



(10) **DE 10 2012 108 965 A1** 2014.03.27

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 108 965.5**  
 (22) Anmeldetag: **24.09.2012**  
 (43) Offenlegungstag: **27.03.2014**

(51) Int Cl.: **H05B 37/02 (2006.01)**  
**G05D 25/02 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**exscitron GmbH, 09112, Chemnitz, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

(74) Vertreter:  
**Keilitz & Söllner, Partnerschaft, 81675, München, DE**

**DE 10 2010 031 236 A1**  
**DE 10 2010 048 951 A1**  
**US 8 044 609 B2**  
**US 2006 / 0 255 753 A1**  
**US 2012 / 0 200 229 A1**

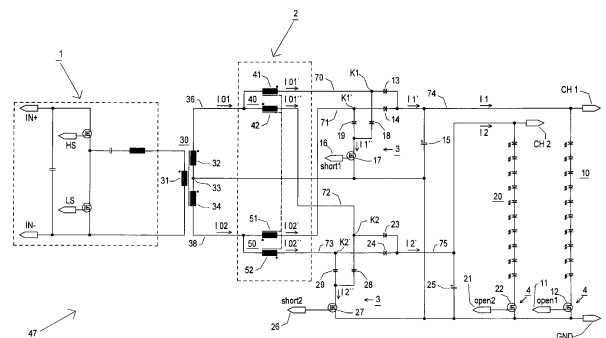
(72) Erfinder:  
**Gruber, Stephan, 09112, Chemnitz, DE; Franzky, René, 09113, Chemnitz, DE; Beyer, Winfried, 09116, Chemnitz, DE; Meyhöfer, Gerd, 01465, Langebrück, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Stromquelle mit verbesserter Dimmvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine dimmbare, mehrkanalige Spannungsquelle 47 mit mehreren Ausgängen (CH1, CH2) zum Anschluss einer elektrischen Last (10, 20), die an jedem Ausgang (CH1, CH2) einen geregelten Gleichstrom (I1, I2) bereitstellt. Die Spannungsquelle 47 umfasst für jeden Ausgang (CH1, CH2) eine erste Dimmvorrichtung (3), mit der ein Teil des zum Ausgang (CH1, CH2) fließenden Stroms (I1', I2') gegen ein Referenzpotential (GND) abgeleitet werden kann und die jeweils einen Schalter (17, 27) umfasst, der mittels eines ersten PWM-Signals (short1, short2) angesteuert wird, und eine zweite Dimmvorrichtung (4) mit einem zweiten Schalter (12, 22), der in Serie zur elektrischen Last (10, 20) angeordnet ist und der mittels eines zweiten PWM-Signals (open1, open2) angesteuert wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Stromquelle mit mehreren Ausgängen zum Anschließen einer elektrischen Last gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind geregelte Stromquellen in den unterschiedlichsten Ausführungen bekannt, darunter auch dimmbare Ausführungen, mit denen die Ausgangsleistung nach Wunsch eingestellt werden kann. Die US 7,659,673 B2 offenbart z.B. eine mehrkanalige Stromquelle zum Betreiben verschiedenfarbiger LED-Stränge. Jeder der LED-Stränge hat einen eigenen Stromregler zum Regeln des durch den jeweiligen Strang fließenden Stroms. In jedem der LED-Stränge ist ferner ein steuerbarer Schalter angeordnet, der mittels eines PWM-Signals angesteuert wird und mit Hilfe dessen die einzelnen LED-Stränge gedimmt werden können.

**[0003]** Weitere Konstantstromquellen mit mehreren Ausgängen sind beispielsweise aus der DE 10 2010 048 951 A1 der Anmelderin, der WO 2007/039862 A2 oder EP 0 788 850 B1 bekannt.

**[0004]** Dimmbare Konstantstromquellen werden häufig zum Betreiben von Lichtsystemen eingesetzt, die eine Vielzahl von Leuchtmitteln, insbesondere LEDs unterschiedlicher Farben aufweisen. Durch Farbmischung der einzelnen Grundfarben – im RGB-Farbraum sind dies rot, grün und blau – kann eine Vielzahl sichtbarer Farben dargestellt werden. Hierzu ist es erforderlich, dass die unterschiedlichen Ausgänge bzw. Kanäle der Konstantstromquelle unabhängig voneinander gedimmt werden können. Wie vorstehend erwähnt, gibt es im Stand der Technik eine ganze Reihe von mehrkanaligen Konstantstromquellen, deren einzelne Kanäle individuell dimmbar sind. Bei diesen Stromquellen tritt jedoch das Problem auf, dass sich mit einer Zu- oder Abnahme des Stroms in den einzelnen Kanälen auch der Farbort des ausgestrahlten Lichts im Farbraum verändert. Die Drift des Farbortes im Farbraum wird im Nachfolgenden anhand der **Fig. 1a** und **Fig. 1b** kurz erläutert.

**[0005]** **Fig. 1a** zeigt eine CIE-Normalfarbtafel, die alle von einem Beobachter wahrnehmbaren Farben darstellt. In der Mitte der CIE-Farbtafel wird das von den drei Farbstrahlern ausgestrahlte Licht als weiß wahrgenommen, da sich die drei Grundfarben mit etwa gleichgroßen Anteilen mischen. Der im Weißbereich rechts oben dargestellte Ausschnitt **80** ist in **Fig. 1b** nochmals vergrößert dargestellt.

**[0006]** In **Fig. 1b** ist der Farbort einer so genannten XLamp, einer speziellen Art von LED der Firma Cree, in Abhängigkeit von dem durch die LED fließenden Strom eingetragen. Der Betriebsstrom liegt dabei zwischen 175 mA und 2500 mA. Wie zu erkennen ist, verschiebt sich mit der Stromstärke der Farbort und damit auch die Wellenlänge des ausgestrahlten Lichts. Darüber hinaus verschiebt sich mit der Stromstärke des Konstantstroms auch die Farbtemperatur. Das Dimmen der LED hat somit den Effekt, dass sich der Blau-, Rot- oder Grünanteil des ausgestrahlten Lichts verändert und die LED somit je nach Dimmeinstellung einen wahrnehmbar anderen Farbton aufweist. Bei einem Lichtsystem, das in RGB-Technik aufgebaut ist, bewirkt das Konstantstrom-Dimmen der LEDs eine geringfügige Farbverschiebung des vom Beobachter wahrgenommenen Lichts. Dies ist bei vielen Anwendungen nicht erwünscht.

**[0007]** Es ist somit die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine mehrkanalige, dimmbare Konstantstromquelle zu schaffen, mit der verschiedene Leuchtmittel, insbesondere LEDs, mit einer möglichst geringen Farbortdrift gedimmt werden können.

**[0008]** Gelöst wird diese Aufgabe der Erfindung durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale. Weitere Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0009]** Gemäß der Erfindung wird eine dimmbare Konstantstromquelle mit mehreren Ausgängen zum Anschließen einer elektrischen Last vorgeschlagen, die für jeden Ausgang eine separat einstellbare erste Dimmvorrichtung aufweist, mit der ein Teil des zum jeweiligen Ausgang fließenden Stroms gegen ein Referenzpotential abgeleitet werden kann und die jeweils einen ersten Schalter umfasst, der mittels eines ersten PWM-Signals angesteuert wird. Darüber hinaus umfasst die erfindungsgemäße Stromquelle wenigstens für mehrere Ausgänge auch eine zweite Dimmvorrichtung mit einem zweiten Schalter, der mittels eines zweiten PWM-Signals angesteuert wird. Durch die elektrische Last fließt somit ein pulsweitenmodulierter Strom. Dieser Strom ist im Wesentlichen rechteckförmig und springt zwischen einem Maximalwert (high level) und einem Minimalwert (low level) hin und her. Der Maximalwert bestimmt dabei maßgeblich die Lage des Farbortes des von einem Leuchtmittel abgestrahlten Lichts. Durch eine geeignete Abstimmung der Tastverhältnisse des ersten und zweiten PWM-Signals kann der Maximalwert des am Ausgang bereitgestellten pulsweitenmodulierten Stroms

beeinflusst und im besten Fall konstant gehalten werden. Es ist daher möglich, die Farbortdrift des von einem Leuchtmittel abgestrahlten Lichts zu eliminieren.

**[0010]** Als Schalter im Sinne der Erfindung ist jegliche Schaltvorrichtung zu verstehen, die ein oder mehrere Schaltelemente, wie z.B. Transistoren, aufweist.

**[0011]** Der zweite Schalter der zweiten Dimmvorrichtung ist vorzugsweise jeweils in Serie zur elektrischen Last angeschlossen. Die zweite Dimmvorrichtung mit dem zweiten Schalter könnte aber auch parallel zu Last angeschlossen sein.

**[0012]** Die erfindungsgemäße PWM-dimmbare Konstantstromquelle umfasst vorzugsweise eine Steuereinheit, die die Schalter der ersten und zweiten Dimmvorrichtung in Abhängigkeit von der Dimmeinstellung automatisch ansteuert. Die Steuereinheit ist hierzu direkt oder indirekt mit entsprechenden Steuereingängen der Dimmvorrichtungen verbunden.

**[0013]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst die Steuereinheit einen Algorithmus, der die Tastverhältnisse des ersten bzw. zweiten PWM-Signals so einstellt, dass der Maximalwert des durch die am Ausgang angeschlossene elektrische Last fließenden Stroms im Wesentlichen konstant bleibt. Der Maximalwert schwankt über den gesamten Dimmbereich vorzugsweise um weniger als 5% und insbesondere weniger als 1%.

**[0014]** Bei der erfindungsgemäßen Konstantstromquelle handelt es sich vorzugsweise um eine geregelte Stromquelle, die an ihren Ausgängen einen festen Strom bereitstellt.

**[0015]** Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst die erfindungsgemäße dimmbare Konstantstromquelle ein von einem Benutzer betätigbares Bedienelement zum Dimmen jeweils eines Ausgangs einzeln, oder mehrerer Ausgänge gleichzeitig. Vorzugsweise ist jeder Kanal individuell dimmbar. Das Betätigungselement kann beispielsweise in Hardware oder Software z.B. als Schieberegler oder Drehregler ausgeführt sein. Jede Dimmeinstellung wird z. B. signaltechnisch in ein bestimmtes Tastverhältnis umgesetzt, mit dem der Schalter der ersten oder zweiten Dimmvorrichtung des betreffenden Kanals von der Steuereinheit angesteuert wird. Die Steuereinheit ermittelt dann in Abhängigkeit davon das zugehörige Tastverhältnis für den Schalter der anderen Dimmvorrichtung. Bei einer geeigneten Abstimmung der beiden Tastverhältnisse kann erreicht werden, dass der Maximalwert des durch die Last fließenden, pulsweitenmodulierten Stroms im Wesentlichen konstant bleibt.

**[0016]** Die Steuereinheit kann das Tastverhältnis des ersten oder zweiten PWM-Signals z.B. auf Basis folgender Gleichung berechnen:

$$(1 - D_{KS}) \times I_{\text{Strang}} = D_{\text{PWM}} \times I_{\text{led}}$$

wobei

$I_{\text{Strang}}$	der Maximalwert des von der Stromquelle ( <b>47</b> ) an einem Ausgang (CH1, CH2) bereitgestellten Stroms,
$D_{KS}$	das Tastverhältnis des ersten PWM-Signals,
$D_{\text{PWM}}$	das Tastverhältnis des zweiten PWM-Signals, und
$I_{\text{led}}$	der Maximalwert des durch eine Last ( <b>10, 20</b> ) fließenden, pulsweitenmodulierten Stroms ist.

