(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 269 798 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
02.06.2004 Patentblatt 2004/23

(21) Anmeldenummer: **01921322.2**

(22) Anmeldetag: **08.03.2001**

(51) Int Cl.[7]: **H05B 33/08**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2001/002639

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2001/069979 (20.09.2001 Gazette 2001/38)

(54) **ANSTEUERUNG VON LEUCHTDIODEN (LED'S)**

CONTROL OF LIGHT-EMITTING DIODES (LEDS)

COMMANDE DE DIODES ELECTROLUMINESCENTES (LED)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR

(30) Priorität: **17.03.2000 DE 10013208**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.01.2003 Patentblatt 2003/01

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

(72) Erfinder:
- **LUDORF, Werner**
  83324 Ruhpolding (DE)
- **HEIN, Peter**
  A-6833 Fraxern (AT)

(74) Vertreter: **Rupp, Christian, Dipl.-Phys.**
Mitscherlich & Partner,
Patent- und Rechtsanwälte,
Postfach 33 06 09
80066 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 293 921
GB-A- 2 333 593
US-A- 6 016 038

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 269 798 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Ansteuerschaltung für wenigstens eine Leuchtdiode.

[0002] Die Erfindung bezieht sich allgemein auf das Gebiet von Leuchtdioden (LED's) und - genauer gesagt - auf das Gebiet der Verwendung von derartigen LED's zu Beleuchtungszwecken. Obwohl die Verwendung von LED's für Anzeige (Display)-Anwendungen seit langem bekannt ist, hat sich die Verwendung dieser Leuchtdioden für Beleuchungszwecke erst in letzter Zeit entwickelt. Der Grund dafür ist u.a., daß die Ausbeute (Lichtleistung pro Watt) erst in letzter Zeit derartige Werte erreicht hat, daß der Wirkungsgrad von LED-Beleuchtungseinrichtungen zufriedenstellend ist. Insbesondere die für die Erzeugung von weissem Licht notwendigen blauen LED's haben erst in letzter Zeit einen befriedigenden Wirkungsgrad erreicht.

[0003] Die Verwendung von LED's zu Beleuchungszwecken, insbesondere in einer Matrixanordnung, um somit einen Art Strahler zu bilden, ist beispielsweise aus dem US-Patent US-A-6 016 038 bekannt.

[0004] Figur 12 zeigt eine Ansteuerschaltung, wie sie in Produkten vorliegt, die von der Firma Colour Kinetics vertrieben werden und die im wesentlichen dem genannten US-Patent entsprechen.

[0005] Die Leuchtdiode LED wird dabei mit einer Konstantstromquelle KSQ angesteuert. Die Konstantstromquelle weist einen Bipolartransistor auf, wobei die Leuchtdiode LED mit dem Kollektor eines NPN-Transistors verbunden ist. Der Emitter des Transistors Q1 der Konstantstromquelle KSQ ist mittels eines Ohm'schen Widerstands R2 mit Masse verbunden und über die PWM-Schaltung zur Regelung des Stroms zum Steueranschluss des Transistors Q1 zurückgekoppelt. Der NPN-Transistor stellt einen schaltbaren Stromabfluß (auch als Stromsenke oder auf Englisch "current sink" bezeichnet) dar. Mittels des Ohm'schen Widerstandes R2 wird der Diodenstrom erfaßt und mittels Änderung der Basisspannung auf einen Sollwert geregelt.

