

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.01.2021 Patentblatt 2021/02

(51) Int Cl.:
H05B 45/10 (2020.01)

(21) Anmeldenummer: 20174422.4

(22) Anmeldetag: 13.05.2020

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

(71) Anmelder: **Insta GmbH**
58509 Lüdenscheid (DE)

(72) Erfinder:

- **Grosch, Volker**
45549 Sprockhövel (DE)
- **Herzog, Dirk**
58511 Lüdenscheid (DE)

(30) Priorität: 08.07.2019 DE 102019118341

Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2)
EPÜ.

(54) **LINEARLICHTEINHEIT, LICHTQUELLENMODUL FÜR EINE SOLCHE LINEARLICHTEINHEIT
SOWIE VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER SOLCHEN LINEARLICHTEINHEIT**

(57) Beschrieben ist eine Linearlichteinheit mit mehreren, über elektrische Leitungen 42, 43, 44 in Reihe geschalteten, durch jeweils eine Konstantstromquelle mit Gleichstrom versorgten Lichtquellenmodulen 41, wobei eine Leitung eine *plus*-Leitung 42, eine weitere eine *minus*-Leitung 43 und noch eine weitere Leitung eine Steuerleitung 44 ist und ein über die Steuerleitung 44 übertragenes Signal an dem Steuereingang jedes Lichtquellenmoduls 41 anliegt. Dabei ist vorgesehen, dass zumindest ein Lichtquellenmodul 41 mehrkanalig ansteuerbar ist, die Steuerleitung 44 entsprechend der Anzahl der Kanäle durch mehrere Einzelsteuerleitungen 44.1, 44.2 mehrkanalig ausgelegt ist, dass der Linearlichteinheit 40 eine der Beeinflussungsgrößen entsprechende Anzahl an PWM-Gebern 48, 49 zugeordnet sind, wobei durch einen ersten PWM-Geber 48 eine erste Steuerspannung bereit gestellt ist und diese erste Steuerspannung zum

Erzeugen von jeweils einer Steuerspannung für zumindest zwei Kanäle dient, und dass jedes Lichtquellenmodul 41 für jede Beeinflussungsgröße einen PWM-Abschwächer als PWM-Signalaufbereitung (i) zum Bestimmen des Abstandes der Einschaltflanken von den jeweils nachfolgenden Ausschaltflanken der Impulse des PWM-Signals, (ii) zum Erzeugen von von der PWM-Signalpegelhöhe unabhängigen, definierten High- und Low-Phasen und (iii) zum Bereitstellen einer von dem ermittelten Flankenabstand abhängigen Steuergleichspannung sowie ein Stromsenkenmodul mit einer Konstantstromquelle und wenigstens einer von dieser gesteuerten Lichtquelle pro Kanal aufweist.

Beschrieben ist des Weiteren ein Lichtquellenmodul 41 für eine solche Lichtquelleneinheit 40 sowie ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Linearlichteinheit 40.

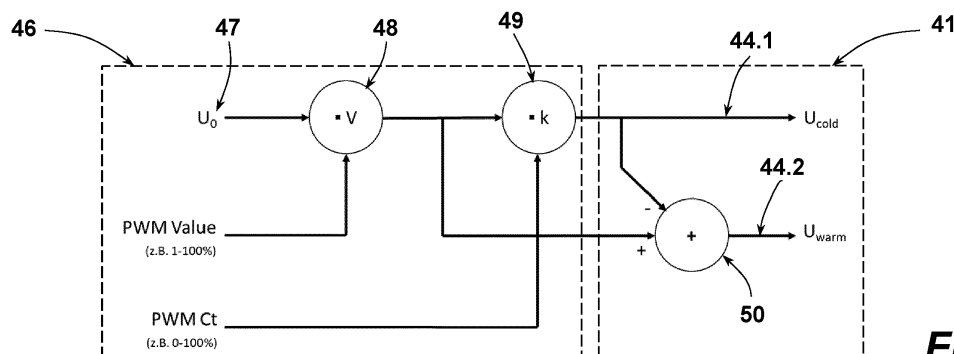


Fig. 4

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Linearlichteinheit mit mehreren, über elektrische Leitungen in Reihe geschalteten, durch jeweils eine Konstantstromquelle mit Gleichstrom versorgten Lichtquellenmodulen, wobei eine Leitung eine *plus*-Leitung, eine weitere eine *minus*-Leitung und noch eine weitere Leitung eine Steuerleitung ist und ein über die Steuerleitung übertragenes Signal an dem Steuerleitungseingang jedes Lichtquellenmoduls anliegt. Ferner betrifft die Erfindung ein Lichtquellenmodul für eine solche Linearlichteinheit sowie ein Verfahren zum Dimmen einer solchen Linearlichteinheit.

[0002] Bei Linearlichteinheiten handelt es sich um Beleuchtungssysteme, bei denen eine Vielzahl von einzelnen Lichtquellenmodulen in Reihe und/oder parallel hintereinander geschaltet sind. Ein solches Lichtquellenmodul umfasst typischerweise eine Vielzahl von einzelnen Lichtquellen, beispielsweise LEDs. Zahlreiche Lichtquellenmodule können zum Ausbilden der Linearlichteinheit hintereinander geschaltet sein. Auf diese Weise lassen sich starre oder auch flexible Leuchtbänder, Lichtketten oder Lichtschienen ausbilden. Eingesetzt werden diese zu Beleuchtungszwecken, oftmals zur Beleuchtung von Gebäuden (Architekturbeleuchtung) und auch zur Akzentuierung oder zum Bereitstellen eines bestimmten Lichtdesigns.

[0003] Um den Verdrahtungsaufwand gering zu halten, sind die Lichtquellenmodule einer solchen Linearlichteinheit in Dreidrahttechnik in Reihe geschaltet. Bei den Lichtquellen handelt es sich um mit Gleichstrom betriebene. Typischerweise werden hierfür LEDs verwendet. Aus diesem Grunde dienen zwei der drei Leitungen zur Spannungsversorgung der Last (der Lichtquellenmodule), während die dritte Leitung eine Steuerleitung darstellt. Jedem Lichtquellenmodul oder einer aus Reihen- oder Parallelschaltung entstandenen Gruppe von Lichtquellen ist eine geregelte Stromquelle (Konstantstromquelle) zugeordnet, um Spannungsabfälle über die in Reihe geschalteten Zuleitungen auf den Versorgungsleitungen, die eine nicht unbeträchtliche Länge aufweisen können, zu kompensieren. Durch diese Maßnahme ist eine ansonsten eintretende Reduzierung des abgegebenen Lichtstroms in den hintereinandergeschalteten Lichtquellenmodulen, insbesondere zum Ende der Reihenschaltung hin vermieden. Die Steuerleitung liegt an den Eingängen der Steuereingänge der Konstantstromquellen an.

[0004] Wenn eine solche Linearlichteinheit gedimmt werden soll, bedient man sich in vielen Fällen einer Pulsweitenmodulation (PWM) der Versorgungsspannung. Auf diese Weise ist es möglich, über sämtliche Lichtquelleneinheiten der Linearlichteinheit dieselbe Dimmung zu erzeugen. Zudem ist ein Dimmen über eine Pulsweitenmodulation der Versorgungsspannung mit einem geringen Aufwand verbunden. Allerdings müssen bei diesem Dimmverfahren Nachteile in Kauf genommen werden. Zum Einen ist die Reaktionsgeschwindigkeit begrenzt. Grund hierfür sind die zahlreichen in Reihe geschalteten Konstantstromquellen, die mitunter spürbare Reaktionszeiten auf das Ausschalten der Versorgungsspannung haben, weshalb Dimmvorgänge nur mit einer niedrigen Pulsweitenmodulationsfrequenz realisiert werden können. Zudem wurde festgestellt, dass pulsweitenmodulierte Lichtquellen zu einem Unwohlsein bei dem abgegebenen Licht ausgesetzten Menschen beitragen können. Grund hierfür sind die bei einem PWM-Dimmverfahren nicht zu vermeidenden Modulationsartefakte im Lichtstrom. Die typischerweise als Lichtquellen eingesetzten LEDs geben trägeheitslos die Stromschwankungen als Lichtstromschwankungen weiter. Mitunter können bei pulsweiten modulierten Lichtquellen sogar einzelne Ein- und Ausschaltimpulse wahrgenommen werden. Unter einem pulsweitenmodulierten Lichtstrom können Interferenzen mit Displays, beispielsweise an Mobiltelefonen oder dergleichen auftreten, die vom Benutzer wahrgenommen und als störend empfunden werden.

[0005] Mitunter wird als problematisch bei PWM-Dimmsteuerungen angesehen, dass sich geringe Helligkeiten nur unzureichend realisieren lassen. Ferner wäre es wünschenswert, wenn eine solche Linearlichteinheit in einfacher Weise mehrkanalig arbeitend ausgelegt werden könnte, um Lichtquellenmodule mehrkanalig ansteuern zu können.

[0006] Damit liegt ausgehend von dem diskutierten Stand der Technik der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, eine Linearlichteinheit, ein Lichtquellenmodul für eine solche Linearlichteinheit und ein Verfahren zum Betreiben einer Linearlichteinheit vorzuschlagen, bei der die bei herkömmlichen PWM-Dimmverfahren in Kauf zu nehmenden Nachteile vermieden sind und welches ebenfalls geeignet ist, mehrkanalig ausgelegt sein zu können.

[0007] Gelöst wird diese Aufgabe zum einen durch eine eingangs genannte, gattungsgemäße Linearlichteinheit, bei der die Lichtquellenmodule mehrkanalig ansteuerbar sind, die Steuerleitung entsprechend der Anzahl der Kanäle mehrkanalig ausgelegt ist, bei der der Linearlichteinheit eine der Beeinflussungsgrößen entsprechende Anzahl an PWM-Gebern zugeordnet sind, wobei durch einen ersten PWM-Geber eine erste Steuerspannung bereit gestellt ist und diese erste Steuerspannung zum Erzeugen von jeweils einer Steuerspannung für zumindest zwei Kanäle dient, und bei der jedes Lichtquellenmodul für jeden Kanal eine PWM-Signalaufbereitung (i) zum Bestimmen des Abstandes der Einschaltflanken von den jeweils nachfolgenden Ausschaltflanken der Impulse des PWM-Signals, (ii) zum Erzeugen von von der PWM-Signalpegelhöhe unabhängigen, definierten High- und Low-Phasen und (iii) zum Bereitstellen einer von dem ermittelten Flankenabstand abhängigen Steuergleichspannung sowie ein Stromsenkenmodul mit einer Konstantstromquelle und wenigstens einer von dieser gesteuerten Lichtquelle pro Kanal aufweist.