**[0017]** Auf Basis der vorstehend genannten Gleichung könnte aber auch eine Tabelle („Look-up-Table“) oder ein Kennfeld angelegt werden, das in diesem Fall von der Steuereinheit nur ausgelesen werden müsste. Eine Berechnung des Tastverhältnisses wäre dann nicht erforderlich.

**[0018]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung steuert die Steuereinheit die Schalter der ersten und zweiten Dimmvorrichtung vorzugsweise wenigstens teilweise gegenphasig, insbesondere vollständig gegenphasig. Wenn das PWM-Signal des ersten Schalters z. B. in den Zustand low geht, springt das PWM-Signal des zweiten Schalters im selben Moment z. B. in den Zustand high. Dadurch kann die Spannungswelligkeit und somit auch die Welligkeit des Ausgangsstroms gering gehalten werden.

**[0019]** Die erfindungsgemäße mehrkanalige, dimmbare Konstantstromquelle wird vorzugsweise zum Treiben von Leuchtmitteln, insbesondere LEDs unterschiedlicher Farben verwendet. An den einzelnen Ausgängen sind

vorzugsweise jeweils ein oder mehrere Leuchtmittel in Serie angeschlossen. Die in einem Strang enthaltenen Leuchtmittel haben vorzugsweise alle die gleiche Farbe.

**[0020]** Die erste Dimmvorrichtung ist vorzugsweise in einer zu einem Ausgang führenden Leitung, in der die Stromquelle einen vorgegebenen Strom bereitstellt, an einem Knoten angeschlossen und gegen ein Referenzpotential verschaltet. Durch Schließen des Schalters wird der von der Stromquelle bereitgestellte Strom gegen das Referenzpotential abgeleitet. Bei offenem Schalter dagegen fließt der Strom zum jeweiligen Ausgang weiter und treibt die dort angeschlossene elektrische Last.

**[0021]** Gemäß einer speziellen Ausführungsform der Erfindung kann die von der Stromquelle aufgenommene elektrische Leistung an die tatsächlich an den Ausgängen benötigte Leistung angepasst werden. Wenn beispielsweise sämtliche Kanäle der Stromquelle stark gedimmt sind, ist es nicht erforderlich, die volle Ausgangsleistung bereit zu stellen. Durch eine Reduktion der Eingangsleistung der Stromquelle (und folglich des an den Ausgängen bereitgestellten Stroms) kann somit der Wirkungsgrad der Stromquelle verbessert werden. Um die Ausgangsleistung entsprechend dem Bedarf anzupassen, ist vorzugsweise ein Stromregler vorgesehen, der z. B. die Eingangsleistung oder den Eingangsstrom der Stromquelle regelt (die Regelgröße kann aber auch eine andere Größe sein). Außerdem wird die an den einzelnen Ausgängen jeweils bereitgestellte elektrische Leistung, oder eine dazu äquivalente Größe, wie z.B. ein Tastverhältnis des ersten PWM-Signals, ermittelt. Wenn die benötigte Ausgangsleistung bzw. der Ausgangsstrom an keinem der Ausgänge größer ist als ein vorgegebener Schwellenwert, gibt die Steuereinheit dem Stromregler z. B. einen kleineren Strom-Sollwert vor, so dass die Stromquelle eine geringere Ausgangsleistung erzeugt. Im umgekehrten Fall, wenn an wenigstens einem der Ausgänge eine sehr hohe elektrische Leistung abgerufen wird, kann die Ausgangsleistung der Stromquelle auch erhöht werden. Das Tastverhältnis des jeweils ersten PWM-Signals ist ein Maß für die Höhe der am zugehörigen Ausgang verbrauchten elektrischen Leistung und kann daher zur Überwachung und Einstellung der von der Stromquelle bereitgestellten Ausgangsleistung bzw. des Ausgangsstroms genutzt werden.

**[0022]** Zur Einstellung der Leistung der Stromquelle kann der Stromregler z.B. mit einem Stromsteller verbunden sein, mittels dessen der primärseitig in die Stromquelle eingespeiste Strom eingestellt werden kann. Der Stromsteller kann beispielsweise in LLC-Technik aufgebaut sein und z.B. einen high-side- und einen low-side-Schalter mit entsprechendem Controller umfassen.

**[0023]** Die erfindungsgemäße dimmbare Konstantstromquelle umfasst vorzugsweise für jeden Ausgang einen Gleichrichter, mit dem der am Ausgang bereitgestellte Strom gleichgerichtet wird. Der Gleichrichter kann beispielsweise eine Diode umfassen, die vorzugsweise an einem zum Ausgang führenden Ast vorgesehen ist. Der Gleichrichter ist vorzugsweise nach der ersten Dimmvorrichtung angeordnet.

**[0024]** Die erfindungsgemäße dimmbare Konstantstromquelle umfasst vorzugsweise auch für jeden Ausgang einen Filter zum Filtern und Glätten des Ausgangsstroms. Der Filter ist vorzugsweise ausgangsseitig der Dimmvorrichtung angeordnet und dem Gleichrichter vorzugsweise nachgeschaltet. Der Filter kann beispielsweise einen Kondensator umfassen, der beispielsweise zwischen einem Knoten in einer zum Ausgang führenden Leitung und einem Referenzpotential angeordnet ist.

**[0025]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst die dimmbare, mehrkanalige Stromquelle:

- einen Haupttransformator mit wenigstens zwei Sekundärwicklungen, der von einem Wechselstrom mit einer vorgegebenen Frequenz gespeist wird,
- wenigstens einen sekundärseitigen ersten Schaltungszweig, in dem während der positiven Halbwelle, und einen sekundärseitigen zweiten Schaltungszweig, in dem während der negativen Halbwelle des Speisestroms ein Strom getrieben wird,
- wobei der erste und der zweite Schaltungszweig jeweils ein zueinander gegensinnig gewickeltes und magnetisch zusammenwirkendes Drosselpaar aufweist, und
- wobei eine erste Drossel eines Drosselpaares mit einem ersten Ausgang und eine zweite Drossel desselben Drosselpaares mit einem zweiten Ausgang verbunden ist.

**[0026]** Die Drosseln des ersten und zweiten Drosselpaares sind vorzugsweise magnetisch miteinander gekoppelt und z.B. auf einem gemeinsamen magnetischen Kern angeordnet.

**[0027]** Die Wicklungen eines Drosselpaares sind vorzugsweise jeweils gegensinnig gewickelt.

- [0028]** Eine erste Drossel zweier Drosselpaare ist vorzugsweise jeweils mit einem ersten Ausgang, und eine zweite Drossel der Drosselpaare jeweils mit einem zweiten Ausgang verbunden (direkt oder indirekt).
- [0029]** Den einzelnen Drosseln eines Drosselpaares können jeweils ein oder mehrere weitere Drosselpaare nachgeschaltet sein.
- [0030]** Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigegeführten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigt:
- [0031]** Fig. 1a eine CIE-Farbtafel zur Darstellung des wahrnehmbaren Spektrums;
- [0032]** Fig. 1b einen vergrößerten Teilbereich der CIE-Farbtafel von Fig. 1a;
- [0033]** Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel einer mehrkanaligen dimmbaren Gleichstromquelle, bei der für jeden Kanal zwei Dimmvorrichtungen vorgesehen sind;
- [0034]** Fig. 3 den zeitlichen Verlauf verschiedener Stromsignale in der Schaltung von Fig. 2;
- [0035]** Fig. 4 den zeitlichen Verlauf verschiedener PWM-Signale, mit denen die Schalter der ersten und zweiten Dimmvorrichtung angesteuert werden, sowie den zeitlichen Verlauf des pulsweitenmodulierten Stroms bei einer gegenphasigen Ansteuerung der Schalter;
- [0036]** Fig. 5 den zeitlichen Verlauf verschiedene PWM-Signale, mit denen die Schalter der ersten und zweiten Dimmvorrichtung angesteuert werden, sowie den zeitlichen Verlauf des pulsweitenmodulierten Stroms bei einer gleichphasigen Ansteuerung der Schalter;
- [0037]** Fig. 6 eine Gesamtansicht einer erfindungsgemäßen dimmbaren, mehrkanaligen Stromquelle gemäß einer speziellen Ausführungsform der Erfindung;
- [0038]** Fig. 7 eine vergrößerte Ansicht eines Ausgangs der Stromquelle nach Fig. 2; und
- [0039]** Fig. 8 ein Verfahren zum Betreiben der Stromquelle von Fig. 6 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.
- [0040]** Bezüglich der Erläuterung der Fig. 1a und Fig. 1b wird auf die Beschreibungseinleitung verwiesen.
- [0041]** Fig. 2 zeigt ein schematisches Schaltbild einer mehrkanaligen, dimmbaren Stromquelle **47**, mit insgesamt zwei Ausgängen CH1, CH2. Die Stromquelle **47** liefert an jedem der Ausgänge CH1, CH2 einen von der Ausgangslast unabhängigen, geregelten Strom. Jeder der Ausgänge CH1, CH2 ist über eine zugehörige erste Dimmvorrichtung **3** und eine zugehörige zweite Dimmvorrichtung **4** individuell dimmbar.
- [0042]** An den einzelnen Ausgängen CH1, CH2 können grundsätzlich beliebige elektrische Verbraucher angeschlossen sein. Die erfindungsgemäße, mehrkanalige Stromquelle wird jedoch vorzugsweise zum Betreiben von LEDs unterschiedlicher Farben verwendet.
- [0043]** In der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform ist an den Ausgängen CH1, CH2 jeweils ein LED-Strang **10** bzw. **20** angeschlossen. Jeder LED-Strang weist dabei mehrere – hier zehn – in Serie geschaltete LEDs auf. Die einzelnen LEDs eines LED Strangs **10**, **20** haben vorzugsweise die gleiche Farbe und können z.B. rot, grün oder blau sein. Durch Farbenmischung des von den LEDs ausgestrahlten Lichts wird schließlich eine Mischfarbe erzeugt, die vom Betrachter wahrgenommen wird.
- [0044]** Die in Fig. 2 dargestellte dimmbare Konstantstromquelle umfasst ferner einen Haupttransformator **30**, der von einem hier nicht näher beschriebenen primären Schaltungsteil **1** mit einem Wechselstrom mit einem geregelten Stromanteil gespeist wird. Der primäre Schaltungsteil kann beispielsweise in LLC-Technik aufgebaut sein, wie sie z. B. aus der US 2010/016,440 A1 (Fig. 6) bekannt ist. Der Haupttransformator **30** hat weiterhin zwei Sekundärwicklungen **32**, **34**, die über eine Mittenanzapfung **33** in Reihe verschaltet sind. Die Mittenanzapfung **33** ist dabei mit einem Referenzpotential – hier mit Masse – verbunden. In den von den Sekundärwicklungen **32**, **34** gespeisten Schaltungszweigen **36**, **38** fließt daher ein fest vorgegebener, bekannter Strom I01 bzw. I02. Einer der sekundärseitigen Schaltungszweige (z.B. Zweig **36**) führt dabei den während der positiven Halbwelle und der andere Schaltungszweig (z.B. Zweig **38**) den während der negativen Halbwelle der

Speisespannung erzeugten Strom I01 bzw. I02. Die Ströme I01 und I02 werden dann mittels eines Stromteilers **2** auf die einzelnen Ausgänge CH1 und CH2 aufgeteilt.