[0006] Wie in Figur 12 ersichtlich und insbesondere auch aus der US-A-6 016 038 oder der GB-A-2 333 593 bekannt, wird zum Dimmen der Leuchtdiode LED ein Impulsbreitenmoduliertes (PWM) Signal an den Basisanschluß des Transistors Q1 gelegt. Der Vorteil des PWM-Signals ist, daß die Leuchtdiode LED, die Änderungen des Stromflusses praktisch instantan umsetzt, entweder voll oder gar nicht angesteuert ist. In diesen Zuständen ist der Wirkungsgrad deutlich größer im Vergleich zu Zwischenwerten, in denen ein Diodenstrom zwischen Null und maximalem Stromfluß durch die Leuchtdiode LED fließt. Zum Dimmen, das durch ein externes Steuersignal an einer PWM-Steuerschaltung vorgegeben wird, wird gemäß dem genannten US-Patent das Tastverhältnis des PWM-Signals an dem NPN-Transistor Q1 (bei konstanter Frequenz) verändert. Durch Erhöhung der Totzeiten des PWM-Signals wird die für das menschliche Auge wahrnehmbare Leuchtkraft der LED gedimmt.

[0007] Allgemein besteht bei der Verwendung von LED's zu Beleuchtungszwecken das Problem hoher Wärmeentwicklung, da die LED's und die zugehörigen Ansteuerschaltungen (Konstantstromquelle etc.) sehr dicht in die Matrixanordnungen gepackt werden müssen, um eine ausreichende Leuchtkraft zu erreichen. Ein Problem stellt dabei auch die Wärmeentwicklung an dem Stromfühler-Meßwiderstand R2 dar, der emitterseitig in die Gegenkopplung der Konstantstromquelle geschaltet ist.

[0008] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Ansteuerschaltung für Leuchtdioden mit Konstantstromquellen auf der Rückkopplungsseite des Transistors der Konstantstromquelle zu verbessern.

[0009] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche 1 und 6 gelöst, die jeweils effizienzsteigernde Maßnahmen auf der Rückkopplungsseite des Transistors vorschlagen.

[0010] Gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung ist also eine Ansteuerschaltung für wenigstens eine Leuchtdiode vorgesehen, die eine Konstantstromquelle aufweist. Die Konstantstromquelle weist einen Operationsverstärker auf, dessen Ausgang mit dem Steueranschluß eines (externen) Transistors verbunden ist. Die Leuchtdiode ist mit einem ersten ausgangsseitigen Anschluß des Transistors in Serie geschaltet. Ein zweiter ausgangsseitiger Anschluß des Transistors ist zu dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers zurückgekoppelt. Erfindungsgemäß ist auf der Rückkopplungsseite des Transistors ein Bauteil vorgesehen, daß das Potential der Rückkopplungsseite des Transistors wenigstens um den Wert einer Offsetspannung des Operationsverstärkers anhebt, wenn durch die Leuchtdiode kein bzw. nur ein infinitesimaler Strom fließt.

[0011] Selbstverständlich ist durch diese Definition auch ein Bauteil umfaßt, daß das Potential auf der Rückkopplungsseite des Transistors immer um einen vorbestimmten Wert größer oder gleich der Offsetspannung des Operationsverstärkers anhebt. Ein solches Bauteil ist typischerweise eine Spannungsquelle.

[0012] Alternativ kann das Bauteil auf der Rückkopplungsseite eine weitere Diode und insbesondere eine Leuchtdiode sein, die dem Spannungsabfall und den Stromfluß in eine weitere Lichtleistung umsetzt. Vorteilhafterweise ist die Leuchtdiode auf der Rückkopplungsseite eine rote Leuchtdiode, da die Flußspannung von roten Leuchtdioden niedriger ist als die von grünen oder blauen Leuchtdioden.

[0013] Das genannte Bauteil kann in Serie zu einem Ohm'schen Widerstand geschaltet sein. Der Ohm'sche Widerstand sorgt für einen gewissen. Linearanteil der Rückkopplungsseite. Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Ansteuerschaltung für eine Leuchtdiode vorgesehen, die eine Konstantstromquelle mit einem Transistor aufweist. Die Leuchtdiode ist in Serie zu einem ersten ausgangsseitigen Anschluß des Transistors geschaltet. Ein zweiter aus-

gangsseitiger Anschluß des Transistors ist dem Steueranschluß (Basis bzw. Gate) des Transistors zurückgekoppelt. Auf der Rückkopplungsseite des Transistors ist eine weitere Leuchtdiode vorgesehen.