[0008] Der auf das Lichtquellenmodul gerichtete Aufgabenaspekt wird durch ein Lichtquellenmodul mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst.

[0009] Der verfahrensbezogene Aspekt der Erfindung wird durch ein Verfahren mit dem Merkmal des Anspruchs 14

gelöst.

[0010] Im Folgenden wird zunächst die Auslegung und die Betriebsweise einer einkanalig ausgeführten Linearlichteinheit beschrieben. Dies erleichtert das Verständnis einer mehrkanalig ausgelegten Linearlichteinheit, da die diesbezüglichen Ausführungen grundsätzlich für jeden Kanal einer mehrkanalig betriebenen Linearlichteinheit gelten.

[0011] Bei einer solchen Linearlichteinheit wird in geschickter Weise das Vorhandensein einer Konstantstromquelle in jedem Lichtquellenmodul genutzt. Die Ansteuerung der Lichtquellen bzw. der die Lichtquellen versorgenden Konstantstromquelle eines solchen Lichtquellenmoduls erfolgt über eine Steuerleitung. Als Steuersignal wird ein pulswidenmoduliertes Signal verwendet. Zum Betreiben der Lichtquellenmodule dieser Linearlichteinheit wird dieses Signal nicht bezüglich der Höhe seines Pegels, sondern nur in Bezug auf den Abstand einer Einschaltflanke zu der nachfolgenden Ausschaltflanke als Steuerinformation genutzt. Auf diese Weise wird von jedem Lichtquellenmodul dieselbe Steuerinformation empfangen, auch wenn der Pegel des PWM-Steuersignals über die Strecke der in Reihe hintereinandergeschalteten Lichtquellenmodule abnehmen oder anderweitig beeinflusst werden sollte. In jedem Lichtquellenmodul wird aus diesem Steuersignal im Wege einer PWM-Signalaufbereitung eine Steuergleichspannung erzeugt, die aufgrund der Auswertung des Abstandes der Ausschaltflanken von den vorangegangenen Einschaltflanken unabhängig von der PWM-Signalpegelhöhe und auch unabhängig von der Frequenz der PWM-Signale ist. Generiert wird diese Gleichspannung über eine Erzeugung von bezüglich ihrer Höhe definierten High- und Low-Phasen, und zwar abhängig von dem Puls-/Periodendauer-Verhältnis mit nachfolgender Tiefpassfilterung. Dies ist möglich, da eine ideale Tiefpassfilterung genau den Gleichanteil des aufbereiteten PWM-Signals liefert, der wiederum proportional zum Verhältnis Einschaltzeit zu Periodendauer ist. Diese Steuergleichspannung liegt an dem Eingang eines Stromsenkenmoduls als Teil jedes Lichtquellenmoduls an. Durch diese Steuergleichspannung ist die Konstantstromquelle gesteuert, und zwar dessen Rechenglied, welches typischerweise als Operationsverstärker ausgeführt ist. Ein Dimmen der Lichtquellen der Lichtquellenmodule erfolgt somit nicht über eine Pulsweitenmodulation der Versorgungsspannung, weshalb dem vorgestellten Konzept die zu dem Stand der Technik aufgezeigten Nachteile, insbesondere die angesprochene Artefaktenbildung vermieden sind. Bei diesem Konzept wird in geschickter Weise ein handelsüblicher, kostengünstiger PWM-Geber eingesetzt, um mit dessen PWM-Signal ein Steuersignal zum Betreiben einer Konstantstromquelle in jedem Lichtquellenmodul zu erzeugen. Die durch die Lichtquellen der Lichtquellenmodule fließenden Ströme sind somit proportional bzw. näherungsweise proportional zur Einschaltdauer des PWM-Signals und damit der Länge der High-Phasen im Verhältnis zur Periodendauer.

[0012] Eine Flankenerkennung des PWM-Signals lässt sich mit einfachen Mitteln realisieren. Zum Erzeugen des PWM-Signals wird gemäß einer Ausgestaltung ein n-Kanal-MOSFET verwendet, da mit diesem die Schaltverluste besonders gering sind. Damit wird ein Schaltelement eingesetzt, das in der Stromflussphase nur einen geringen Spannungsabfall aufweist. Diese elektronischen Schaltelemente schalten üblicherweise den Massepfad. Dadurch ist der Innenwiderstand des PWM-Gebers in den beiden Phasen signifikant unterschiedlich.

[0013] Um den Aufbau einer Spannung bei geöffnetem elektronischem Schaltelement, typischerweise einem MOSFET, zu ermöglichen, ist eine Arbeitslast, typischerweise ausgelegt als Widerstand erforderlich. Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist dieser Arbeitswiderstand Teil jedes Lichtquellenmoduls. Eine solche beispielsweise als Arbeitswiderstand realisierte Last kann für einen weiteren Zweck genutzt werden. Die Versorgungsleitungen und damit auch die Steuerleitung weisen vor allem aufgrund ihrer Länge, jedoch auch aufgrund ihrer Auslegung einen kapazitiven Belag auf. An diese Kapazität ist der Arbeitswiderstand bezüglich seiner Last angepasst, und zwar derart, dass die sich aus dem Widerstandswert und dem kapazitiven Belag ergebenden Zeitkonstanten hinreichend klein sind, um auch schmale PWM-Impulse übertragen zu können. Das PWM-Signal weist schmale PWM-Impulse als High-Phasen auf, wenn die in den Lichtquellenmodulen enthaltenen Lichtquellen stark gedimmt werden sollen.

[0014] Jedes Lichtquellenmodul verfügt über eine PWM-Signalaufbereitung und über ein Stromsenkenmodul. Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die PWM-Signalaufbereitung in eine erste PWM-Signalaufbereitungsstufe und eine sich an diese anschließende zweite PWM-Signalaufbereitungsstufe unterteilt, wobei in der zweiten PWM-Aufbereitungsstufe eine Tiefpassfilterung durchgeführt wird. In der ersten PWM-Signalaufbereitungsstufe ist gemäß einem Ausführungsbeispiel vorgesehen, über einen Spannungsteiler ein elektronisches Schaltelement, beispielsweise einen Transistor anzusteuern. Ist als elektronisches Schaltelement der ersten PWM-Signalaufbereitungsstufe ein Transistor vorgesehen, ist es vorteilhaft, den Transistor in Emitterschaltung zu betreiben und diesen durch den Spannungsteiler anzusteuern. Den Spannungsteiler wird man bezüglich seines Teilverhältnisses dergestalt ausbilden, dass auch PWM-Signale, die durch Spannungsabfälle auf den Leitungen in ihrem ursprünglichen Pegel verändert werden, zu einer einwandfreien und damit hinreichend genau detektierbaren Ausbildung der Flanken des PWM-Signals führen. In dieser PWM-Signalaufbereitungsstufe wird das Eingangssignal zudem invertiert. Zur Verbesserung der Schaltgenauigkeit des beispielsweise als Transistor vorgesehenen elektronischen Schaltelementes in dieser ersten PWM-Signalaufbereitungsstufe kann eine an den Kollektoreingang angeschlossene Schottky-Diode vorgesehen sein. Diese wirkt einem Sättigungseffekt des Transistors entgegen und sorgt für gleichbleibende Schaltzeiten. Zugleich bietet es sich an, eine Schutzdiode vorzusehen, durch die der Transistor als beispielhaftes elektronisches Schaltelement bei möglichen Fehlbeschaltungen gegen höhere negative Spannungen geschützt ist.

[0015] Bei einer solchen PWM-Signalaufbereitungsstufe wird eine Referenzspannung zum Betreiben eines Arbeitswiderstandes benötigt. Der Arbeitswiderstand ist Teil der Emitterstufe. Vorzugsweise ist die Referenzspannung möglichst groß, damit bei maximaler Durchsteuerung des Transistors eine im Verhältnis zur Versorgungsspannung kleine Restsättigungsspannung über der Kollektor-Emitter-Strecke verbleibt. In einer Auslegung eines solchen Lichtquellenmoduls wird die Referenzspannung im Stromsenkenmodul erzeugt.

[0016] Das Ausgangssignal der ersten PWM-Signalaufbereitungsstufe stellt das Eingangssignal für die zweite PWM-Signalaufbereitungsstufe dar, welches in dieser PWM-Signalaufbereitungsstufe tiefpassgefiltert wird. Zum Tiefpassfiltern des Steuersignals können unterschiedliche Tiefpassfilter verwendet werden. Besonders einfach im Aufbau ist ein passives Tiefpassfilter 1. Ordnung. Ein solcher Tiefpassfilter kann durch einen Spannungsteiler in Verbindung mit einer Kapazität ausgeführt sein. Der Spannungsteiler ist dabei zweckmäßigerweise so ausgelegt, dass über diesen eine Anpassung an die erforderlichen Spannungsbereiche des nachgeschalteten Stromsenkenmoduls erfolgt.

[0017] Die durch die Signalaufbereitung in der ersten PWM-Signalaufbereitungsstufe der PWM-Signalaufbereitung erzeugte Gleichspannung beaufschlagt den Eingang des spannungsgesteuerten Stromsenkenmoduls. Dieses umfasst eine Konstantstromquelle und wenigstens eine, von dieser angesteuerte, Lichtquelle. Typischerweise verfügt ein solches Stromsenkenmodul über mehrere oder auch eine Vielzahl einzelner Lichtquellen, die vorzugsweise als LEDs ausgeführt sind. Die Konstantstromquelle des Stromsenkenmoduls verfügt gemäß einem Ausführungsbeispiel über einen Operationsverstärker, dessen Ausgang einen als Emitterfolger beschalteten Transistors ansteuert. Ein in den Emitterpfad dieses Transistors als beispielhaftes elektronisches Schaltelement eingeschalteter Messwiderstand erzeugt einen Spannungsabfall. Dieser ist proportional zu dem durch die Lichtquellen fließenden Strom. Dieser Spannungsabfall wird dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers, typischerweise unter Zwischenschaltung eines weiteren Widerstandes zugeführt. Die Steuerleitung beaufschlagt hingegen den nicht invertierenden Eingang des Operationsverstärkers der Konstantstromquelle. Zusätzlich besteht ein durch einen Widerstand ausgeführter Pfad zwischen der stabilen Versorgungsspannung des Operationsverstärkers und seinem invertierenden Eingang. Dieser Pfad wird dazu genutzt, die durch Sättigungseffekte des Schalttransistors der ersten Aufbereitungsstufe sowie Offsetgrößen des Operationsverstärkers zu kompensieren und damit sicherzustellen, dass ein PWM-Signal, das den Zustand "Aus" repräsentiert zu einer sicheren Abschaltung des Stromflusses der Stromquellen führt. Auf diese Weise kann über die auf der Steuerleitung an dem nicht invertierenden Eingang des Operationsverstärkers anliegende Steuerspannung, also die durch die erste PWM-Signalaufbereitungsstufe erzeugte Gleichspannung ein Stromfluss in Abhängigkeit von dieser Spannung und der Größe des an den nicht invertierenden Eingang des Operationsverstärkers anliegenden Spannungsabfall in Abhängigkeit von der Auslegung des in diesen eingeschalteten Widerstandes eingestellt werden.