**[0045]** Der Stromteiler **2** umfasst für jeden der sekundärseitigen Schaltungszweige **36** und **38** jeweils ein Drosselpaar **40, 50** mit je zwei zueinander gegensinnig gewickelten und magnetisch zusammenwirkenden Drossel **41, 42** bzw. **51, 52**. Die beiden Drosselpaare **40, 50** sind dabei ebenfalls magnetisch miteinander gekoppelt und können sich z.B. auf einem gemeinsamen Kern befinden.

**[0046]** Jeweils eine der Drosseln – hier **41** und **51** – ist dabei mit dem ersten Ausgang CH1 und die jeweils andere Drossel – hier **42** und **52** – mit dem anderen Ausgang CH2 verbunden. Die Wicklungszahl der einzelnen Drosseln **41, 42, 51, 52** ist vorzugsweise identisch. In diesem Fall teilt sich der Strom I01 und I02 gleichmäßig auf die beiden Ausgänge CH1 und CH2 auf. Wenn der Strom I01 bzw. I02 beispielsweise 2 A beträgt, ist der Ausgangsstrom an den Ausgängen CH1 und CH2 jeweils 1 A.

**[0047]** Zu den weiteren Details einer mehrkanaligen Stromquelle wird auf die WO 2011/047817 A9 der Anmelderin verwiesen, deren diesbezügliche Passagen hier durch Verweis in die Beschreibung aufgenommen werden.

**[0048]** Die erfindungsgemäße Stromquelle umfasst für jeden Ausgang CH1, CH2 außerdem eine separate erste Dimmvorrichtung **3**, die hier jeweils an einem Knoten angeschlossen ist, der in einer zum Ausgang CH1 bzw. CH2 führenden Leitung **70–73**, ausgangsseitig der Drosseln **41, 42, 51, 52**, angeordnet ist. In den von den Drosseln **41, 42, 51, 52** zum Ausgang führenden Leitungen **70–73** ist außerdem jeweils ein Gleichrichter, im vorliegenden Fall eine Diode **13, 14, 23, 24** angeschlossen. Darüber hinaus umfasst die dimmbare, mehrkanalige Stromquelle **47** für jeden Ausgang CH1, CH2 auch einen Filter zum Filtern und Glätten des Ausgangsstroms I1, I2, wobei der Filter in diesem Fall einen Kondensator **15, 25** umfasst, der zwischen der jeweiligen Ausgangsleitung **74, 75** und einem Referenzpotential GND angeordnet ist.

**[0049]** Jede erste Dimmvorrichtung **3** enthält einen Schalter **17, 27**, der an seinem jeweiligen Eingang **16** bzw. **26** mittels eines ersten PWM-Signals short1, short2 angesteuert wird. Die PWM-Signale short1, short2 können sich unterscheiden. Je nach Tastverhältnis  $D_{KS}$  des PWM-Signals short1, short2 fließt ein mehr oder weniger großer Teil des von der Stromquelle **47** sekundärseitig bereitgestellten Stroms gegen das Referenzpotential (Masse) ab. Dieser Anteil ist gleichbedeutend mit einer Leistungsreduzierung der Stromquelle **47**. Je nach Tastverhältnis  $D_{KS}$  des PWM-Signals **16, 26** wird am Ausgang CH1 bzw. CH2 ein gewünschter Stromwert eingestellt. Der Ausgangsstrom  $I1'$  ( $I_{DC}$ ) am Ausgang CH1 ergibt sich abhängig von dem von der Stromversorgung vorgegebenen Maximalstrom  $I_{Strang}$  und dem Tastverhältnis  $D_{KS}$  ( $0 < D_{KS} < 1$ ) gemäß:

$$I1' = (1 - D_{KS}) \times I_{Strang}$$

**[0050]** Dabei ist  $D_{KS} = 0$ , wenn der Kurzschlusschalter **17, 27** immer offen ist und  $D_{KS} = 1$ , wenn der Kurzschlusschalter **17, 27** immer geschlossen ist. Die Frequenz des PWM-Signals short1, short2 kann z.B. zwischen 40 Hz und 10 kHz liegen, aber auch größer oder kleiner sein.

**[0051]** Für jeden Ausgang CH1, CH2 ist ferner eine zweite Dimmvorrichtung **4** vorgesehen, die jeweils einen zweiten Schalter **12, 22** umfasst, der mittels eines PWM-Signals open1, open2 angesteuert wird. Der Schalter **12, 22** ist dabei in Serie zur elektrischen Last **10, 20** geschaltet. Durch Änderung des Tastverhältnisses  $D_{PWM}$  des PWM-Signals, mit dem die zweiten Schalter **12, 22** angesteuert werden, lässt sich der jeweilige Ausgang CH1, CH2 ebenfalls individuell dimmen. Die Schalter **12, 22** können beispielsweise Transistoren, wie z.B. MOS-Transistoren umfassen.

**[0052]** Bei der Verwendung der dimmbaren, mehrkanaligen Stromquelle **47** zum Betreiben eines Lichtsystems mit mehrfarbigen LEDs **10, 20** kann es, wie eingangs erwähnt, zu einer Verschiebung des Farbortes des von den LEDs **10, 20** ausgestrahlten Lichts kommen. Wie sich gezeigt hat, bestimmt der Maximalwert des pulsweitenmodulierten Ausgangsstroms I1, I2 maßgeblich die Lage des Farbortes des von einem Leuchtmittel abgestrahlten Lichts. Durch eine geeignete Abstimmung der Tastverhältnisse des ersten und zweiten PWM-Signals kann der Maximalwert des am Ausgang bereitgestellten pulsweitenmodulierten Stroms beeinflusst und im besten Fall konstant gehalten werden.

**[0053]** Fig. 3 zeigt den zeitlichen Verlauf verschiedener Ströme in der Stromquelle von Fig. 2. Durch die Reihenschaltung der Sekundärwicklungen **32, 34** sind die Ströme I01 und I02 genau gegenphasig, aber in ihrer Amplitude gleich ( $I_{Max}$ ). Aufgrund der Polarität der Ausgangsgleichrichter **13, 14, 23, 24** fließt überall

nur ein positiver Strom. Da der Strom  $I_{01}$  bzw.  $I_{02}$  jeweils von einem Drosselpaar **40** bzw. **50** mit gleichem Wicklungsverhältnis von 1:1 gleichmäßig aufgeteilt wird, fließt in den Wicklungen **41, 42** bzw. **51, 52** jeweils ein gleich großer Strom  $I_{01'}$ ,  $I_{01''}$  bzw.  $I_{02'}$ ,  $I_{02''}$ . Man sieht in **Fig. 3** deutlich, dass die Ströme  $I_{01'}$  und  $I_{02'}$  sowie  $I_{01''}$  und  $I_{02''}$  genauso gegenphasig sind, wie die von den Sekundärwicklungen eingespeisten Ströme  $I_{01}$  und  $I_{02}$ , aber genau die halbe Amplitude  $I_{Max}/2$  aufweisen. Mit den Gleichrichtern **13, 14** wird aus den gegenphasigen Strömen  $I_{01'}$  und  $I_{02'}$  der Ausgangsstrom  $I_{1'}$  für den ersten Ausgang CH1. Der Ausgangsstrom  $I_{2'}$  für den zweiten Ausgang CH2 setzt sich aus den Teilströmen  $I_{01''}$  und  $I_{02''}$  zusammen. Die Ströme  $I_{1'}$  und  $I_{2'}$  werden dann jeweils von einem Filter – hier einem Kondensator **15** bzw. **25** – gefiltert und gemittelt und als  $I_1$  bzw.  $I_2$  an die angeschlossene LED-Last **10** bzw. **20** geleitet.

**[0054]** **Fig. 4** zeigt den zeitlichen Verlauf der verschiedenen PWM-Signale short1, short2, open1, open2, mit denen die Schalter **17, 27, 12, 22** der ersten und zweiten Dimmvorrichtung **3, 4** angesteuert werden, sowie den zeitlichen Verlauf des pulsweitenmodulierten Stroms bei einer gegenphasigen Ansteuerung der Schalter. Ein high-Pegel (5V–15V) am PWM-Steuersignal short1 des ersten Schalters **17** schaltet den Schalter **17** ein. Dadurch werden die Teilströme  $I_{01'}$  und  $I_{02'}$  über Gleichrichtmittel **18, 19** als ein Strom  $I_{1'}$  durch den Schalter **17** zum Referenzpotential GND abgeleitet. Während der Schalter **17** aktiv ist, fließt also kein Strom  $I_{1'}$  zum Ausgang. Ein low-Pegel (0 V) am Steuereingang **16** des Schalters **17** schaltet den Schalter **17** ab. Die Teilströme  $I_{01'}$  und  $I_{02'}$  fließen dann wieder über die Gleichrichter **13, 14** als Strom  $I_{1'}$  zum Ausgang CH1. Der Strom  $I_{1'}$  schwankt damit zwischen einem Maximalwert  $I_{Strang}$  und einem Minimalwert Null.

**[0055]** Aus dem Tastverhältnis  $D_{KS}$  des PWM-Signals short1 und dem Maximalwert  $I_{Strang}$  des Strom  $I_{1'}$  ergibt sich der mittlere, zum Ausgang CH1 fließende Strom  $I_{DC}$  (gemittelter Strom  $I_{1'}$ ) als:

$$I_{DC} = (1 - D_{KS}) \times I_{Strang} \quad (1)$$

**[0056]** Der gemittelte Strom  $I_{DC}$  ist dabei in **Fig. 4** als gestrichelte Linie dargestellt. Weiterhin ist durch unterschiedlich schraffierte Flächen dargestellt, wie sich die Ströme  $I_{1'}$  und  $I_{1''}$  aus den phasenverschobenen Teilströmen  $I_{01'}$  und  $I_{02'}$  zusammensetzen.

**[0057]** Der Schalter **12** der zweiten Dimmvorrichtung **4** wird mittels eines PWM-Signals open1 angesteuert. Ein high-Pegel schaltet den Schalter **12** wiederum ein und low-Pegel schaltet ihn aus, wodurch der durch die LEDs **10** fließende Strom  $I_1$  zu Null wird. Durch die LEDs **10** fließt somit ein pulsweitenmodulierter Strom  $I_1$ .

**[0058]** Der durch die LEDs fließende mittlere Strom  $I_{DC}$  ergibt sich aus dem Tastverhältnis  $D_{PWM}$  des PWM-Signals open 1 und dem Maximalwert  $I_{led}$  des durch die LEDs **10** fließenden Stroms  $I_1$  als:

$$I_{DC} = D_{PWM} \times I_{led} \quad (2)$$

**[0059]** Der Strom  $I_{DC}$  ist in **Fig. 4** ebenfalls als gestrichelte Linie gezeigt. Der Maximalwert  $I_{led}$  bestimmt dabei die Lage des Farbortes, während mit  $D_{PWM}$  die Helligkeit eingestellt wird.