[0014] Diese weitere Leuchtdiode kann insbesondere in Serie zu einem Ohm'schen Widerstand geschaltet sein. Vorteilhafterweise ist die weitere Leuchtdiode eine rote Leuchtdiode, deren Vorteile bereits oben erläutert wurden. Der Transistor kann ein Bipolartransistor sein. An den Steueranschluß des Transistors können insbesondere Impulsbreitenmodulierte Spannungssignale angelegt werden. Das Dimmen der wenigstens einen Leuchtdiode erfolgt dann durch eine Änderung des Tastverhältnisses und/oder der Frequenz der Impulsbreitenmodulierten (PWM) Spannungssignale an dem Steueranschluß des Transistors.

[0015] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung betrifft Maßnahmen, durch welche die Ansteuerschaltung in ihren Abmessungen möglichst kompakt gehalten werden kann. Um dies zu erreichen, besteht die Ansteuerschaltung zumindest teilweise aus einer Mehrlagenschaltung, in die passive Bauelemente - z.B. Widerstände, Leiterbahnen und dergleichen - integriert sind. Diese Integration ist insbesondere dann möglich, wenn die Leuchtdioden mit hohen Frequenzen betrieben werden, da dann in der Schaltung entsprechend niedrigere Kapazitäts- bzw. Induktivitätswerte verwendet werden können. Im vorliegenden Fall hat sich ein Frequenzbereich von 200 kHz bis 1 MHz als besonders geeignet herausgestellt. Eine durch die Frequenzerhöhung zunächst bedingte erhöhte Abstrahlung von elektromagnetischen Hochfrequenz-Feldern kann durch geeignete Abschirmmaßnahmen vermieden werden, die - aufgrund der reduzierten Abmessungen der Schaltung - einfach vorgenommen werden können.

[0016] Die Integrierung von Bauelementen kann beispielsweise durch eine mehrlagige Leiterplatten-Technik erfolgen. Vorzugsweise wird die Mehrlagenschaltung durch eine LTCC- (Low Temperature Cofired Ceramic) Struktur realisiert, welche aus mehreren übereinander angeordneten niedrig-sinternden Keramikschichten oder -folien besteht, zwischen denen sich Leiterbahnen befinden. Gegenüber der herkömmlichen Leiterplattentechnik kann mit dieser in den letzten Jahren neu entwickelten und beispielsweise aus der EP 0 581 206 A2 bekannten LTCC-Technik eine nochmalige Miniaturisierung der Schaltung erreicht werden. Dabei können neben den Leiterbahnen insbesondere auch Induktivitäten und Kapazitäten in die Mehrlagenschaltung integriert werden. Ferner bietet das Keramik-Material den Vorteil, daß es Wärme relativ gut leitet, was bedeutet, daß bei gleichem Bauvolumen größere Leistungen erzielt werden können, da Verlustwärme besser abgestrahlt wird. Vorzugsweise wird die Wärmeableitung durch Einbetten der Keramikstruktur in ein metallisches Gehäuse nochmals erhöht. Auf diese Weise kann auch eine effektive Abschirmung der von der Ansteuerschaltung in die Umgebung abgestrahlten Hochfrequenz-Felder erzielt werden.

[0017] Bei den oben genannten Frequenzen kann ein Großteil der Bauelemente der Ansteuerschaltung in die Mehrlagenschaltung integriert werden. Die verbleibenden passiven Bauelemente sowie Halbleiter-Baugruppen sind allerdings nach wie vor an der Oberfläche bzw. außerhalb der Keramikstruktur anzubringen. Um auch hierfür einen möglichst geringen Platzbedarf zu erzielen, werden die Halbleiter-Baugruppen vorzugsweise mittels der bekannten Flip-Chip- (FC) Technik auf dem Keramiksubstrat montiert. Dabei wird zwischen dem gehäuselos montierten Halbleiter sowie den Kontakten auf der Oberfläche des Trägersubstrats eine Kunststoffschicht eingebracht, die zum einen senkrecht zur Kontaktierungsebene elektrisch leitfähig und in der Kontaktierungsebene isolierend wirkt und die zum anderen die sich bei einer unterschiedlichen thermischen Ausdehnung der Halbleiterbaugruppe und des Keramiksubstrats ergebenden Spannungen aufnimmt und somit eine Zerstörung der Halbleiterbaugruppe verhindert.