[0018] Bei einer mehrkanaligen Auslegung einer solchen Linearlichteinheit werden die mehreren Kanäle in Abhängigkeit voneinander mit einer Steuerspannung beaufschlagt. Typischerweise sind bei einem solchen Betrieb einer Linearlichteinheit mehrere Beeinflussungsgrößen für die gewünschte Beleuchtung einzustellen, wie etwa die Helligkeit und die Farbtemperatur. Dabei ist vorgesehen, dass die Steuerspannung für die erste Beeinflussungsgröße, beispielsweise die Helligkeit die Steuerspannungen für die einzelnen Kanäle etwa zum Erzeugen der gewünschten Farbtemperatur des abgegebenen Lichtes beeinflusst. Die Abhängigkeit der Steuerspannungen in den Kanälen voneinander erfolgt vor dem Hintergrund, dass ein zur Verfügung stehendes Leistungspaket in Entsprechung der gewünschten Beleuchtung eingerichtet werden. Bei einer zweikanaligen Auslegung einer solchen Linearlichteinheit sind Teil der Lichtquelleneinheit tunable white-Lichtquellenmodule vorgesehen. Diese verfügen jeweils über kaltweiße Lichtquellen und über warmweiße Lichtquellen. In Abhängigkeit von dem Mischungsverhältnis ergibt sich dann die von den Lichtquellenmodulen abgestrahlte Farbtemperatur. Bei einer solchen Ausgestaltung sind die Beeinflussungsgrößen die Helligkeit und die Farbtemperatur. Dabei liegen Helligkeit und Farbtemperatur nicht auf unterschiedlichen Kanälen. Vielmehr wird die Beeinflussungsgröße "Farbtemperatur" auf zwei Kanäle gelegt, wobei jedem Kanal eine eigene Steuerspannung zugeordnet ist. Dabei dient bei einer solchen Ausgestaltung ein erster Kanal zum Ansteuern der Kaltweißlichtquellen und ein zweiter Kanal zum Ansteuern der Warmweißlichtquellen. Bei einer dreikanaligen Auslegung einer solchen Linearlichteinheit weisen die Lichtquellenmodule drei unterschiedliche Lichtquellen auf, können somit beispielsweise als RGB-Lichtquellenmodule ausgelegt sein.

[0019] Bei einer solchen mehrkanaligen Auslegung der Linearlichteinheit verfügt diese über eine der Anzahl der Beeinflussungsgrößen entsprechende Anzahl an PWM-Gebern. Wird Einfluss auf zwei Größen Einfluss genommen, und zwar auf die Helligkeit und auf die Farbtemperatur, verfügt die Linearlichteinheit über zwei PWM-Geber. Diese PWM-Geber speisen im Unterschied zu der vorbeschriebenen einkanaligen Auslegung einer solchen Linearlichteinheit die erzeugte Steuerspannung nicht direkt in eine Stromsenke der Lichtquellenmodule - die Lichtquellen - ein. Vielmehr dient diese erste erzeugte Steuerspannung als Basis für die Erzeugung von einer der Anzahl der Kanäle entsprechenden Anzahl an neuen Steuerspannungen. Im Falle einer Auslegung der Lichtquellenmodule als tunable white-Lichtquellenmodule werden zwei neue Steuerspannungen aus der ersten erzeugten Steuerspannung erzeugt, die dann zur Steuerung des warmweißen und des kaltweißen Kanals genutzt werden. Dabei ist vorgesehen, dass das durch die erste Steuerspannung bereit gestellte Leistungspaket auf die bei dem vorgenannten Beispiel beschriebenen beiden Kanäle aufgeteilt wird. Das zur Verfügung stehende Leistungspaket wird durch die Helligkeitseinstellung (das Dimmen) als erste Steuer-

spannung erzeugt. Der Stellwert für einen der beiden Kanäle der Farbtemperatur bei einer tunable white Ausführung der Lichtquellenmodule ist hinsichtlich seines Anteils durch den für die Farbtemperatur verantwortlichen PWM-Geber typischerweise vorgegeben. Somit kann der Anteil der ersten Steuerspannung, die für den zweiten Kanal vorgesehen ist, in einfacher Weise durch Subtraktion, etwa mittels eines schaltungstechnisch realisierten Differenzbildners unter Berücksichtigung des für den ersten Kanal vorgegebenen Anteil ermittelt werden.

[0020] Das Besondere einer solchen mehrkanalig, beispielsweise zweikanalig ausgelegten Linearlichteinheit ist, dass sich diese allein schaltungstechnisch und somit ohne in den Lichtquellenmodulen einen Mikrocontroller benötigen zu müssen, realisieren lässt.

[0021] Bei einer beispielsweise zweikanalig ausgelegten Linearlichteinheit ist die Steuerleitung zweikanalig ausgeführt. Dies bedeutet, dass die Steuerleitung letztendlich für jeden Kanal eine eigene Leitung aufweist, die durch die hintereinander geschalteten Lichtquellenmodule durchgeschleift werden. Ist die Linearlichteinheit ausgelegt, mehr als zweikanalig zu arbeiten, verfügt die Steuerleitung über eine der Kanalanzahl entsprechende Anzahl an einzelnen Steuerleitungen. Somit ist bei mehrkanalig arbeitenden Linearlichteinheiten die im Stand der Technik vorhandene einzelne Steuerleitung durch mehrere einzelne Steuerleitungen realisiert.

[0022] Die PWM-Geber sind nicht Teil der Lichtquellenmodule, sondern eine separate Einheit in der Linearlichteinheit.

[0023] Nachfolgend ist die Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1: Eine schematisierte Darstellung nach Art eines Blockschaltbildes einer einkanalig ausgelegten Linearlichteinheit mit einer Vielzahl von in Reihe geschalteten Lichtquellenmodulen,

Fig. 2: eine Schaltungsanordnung einer Linearlichteinheit mit einem ersten Lichtquellenmodul,

Fig. 3: eine schematisierte Darstellung entsprechend derjenigen der Figur 1, jedoch darstellend ein Blockschaltbild einer zweikanalig ausgelegten Linearlichteinheit mit einer Vielzahl von in Reihe geschalteten Lichtquellenmodulen,

Fig. 4: ein Blockschaltbild zur Darstellung der Funktionsweise der zweikanalig ausgelegten Lichtquellenmodule der Linearlichteinheit der Figur 3 und

Fig. 5: eine Schaltungsanordnung einer zweikanaligen Linearlichteinheit mit einem ersten Lichtquellenmodul.

[0024] Anhand der Figuren 1 und 2 wird zunächst eine einkanalig arbeitende Linearlichteinheit beschrieben. Dieses vereinfacht das Verständnis einer im Anschluss beschriebenen zweikanalig arbeitenden Linearlichteinheit.

[0025] Eine einkanalig arbeitende Linearlichteinheit 1 umfasst eine Vielzahl von in Reihe zueinander geschalteter Lichtquellenmodule 2. Die Lichtquellenmodule 2 sind mittels einer Drei-Draht-Verdrahtung miteinander verbunden. Davon sind zwei Leitungen 3, 4 für die Spannungsversorgung vorgesehen. Die Leitung 3 stellt die *plus*-Leitung und die Leitung 4 die *minus*-Leitung dar. Die *minus*-Leitung 3 bildet die Masseleitung. Eine dritte Leitung ist eine Steuerleitung 5.

[0026] Teil der Linearlichteinheit 1 ist des Weiteren ein PWM-Geber 6. Dessen Ausgangssignal ist auf die Steuerleitung 5 gelegt. Somit dient das von dem PWM-Geber 6 generierte PWM-Signal zur Ansteuerung der einzelnen Lichtquellenmodule 2. Der PWM-Geber 6 ist zusammen mit einer Stromversorgung 7 Teil einer Versorgungseinheit 8. An diese sind die Lichtquellenmodule 2 in Reihe zueinander angeschlossen.

[0027] Ein exemplarisches Schaltbild der Versorgungseinheit 8 und eines daran angeschlossenen Lichtquellenmoduls 2 ist in Figur 2 gezeigt. Der PWM-Geber 6 verfügt über eine Stromversorgung 9 und als Schaltglied über einen MOSFET 10. Geschaltet wird mit dem PWM-Geber 6 der Massepfad der Linearlichteinheit 1. Eingeschaltet in den stromleitenden Ast ist ein Widerstand 11. Der Widerstand 11 bewirkt, dass sich der Innenwiderstand des PWM-Gebers 6 in der ein-Phase (High-Phase) signifikant von der Aus-Phase (Low-Phase) unterscheidet.

[0028] Das Lichtquellenmodul 2 ist an die Stromversorgung 7 der Versorgungseinheit 8 und mit ihrem Steuereingang 12 an die Steuerleitung 5 angeschlossen. Die Steuerleitung 5 wird in dem Lichtquellenmodul 2 durchgeschleift, ebenso wie die Versorgungsleitungen 3, 4. An diese durchgeschleiften Leitungen 3, 4, 5 ist das in der Reihe der Lichtquellenmodule 2 dem in Figur 2 gezeigten Lichtquellenmodul 2 nachgeschaltete Lichtquellenmodul 2 angeschlossen bzw. anschließbar.

[0029] Das Lichtquellenmodul 2 verfügt über eine PWM-Signalaufbereitung 13 und über ein Stromsenkenmodul 14. Diese beiden Bestandteile der Lichtquelle 2 sind typischerweise auf einer gemeinsamen Platine angeordnet. Die PWM-Aufbereitung 13 umfasst eine erste PWM-Signalaufbereitungsstufe 15. Diese erste PWM-Signalaufbereitungsstufe 15 umfasst zunächst einen Arbeitswiderstand 16 für den PWM-Geber 6. Dieser Arbeitswiderstand 16 ermöglicht den Aufbau einer Spannung, wenn der MOSFET 10 des PWM-Gebers 6 geschlossen ist. Teil der ersten PWM-Signalaufbereitungsstufe 15 ist ein Spannungsteiler, der bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel aus den Widerständen 17 und 18 gebildet ist. Dieser Spannungsteiler steuert einen in Emitterschaltung betriebenen Transistor 19. Parallel zu dem durch den

Widerstand 17 gebildeten Ast des Spannungsteilers ist eine Schottky-Diode 20 geschaltet. Durch diese wird dem Sättigungseffekt des Transistors 19, der bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel als Bipolartransistor ausgeführt ist, entgegengewirkt. Zugleich sorgt die Schottky-Diode 20 für zumindest näherungsweise gleiche Schaltzeiten. Der Knotenpunkt in dem durch die Widerstände 17, 18 gebildeten Spannungsteiler ist an die Basis des Transistors 19 angeschlossen. Diese erste PWM-Signalaufbereitungsstufe 15 verfügt des Weiteren über eine Schutzdiode 21, durch die die Basis-Emitterstrecke des Transistors 19 bei möglichen Fehlbeschaltungen gegen höhere negative Spannungen geschützt ist. In die Emitterstufe ist ein Arbeitswiderstand 22 eingeschaltet. Der Arbeitswiderstand 22 bezieht seine Arbeitsspannung aus einer Referenzspannungserzeugung 23, die bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel Teil des Stromsenkenmoduls 14 ist. Die Referenzspannungserzeugung 23 umfasst einen Widerstand 24, der in Reihe mit einer Schottky-Diode 24.1 geschaltet ist und einen parallel zu dieser geschalteten Kondensator 25.

