt eine Modifikation der Schaltung von Fig. 2 dahingehend, dass die Anordnung der Spule L1, der Freilaufdiode D1 sowie der Orientierung der LED-Strecke modifiziert ist. Die Betriebsschaltung der Fig. 3 ist als Boost Konverter oder Aufwärtswandler ausgestaltet.

[0070] Die vorliegende Erfindung lässt sich auch bei einer Ausgestaltung der Betriebsschaltung als Buck-Boost Konverter, auch Sperrwandler oder Inverter genannt, anwenden.

[0071] Fig. 4 zeigt den Verlauf der Eingangsspannung V_{in} , des LED-Stroms I_{LED} d.h. des Stroms durch die LED-Strecke, das niederfrequente Steuersignal ST_{LF} und das Steuersignal ST zum Ansteuern des Schalters S1 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel Aspekt der Erfindung. Falls ein Kondensator C1 parallel zur LED-Strecke angeordnet ist, handelt es sich beim LED-Strom vorzugsweise um den Strom durch die Parallelschaltung von Kondensator C1 und LED-Strecke.

[0072] Das niederfrequente Steuersignal ST_{LF} weist eine erste Impulsperiodendauer mit einer Impulsdauer $t_{ON/LF1}$ und einer Pausendauer bzw. Ausschaltzeitdauer $t_{OFF/LF1}$. Die nächste Impulsperiodendauer weist gleichermaßen eine Impulsdauer $t_{ON/LF2}$, gefolgt von einer Pausendauer. Die Dauer der Impulsperiodendauer ist in diesem Ausführungsbeispiel im Gegensatz zum Stand der Technik nicht mehr konstant.

[0073] Während einer Impulsperiodendauer des niederfrequenten Steuersignals ST_{LF} wird der Schalter S1 alternierend ein- und ausgeschaltet. Beim ersten Einschalten des Schalters S1 während der Impulsdauer $t_{ON/LF1}$ steigt der LED-Strom I_{LED} linear von Null an. Sobald der LED-Strom einen Maximalwert I_{max} erreicht, wird der Schalter S1 wieder ausgeschaltet. Danach erfolgt der zickzackförmige Stromverlauf des Stroms durch die LED-Strecke in dem der Schalter bei Erreichen eines Minimalwerts I_{min} bzw. des Maximalwerts I_{max} alternierend ein- und ausgeschaltet wird.

[0074] In Fig. 4 ist gezeigt, wie der LED-Strom während einer niederfrequenten Impulsperiodendauer zunächst von Null ansteigt, den Minimalwert I_{min} zum Zeitpunkt t_{1A} erreicht, und noch weiter bis zum Maximalwert I_{max} ansteigt. Zum Zeitpunkt $t_{1A}+t_{1B}$, wenn der LED-Strom z.B. zum dritten Mal bis zum Minimalwert I_{min} absinkt, wird der niederfrequente Impuls beendet. Die Zeitdauer $t_{1A}+t_{1B}$ entspricht der Impulsdauer $t_{ON/LF1}$.

[0075] Der LED-Strom sinkt dann weiter während einer Zeitdauer t_{1C} bis zum Nullwert zurück. Erst nach einer weiteren Zeitdauer t_{1D} steigt der LED-Strom wieder an. Die Zeitdauer $t_{1C}+t_{1D}$ entspricht dabei die Ausschaltzeitdauer $t_{OFF/LF1}$ des niederfrequenten Impulssignals.

[0076] Die gezeigte hochfrequente Impulsfolge des Steuersignals ST dient dazu, den LED-Strom um den Mittelwert $I_{lamp} = (I_{max} + I_{min}) / 2$ zu regeln. Diesem hochfrequentem Impulssignal wird nun mit dem niederfrequenten Impulssignal ST_{LF} moduliert, so dass auch ein Dimmen der LED-Strecke möglich wird.

[0077] Das niederfrequente Impulssignal ST_{LF} ist mit dem hochfrequenten Impulssignal synchronisiert. Somit kann den eingangs erwähnten Flicker-Erscheinungen entgegengewirkt werden.

[0078] Vorteilhaft ist es insbesondere, wenn von dem niederfrequenten Impulssignal ST_{LF} keine hochfrequente Impulse unterbrochen werden. In Fig. 4 wird dies durch die Angabe $n_p = 3$ gekennzeichnet: während der ersten Impulsperiodendauer $t_{ON/LF1} + t_{OFF/LF1}$ werden von der Steuereinheit SR drei komplette niederfrequente Impulse zum Ansteuern des Schalters ausgegeben.

[0079] Vorzugsweise hört der niederfrequente Impuls dann auf, wenn der LED-Strom sich in der absinkender Phase zwischen dem Maximalwert I_{max} und dem Minimalwert I_{min} befindet.

[0080] Die Flicker-Erscheinungen können indessen insbesondere auftreten, wenn das niederfrequente Impulssignal ein Öffnen des Schalters in der Anstiegs-Phase des LED-Stroms verursacht.

[0081] Der Messwiderstand R_S kann zum Vergleichen des LED-Stroms mit dem Maximalwert I_{max} während der Einschaltzeitdauer des Schalters S1 dienen.