**[0060]** Im stabilen Zustand muss der mittlere Ladestrom in den Kondensator **15** gleich dem mittleren Entladestrom sein. Die beiden Mittelwerte  $I_{DC}$  der Ströme  $I_1$  und  $I_{1'}$  sind in diesem Fall gleich und es gilt:

$$(1 - D_{KS}) \times I_{Strang} = D_{PWM} \times I_{led} \quad (3)$$

**[0061]** Stimmt dieses Gleichgewicht nicht, lädt sich der Kondensator immer weiter auf oder wird letztendlich komplett entladen. Bei konstanten Parametern  $D_{KS}$ ,  $D_{PWM}$  und  $I_{Strang}$  stellt sich immer automatisch die richtige Spannung am Kondensator **15** ein, um  $I_{led}$  zu treiben. Ist z.B. die Kondensatorspannung zu klein, um den vorgegebenen  $I_{led}$  zu treiben, ist der Ladeanteil aus der Gleichung (1) größer und erhöht somit die Kondensatorspannung so lange, bis sich das Gleichgewicht aus Gleichung (3) einstellt. Ist die Kondensatorspannung dagegen zu groß, ist der Entladeanteil aus Gleichung (2) größer, und die Spannung, und damit einhergehend auch der LED-Strom sinken so lange, bis wieder ein Gleichgewicht herrscht. Dies ist möglich, da  $I_{Strang}$  ein geregelter Konstantstrom ist.

**[0062]** Da  $I_{Strang}$  durch den primären Schaltungsteil **1** vorgegeben ist, kann aus Gleichung (3) für jedes gewünschte  $I_{led}$  und  $D_{PWM}$  das nötige  $D_{KS}$  (und umgekehrt) berechnet werden:

$$D_{KS} = 1 - \frac{D_{PWM} \times I_{led}}{I_{Strang}} \quad (4)$$

**[0063]** Ein Tastverhältnis  $D_{KS}$  von 1 heißt, dass der entsprechende Kanal CH1 bzw. CH2 abgeschaltet ist, mit  $0 \leq D_{KS} \leq 1$ .

**[0064]** Aus Gleichung (3) kann auch direkt der Strom  $I_{strang}$  bei vorgegebenem  $D_{KS}$  errechnet werden.

$$I_{Strang} = \frac{D_{PWM}}{(1 - D_{KS})} \times I_{led} \quad (5)$$

**[0065]** Wenn der Schalter **17** nicht angesteuert wird, also  $D_{KS} = 0$  und der Schalter **12** der zweiten Dimmvorrichtung immer an ist, also  $D_{PWM} = 1$ , ist der LED-Strom  $I_1$  gleich dem von der Teilerstufe **2** gelieferten Strom  $I_1'$ , es gilt also  $I_{led} = I_{Strang}$ . Allgemein gilt dies immer, wenn Gleichung (6) erfüllt ist:

$$D_{PWM} = 1 - D_{KS} \quad (6)$$

**[0066]** Das Tastverhältnis  $D_{KS}$  sollte vorzugsweise kleiner als 1, besser kleiner als 0,9 sein, um bei dann relativ sehr großen Strömen  $I_{Strang}$  nicht über die technischen Grenzen des gesamten Vorschaltgeräts hinaus zu gelangen.

**[0067]** Der Kondensator **15** wird vorzugsweise so dimensioniert, dass die Spannungswelligkeit am Ausgang CH1 (in **Fig. 4** ganz oben dargestellt), verursacht durch die Ansteuerung der Schalter **17**, **12** möglichst gering ist und insbesondere unterhalb einer vorgegebenen Schwelle liegt. Die kleinste Welligkeit tritt auf, wenn Gleichung (6) erfüllt ist und beide Schalter **17**, **12** gegenphasig arbeiten. Einen Maximalwert der Spannungswelligkeit gibt es genau bei gleichphasiger Ansteuerung. Da im Regelfall aber Gleichung (6) nicht erfüllt ist, reicht es aus, dass die PWM-Signale short1 und open1 möglichst lange gegenphasig sind. Das PWM-Signal short1 kann z.B. ausgeschaltet werden, wenn das Signal open1 angeht, oder genau umgekehrt.

**[0068]** Die PWM-Signale short1 bzw. open1 der Schalter **17** bzw. **12** haben vorzugsweise die gleiche Frequenz, müssen dies aber nicht notwendigerweise. (z. B. kann die Frequenz der ersten Dimmvorrichtung 10 kHz, die der zweiten 50kHz sein) In diesem Fall wäre das gegenphasige Betreiben der Schalter relativ einfach zu bewerkstelligen.

**[0069]** **Fig. 5** zeigt die gleichen Signale wie **Fig. 4**, wobei die beiden Schalter **17** und **12** jedoch gleichphasig angesteuert werden. Wie an der Spannungskurve (ganz oben) zu erkennen ist, ist die Welligkeit der Spannung am Ausgang CH1 genau doppelt so groß wie in **Fig. 4**.

**[0070]** Dieselben Gleichungen und Zusammenhänge sind genauso auf den zweiten Ausgang CH2 und gegebenenfalls weitere Ausgänge anzuwenden.

**[0071]** **Fig. 6** zeigt ein Blockschaltbild einer mehrkanaligen, dimmbaren Stromquelle **47** mit einer Steuereinheit **61** zur Ansteuerung der Schalter der ersten und zweiten Dimmvorrichtungen **3** bzw. **4**. Zum Dimmen der einzelnen Ausgänge bzw. Kanäle **60** ist hier jeweils ein Bedienelement **65**, wie z.B. ein Schieberegler, vorgesehen, der in Hardware oder Software ausgeführt sein kann. Die Ausgangssignale der Bedienelemente **65** werden über eine Schnittstelle **64** (z. B. DALI, DMX, o.ä.) an die Steuereinheit **61** übertragen. Die Dimmeinstellung der einzelnen Bedienelemente **65** wird dabei in ein Tastverhältnis  $D_{PWM}$  für die Schalter der zweiten Dimmvorrichtungen **4** umgesetzt. Darüber hinaus erhält die Steuereinheit **61** den Maximalwert  $I_{led}$  des Stroms  $I_x$  in den einzelnen Kanälen **60**, wobei  $x = 1 \dots n$ , entsprechend der Anzahl  $n$  der Kanäle.

**[0072]** Darüber hinaus wird der Steuereinheit **61** auch noch die Dimmfrequenz  $f_{PWM}$  über die Schnittstelle **64** zugeführt. Die Steuereinheit **61** ermittelt dann auf Basis dieser Parameter für jeden Ausgang **60** ein Tastverhältnis  $D_{KS}$  der jeweiligen ersten Dimmvorrichtung **3**. Die einzelnen Tastverhältnisse  $D_{KS}$  können beispielsweise gemäß der Gleichung (4) berechnet oder aus einer Tabelle bzw. einem Kennfeld ausgelesen werden.

**[0073]** **Fig. 6** zeigt ferner ein Wechselstromnetz **5**, aus dem das Gesamtsystem gespeist wird. Nach einer Filterung und Gleichrichtung in Block **6** folgt eine PFC-Stufe **7**, um eine Ausgangswelligkeit mit der doppelten



Netzfrequenz zu vermeiden. Eine LLC-Leistungsstufe **1** treibt dann den bereits beschriebenen Transformator **30**.

**[0074]** Der in der Primärwicklung fließende Strom **35** wird z.B. mittels eines Stromtrafos in eine Spannung **37** gewandelt, welche den Ist-Wert eines primären Stromreglers **45** darstellt. Der Stromregler **45** steuert mittels eines Signals **76** einen Halbbrücken-Controller **53**, der wiederum ein Signal **54** mit variabler Frequenz an einen Halbbrücken-Treiber **55** ausgibt, welcher den high-side-Transistor **57** und den low-side-Transistor **56** der LLC-Halbbrücke **1** abwechselnd ansteuert. Die Sekundärseite des Transformators **30** speist dann eine mehrkanalige passive Teilerstufe **2**, wie sie beispielhaft in **Fig. 2** dargestellt ist und ferner in der WO 2011/047817 A9 ausführlich beschrieben ist.

**[0075]** Optional kann noch die aktuelle Gerätetemperatur der Steuereinheit **61** mittels eines Temperatursensors **63** erfasst werden. Bei Überschreiten einer oberen Grenztemperatur kann die Stromquelle beispielsweise automatisch abgeschaltet werden.

**[0076]** Um die von der Stromquelle am Ausgang bereitgestellte elektrische Leistung an den tatsächlichen Bedarf anzupassen, kann z.B. eine Stromregelung durchgeführt werden. Wenn die an einem Ausgang CH1 bis CHn verbrauchte elektrische Leistung an keinem der Ausgänge größer ist als ein vorgegebener Wert, wie z.B. 80% der für den jeweiligen Kanal bereitgestellten Leistung, wird der in der Primärwicklung fließende Strom **35** vorzugsweise reduziert. Zur Überwachung des Leistungsbedarfs an den einzelnen Ausgängen CH1 bis CHn kann beispielsweise das Tastverhältnis  $D_{KS}$  der einzelnen Kanäle überwacht werden, wie im Folgenden noch anhand von **Fig. 8** erläutert werden wird. Zur Durchführung der Stromregelung ist die Steuereinheit **61** hier über eine Schnittstelle **44**, wie z.B. einen Optokoppler mit dem Spannungsregler **45** verbunden und gibt diesem einen neuen Strom-Sollwert **43** vor. Dieser wird dann über die vorstehend genannten Einheiten **53**, **55**, **1** eingestellt.

**[0077]** **Fig. 7** zeigt einen der Ausgänge CH1–CHn in vergrößerter Darstellung. Eine erste Dimmvorrichtung **3** umfasst jeweils eine Entkoppeldiode  $n8$  und  $n9$ , die an den Knoten  $Kn$  und  $Kn'$  angeschlossen und beide an einem Leistungsanschluss (drain) des Schalters  $n7$  angeschlossen sind ( $n$  steht dabei für die Kanalnummer). Die Ausgangsspannung  $V_n$  für die Steuereinheit **61** wird direkt am Ausgang CHn abgegriffen. Der Schalter  $n2$  liegt unmittelbar in Reihe vom Minuspol der LED-Last  $n0$  und dem Referenzpunkt GND. Der Schalter  $n2$  wird mittels eines Steuersignals  $open_n$  von der Steuereinheit **61** angesteuert. Diese Ausgangsschaltung **60** ist für jeden Kanal CH1 bis CHn einmal vorhanden.

**[0078]** Ein Beispiel einer Softwareroutine, wie sie z.B. in einem Mikrocontroller **61** ablaufen kann, ist in **Fig. 8** dargestellt. Um das Diagramm nicht zu komplex zu gestalten, wurde auf die oben beschriebene, immer gegenphasige Ansteuerung der beiden Schalter  $n2$ ,  $n7$  verzichtet.