[0018] Weitere Vorteile, Merkmale und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung eines Ausführungsbeispiels und Bezug nehmend auf die begleitenden Figuren der anliegenden Zeichnungen näher ersichtlich.

Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht einer Ansteuerschaltung für ein LED-Array mit Leuchtdioden (LED's) verschiedener Farben (R, G, B),

Fig. 2 zeigt eine Ansteuerschaltung gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung, bei dem auf der Rückkopplungsseite der Konstantstromquelle eine Verbesserung vorgenommen wurde, die Vorteile beim Dimmen bringt,

Fig. 3 zeigt eine Abwandlung des Ausführungsbeispieles von Figur 2,

Fig. 4 zeigt eine Ansteuerschaltung gemäß einem noch weiteren Aspekt der Erfindung,

Fig. 5a-10 zeigen die Fertigungsschritte einer Mehrlagen-Keramik- (LTCC) Struktur,

Fig. 11 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt einer LTCC-Struktur, und

Fig. 12 zeigt eine Ansteuerschaltung für eine Leuchtdiode gemäß dem Stand der Technik.

[0019] Bezug nehmend auf Figur 1 soll zuerst ein allgemeine Ansicht einer Ansteuerschaltung für LED-Arrays, d.h. genauer gesagt, von Arrays mit Leuchtdioden verschiedener Farben (R, G, B) erläutert werden. Ein AC/DC-Konverter stellt eine im wesentlichen geregelte Ausgangsspannung V+ bereit. Im ersten Ausführungs-

beispiel von Figur 1 ist für jede der verschiedenen Farben an LED's (R, G, B) eine Konstantstromquelle KSQ_R, KSQ_G, KSQ_B vorgesehen, die von einer PWM (Impulsbreitenmodulation)-Steuerschaltung PWM_R, PWM_G bzw. PWM_B angesteuert werden. Es ist auch möglich, eine Konstantstromquelle für LED-Arrays verschiedener Farben bereitzustellen. Den PWM-Steuerschaltungen PWM_R, PWM_G, PWM_B wird ein externes Steuersignal, beispielsweise von einem Bus her zugeführt, das Dimmstellungen für die verschiedenen LED-Arrays LED_R, LED_G bzw. LED_B vorgibt.

[0020] Figur 2 zeigt eine Ansteuerschaltung für wenigstens eine LED 1, die einen Operationsverstärker OP verwendet.

[0021] Der Stromfluß durch die Leuchtdiode LED1 entspricht dem Stromfluß durch den Emitterwiderstand R3.

[0022] Der Ausgang des Operationsverstärkers OP ist mit dem Steueranschluß des externen Transistors Q1 verbunden. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Ausgang des Operationsverstärkers mit der Basis eines NPN-Bipolartransistors Q1 verbunden. Durch die Rückkopplung liegt an dem Emitterwiderstand R3 die Spannungsdifferenz V_c-V_{EIN} an, so daß der Strom durch den Widerstand R3 und somit durch die Leuchtdiode LED1 (der Basisstrom ist vernachlässigbar klein)

$$I = (V_C\text{-}V_{EIN)} /R3)$$

beträgt.

[0023] Das Potential der Gegenkopplungsseite des Transistors Q1 ist durch eine Konstantstromquelle V_c angehoben. Die Potentialanhebung ist dabei wenigstens so groß wie eine durchschnittliche Offsetspannung, wie sie bei Operationsverstärkern typischerweise auftritt und liegt daher im Bereich von wenigstens etwa 2 mV.