[0082] Das Erreichen des Minimalwerts I_{min} und des Maximalwerts I_{max} kann in bekannter Weise direkt oder indirekt ermittelt werden. Z.B. kann der LED-Strom direkt gemessen werden und mit den Werten I_{min} und I_{max} verglichen werden. Hierfür kann z.B. ein Messwiderstand (nicht gezeigt) in Serie zur LED-Strecke, oder gegebenenfalls in Serie zur Parallelschaltung aus Kondensator C1 und LED-Strecke, vorgesehen sein. Alternativ kann auch die Spule L1 mit einer Sekundärwicklung (nicht gezeigt) gekoppelt sein, so dass über die gemessene Spannung der Sekundärwicklung ein Erreichen des Minimal- bzw. Maximalwerts I_{min} , I_{max} ermittelt wird. Das Erreichen dieser Werte I_{min} , I_{max} kann auch durch einen Vergleich der Spannung an der LED-Strecke oder der Eingangsspannung V_{in} mit entsprechenden Referenzwerten erkannt werden.

[0083] Der Zeitdauer eines niederfrequenten Impulses kann entweder berechnet oder gemessen werden.

sen werden. Zum Erreichen einer vorgegebener Anzahl n_p an hochfrequenten Impulsen innerhalb eines niederfrequenten Impulses kann z.B. der LED-Strom in bekannter Weise gemessen werden. Sobald der gemessene LED-Strom in der absteigenden Phase n_p Mal den Minimalwert erreicht erfolgt eine negative Flanke des niederfrequenten Impulssignals. Alternativ kann die Zeitdauer $t_{ON}/LF1$ auf Basis der gemessenen Eingangsspannung V_{in} ermittelt werden: ausgehend von der Eingangsspannung V_{in} kann auf die Steigung des LED-Stroms geschlossen werden und somit auf die Zeitdauer $t_{ON}/LF1$.

[0084] Alternativ kann auch die negative Flanke des niederfrequenten Impulses erzeugt werden, wenn durch Berechnung oder Messung ermittelt wird, dass der LED-Strom innerhalb des niederfrequenten Impulses n_p Mal den Maximalwert I_{max} erreicht hat.

[0085] Vorzugsweise ergibt sich in diesem Ausführungsbeispiel ein LED-Betrieb, bei dem innerhalb von jedem niederfrequenten Impuls dieselbe Anzahl an vollständigen hochfrequenten Impulsen gegeben ist. In Fig. 4 sind innerhalb des ersten und des zweiten niederfrequenten Impulses genau $n_p = 3$ hochfrequente Impulse vorhanden.

[0086] Vorzugsweise bleibt das Tastverhältnis des niederfrequenten Impulssignals ST_{LF} konstant. Die Pausendauer $t_{OFF}/LF1$ ist daher von der Impulsdauer $t_{ON}/LF1$ und von einem gewünschten Dimmgrad dim abhängig:

$$t_{OFF}/LF1 = t_{ON}/LF1 / dim + t_{ON}/LF1.$$

[0087] Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird die Länge n_p der Impulspakete festgehalten auch bei unterschiedlichen Dimmleveln. Die Zeitdauer der niederfrequenten Impulspakete beträgt vorzugsweise ein vollständiges Vielfaches einer der Dauer der hochfrequenten Impulse. Die Dauer der hochfrequenten Impulse verändert sich indessen synchron zu der Schwankung der Busspannung.

[0088] Zum Dimmen wird nunmehr wie gesagt die Länge der niederfrequenten Impulse auf das ganzzahlige Vielfache der hochfrequenten Impulse festgehalten, so dass die Veränderung des Dimmlevels durch Verlängerung der Ausschaltzeitdauer $t_{OFF}/LF1$ der niederfrequenten Impulse und somit durch Verringerung der niederfrequenten Frequenz erfolgt. Die Grenze der Verringerung der Frequenz liegt bei der für die Augen sichtbaren Flackerfrequenz. Wenn beispielsweise die Grundfrequenz für die niederfrequenten Impulse 500 Hz bis 1000 Hz beträgt, so kann diese Frequenz nur verringert werden auf einen Bereich von beispielsweise 100 Hz bis 200 Hz.

[0089] Allgemein gilt: Die niederfrequenten Impulse weisen vorzugsweise eine Frequenz auf, die wenigstens das 10 fache der Frequenz der niederfrequenten Impulse beträgt. Bspw. weisen die niederfrequenten (PWM-) Impulse eine Frequenz von 100Hz bis 500 Hz auf. Bspw. weisen die hochfrequenten Impulse eine Frequenz von mehr als 5 kHz, vorzugsweise mehr als 10kHz auf.

[0090] Fig. 5 zeigt den Verlauf des LED-Stroms gemäß einem zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel.

[0091] Die Zeitdauer t_{ON1}' , t_{ON1}'' eines niederfrequenten Impulses, d.h. auch die Anzahl der hochfrequenten Impulse innerhalb dieses niederfrequenten Impulses, kann zum Dimmen der LED-Strecke verändert werden.