**[0079]** Nach dem Start (Block **100**) der mehrkanaligen Stromquelle **47** werden über die Schnittstelle **64** die erforderlichen Parameter, nämlich die Dimmfrequenz  $f_{PWM}$  der Maximalwert  $I_{led}$  des Ausgangsstroms und das Tastverhältnis  $D_{PWM}$  der zweiten Dimmvorrichtung eingelesen. Haben sich gegenüber der letzten Datenübertragung keine Parameter geändert, kann alles beibehalten und direkt zum letzten Schritt **111** gesprungen werden. Ergibt sich in der Abfrage **102** jedoch eine Parameteränderung, wird als nächster Schritt **103** überprüft, ob sich alle Parameter im gültigen Bereich befinden. Konkret wird hier abgefragt, ob in keinem Kanal ein maximaler Stromwert überschritten wird. Falls dies doch der Fall ist, wird in Schritt **104** eine Fehlermeldung über die Schnittstelle **64** an das übergeordnete System gesendet. Danach geht es wieder zurück zum Einlesevorgang **101**. Sind dagegen alle Parameter gültig, wird zunächst die Frequenzinformation  $f_{PWM}$  verarbeitet (Schritt **105**). Dabei ist der Kehrwert der Frequenz  $f_{PWM}$  die Zeitbasis für die Ausgabe der Steuersignale  $short_n$  für die Schalter der ersten Dimmvorrichtung **3** und der Steuersignale  $open_n$  für die Schalter der zweiten Dimmvorrichtung **4**. Danach wird der geräteinterne Parameter  $I_{Max}$  für die primäre Gesamtstromvorgabe und damit auch  $I_{Strang}$  für jeden Kanal CH1 bis CHn auf den maximal möglichen Wert gesetzt (Schritt **106**). Diese Werte sind durch die Dimensionierung des Primärteils **1**, das Übersetzungsverhältnis des Transformators **30** und die Auslegung der Teilerstufe **2** vorgegeben. Dann wird aus den für den Kanal CH1 bis CHn gegebenen Parametern  $I_{led}$ ,  $D_{PWM}$  und  $I_{Strang}$  nach Gleichung (4) das notwendige Tastverhältnis  $D_{KS}$  des Kurzschlusschalters  $n7$  in Schritt **107** ermittelt. Die nachfolgende Abfrage **108** stellt fest, ob ein Kanal schon im oberen Bereich, z.B. größer als 75% des maximalen Ausgangsstroms  $I_n$  betrieben wird. Dieser Grenzwert kann natürlich auch größer oder kleiner sein, je nachdem welche dynamischen Anforderungen an das Gesamtsystem gestellt werden. Wenn der vorgegebene Grenzwert an keinem Kanal überschritten wird, d.h. keiner der Kanäle arbeitet nahe seiner Leistungsgrenze, wird die Stromvorgabe reduziert. Dabei wird zunächst in Schritt **109** überprüft, ob der Primärstrom **35** nicht bereits am systembedingt vorgegebenen Minimum liegt. Dies kann beispielsweise 5% oder

10% des Maximalwerts sein und ist auch von der Dimensionierung der Primärstufe **1** abhängig. Wenn dies der Fall ist, wird zu Schritt **111** weitergegangen, da sich der Primärstrom **35** nicht weiter reduzieren lässt.

**[0080]** Ist die Abfrage von Schritt **109** dagegen negativ, wird der Primärstrom **35** vorzugsweise um einen vorgegebenen Wert z.B. 10%, reduziert. Der neue Strom  $I_{Max}$  bildet dabei auch die Referenz für den neuen maximal möglichen Strom  $I_{Strang}$  für jeden Kanal CHn. Mit den angepassten Stromwerten  $I_{Strang}$  für jeden Kanal CH1 bis CHn werden dann wiederum neue Tastverhältnisse  $D_{KS}$  für jeden Kanal in Schritt **108** ermittelt. Nach mehrmaligem Durchlauf der Schleife kann der Primärstrom nicht weiter verringert werden oder ein Kanal befindet sich nun nahe der Leistungsgrenze und das Verfahren geht weiter zu Schritt **111**. In diesem Schritt werden nun alle Schalter der ersten und zweiten Dimmvorrichtungen **3**, **4** mit den zuvor ermittelten Signalen angesteuert. Danach geht es zurück zum Einlesen der Parameter in Schritt **101**.

**[0081]** Die Stromquelle **47** könnte wahlweise auch mit einem Farbsensor ausgestattet sein. Bei einer Abweichung der dargestellten Farbe von einem vorgegebenen Sollwert können die Schalter der einzelnen Dimmvorrichtungen dann automatisch entsprechend angesteuert werden, um eine Farbabweichung auszuregeln. In diesem Fall wäre auch noch ein entsprechender Regler vorzusehen.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- US 7659673 B2 [0002]
- DE 102010048951 A1 [0003]
- WO 2007/039862 A2 [0003]
- EP 0788850 B1 [0003]
- US 2010/016440 A1 [0044]
- WO 2011/047817 A9 [0047, 0074]

## Patentansprüche

1. Stromquelle (47) mit mehreren Ausgängen (CH1, CH2), die an jedem Ausgang (CH1, CH2) einen Gleichstrom (I1, I2) zum Betreiben einer elektrischen Last (10, 20) bereitstellt, **dadurch gekennzeichnet**, dass für jeden Ausgang (CH1, CH2) eine erste Dimmvorrichtung (3) vorgesehen ist, mit der ein Teil des zum Ausgang fließenden Stroms (I1', I2') gegen ein Referenzpotential (GND) abgeleitet werden kann und die jeweils einen ersten Schalter (17, 27) umfasst, der mittels eines ersten PWM-Signals (short1, short2) angesteuert wird, und dass ferner für jeden Ausgang eine separate zweite Dimmvorrichtung (4) vorgesehen ist, die jeweils einen zweiten Schalter (12, 22) aufweist, der mittels eines zweiten PWM-Signals (open1, open2) angesteuert wird.

2. Stromquelle (47) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Schalter (12, 22) in Serie zur elektrischen Last (10, 20) geschaltet ist.

3. Stromquelle (47) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie eine Steuereinheit (61) aufweist, die die Schalter (17, 27, 12, 22) in Abhängigkeit von einer Dimmeinstellung ansteuert.

4. Stromquelle (47) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (61) die Schalter (17, 27, 12, 22) derart ansteuert, dass der vorgegebene Maximalwert ( $I_{LED}$ ) des durch die Last (10, 20) fließenden, pulsweitenmodulierten Stroms (I1, I2) im Wesentlichen konstant bleibt, wenn der zugehörige Ausgang (CH1, CH2) gedimmt wird.

5. Stromquelle (47) nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (61) in Abhängigkeit von der Dimmeinstellung (66) ein Tastverhältnis ( $D_{PWM}$ ,  $D_{KS}$ ) des ersten oder zweiten PWM-Signals (short1, short2, open1, open2) ermittelt.

6. Stromquelle (47) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (61) das Tastverhältnis ( $D_{PWM}$ ,  $D_{KS}$ ) des ersten oder zweiten PWM-Signals auf Basis folgender Gleichung ermittelt:

$$(1 - D_{KS}) \times I_{Strang} = D_{PWM} \times I_{LED}$$

wobei  $I_{Strang}$  der Maximalwert des von der Stromquelle (47) an einem Ausgang (CH1, CH2) bereitgestellten Stroms,

$D_{KS}$  das Tastverhältnis des ersten PWM-Signals,

$D_{PWM}$  das Tastverhältnis des zweiten PWM-Signals, und

$I_{LED}$  der Maximalwert des durch eine am Ausgang (CH1, CH2) angeschlossene Last (10, 20) fließenden, pulsweitenmodulierten Stroms ist.

7. Stromquelle (47) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (61) die Schalter (17, 27, 12, 22) wenigstens teilweise gegenphasig ansteuert.

8. Stromquelle (47) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass an den Ausgängen (CH1, CH2) Leuchtmittel (10, 20) und insbesondere LEDs unterschiedlicher Farben und/oder weiße LEDs unterschiedlicher Farbtemperatur angeschlossen sind.

9. Stromquelle (47) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einer zu einem Ausgang (CH1, CH2) führenden Leitung (70-73), in der die Stromquelle einen vorgegebenen Strom (I01', I01'', I02', I02'') bereitstellt, ein Knoten (K1, K1', K2, K2') vorgesehen ist, an dem die erste Dimmvorrichtung (3) angeschlossen ist.

10. Stromquelle (47) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (61) mit einem Regler (45) verbunden ist, der den von der Stromquelle (47) primärseitig aufgenommenen Strom oder eine davon abhängige Größe regelt, dass die an den einzelnen Ausgängen (CH1, CH2) bereitgestellte elektrische Leistung oder eine dazu äquivalente Größe, wie z.B. ein Tastverhältnis ( $D_{KS}$ ) des ersten PWM-Signals (short1, short2), ermittelt wird, und dass die Steuereinheit (61) dem Regler (45) in Abhängigkeit von der ermittelten Größe einen Sollwert ( $I_{Setpoint}$ ) vorgibt.

11. Stromquelle (47) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stromregler (45) mit nur einem Stromsteller (1) verbunden ist, mittels dessen ein primärseitig in die Stromquelle (47) eingespeister Strom eingestellt werden kann.

12. Stromquelle (47) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass für jeden Ausgang ein Zweiweggleichrichter (13, 14, bzw. 23, 24) vorgesehen ist.

13. Stromquelle (47) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass für jeden Ausgang (CH1, CH2) ein Filter (15, 25) zum Filtern und Glätten des Ausgangsstroms (I1, I2) vorgesehen ist.

14. Stromquelle (47) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Filter einen Kondensator (15, 25) umfasst.

15. Stromquelle (47) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch

- einen Haupttransformator (30) mit wenigstens zwei Sekundärwicklungen (32, 34), der von einem Wechselstrom mit einer vorgegebenen Frequenz gespeist wird,
- wenigstens einen sekundärseitigen ersten Schaltzweig (36), in dem während der positiven Halbwelle, und einen sekundärseitigen zweiten Schaltzweig (38), in dem während der negativen Halbwelle des Speisestroms ein Strom getrieben wird, wobei
- der erste und der zweite Schaltzweig (36, 38) jeweils ein zueinander gegensinnig gewickeltes und magnetisch zusammenwirkendes Drosselpaar (40, 50) aufweist, und
- wobei eine erste Drossel eines Drosselpaares (40, 50) mit einem ersten Ausgang (CH1) und eine zweite Drossel (42) desselben Drosselpaares (40) mit einem zweiten Ausgang (CH2) verbunden ist.

16. Stromquelle (47) nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drosseln (41, 42, 51, 52) des ersten und zweiten Drosselpaares (40, 50) magnetisch miteinander gekoppelt sind.

17. Stromquelle (47) nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drosseln (41, 42, 51, 52) eines Drosselpaares (40, 50) jeweils gegensinnig gewickelt sind.

18. Stromquelle (47) nach einem der Ansprüche 14–16, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine erste Drossel (41, 51) zweier Drosselpaare (40, 50) jeweils mit einem ersten Ausgang (CH1) und eine zweite Drossel (42, 52) der Drosselpaare (40, 50) jeweils mit einem zweiten Ausgang (CH2) verbunden ist.