[0024] Die Schaltung von Figur 2 hat folgende Vorteile beim Dimmen der Leuchtdiode LED mittels Impulsbreitenmodulierter Signale (PWM-Signale):

[0025] Wenn die Konstantstromquelle V_c auf der Gegenkopplungsseite des Transistors nicht vorgesehen sein würde, könnte in der Ausschaltzeit der PWM-Signale (in denen V_{ein} = 0 ist) eine Offsetspannung an den Steueranschluß (Basis des Transistors Q1) anliegen. Somit wäre der Transistor Q1, wenn auch nur sehr gering, leitend und ein geringer Strom würde auch in diesen Ausschaltphasen durch die Leuchtdiode LED1 fließen. Somit wäre die Leuchtdiode LED1 auch in den Ausschaltphasen unbeabsichtigterweise nicht ausgeschaltet. Im Ergebnis lassen sich durch die Offsetspannung somit nicht unbegrenzt kleine Dimmstufen erreichen, da die Offsetspannung ohne Vorsehen der Konstantstromquelle V_c immer für einen kleinen Stromfluß durch die Leuchtdiode LED1 sorgt.

[0026] Mittels der Konstantstromquelle V_c auf der Gegenkopplungsseite (Emitterseite) des Transistors Q1 wird das Potential auf der Gegenkopplungs (Emitter) -seite des Transistors Q1 auf ein höheres Potential als das Potential des Steueranschlusses angehoben. Im Beispiel von Figur 2 liegt somit das Potential des Emitters des Transistors Q1 auf einem höheren Potential als die Basis des Transistors Q1, so daß jeglicher Stromfluß sicher unterbunden wird (die "Diode" Basis-Emitter sperrt). Im Ergebnis wird somit in den Ausschaltphasen der PWM-Signale jeglicher Stromfluß unterbunden, so daß die Leuchtdiode LED1 sicher ausgeschaltet ist. Selbstverständlich muß die Spannung V_{ein} während der Einschaltphasen der PWM-Signale deutlich über dem Potential der Konstantspannungsquelle V_c liegen.

[0027] Figur 3 zeigt eine Abwandlung des Ausführungsbeispieles von Figur 2, bei der anstelle der Konstantspannungsquelle V_c ein elektronisches Bauteil mit nichtlinearer Strom-Spannungscharakteristik, d.h. genauer gesagt, eine Diode LED2 eingesetzt wird. Allgemein wird auf der Rückkopplungsseite des Transistors ein Bauteil verwendet, das bei Nullstrom bzw. infinitesimal kleinem Strom durch die Leuchtdiode LED1 bereits ein Anheben des Potentials an der Rückkopplungsseite bewirkt. Wie in Figur 3 gezeigt, kann dieses Bauteil eine Diode und insbesondere eine Leuchtdiode LED2 sein, die zur Steigerung der Lichterzeugung der LED-Anordnung dient. Diese weitere Leuchtdiode LED2 auf der Rückkopplungsseite des Transistors kann als vollständiger bzw. wie in Figur 3 gezeigt, teilweiser Ersatz des Stromdetektor-Widerstands R3 in der Konstantstromquelle dienen. Die zweite LED2 auf der Rückkopplungsseite des Transistors Q1 stellt sozusagen eine Stromdetektor-Leuchtdiode dar.

[0028] Durch dieses Bauteil, das bei Nullstrom oder sehr kleinem Strom einen Spannungsanhub auf der Rückkopplungsseite bewirkt, wird der Stromfluss durch die Leuchtdiode LED1 in den Auschaltphasen sicher unterdrückt.

[0029] Neben der Spannungsquelle und der Diode kommt jedes Bauteil in Frage, das im Bereich geringer Ströme einen sehr großen Widerstandswert aufweist.