[0030] Zur Bereitstellung eines großen Steuerbereiches ist die durch die Referenzspannungserzeugung 23 bereitgestellte Referenzspannung möglichst groß, damit auch bei maximaler Durchsteuerung des Transistors 19 eine Restsättigungsspannung über der Kollektor-Emitter-Strecke verbleibt.

[0031] Der ersten PWM-Signalaufbereitungsstufe 15 ist eine zweite PWM-Signalaufbereitungsstufe 26 nachgeschaltet. Die zweite PWM-Signalaufbereitungsstufe 26 ist mit ihrem Eingang an den Kollektor des Transistors 19 angeschlossen. Die zweite PWM-Signalaufbereitungsstufe 26 ist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel als passiver Tiefpassfilter 1. Ordnung ausgeführt und verfügt über einen durch die Widerstände 27, 28 bereitgestellten Spannungsteiler und über einen zu dem durch den Widerstand 28 bereitgestellten Spannungsteilerast parallel geschalteten Kondensator 29. Dabei ist das Verhältnis der durch die Widerstände 27, 28 bereitgestellten Äste des Spannungsteilers so ausgelegt, dass die am Ausgang der PWM-Aufbereitung 13 bzw. dessen zweite PWM-Signalaufbereitungsstufe 26 anliegende Gleichspannung an die erforderlichen Spannungsbereiche des Stromsenkenmoduls 14 angepasst ist.

[0032] Durch die PWM-Signalaufbereitung 13 wird auf diese Weise mit den beiden PWM-Signalaufbereitungsstufen 15, 26 eine Gleichspannung erzeugt, deren Größe unmittelbar von dem Verhältnis der Einschaltzeit zur Periodendauer des von dem PWM-Geber 6 erzeugten PWM-Signals abhängt. Von Bedeutung ist, dass die Höhe des auf diese Weise erzeugten Gleichstroms unabhängig von dem Pegel des PWM-Signals ist. Änderungen in der Höhe des Pegels des PWM-Signals über die unter Umständen relativ lange Strecke der Steuerleitung 5 beeinflussen somit die Ansteuerung des jeweils nachfolgenden Lichtquellenmoduls 2 nicht. Eine Änderung in dem Abstand der Einschaltflanken von den jeweiligen Ausschaltflanken erfolgt auch bei längerer Steuerleitung nicht.

[0033] Das Stromsenkenmodul 14 verfügt über Mehrzahl an LEDs 30 als Lichtquellen. Ihre Versorgungsspannung erhalten die LEDs 30 von einer Konstantstromquelle als Teile des Stromsenkenmoduls 14. Die Konstantstromquelle wird bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel durch einen Operationsverstärker 31 und einen Transistor 32, der bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ebenfalls als Bipolartransistor ausgeführt ist, gebildet. Der Emitterstrom des Transistors 32 erzeugt an einem in seinem Emitterpfad befindlichen Messwiderstand 33 einen Spannungsabfall. Dieser ist proportional oder zumindest näherungsweise proportional zu dem durch die LEDs 30 fließenden Strom. Dieser Spannungsabfall wird dem invertierenden Eingang 34 des Operationsverstärkers 31 über einen Widerstand 35 zugeführt. An dem nicht invertierenden Eingang 36 des Operationsverstärkers 31 wird die von der PWM-Signalaufbereitung 13 erzeugte Steuerspannung eingespeist. Auf diese Weise wird ein Stromfluss bereitgestellt, dessen Größe dem Verhältnis der den nicht invertierenden Eingang 36 beaufschlagenden Steuerspannung und dem Widerstandswert des Widerstandes 35 entspricht. Ein weiterer Widerstand 37, der in den Ast der Referenzspannungserzeugung 23 eingeschaltet ist, ist typischerweise mehrere Zehnerpotenzen hinsichtlich seines Widerstandswertes größer als der Widerstandswert des Widerstandes 35. Daher beeinflusst dieser das vorbeschriebene Verfahren zur Stromversorgung nicht, allenfalls nicht in einem nennenswerten Maße.

[0034] Aus der Beschreibung dieser Linearlichteinheit 1 wird deutlich, dass bei diesem Konzept trotz Einsatzes eines PWM-Gebers 6 die Energieversorgung der Lichtquellen 30 in den Lichtquellenmodulen 2 von dem PWM-Signalpegel unabhängig ist.

[0035] Figur 3 zeigt ein Blockschaltbild einer weiteren Linearlichteinheit 40, die prinzipiell aufgebaut ist wie die Linearlichteinheit 1 der Figur 1. Die Lichtquellenmodule 41 sind ebenso wie bei der Linearlichteinheit 1 in Reihe hintereinander geschaltet und an eine *plus*-Leitung 42 sowie an eine *minus*-Leitung 43 angeschlossen. Die Lichtquellenmodule 41 sind zweikanalig arbeitend ausgelegt. Daher ist die Steuerleitung 44 bei dieser Linearlichteinheit 40 durch zwei Einzelleitungen 44.1, 44.2 realisiert. Jede einzelne Steuerleitung 44.1, 44.2 ist mit einer Steuerspannung für den jeweils durch die Steuerleitung 44.1 bzw. 44.2 angesteuerten Kanal beaufschlagt. Die Steuerspannung wird durch eine PWM-Gebereinheit 45 bereitgestellt. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst die PWM-Gebereinheit zwei PWM-Geber, wobei jeweils ein PWM-Geber zur Bereitstellung einer Steuerspannung für eine Ansteuerungsgröße vorgesehen ist. Bei der Linearlichteinheit 40 dient ein PWM-Geber zum Bereitstellen einer Steuerspannung entsprechend der gewünschten Helligkeit. Ein weiterer PWM-Geber stellt eine Steuerspannung für die Farbtemperatur bereit. Diese wird zweikanalig an die Lichtquellenmodule 41 über die Einzelsteuerleitungen 44.1 bzw. 44.2 übertragen.

[0036] Die PWM-Gebereinheit 45 ist typischerweise Teil einer Versorgungseinheit 46, die ebenfalls eine Stromversorgung 47 umfasst.

[0037] Figur 4 verdeutlicht die Funktionsweise der Linearlichteinheit 40. An die Stromversorgung 47 ist ein erster PWM-Geber 48 angeschlossen. Über diesen wird eine erste Steuerspannung bereitgestellt, und zwar diejenige, die für die Helligkeitsansteuerung der Lichtquellenmodule 41 verantwortlich ist. Der Dimmwert (PWM-value) wird nutzerseitig vorgegeben. Die gemäß den Ausführungen zu der einkanalig arbeitenden Linearlichteinheit des vorbeschriebenen Ausführungsbeispiels erzeugte Steuerspannung am Ausgang des PWM-Gebers 48 stellt die Eingangsspannung für einen zweiten PWM-Geber 49 dar. Über diesen wird eine Steuerspannung bezüglich der nutzerseitig gewünschten oder durch eine Steuerung vorgegebenen Farbtemperatur erzeugt. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Lichtquellenmodule 41 als tunable white-Lichtquellenmodule ausgeführt. Angesteuert werden diese somit in ihrem einen Kanal mit einer Steuerspannung für den Kaltweißlichtanteil und über den zweiten Kanal bezüglich ihres Warmweißlichtanteils. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel wird über die Einzelsteuerleitung 44.1 die erzeugte Steuerspannung für den Kaltweißlichtanteil und über die Einzelsteuerleitung 44.2 die erzeugte Steuerspannung für den Warmweißlichtanteil den Lichtquellenmodulen 41 zugeführt. Die durch den PWM-Geber 48 erzeugte erste Steuerspannung stellt ein Leistungspaket dar, welches in Abhängigkeit von der gewünschten Farbtemperatur als Steuerspannungen auf die beiden Einzelsteuerleitungen 44.1 und 44.2 aufgeteilt wird. Die Aufteilung des von dem ersten PWM-Geber 48 bereit gestellten Leistungspaketes erfolgt in jedem Lichtquellenmodul 41, welches zur Kenntlichmachung in Figur 4 angedeutet ist, ebenso wie die Versorgungseinheit 46.

[0038] Zum Zwecke einer Aufteilung des Leistungspaketes auf die beiden Kanäle ist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel vorgesehen, dass die Steuerspannung auf dem einen Kanal, hier: dem Kaltweißlichtkanal, der anteilmäßig vorgegeben ist, und die Steuerspannung für den Warmweißlichtkanal unter Verwendung eines Differenzbildners 50 in Abhängigkeit von dem vorgegebenen Kaltweißlichtanteil erzeugt wird.

[0039] Ein schaltungstechnischer Aufbau zur Realisierung der vorbeschriebenen Betriebsweise der Linearlichteinheit 40 ist in Figur 5 gezeigt.

[0040] Der schaltungstechnische Aufbau entspricht im Wesentlichen dem schaltungstechnischen Aufbau der Linearlichteinheit 1, wie dieser in Figur 2 dargestellt ist, wobei die in Figur 2 gezeigte Schaltung aufgrund der beschriebenen Auslegung der Linearlichteinheit 40 doppelt vorgesehen ist.

[0041] Da es sich bei den Lichtquellenmodulen 41 um tunable white-Lichtquellenmodule 41 handelt, verfügt über jedes Lichtquellenmodul 41 über zwei Stromsenkenmodule, wobei ein Stromsenkenmodul 51 warmweiß LEDs 52 und zweites Stromsenkenmodul 53 mit kaltweiß LEDs 54 aufweist. Jedes Lichtquellenmodul 41 verfügt zudem über zwei Hilfsspannungsversorgungen 55, 54. Eine erste Hilfsspannungsversorgung 55 stellt eine Spannungsversorgung von 24 V bereit. Eine zweite Hilfsspannungsversorgung 56 stellt eine Hilfsspannung von 5 V bereit. Die Spannungsquelle 47 der Versorgungseinheit 46 liefert eine Spannung von 48 V.