19. Stromquelle (47) nach einem der Ansprüche 14–17, **dadurch gekennzeichnet**, dass den einzelnen Drosseln (41, 42, 51, 52) eines Drosselpaares (40, 50) jeweils ein oder mehrere Drosselpaare nachgeschaltet sind, auf die sich der durch die Drosseln (41, 42, 51, 52) fließende Strom weiter aufteilt.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

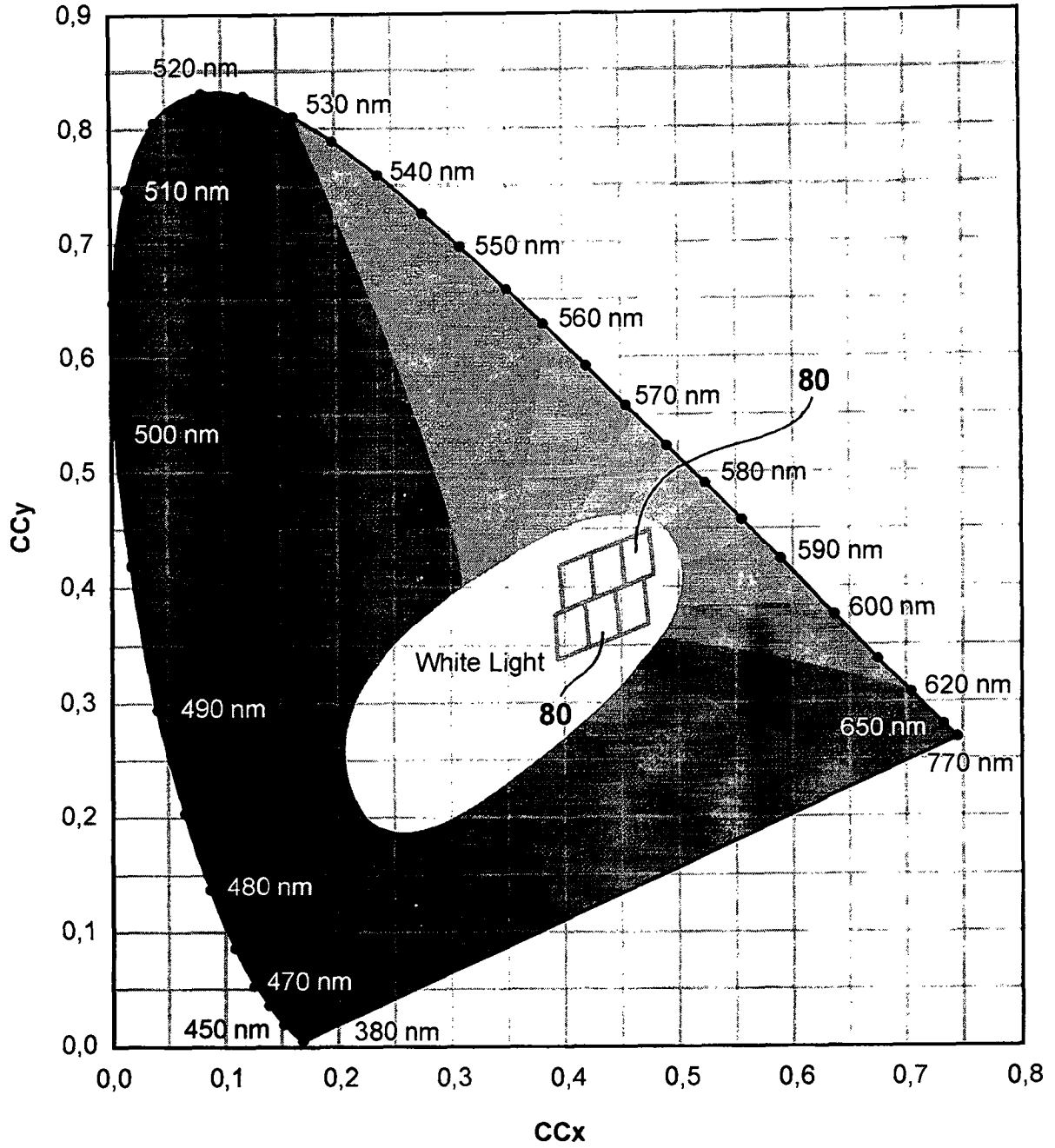


Fig. 1a

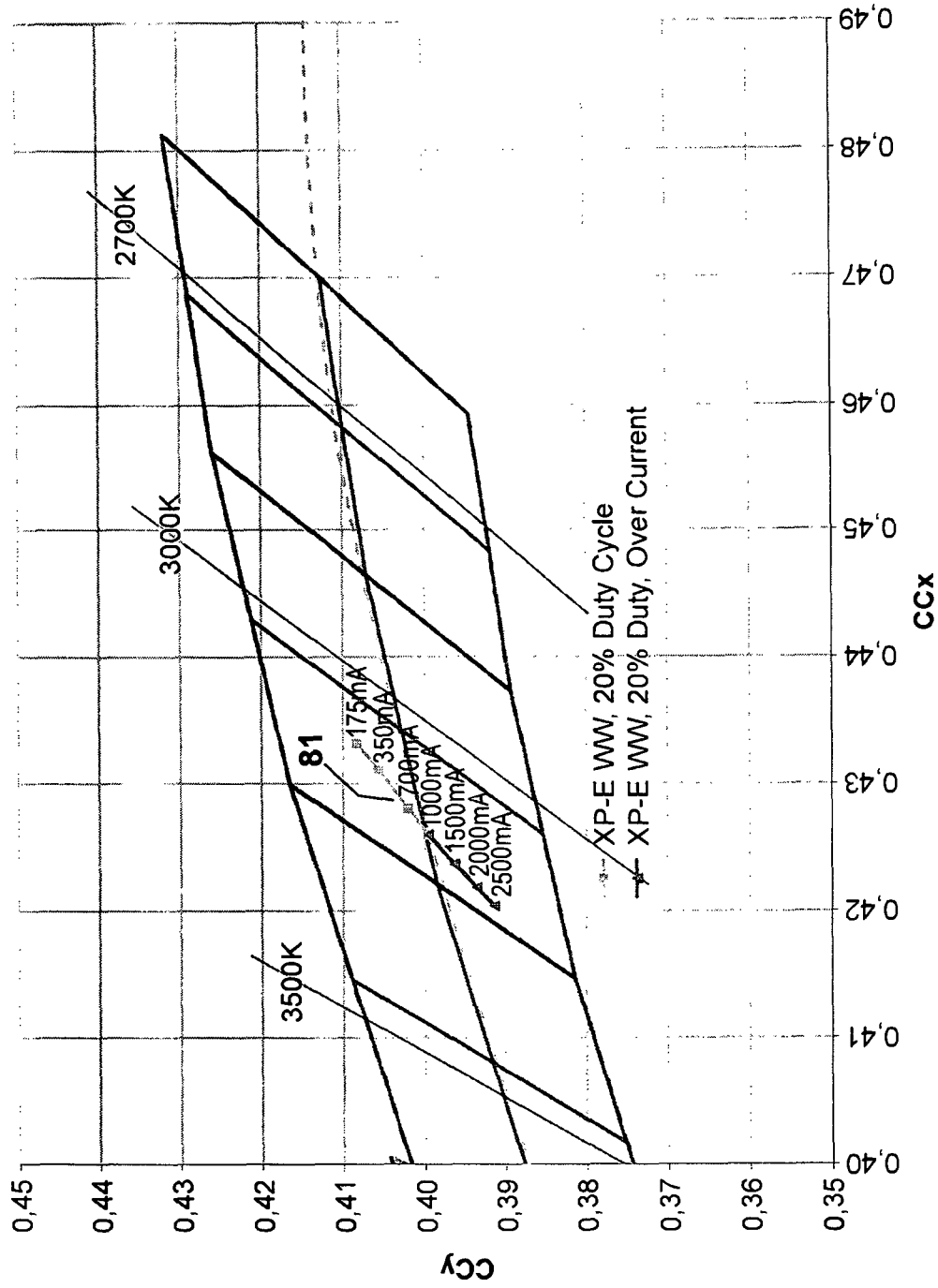


Fig. 1b

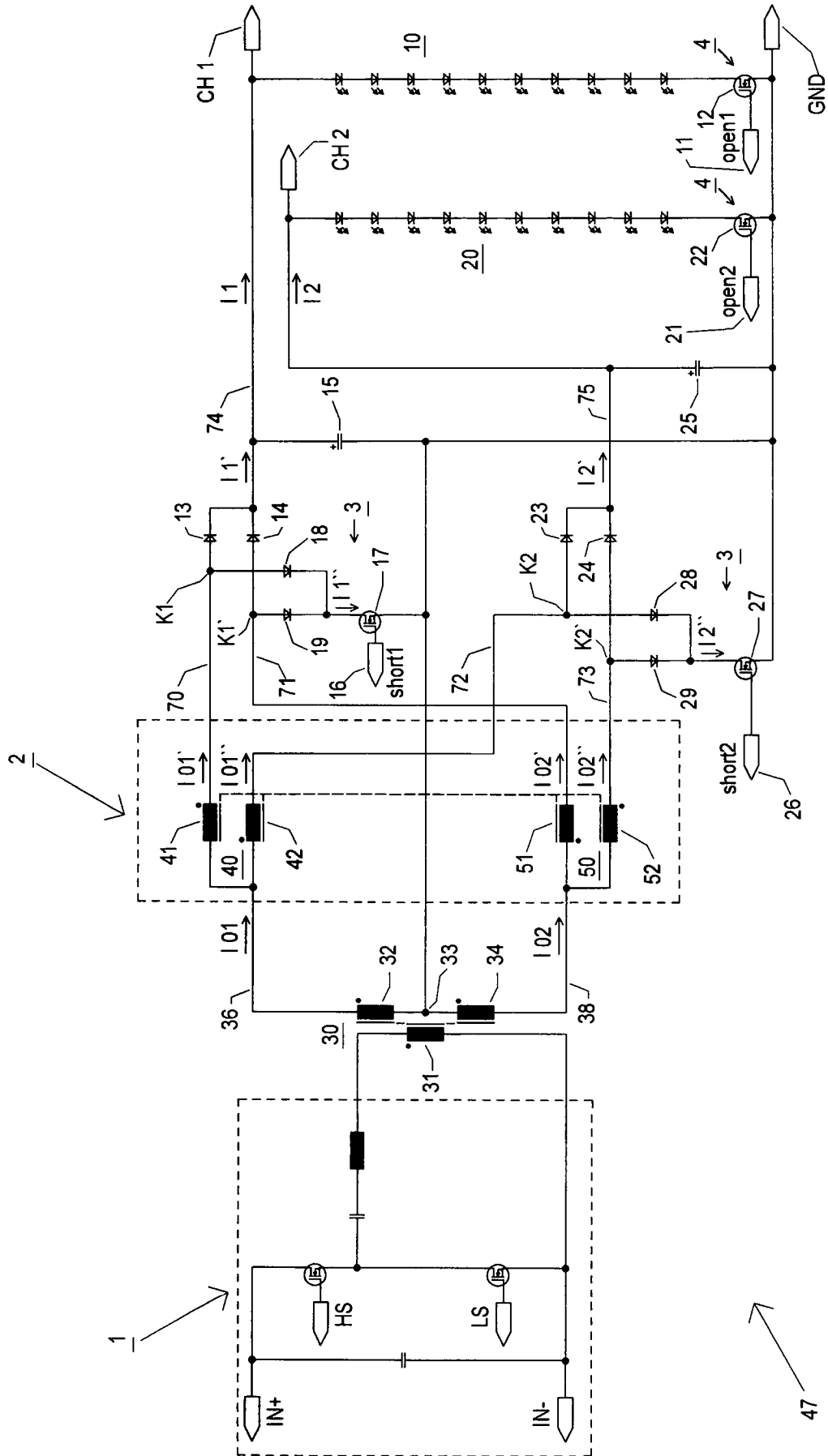


Fig. 2



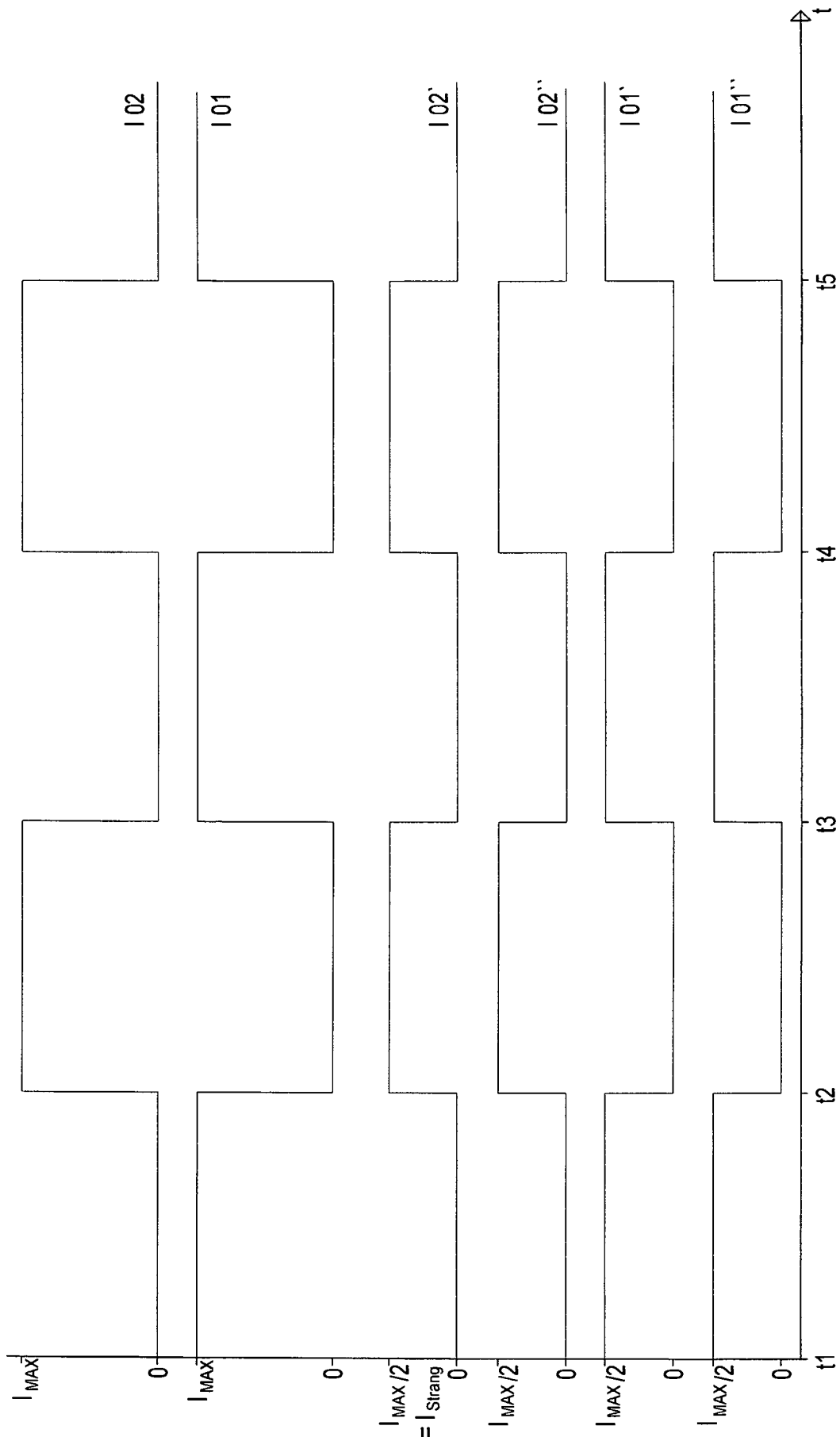