[0092] Die Fig. 5 zeigt eine spezielle Ausführungsform, in der für einen gewünschten Dimmpegel von 1% die Zeitdauer t_{ON1}' so gewählt ist, dass innerhalb eines niederfrequenten Impulses drei hochfrequente Impulse ($dim=3$) von der Steuereinheit SR an den Schalter S1 abgegeben werden.

[0093] Zum Erhöhen des Dimmpegels wird in diesem Ausführungsbeispiel die Anzahl der hochfrequenten Impulse innerhalb eines niederfrequenten Impulses erhöht. Auf Fig. 5 werden nunmehr sechs hochfrequente Impulse ($dim=6$) innerhalb eines Impulspakets abgegeben, um z.B. einen Dimmpegel von 2% einzustellen. Entsprechend erhöht sich die Zeitdauer der niederfrequenten Impulse von t_{ON1}' auf t_{ON1}'' .

[0094] Die Pausendauer bzw. Ausschaltzeitdauer $t_{OFF1'}$, $t_{OFF1''}$ der niederfrequenten Impulse ergibt sich wiederum aus folgenden Formeln:

$$t_{OFF1'} = t_{ON1'} / \text{dim} + t_{ON1'}$$

$$t_{OFF2'} = t_{ON2'} / \text{dim} + t_{ON2'}$$

[0095] wobei dim der gewünschte Dimmgrad darstellt.

[0096] Auch bei variierendem Dimmgrad bleibt vorzugsweise das Tastverhältnis des niederfrequenten Impulssignals (ST_{LF}) konstant.

[0097] Durch diesen Aspekt kann also die Dauer der hochfrequenten Impulse verändert werden zum Dimmen, dies indessen nur Inkrementteil (und nicht kontinuierlich), wobei die Inkrementlänge eine vollständige Dauer eines hochfrequenten Impulses ist.

[0098] Da die Dauer des hochfrequenten Impulses sich laufend ändert zusammen mit der Schwankung der Eingangsspannung V_{in} , muss also in diesem Fall eine Information hinsichtlich der aktuellen hochfrequenten Impulslänge der niederfrequenten Modulationseinheit zugeführt werden.

[0099] Alternativ kann die aktuelle Zeitdauer der hochfrequenten Impulse auch indirekt ermittelt werden bzw. abgeschätzt werden durch Erfassung beispielsweise des aktuellen Werts der Eingangsspannung V_{in} .

[00100] Es kann also vermieden werden, dass die niederfrequenten Impulse die hochfrequenten Impulse mit relativ niedriger und somit sichtbarer Frequenz an unterschiedlichen Punkten abschneiden, was zu einem sichtbaren Flackern führen würde.

[00101] Gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird in den oberen Dimmpegeln und in den unteren Dimmpegeln unterschiedlich gedimmt. Bei höheren Dimmpegeln wird die LED-Strecke durch eine Verringerung des niederfrequenten Tastverhältnisses gedimmt. Bei niedrigeren Dimmpegeln hingegen wird die Frequenz des niederfrequenten Impulssignals verringert.

[00102] Fig. 6 zeigt einen beispielhaften Verlauf des LED-Stroms, der Impulsdauer und der Frequenz des niederfrequenten Impulssignals gemäß diesem dritten Ausführungsbeispiel.

[00103] Fig. 7 zeigt indessen den Verlauf des LED-Stroms bei unterschiedlichen Dimmwerten gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel.

[00104] In einem höheren Dimmbereich von 100% bis zum Dimmwert D wird das Tastverhältnis des niederfrequenten Impulssignals verringert. Vorzugsweise wird dabei die Periodendauer eines niederfrequenten Impulses konstant gehalten und seine Impulsdauer verringert.

[00105] Vorzugsweise kann die Verringerung dieser Impulsdauer derart durchgeführt werden, dass entsprechend den obigen Ausführungsbeispielen während der Zeitdauer eines niederfrequenten Impulses das Steuersignal für den Schalter $S1$ nur vollständige hochfrequente Impulse aufweist.

[00106] Die Verringerung des Tastverhältnisses wird auch in Fig. 7 veranschaulicht. Um z.B. von 25% auf 3% herunterzudimmen, wird das Tastverhältnis entsprechend von 25% auf 3% verringert.

[00107] Bei niedrigeren Dimmpegeln hingegen, z.B. unter $D\%$, wird die Frequenz des niederfrequenten Impulssignals verringert. Bei Erreichen des Mindestwerts D wird dann die Frequenz verringert.

[00108] Dies ist auch in Fig. 6 gezeigt, wo unterhalb vom Dimmpegel D die Impulsdauer TON beim Wert TON_{min} konstant bleibt und die Frequenz f_{LF} des niederfrequenten Impulssignals gesenkt wird. Wie z.B. in Fig. 7 ersichtlich wird die Impulsdauer TON nicht weiter verringert, wenn die Mindest-Impulsdauer TON_{min} erreicht wird. Ausgehend vom Dimmwert $D=3\%$ wird zum Erreichen eines niedrigeren Dimmwerts die Ausschaltzeitdauer des niederfrequenten

Impulssignals erhöht, wobei in Fig. 7 diese Erhöhung durch den Wert $TOFF_{extra}$ gekennzeichnet ist.