[0042] Die Steuerspannungserzeugung erfolgt in gleicher Weise, wie dieses zu der einkanalig arbeitenden Linearlichteinheit 1 beschrieben ist. Das von dem PWM-Geber 48 erzeugte Signal (Helligkeit) wird in einem PWM-Abschwächer 57 zum Generieren der ersten Steuerspannung verarbeitet. Der PWM-Abschwächer 57 umfasst die auch zu der Linearlichteinheit 1 bzw. deren Lichtquellenmodule 2 beschriebenen PWM-Signalaufbereitungsstufen. Somit umfassen der PWM-Abschwächer ebenfalls über einen Tiefpassfilter, der als passiver Filter erster Ordnung ausgeführt ist. Am Ausgang 58 des PWM-Abschwächers 57 liegt die in Abhängigkeit von dem eingestellten Dimmwert generierte erste Steuerspannung an. Diese wird über eine Versorgungsleitung 59 in einen zweiten PWM-Abschwächer 60 eingespeist. Der zweite PWM-Abschwächer 60 dient zum Bereitstellen einer Steuerspannung für die zweite Beeinflussungsgröße, und zwar der Farbtemperatur. Der PWM-Abschwächer 60 ist eingangsseitig an den Ausgang des PWM-Gebers 49 angeschlossen.

[0043] Die am Ausgang 58 des PWM-Abschwächers 57 anliegende Steuerspannung wird ferner in den Differenzbildner 50 eingespeist, und zwar in den nicht invertierenden Eingang 61 seines Operationsverstärkers 62. An dem invertierenden Eingang 63 liegt der Ausgang einer Pufferstufe 64 an. Die Pufferstufe 64 ist über eine Anschlussleitung 65 an den invertierenden Eingang 66 des Operationsverstärkers 67 des kaltweiß Stromsenkenmoduls 53 angeschlossen. Auf diese Weise ist die Steuerspannung für den Warmweißlichtkanal des Lichtquellenmoduls 41 abhängig davon, welchen Anteil des empfangenen Leistungspaketes für die Ansteuerung des für die Erzeugung von Kaltweißlicht dienenden Stromsenkenmoduls 53 vorgesehen ist.

[0044] Die Hilfsspannungsversorgung 24 ist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel als einfacher Linearregler mit ausgangsseitiger Pufferung realisiert. Die Hilfsspannungsversorgung 56 zur Bereitstellung der Hilfsspannung von 5 V ist ebenfalls als einfacher Linearregler mit ausgangsseitiger Pufferung realisiert. Aufgrund der Vorschaltung der Hilfsspannungsversorgung 55 vor die Hilfsspannungsversorgung 56 wird zudem eine ausgezeichnete Siebwirkung erzielt.

[0045] Die Pufferstufe 64 ist als Pufferverstärker ausgeführt und sorgt für eine niederomige Bereitstellung der Kaltweißlichtsteuerspannung. Die Pufferstufe 64 sorgt dafür, die ungepufferte Spannung von der niederomigen Eingangsstufe des Differenzbildners 50 zu separieren. Bei hinreichend genauer Dimensionierung des Differenzbildners 50 kann grundsätzlich auf die Pufferstufe 64 verzichtet werden.

[0046] Die Schaltung des Differenzbildners 50 ist so dimensioniert, dass die Spannung am Widerstand 68, die proportional zu der am Ausgang 58 des PWM-Abschwächers 57 anliegenden Spannung ist, um den Faktor 2 verstärkt in die Differenzbildung eingeht. Dieses erlaubt, den nicht invertierenden Eingang 61 des Operationsverstärkers 62 ohne

weiteren Massepfad zu verwenden. Der mit dem Widerstand 68 gebildete Spannungsteiler aufgrund des weiteren Widerstandes 69 ist bezüglich des Massewiderstandes im Vergleich zum Massewiderstand des durch die Widerstände 70, 71 gebildeten Spannungsteilers des PWM-Abschwächers 60 halbiert, so dass in etwa die halbe Spannung an dem Widerstand 68 abfällt. Auf diese Weise wird die Verdoppelung des nicht invertierenden Pfades kompensiert.

[0047] In einer Weiterbildung in der beschriebenen Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Lichtquellenmodule 41 ausgelegt sind, um auch eine Steuerspannung für monochrome Baugruppen als Teil der Linearlichteinheit ansteuern zu können. Bei einer solchen Ausgestaltung sind in die Reihe der Lichtquellenmodule 41 auch monochrome Lichtquellenmodule eingeschaltet. Bei den monochromen Lichtquellenmodulen wird der PWM-Abschwächer 57 ohne seinen Operationsverstärker genutzt. Es versteht sich, dass dann eine entsprechende Umdimensionierung der Bauteile erforderlich ist. Auf diese Weise können innerhalb einer Linearlichteinheit monochrome Lichtquellenmodule und tunable white-Lichtquellenmodule gemischt platziert sein. Der für die Helligkeit verantwortliche PWM-Geber 48 steuert dann alle Lichtquellenmodule gleichermaßen, während der für die Farbtemperatur verantwortliche PWM-Geber 49 nur die tunable white-Lichtquellenmodule beeinflusst.

[0048] Die Erfindung ist anhand von Ausführungsbeispielen beschrieben worden. Ohne den Umfang der geltenden Ansprüche zu verlassen, ergeben sich für einen Fachmann zahlreiche weitere Möglichkeiten die Erfindung umzusetzen, ohne dass dieses im Rahmen dieser Ausführungen im Einzelnen erläutert werden müsste.

Bezugszeichenliste

20	1	Linearlichteinheit	33	Messwiderstand
	2	Lichtquellenmodul	34	Invertierender Eingang
	3	plus-Leitung	35	Widerstand
	4	minus-Leitung	36	invertierender Eingang
	5	Steuerleitung	37	Widerstand
25	6	PWM-Geber		
	7	Stromversorgung	40	Lichtquelleneinheit
	8	Versorgungseinheit	41	Lichtquellenmodul
	9	Stromversorgung	42	plus-Leitung
	10	MOSFET	43	minus-Leitung
30	11	Widerstand	44	Steuerleitung
	12	Steuereingang	44.1	Einzelsteuerleitung
	13	PWM-Signalaufbereitung	44.2	Einzelsteuerleitung
	14	Stromsenkenmodul	45	PWM-Gebereinheit
35	15	erste PWM-Signalaufbereitungsstufe	46	Versorgungseinheit
	16	Arbeitswiderstand	47	Stromversorgung
	17	Widerstand	48	PWM-Geber
	18	Widerstand	49	PWM-Geber
	19	Transistor	50	Differenzbildner
40	20	Schottky-Diode	51	Stromsenkenmodul
	21	Schutzdiode	52	Warmweiß-LED
	22	Arbeitswiderstand	53	Stromsenkenmodul
	23	Referenzspannungserzeugung	54	Kaltweiß LED
	24	Widerstand	55	Hilfsspannungsversorgung
45	24.1	Schottky-Diode	56	Hilfsspannungsversorgung
	25	Kondensator	57	PWM-Abschwächer
	26	zweite PWM-Signalaufbereitungsstufe	58	Ausgang
	27	Widerstand	59	Versorgungsleitung
50	28	Widerstand	60	PWM-Abschwächer
	29	Kondensator	61	nicht invertierender Eingang
	30	Lichtquelle, LED	62	Operationsverstärker
	31	Operationsverstärker	63	invertierender Eingang
55	32	Transistor	64	Pufferstufe
	65	Anschlussleitung		
	66	invertierender Eingang		
	67	Operationsverstärker		

(fortgesetzt)

68 Widerstand
 69 Widerstand
 70 Widerstand
 71 Widerstand

Patentansprüche

1. Linearlichteinheit mit mehreren, über elektrische Leitungen (42, 43, 44) in Reihe geschalteten, durch jeweils eine Konstantstromquelle mit Gleichstrom versorgten Lichtquellenmodulen (41), wobei eine Leitung eine *plus*-Leitung (42), eine weitere eine minus-Leitung (43) und noch eine weitere Leitung eine Steuerleitung (44) ist und ein über die Steuerleitung (44) übertragenes Signal an dem Steuereingang jedes Lichtquellenmoduls (41) anliegt, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Lichtquellenmodul (41) mehrkanalig ansteuerbar ist, die Steuerleitung (44) entsprechend der Anzahl der Kanäle durch mehrere Einzelsteuerleitungen (44.1, 44.2) mehrkanalig ausgelegt ist, dass der Linearlichteinheit (40) eine der Beeinflussungsgrößen entsprechende Anzahl an PWM-Gebern (48, 49) zugeordnet sind, wobei durch einen ersten PWM-Geber (48) eine erste Steuerspannung bereit gestellt ist und diese erste Steuerspannung zum Erzeugen von jeweils einer Steuerspannung für zumindest zwei Kanäle dient, und dass jedes Lichtquellenmodul (41) für jede Beeinflussungsgröße einen PWM-Abschwächer (57, 60) als PWM-Signalaufbereitung (i) zum Bestimmen des Abstandes der Einschaltflanken von den jeweils nachfolgenden Ausschaltflanken der Impulse des PWM-Signals, (ii) zum Erzeugen von von der PWM-Signalpegelhöhe unabhängigen, definierten High- und Low-Phasen und (iii) zum Bereitstellen einer von dem ermittelten Flankenabstand abhängigen Steuer- gleichspannung sowie ein Stromsenkenmodul (51, 53) mit einer Konstantstromquelle und wenigstens einer von dieser gesteuerten Lichtquelle (52, 54) pro Kanal aufweist.
2. Linearlichteinheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die PWM-Geber (48, 49) als Schaltelement einen MOSFET aufweisen.
3. Linearlichteinheit nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die PWM-Signalaufbereitung für jede Beeinflussungsgröße in einer ersten PWM-Signalaufbereitungsstufe einen ein elektronisches Schaltelement ansteuernden Spannungsteiler umfasst.
4. Linearlichteinheit nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch den Spannungsteiler ein in Emitter- schaltung betriebener Transistor angesteuert ist.
5. Linearlichteinheit nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in die PWM-Signalaufbereitung eine Schottky- Diode zum Entgegenwirken eines Sättigungseffektes des Transistors integriert ist.
6. Linearlichteinheit nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die PWM-Signalaufbereitung in einer zweiten PWM-Signalaufbereitungsstufe einen Tiefpassfilter aufweist.
7. Linearlichteinheit nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Tiefpassfilter als passiver Filter 1. Ordnung ausgeführt ist.
8. Linearlichteinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes Stromsenkenmodul (51, 53) einen Operationsverstärker (67) umfasst, durch dessen Ausgangssignal ein elektronisches Schaltelement, etwa ein als Bipolartransistor ausgeführter Transistor angesteuert ist.
9. Linearlichteinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mehrkanaligen Licht- quellenmodule (41) als Lichtquelle für jeden Kanal jeweils mehrere oder eine Vielzahl von LEDs (52, 54) aufweisen.
10. Linearlichteinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mit dem ersten PWM- Geber (48) und dem diesen zugeordneten PWM-Abschwächer (57) erzeugte Steuerspannung über eine Versor- gungsleitung (59) in den PWM-Abschwächer (60) eingespeist ist, dessen Eingang an einen zweiten PWM-Geber (49) angeschlossen ist.
11. Linearlichteinheit nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der nicht invertierende Eingang (66) des

Operationsverstärkers (67) eines Stromsenkenmoduls (53) über eine Anschlussleitung (65) den nicht invertierenden Eingang (63) des Operationsverstärkers (62) eines Differenzbildners (50) beaufschlagt, wobei der Ausgang des Differenzbildners (50) an den Eingang eines anderen Stromsenkenmoduls (51) angeschlossen ist.