Fig. 3

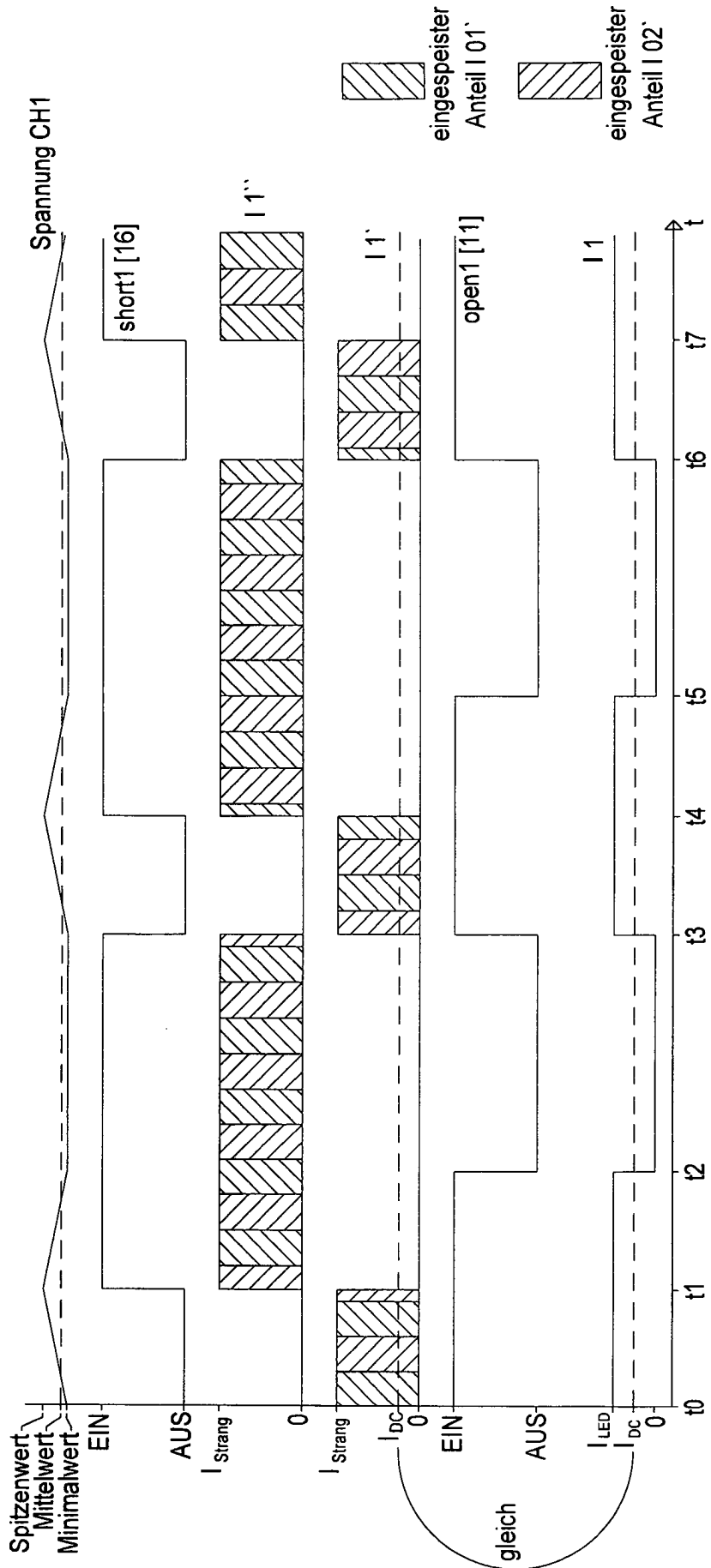


Fig. 4

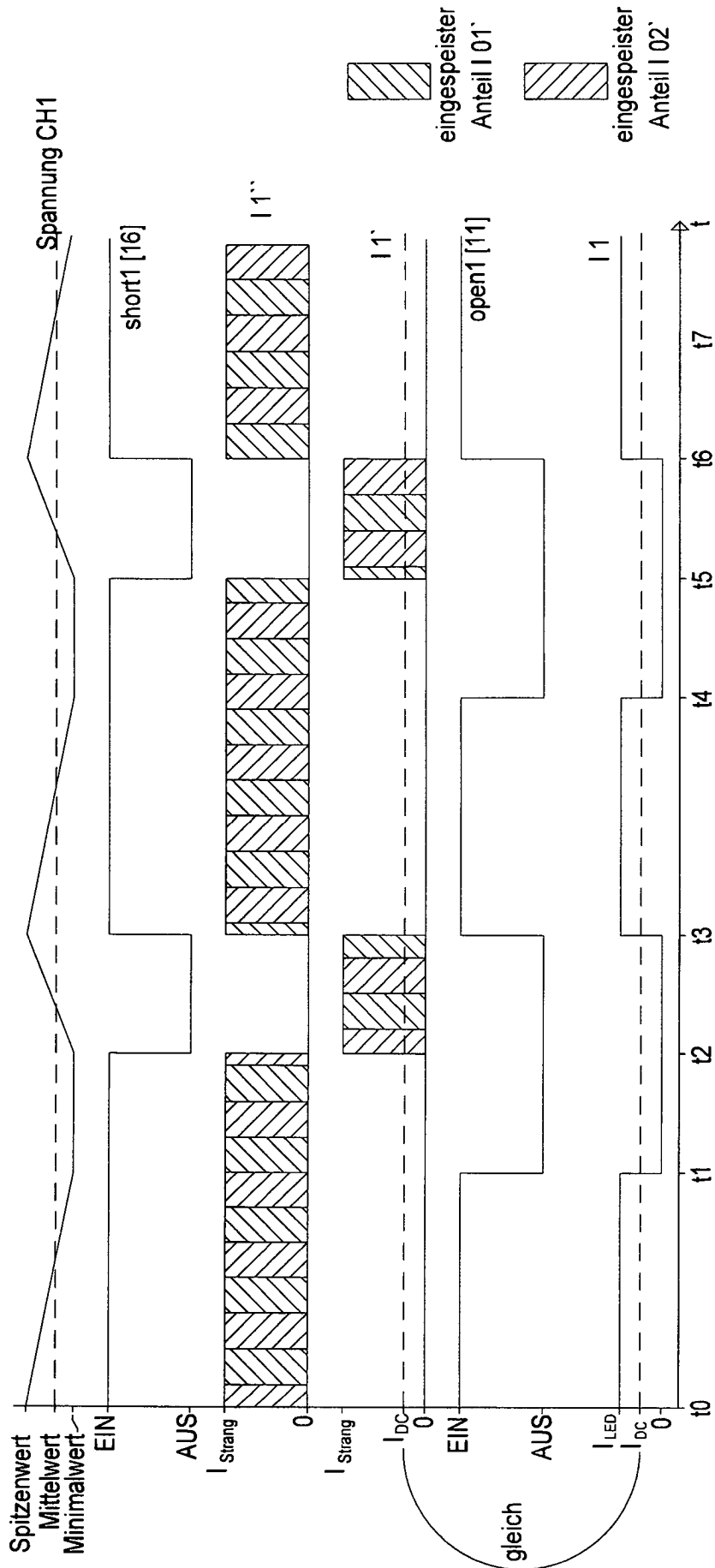


Fig. 5

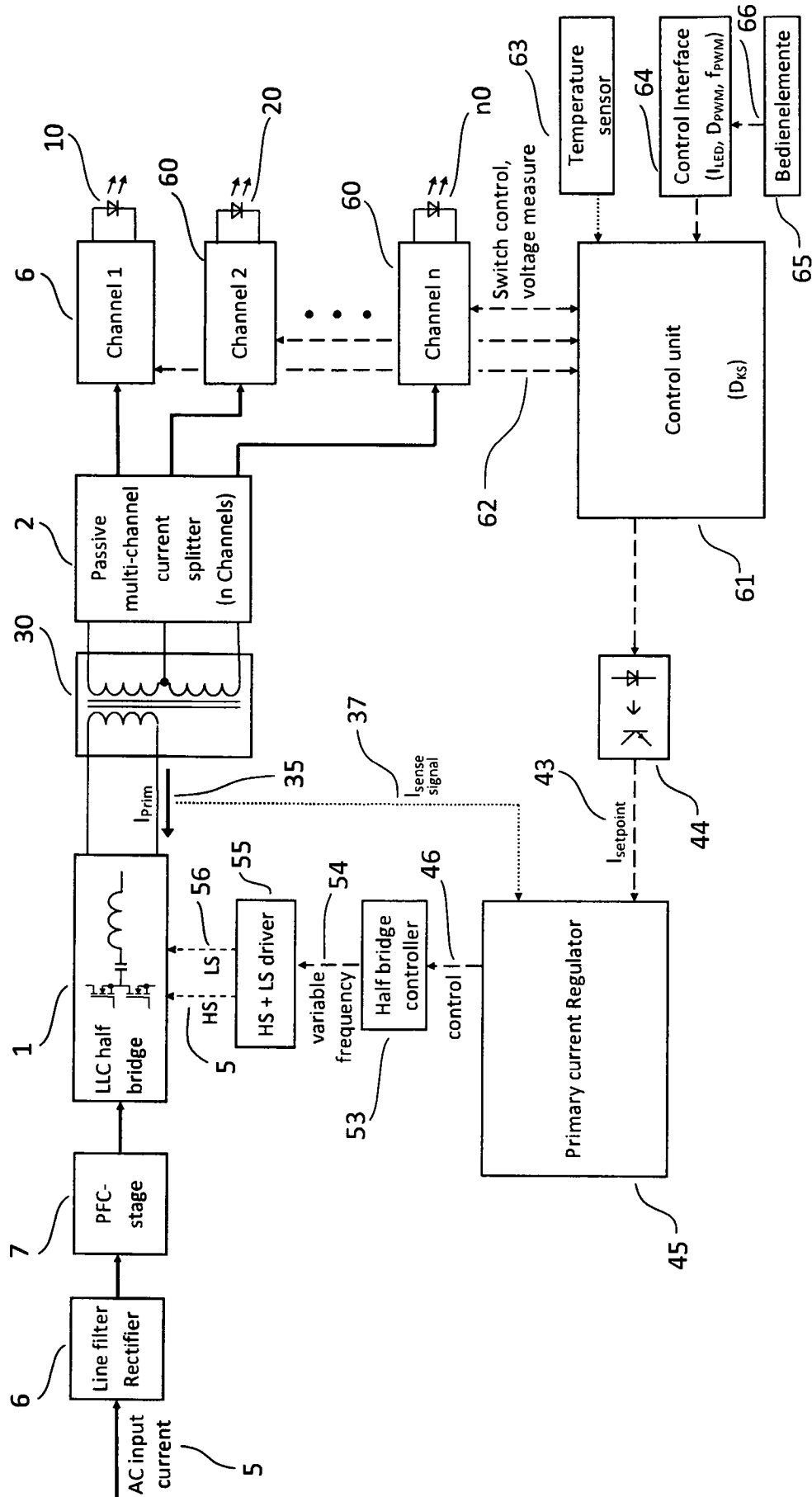


FIG. 6

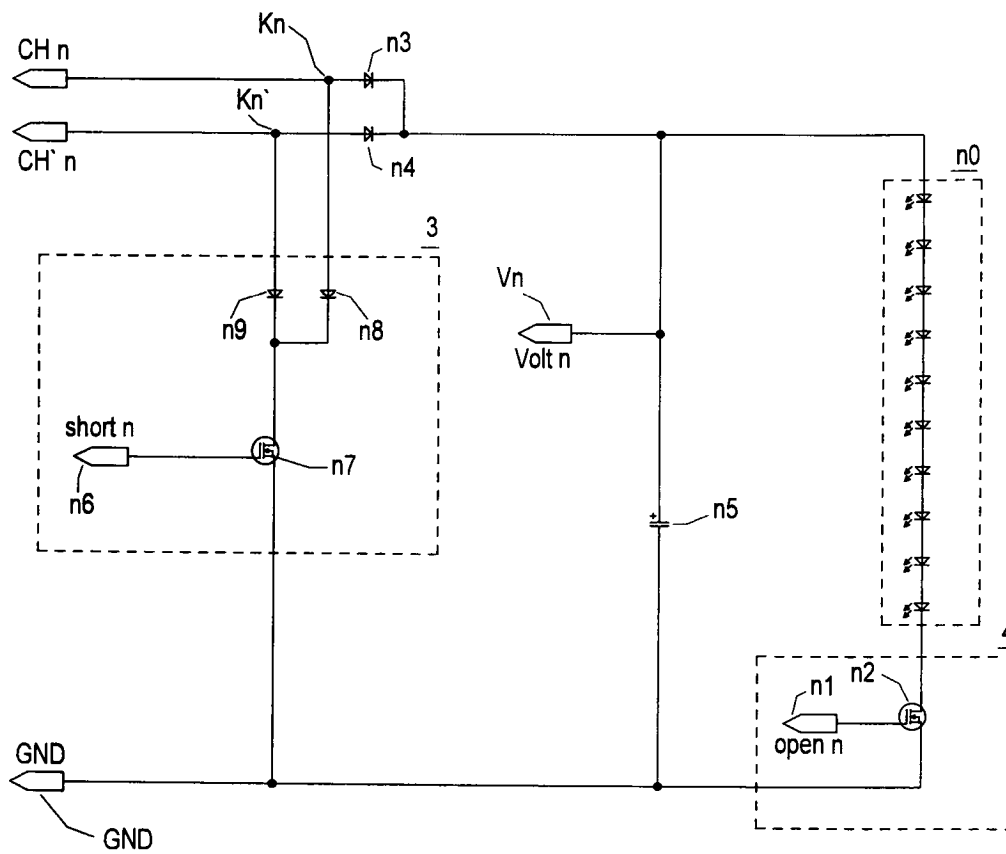


Fig. 7

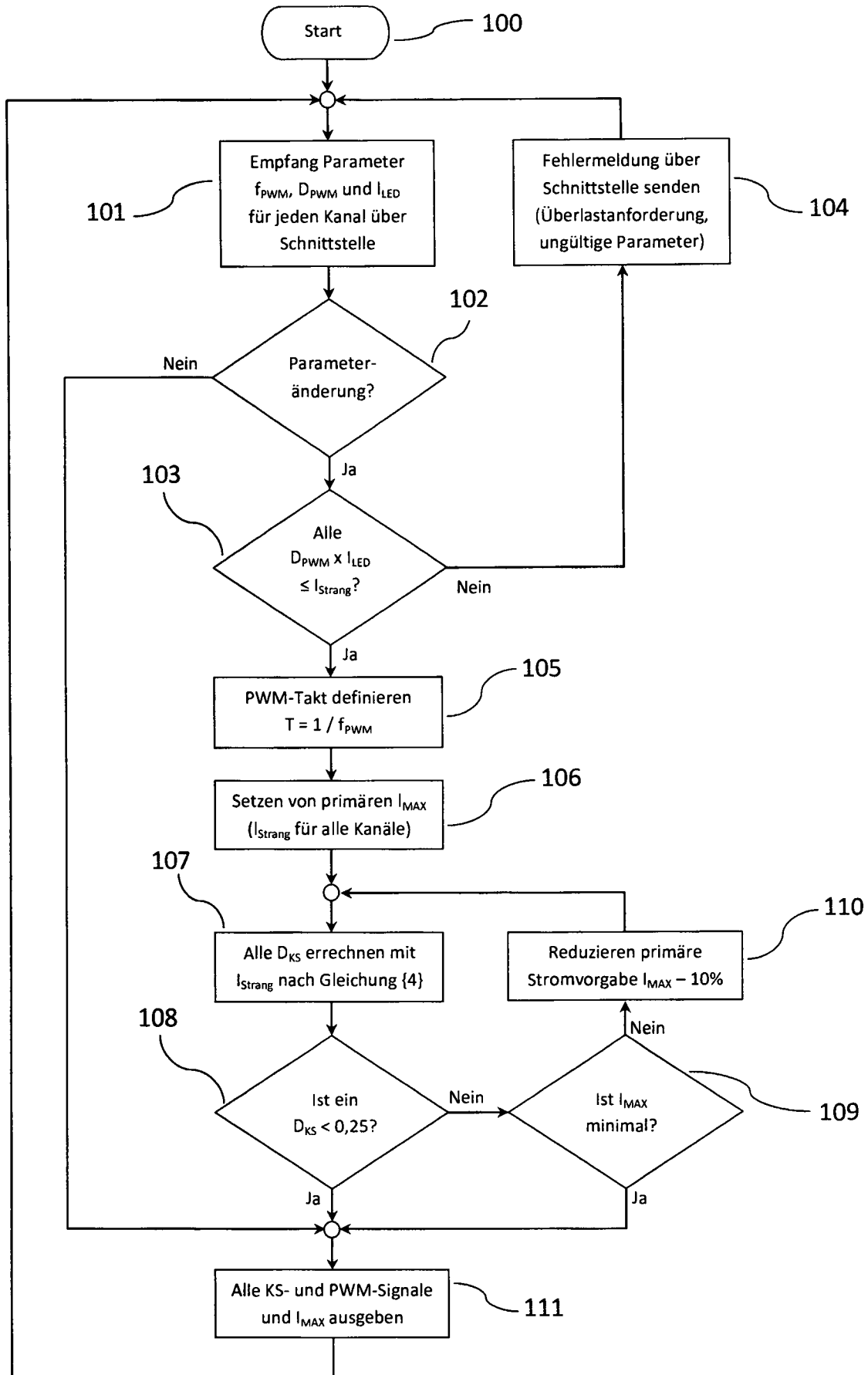


Fig. 8