[00109] Es liegt vorzugsweise kein Mischbetrieb vor, sondern entweder nur echtes PWM-Dimmen - d.h. nur Verringerung des Tastverhältnisses des niederfrequenten Impulssignals - bzw. reines Dimmen über die Veränderung der Frequenz der niederfrequenten Impulse mit vorgegebener Minimaleinschaltzeitdauer TON_{min} .

[00110] Dieser Vorgehensweise ist dadurch verursacht, dass eine Verringerung des Tastverhältnisses des niederfrequenten Impulssignals technisch bedingt nur bis zu einem unteren Schwellenwert möglich ist. Ab diesem Schwellenwert D – und bis unter 1% bzw. bis weit unter 1% - soll also ein alternativer Dimmbetrieb über eine Veränderung der Frequenz vorgeschlagen werden.

[00111] Im Stand der Technik wird dagegen bei niedrigen Dimmwerten ein Amplituden-Dimmen durchgeführt, d.h. der LED-Strom verläuft zickzackförmig nicht mehr zwischen den Werten I_{max} und I_{min} sondern zwischen niedrigeren Grenzwerten I_{max}' und I_{min}' . Ein derartiges Amplituden-Dimmen kann aber zu einer unerwünschten Verschiebung des Farborts führen.

[00112] Ein Dimmen im unteren Dimmbereich über eine Veränderung der Frequenz der niederfrequenten Impulse ist insofern vorteilhaft, dass eine Verschiebung des Farborts verhindert wird.

Ansprüche

1. Betriebsschaltung für den Betrieb einer LED-Strecke, aufweisend:
 - eine Schaltreglerschaltung zur Erzeugung eines Stroms für die LED-Strecke und aufweisend mindestens einen Schalter (S1) und eine als Energiespeicher dienende Spule (L1), und
 - eine Steuerschaltung (SR) zur Steuerung des Schalters (S1) mit einem Steuersignal (ST), bei dem einem hochfrequenten Impulssignal ein im Vergleich dazu niederfrequentes Impulssignal (ST_{LF}) überlagert wird, wobei das hochfrequente Impulssignal und das niederfrequente Impulssignal (ST_{LF}) synchronisiert sind.
2. Betriebsschaltung nach Anspruch 1, wobei die abfallenden Flanken des niederfrequenten Impulssignals (ST_{LF}) mit dem hochfrequenten Impulssignal synchronisiert sind.
3. Betriebsschaltung nach einem der vorigen Ansprüche, wobei die Zeitdauer ($t_{ON/LF1}$, $t_{ON/LF2}$) jedes Impulses des niederfrequenten Impulssignals (ST_{LF}) derart gewählt wird, dass während dieser Zeitdauer ($t_{ON/LF1}$, $t_{ON/LF2}$) das hochfrequente Impulssignal nur vollständige Impulse aufweist.
4. Betriebsschaltung nach Anspruch 3, wobei während jedes Impulses des niederfrequenten Impulssignals (ST_{LF}) das hochfrequente Impulssignal dieselbe Anzahl (n_p) an vollständigen Impulsen aufweist.
5. Betriebsschaltung nach einem der vorigen Ansprüche, wobei die Steuereinheit (SR) eine abfallende Flanke des niederfrequenten Impulses dann erzeugt, wenn erkannt wird, dass der Strom für die LED-Strecke abnimmt.
6. Betriebsschaltung nach einem der vorigen Ansprüche, wobei die Steuereinheit (SR) eine abfallende Flanke des niederfrequenten Impulses dann erzeugt, wenn erkannt wird, dass der Strom für die LED-Strecke einen Minimalwert (I_{min}) erreicht.
7. Betriebsschaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei die Anzahl (n_p) der hochfrequenten Impulse während eines niederfrequenten Impulses unabhängig von einem Dimmgrad für die LED-Strecke ist.
8. Betriebsschaltung nach einem der vorigen Ansprüche, wobei bei konstantem Dimmgrad für die LED-Strecke das Tastverhältnis des niederfrequenten Impulssignals (ST_{LF}) konstant bleibt.
9. Betriebsschaltung nach einem der vorigen Ansprüche, wobei zum Dimmen der LED-Strecke die Pausendauer ($t_{OFF/LF1}$) zwischen zwei Impulsen des niederfrequenten Impulssignals (ST_{LF}) einstellbar ist.
10. Betriebsschaltung Anspruch 9, wobei die Pausendauer ($t_{OFF/LF1}$) von der Impulsdauer ($t_{ON/LF1}$) und von einem gewünschten Dimmgrad (dim) abhängig ist, vorzugsweise gemäß folgender Formel:
$$t_{OFF/LF1} = t_{ON/LF1} / dim + t_{ON/LF1}.$$