5 12. Lichtquellenmodul für eine Lichtquelleneinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Lichtquellenmodul (41) mehrkanalig ansteuerbar ist, die Steuerleitung (44) entsprechend der Anzahl der Kanäle durch mehrere Einzelsteuerleitungen (44.1, 44.2) mehrkanalig ausgelegt ist, dass der Linearlichteinheit (40) eine der Beeinflussungsgrößen entsprechende Anzahl an PWM-Gebern (48, 49) zugeordnet sind, wobei durch
10 einen ersten PWM-Geber (48) eine erste Steuerspannung bereit gestellt ist und diese erste Steuerspannung zum Erzeugen von jeweils einer Steuerspannung für zumindest zwei Kanäle dient, und dass jedes Lichtquellenmodul (41) für jede Beeinflussungsgröße einen PWM-Abschwächer (57, 60) als PWM-Signalaufbereitung (i) zum Bestimmen des Abstandes der Einschaltflanken von den jeweils nachfolgenden Ausschaltflanken der Impulse des PWM-Signals, (ii) zum Erzeugen von von der PWM-Signalpegelhöhe unabhängigen, definierten High- und Low-Phasen und (iii) zum Bereitstellen einer von dem ermittelten Flankenabstand abhängigen Steuergleichspannung sowie ein
15 Stromsenkenmodul (51, 53) mit einer Konstantstromquelle und wenigstens einer von dieser gesteuerten Lichtquelle (52, 54) pro Kanal aufweist.

13. Lichtquellenmodul nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** Lichtquellenmodul (41) die Merkmale eines oder mehrerer der Ansprüche 3 bis 11 aufweist.

20 14. Verfahren zum Betreiben einer Linearlichteinheit mit mehreren, über elektrische Leitungen (42, 43, 44) in Reihe geschalteten, durch jeweils eine Konstantstromquelle mit Gleichstrom versorgten Lichtquellenmodulen (41), wobei eine Leitung eine *plus*-Leitung (42), eine weitere eine *minus*-Leitung (43) und noch eine weitere Leitung eine Steuerleitung (44) ist und ein über die Steuerleitung (44) übertragenes Signal an dem Steuereingang jedes Lichtquellenmoduls (41) anliegt, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine der Anzahl der Beeinflussungsgrößen entsprechende Anzahl an PWM-Signalen erzeugt und in die Steuerleitung (44) eingespeist werden und in jedem Lichtquellenmodul (41) in Abhängigkeit von dem Abstand der Einschaltflanken jedes PWM-Signals von den jeweils nachfolgenden Ausschaltflanken ein der Einschaltdauer des PWM-Signals proportionales Gleichstromsignal erzeugt wird, mit dem nach der Aufteilung des einer Beeinflussungsgröße entsprechenden Gleichstromsignals in eine der Anzahl der anzusteuern
25 den Kanäle entsprechende Anzahl an neuen Gleichstromsignalen (Steuerspannungen) die Konstantstromquelle in jedem Lichtquellenmodul (41) zum Betreiben der darin befindlichen Lichtquellen (52, 54) angesteuert wird.

35 15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch einen ersten, für eine erste Beeinflussungsgröße verantwortlichen PWM-Geber (48) eine erste Steuerspannung bereit gestellt wird, die das Leistungspaket definiert, welches in Abhängigkeit von dem Signal des für die weitere Beeinflussungsgröße vorgesehenen PWM-Gebers (49) auf die für jeden Ansteuerkanal vorgesehene Einzelsteuerleitung (44.1, 44.2) aufgeteilt wird.

40 16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anteil des einen Kanals dieser weiteren Beeinflussungsgröße an dem zur Verfügung gestellten Leistungspaket vorgegeben ist und die Steuerspannung für den zweiten Kanal durch Subtraktion unter Berücksichtigung des für den ersten Kanal vorgegebenen Anteils ermittelt wird.

45 Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

1. Linearlichteinheit mit mehreren, über elektrische Leitungen (42, 43, 44), mit Gleichstrom versorgten Lichtquellenmodulen (41), wobei eine Leitung eine *plus*-Leitung (42), eine weitere eine *minus*-Leitung (43) und noch eine weitere Leitung eine Steuerleitung (44) ist und ein über die Steuerleitung (44) übertragenes Signal an dem Steuereingang jedes Lichtquellenmoduls (41) anliegt, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Lichtquellenmodul (41) mehrkanalig ansteuerbar ist, die Steuerleitung (44) entsprechend der Anzahl der Kanäle durch mehrere Einzelsteuerleitungen (44.1, 44.2) mehrkanalig ausgelegt ist, dass der Linearlichteinheit (40) eine der vorgesehenen Beeinflussungsgrößen entsprechende Anzahl an PWM-Gebern (48, 49) zugeordnet sind, wobei durch einen ersten PWM-Geber (48) eine erste Steuerspannung für eine erste Beeinflussungsgröße bereit gestellt ist und diese erste Steuerspannung einen zweiten PWM-Geber (49) und somit dessen Steuerspannung für eine zweite Beeinflussungsgröße beeinflusst und dass jedes Lichtquellenmodul (41) für jede Beeinflussungsgröße einen PWM-Abschwächer (57, 60) als PWM-Signalaufbereitung (i) zum Bestimmen des Abstandes der Einschaltflanken von den jeweils nachfolgenden Ausschaltflanken der Impulse des PWM-Signals, (ii) zum Erzeugen von von der PWM-Signalpegelhöhe unabhän-
50
55

gigen, definierten High- und Low-Phasen und (iii) zum Bereitstellen einer von dem ermittelten Flankenabstand abhängigen Steuerspannung sowie ein Stromsenkenmodul (51, 53) mit einer Konstantstromquelle und wenigstens einer von dieser gesteuerten Lichtquelle (52, 54) pro Kanal aufweist.

- 5 **2.** Linearlichteinheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die PWM-Geber (48, 49) als Schaltelement einen MOSFET aufweisen.
- 3.** Linearlichteinheit nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die PWM-Signalaufbereitung für jede Beeinflussungsgröße in einer ersten PWM-Signalaufbereitungsstufe einen ein elektronisches Schaltelement ansteuernden Spannungsteiler umfasst.
- 10 **4.** Linearlichteinheit nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch den Spannungsteiler ein in Emitter-schaltung betriebener Transistor angesteuert ist.
- 15 **5.** Linearlichteinheit nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in die PWM-Signalaufbereitung eine Schottky-Diode zum Entgegenwirken eines Sättigungseffektes des Transistors integriert ist.
- 6.** Linearlichteinheit nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die PWM-Signalaufbereitung in einer zweiten PWM-Signalaufbereitungsstufe einen Tiefpassfilter aufweist.
- 20 **7.** Linearlichteinheit nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Tiefpassfilter als passiver Filter 1. Ordnung ausgeführt ist.
- 25 **8.** Linearlichteinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes Stromsenkenmodul (51, 53) einen Operationsverstärker (67) umfasst, durch dessen Ausgangssignal ein elektronisches Schaltelement, etwa ein als Bipolartransistor ausgeführter Transistor angesteuert ist.
- 9.** Linearlichteinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mehrkanaligen Lichtquellenmodule (41) als Lichtquelle für jeden Kanal jeweils mehrere oder eine Vielzahl von LEDs (52, 54) aufweisen.
- 30 **10.** Linearlichteinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mit dem ersten PWM-Geber (48) und mit dem diesen in dem Lichtquellenmodul (41) zugeordneten PWM-Abschwächer (57) erzeugte Steuerspannung für die erste Beeinflussungsgröße über eine Versorgungsleitung (59) in den von einem zweiten PWM-Geber (49) beaufschlagten PWM-Abschwächer (60) zum Bereitstellen einer Steuerspannung für eine weitere Beeinflussungsgröße eingespeist ist.
- 35 **11.** Linearlichteinheit nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der nicht invertierende Eingang (66) des Operationsverstärkers (67) des Stromsenkenmoduls (53) eines ersten Kanals über eine Anschlussleitung (65) den nicht invertierenden Eingang (63) des Operationsverstärkers (62) eines Differenzbildners (50) eines zweiten Kanals beaufschlagt, wobei der Ausgang des Differenzbildners (50) an den Eingang eines anderen Stromsenkenmoduls (51) angeschlossen ist.
- 40 **12.** Lichtquellenmodul für eine Lichtquelleneinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lichtquellenmodul (41) mehrkanalig ansteuerbar ist, der Steuereingang entsprechend der Anzahl der Kanäle mehrkanalig ausgelegt ist und dass jedes Lichtquellenmodul (41) für jede Beeinflussungsgröße einen PWM-Abschwächer (57, 60) als PWM-Signalaufbereitung (i) zum Bestimmen des Abstandes der Einschaltflanken von den jeweils nachfolgenden Ausschaltflanken der Impulse des PWM-Signals, (ii) zum Erzeugen von von der PWM-Signalpegelhöhe unabhängigen, definierten High- und Low-Phasen und (iii) zum Bereitstellen einer von dem ermittelten Flankenabstand abhängigen Steuerspannung sowie ein Stromsenkenmodul (51, 53) mit einer Konstantstromquelle und wenigstens einer von dieser gesteuerten Lichtquelle (52, 54) pro Kanal aufweist.
- 45 **13.** Lichtquellenmodul nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** Lichtquellenmodul (41) die Merkmale eines oder mehrerer der Ansprüche 3 bis 11 aufweist.
- 50 **14.** Verfahren zum Betreiben einer Linearlichteinheit mit mehreren, über elektrische Leitungen (42, 43, 44) mit Gleichstrom versorgten Lichtquellenmodulen (41), wobei eine Leitung eine *plus*-Leitung (42), eine weitere eine *minus*-Leitung (43) und noch eine weitere Leitung eine Steuerleitung (44) ist und ein über die Steuerleitung (44) übertragenes Signal an dem Steuereingang jedes Lichtquellenmoduls (41) anliegt, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine der
- 55

Anzahl der Beeinflussungsgrößen entsprechende Anzahl an PWM-Signalen erzeugt und in die Steuerleitung (44) eingespeist werden und in jedem Lichtquellenmodul (41) in Abhängigkeit von dem Abstand der Einschaltflanken jedes PWM-Signals von den jeweils nachfolgenden Ausschaltflanken ein der Einschaltdauer des PWM-Signals proportionales Gleichstromsignal erzeugt wird, mit dem nach der Aufteilung des einer Beeinflussungsgröße entsprechenden Gleichstromsignals in eine der Anzahl der anzusteuernenden Kanäle entsprechende Anzahl an neuen Gleichstromsignalen (Steuerspannungen) die Konstantstromquelle in jedem Lichtquellenmodul (41) zum Betreiben der darin befindlichen Lichtquellen (52, 54) angesteuert wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch einen ersten, für eine erste Beeinflussungsgröße verantwortlichen PWM-Geber (48) eine erste Steuerspannung bereit gestellt wird, die ein Leistungspaket definiert, welches in Abhängigkeit von dem Signal des für die weitere Beeinflussungsgröße vorgesehenen PWM-Gebers (49) auf die für jeden Ansteuerkanal vorgesehene Einzelsteuerleitung (44.1, 44.2) aufgeteilt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anteil des einen Kanals an dem zur Verfügung gestellten Leistungspaket vorgegeben ist und die Steuerspannung für den zweiten Kanal durch Subtraktion unter Berücksichtigung des für den ersten Kanal vorgegebenen Anteils ermittelt wird.