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

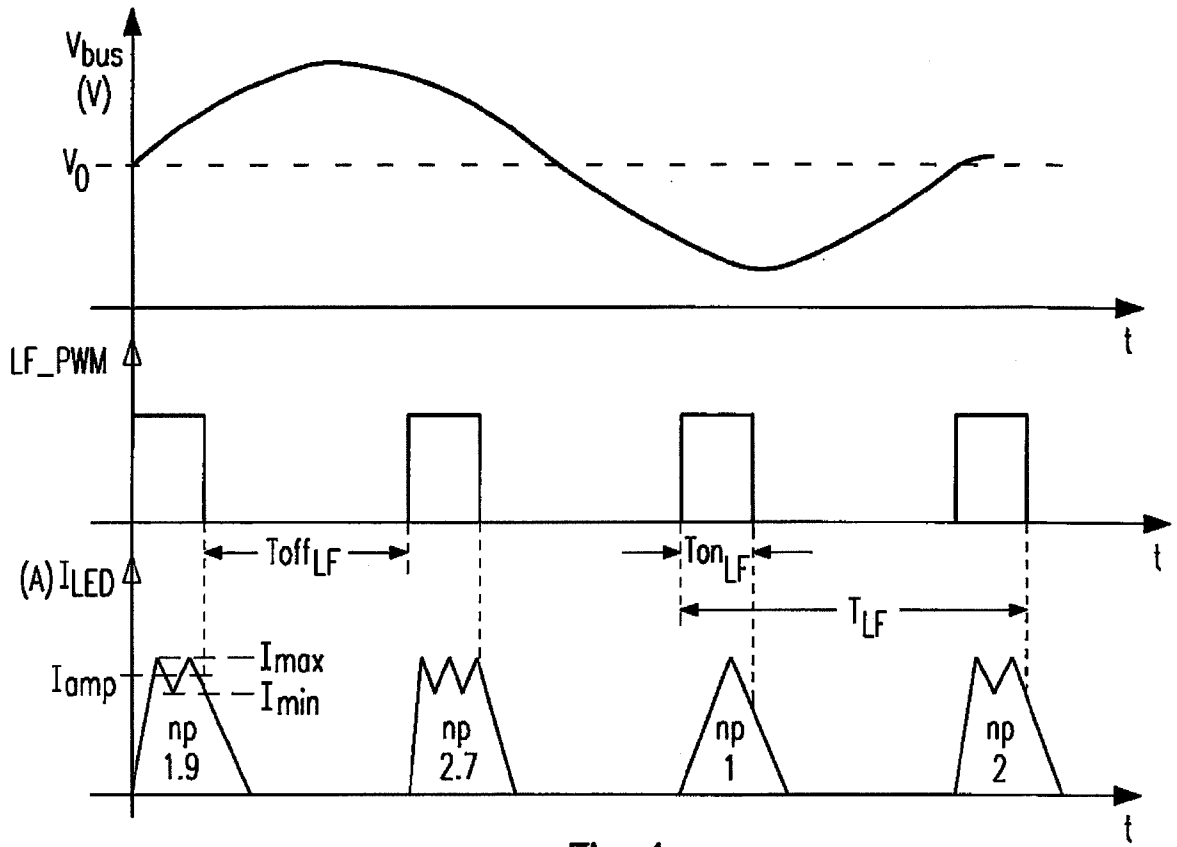


Fig. 1

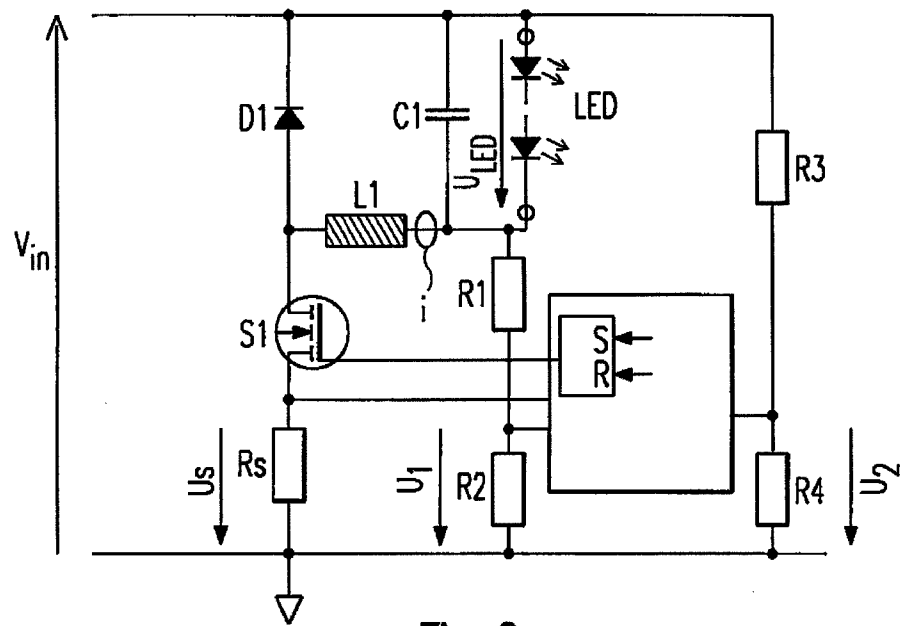


Fig. 2

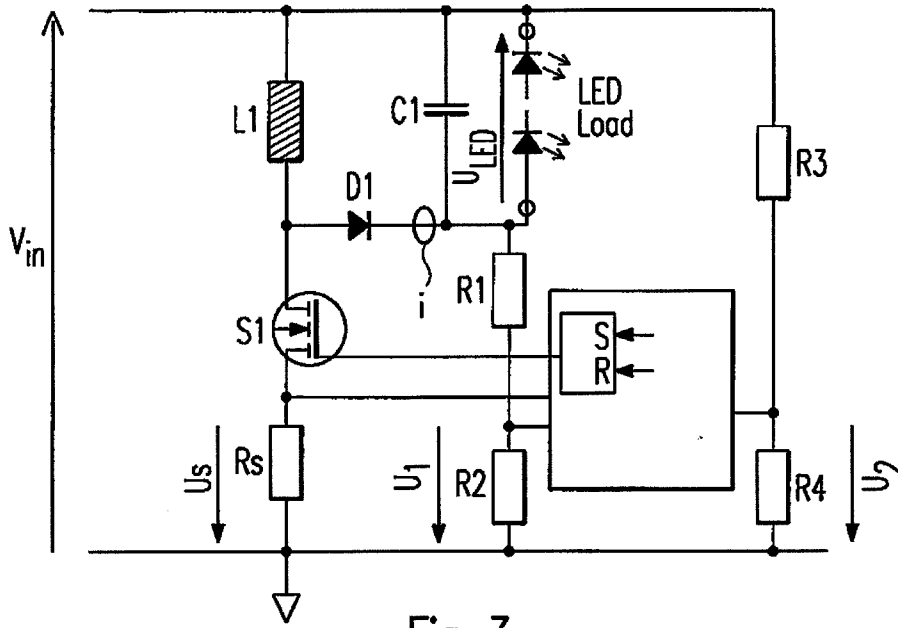


Fig. 3

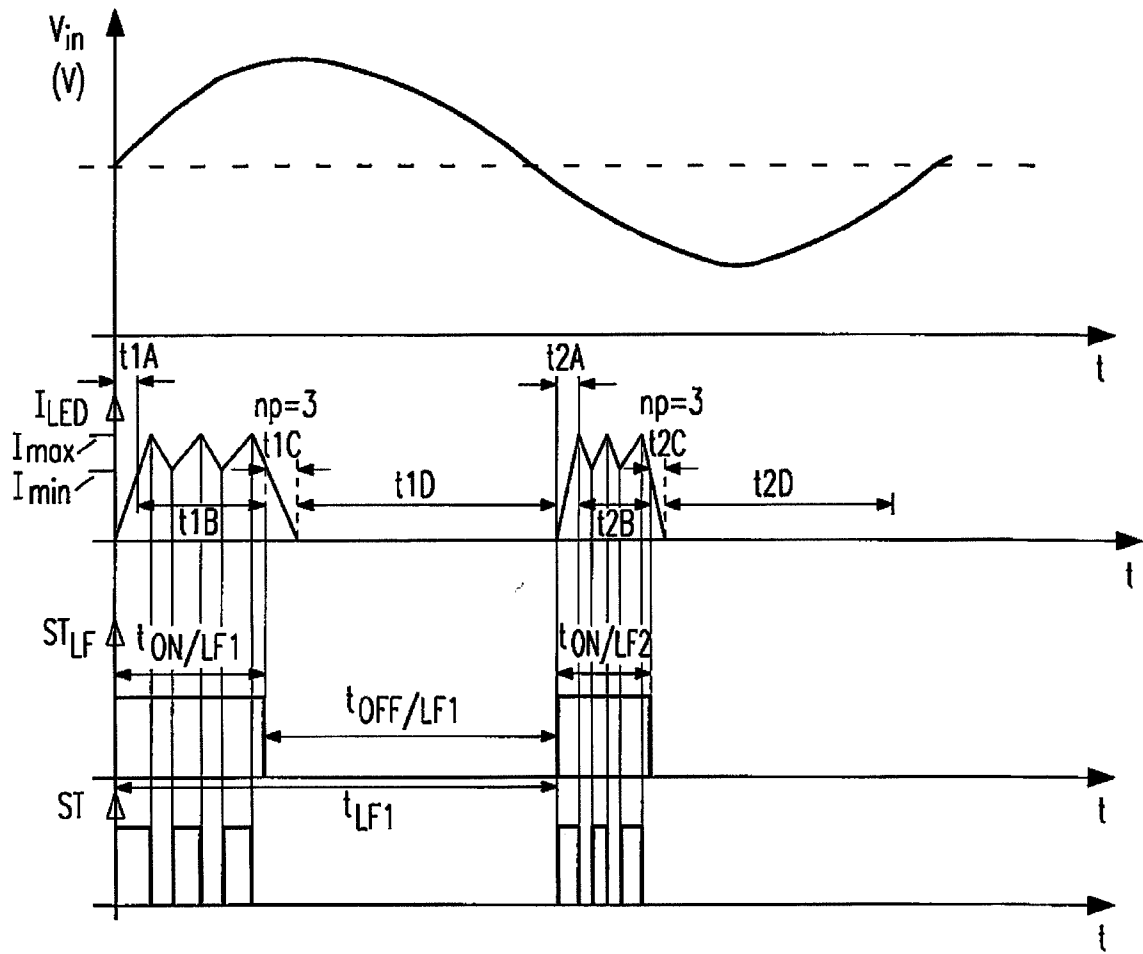


Fig. 4

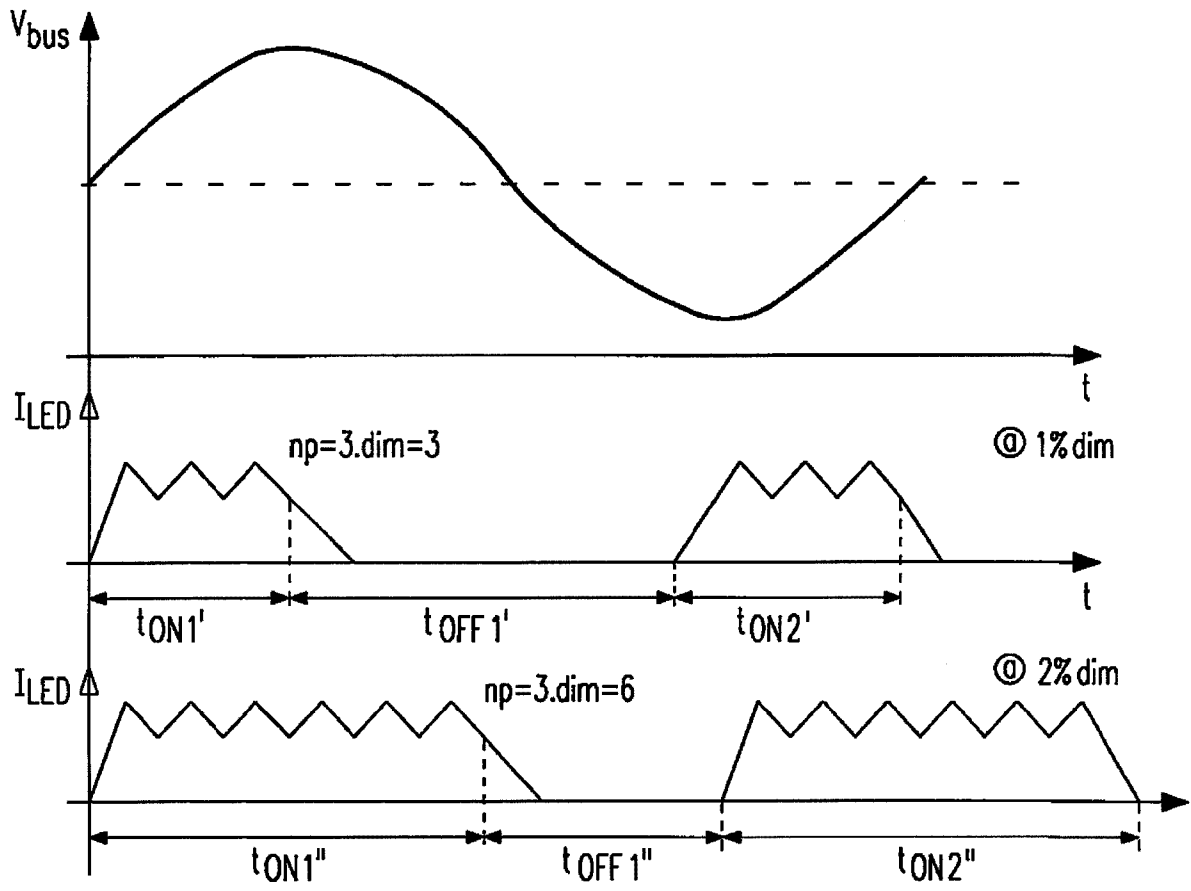


Fig. 5

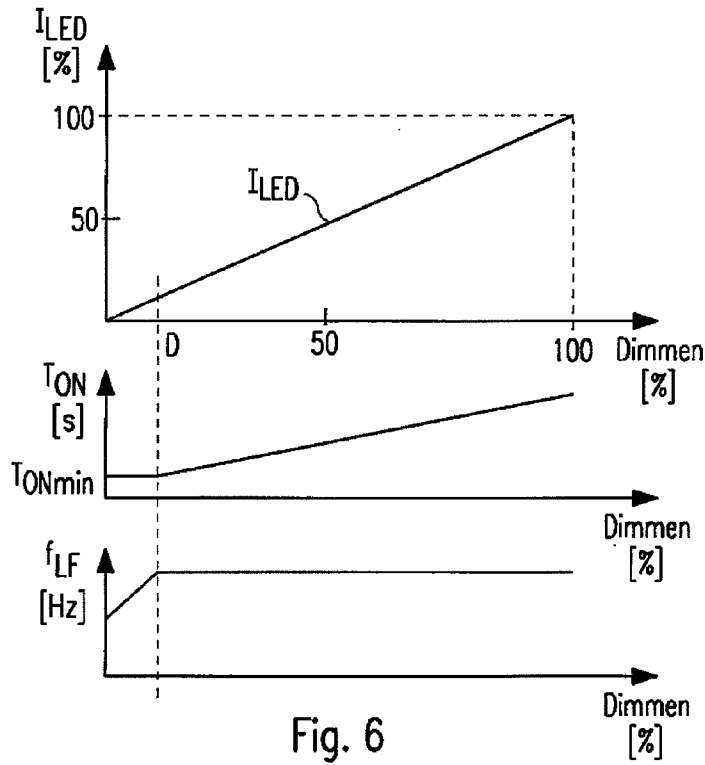


Fig. 6

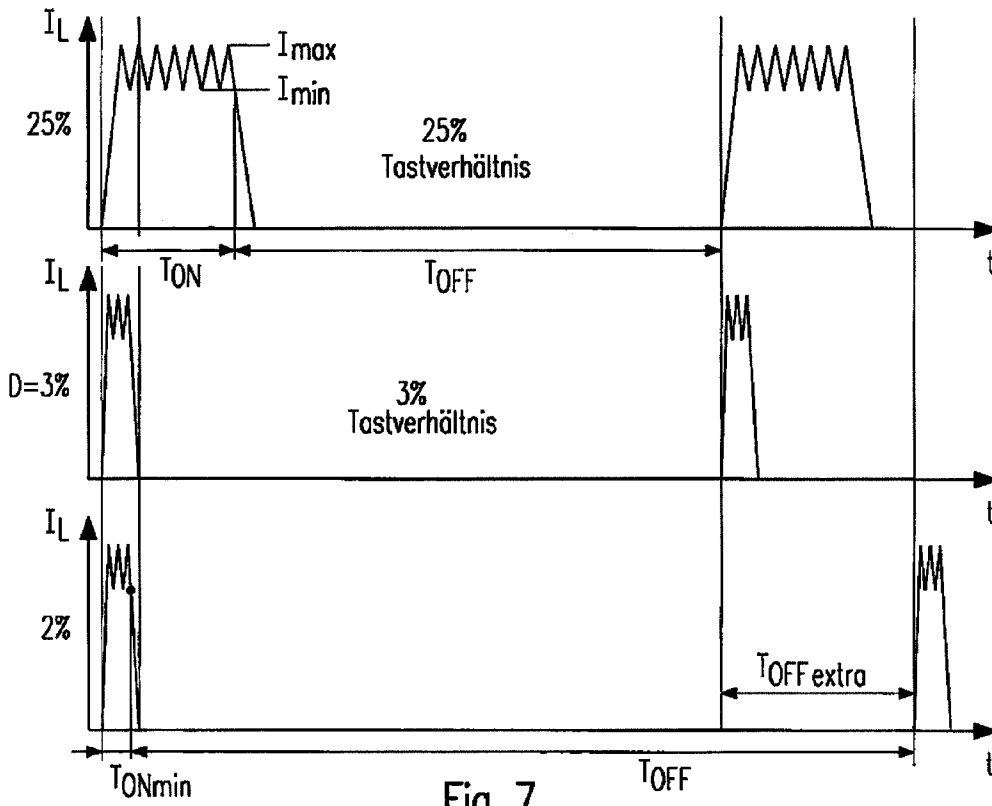


Fig. 7

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: H05B 33/08 (2006.01)