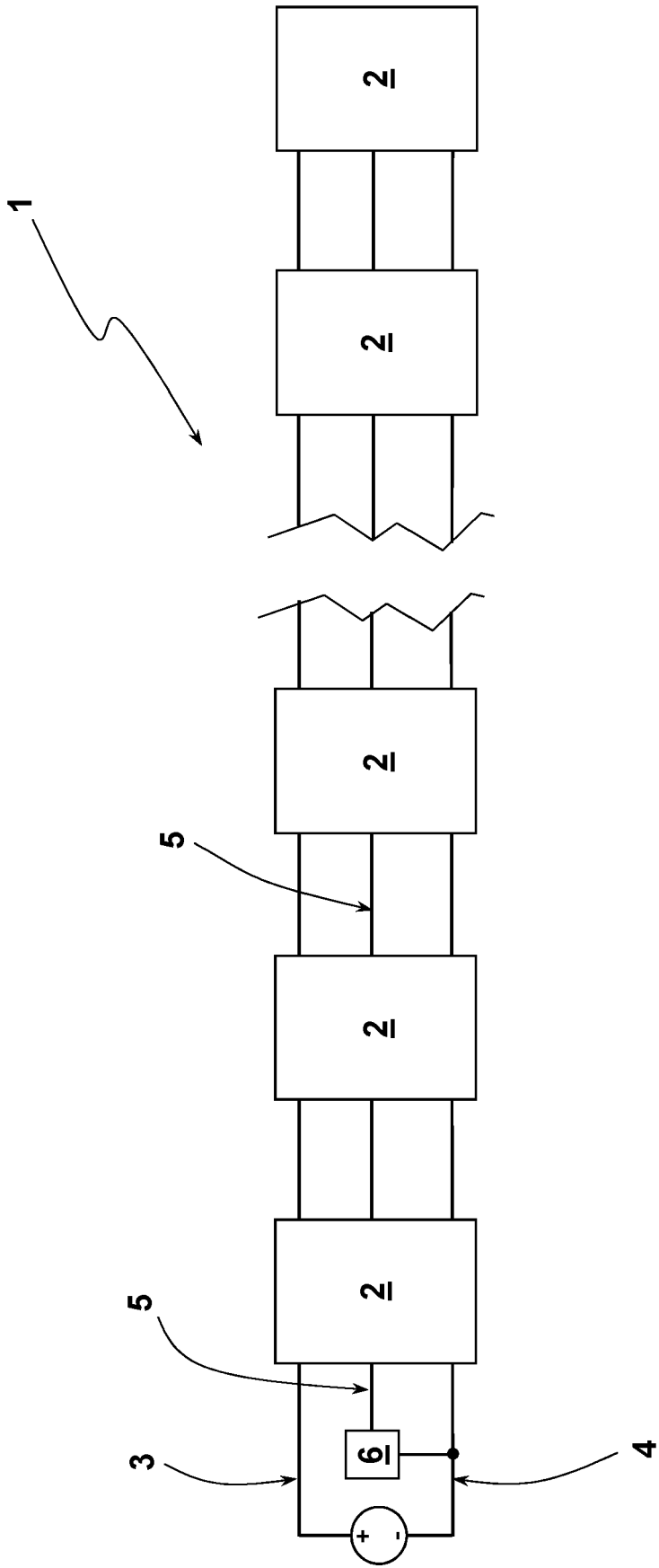


Fig. 1

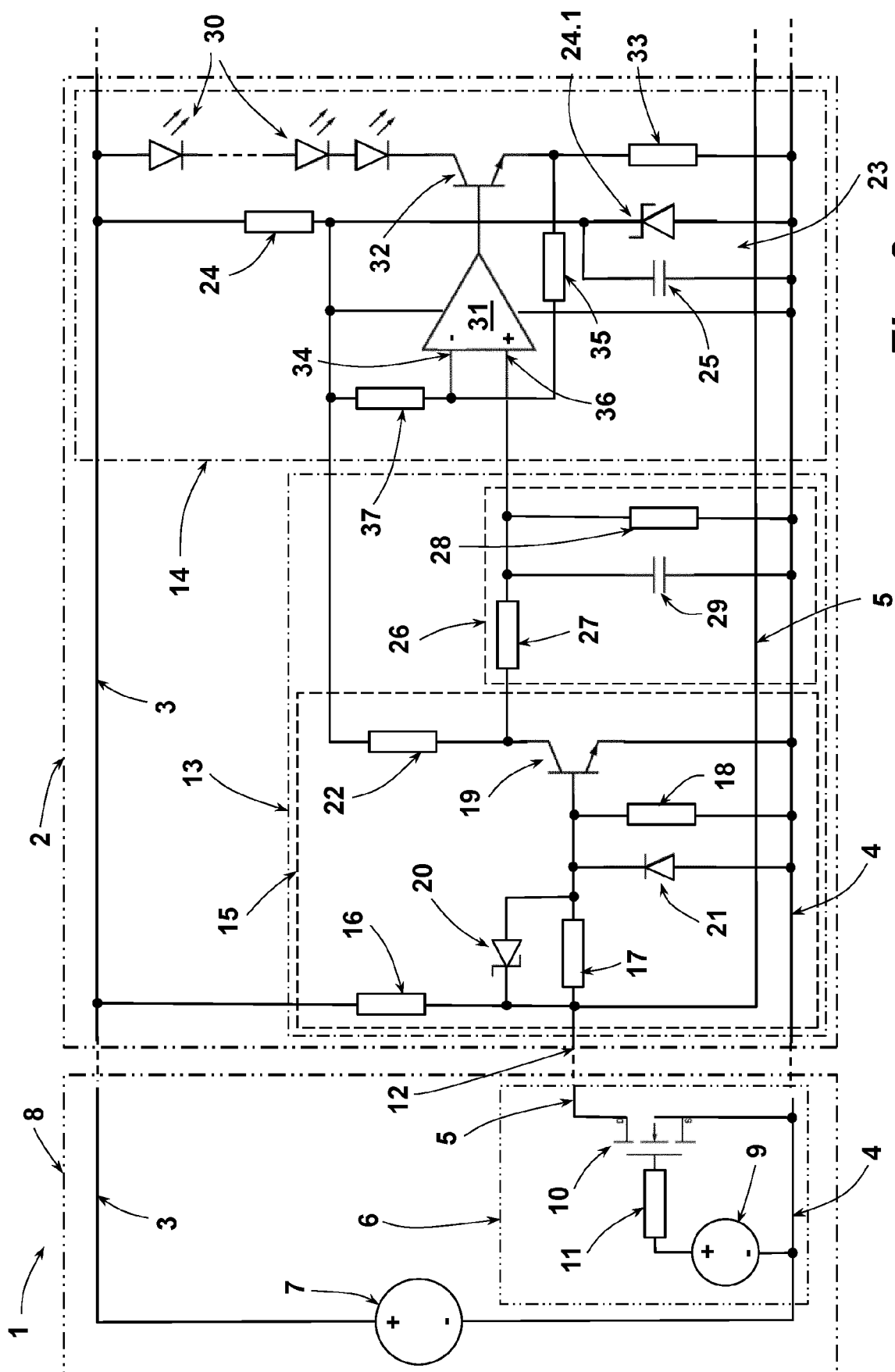


Fig. 2

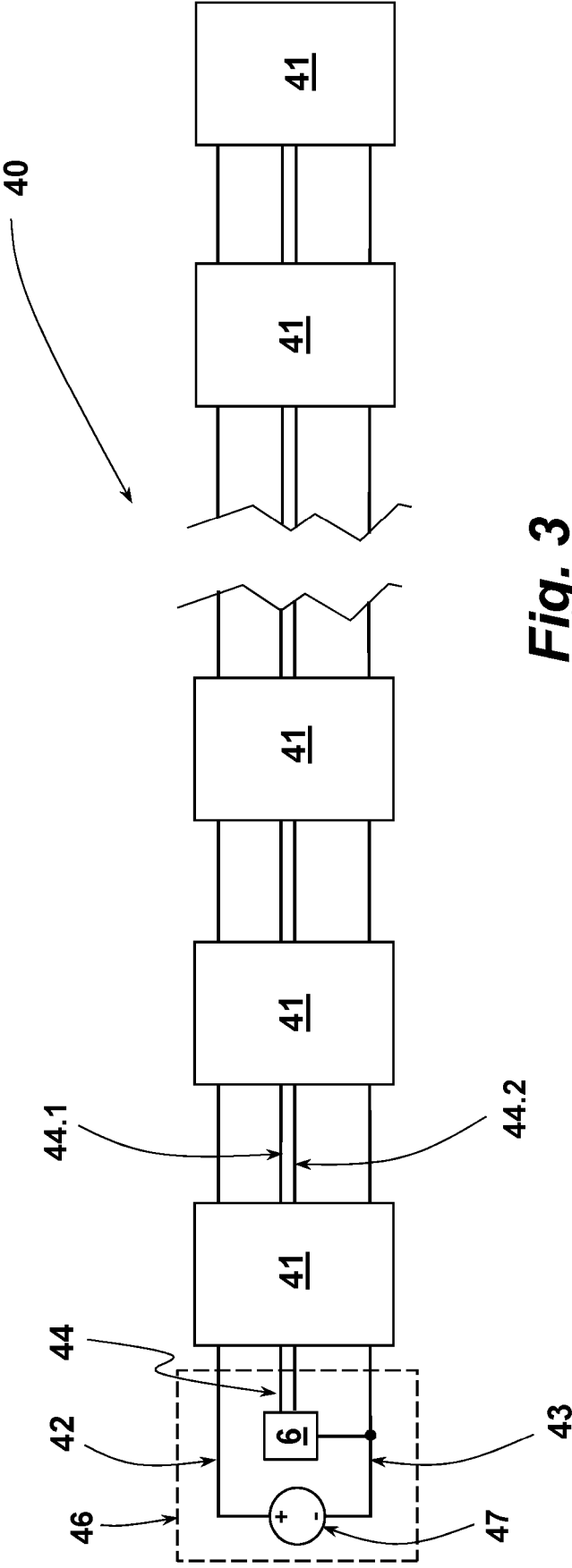


Fig. 3

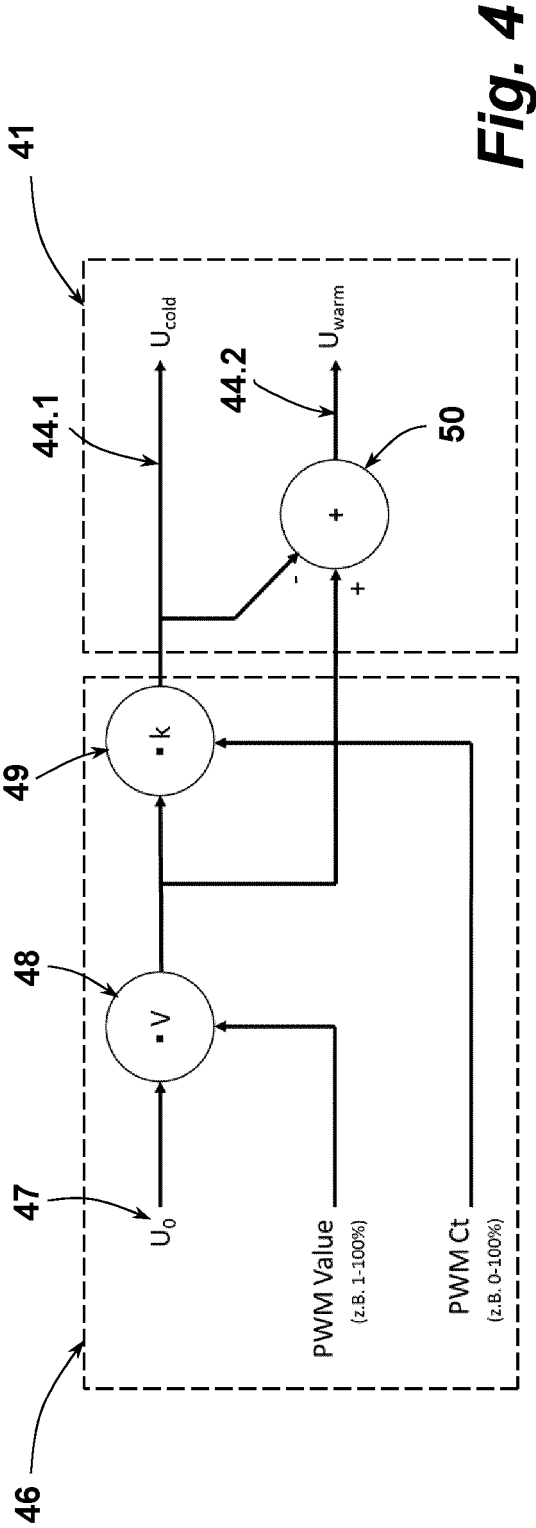


Fig. 4

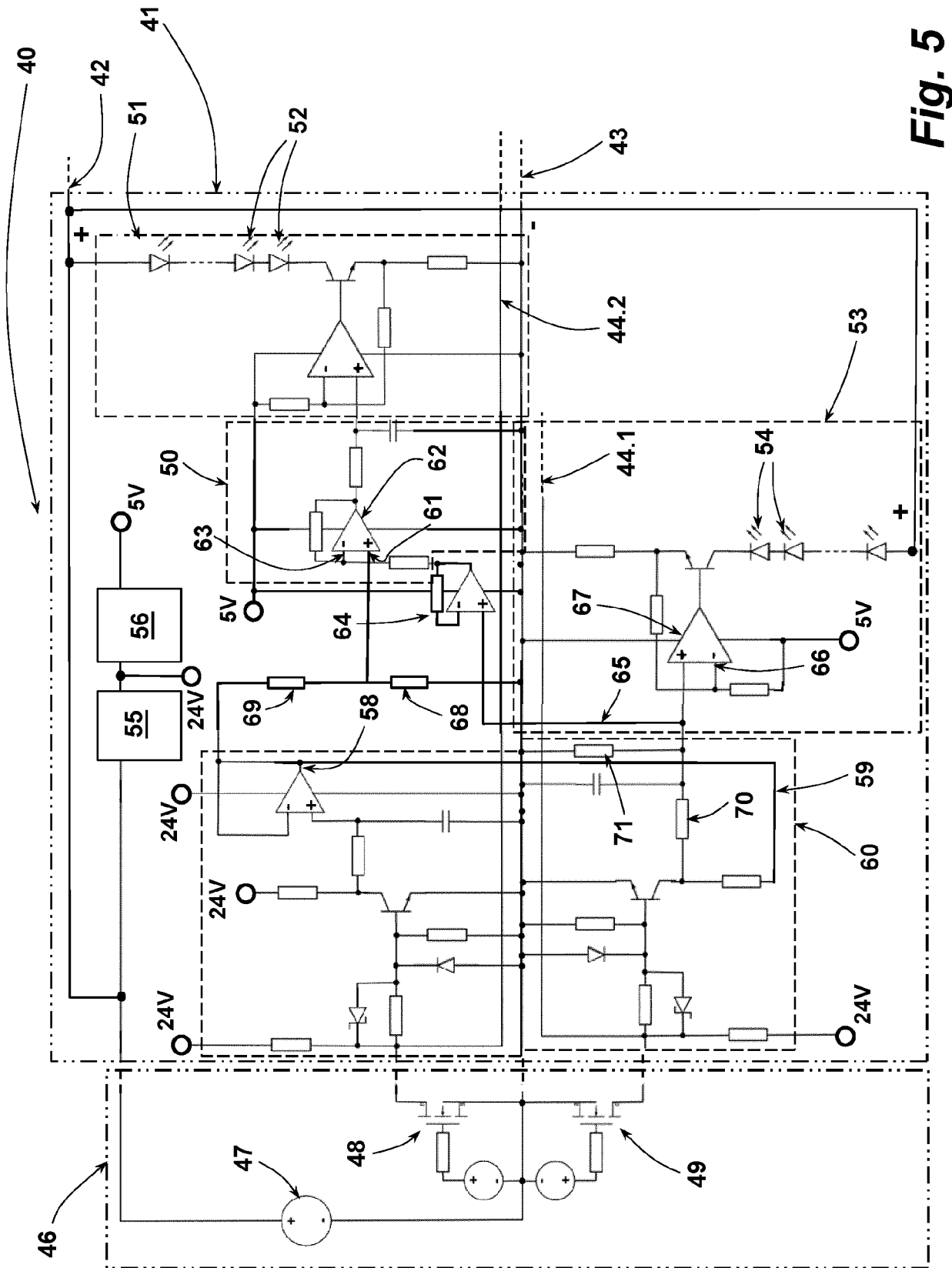


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 17 4422

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	US 2016/036237 A1 (KIM CHANG MIN [KR]) 4. Februar 2016 (2016-02-04) * Absätze [0004], [0007]; Abbildung 5 *	1-16	INV. H05B45/10
Y	DE 10 2017 216902 A1 (TRIDONIC GMBH & CO KG [AT]) 28. März 2019 (2019-03-28) * Absatz [0004]; Abbildung 2 *	1,12-14	
Y	US 2014/300283 A1 (LEE KACHUN [US] ET AL) 9. Oktober 2014 (2014-10-09) * Absatz [0007]; Abbildungen 5,6,9 *	1-9, 12-14	
Y	DE 10 2016 123747 B3 (INSTA GMBH [DE]) 5. Oktober 2017 (2017-10-05) * Abbildung 2 *	2-5	
Y	US 10 136 489 B1 (QIU YIFENG [US]) 20. November 2018 (2018-11-20) * Abbildungen 1,5,10 *	10,11, 15,16	
A	DE 20 2015 100733 U1 (TRIDONIC JENNERSDORF GMBH [AT]) 18. Mai 2016 (2016-05-18) * Abbildung 6 *	1-16	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H05B
A	WO 2012/104800 A2 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL] ET AL.) 9. August 2012 (2012-08-09) * Abbildung 6 *	1-16	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 29. Juni 2020	Prüfer Müller, Uta
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 17 4422

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

29-06-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	US 2016036237 A1	04-02-2016	CN 105323917 A	10-02-2016
			KR 20160015581 A	15-02-2016
			US 2016036237 A1	04-02-2016
15	-----		-----	
	DE 102017216902 A1	28-03-2019	DE 102017216902 A1	28-03-2019
			EP 3666042 A1	17-06-2020
			WO 2019057535 A1	28-03-2019
	-----		-----	
20	US 2014300283 A1	09-10-2014	US 2014300283 A1	09-10-2014
			US 2014300284 A1	09-10-2014
	-----		-----	
	DE 102016123747 B3	05-10-2017	DE 102016123747 B3	05-10-2017
			EP 3334252 A1	13-06-2018
	-----		-----	
25	US 10136489 B1	20-11-2018	US 10136489 B1	20-11-2018
			US 2019191515 A1	20-06-2019
	-----		-----	
	DE 202015100733 U1	18-05-2016	DE 202015100733 U1	18-05-2016
			WO 2016131558 A1	25-08-2016
30	-----		-----	
	WO 2012104800 A2	09-08-2012	CN 103403439 A	20-11-2013
			EP 2671016 A2	11-12-2013
			JP 6058558 B2	11-01-2017
			JP 2014507770 A	27-03-2014
35			RU 2013140730 A	10-03-2015
			TW 201242433 A	16-10-2012
			US 2013313983 A1	28-11-2013
			WO 2012104800 A2	09-08-2012
	-----		-----	
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82