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC: H05B 33/0818 (2013.01); H05B 33/0851 (2013.01)
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): H05B
Konsultierte Online-Datenbank: WPI, EPODOC
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 18.09.2015 eingereichten Ansprüchen 1-10 erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	US 2012217889 A1 (JAYABALAN, R. et al.) 30. August 2012 (30.08.2012) Zusammenfassung, Fig. 2-7; Absätze [0004]-[0017], [0035]-[0045], [0049]-[0051].	1-10
X	WO 0158218 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV) 09. August 2001 (09.08.2001) Zusammenfassung, Fig. 1, 2; Seite 2, Zeilen 4-11; Seite 3, Zeile 19 - Seite 4, Zeile 12.	1-4, 7-10
X	US 2003085749 A1 (XU, P. et al.) 08. Mai 2003 (08.05.2003) Zusammenfassung, Fig. 5-12; Absätze [0010]-[0013], [0028]-[0036].	1, 2, 5, 6, 8-10
X	US 2007210725 A1 (MAROSEK, M.) 13. September 2007 (13.09.2007) Zusammenfassung, Fig. 1-7; Absätze [0001]-[0021], [0032]-[0051].	1, 2, 8-10
A	US 2010277088 A1 (BODANO, E.) 04. November 2010 (04.11.2010) Zusammenfassung, Fig. 3-6; Absätze [0002]-[0006], [0019]-[0038].	1-10
A	WO 2012025345 A1 (OSRAM AG) 01. März 2012 (01.03.2012) Zusammenfassung, Fig. 1-7; Seite 2, Zeile 24 - Seite 4, Zeile 37; Seite 11, Zeile 20 - Seite 14, Zeile 22.	1-10

Datum der Beendigung der Recherche: 24.01.2018	Seite 1 von 1	Prüfer(in): LOIBNER Klaus
---	---------------	------------------------------

¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.	A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „älteres Recht“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.
---	---