[0030] Gemäß dem Aspekt der Erfindung, wie er in Figur 2 und 3 dargestellt wird, werden Restströme durch die LED 1 verhindert, die bei Konstantstromquellen KSQ mit Operationsverstärker OP in den Ausschaltphasen T_{off} der steuernden PWM-Signale, die zum Dimmen der LED-Arrays variiert werden, bedingt durch Offsetspannungen des Operationsverstärkers OP auftreten. Gerade in unteren Dimmbereichen behindern die LED-Restströme die Realisierung niedriger Dimmstufen. Zur Reduktion dieser Ströme wird gemäß der Erfindung das Emitter- bzw. Source-Potential des Bipolar- bzw. MOS-FET-Transistors mittels einer Spannungsquelle soweit angehoben, daß die Offsetspannungen des Operationsverstärkers während der Ausschaltphase T_{off} kompensiert bzw. überkompensiert werden.

[0031] Figur 4 zeigt einen weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung. Dabei wird wiederum von dem in Fi-

gur 5 dargestellten Stand der Technik ausgegangen, und insoweit sich die Bauteile gleichen, wird auf die eingehende Beschreibung von Figur 5 verwiesen. In Figur 4 ist bei einer Ansteuerschaltung mit einer Konstantstromquelle KSQ mit reiner Stromgegenkopplung (ohne Operationsverstärker OP) der Stromdetektor-Widerstand an der Rückkopplungsseite teilweise durch eine Leuchtdiode LED2 ersetzt, die einen Teil der auf der Rückkopplungsseite anfallenden Spannung in Licht umwandelt. Es wird somit die Lichtausbeute unter Verringerung der Wärmeentwicklung verbessert.

[0032] Auch wenn ein nur teilweiser Ersatz des Ohm'schen Widerstandes R2 hinsichtlich der Linearität der Rückkopplungsschleife vorteilhaft ist, kann der Stromdektektor-Widerstand R2 in der Rückkopplungsschleife alternativ auch vollständig durch die LED2 ersetzt werden.

[0033] Es bietet sich bei den Ausführungsbeispielen von Figur 3 bzw. Figur 4 an, als Leuchtdiode LED2 in der Rückkopplungsschleife eine rote Leuchtdiode zu verwenden, da die Flußspannung, d.h. der notwendige Spannungsabfall an der Diode, der minimal für eine Aussendung von Licht durch die Leuchtdiode notwendig ist, bei roten Leuchtdioden niedriger ist als bei grünen oder blauen bzw. weißen.

[0034] Im folgenden soll nunmehr auf den strukturellen Aufbau der erfindungsgemäßen Ansteuerschaltungen eingegangen werden, der sich insbesondere bei der Verwendung von Steuerfrequenzen im Bereich von 200 kHz bis 1 MHz anbietet. Für die Integrierung der passiven Bauelemente bietet sich die bereits erwähnte LTCC-Mehrlagenschaltung an. Die Herstellung einer derartigen Keramik-Mehrlagenstruktur soll nun anhand der Figuren 5a-10 erläutert werden.

[0035] Den Grundbäustein einer LTCC-Struktur bildet eine ca. 100-130 µm dicke niedrig sinternde Keramikfolie - beispielsweise aus Aluminiumoxid, das mit Glasspartikeln und weiterem Füller-Material vermischt ist - wie sie in Fig. 5a in Draufsicht gezeigt ist. Der erste Bearbeitungsschritt besteht darin, in die Keramikfolie 10 Durchkontaktierungslöcher 11 zu stanzen. Fig. 5b zeigt die entsprechend bearbeitete Keramikfolie 10 im Schnitt I-I der Fig. 5a. Vor dem Brennprozess beträgt der Durchmesser der Durchkontaktierungslöcher 11 in etwa 250 µm. Im nächsten in den Figuren 6a und 6b dargestellten Arbeitsschritt werden die Durchkontaktierungslöcher 11 dann mit einem leitfähigem Material, üblicherweise mit einer Leiterpaste, die einen relativ hohen Feststoffanteil enthält, gefüllt.

[0036] Entsprechend der gewünschten schaltungstechnischen Struktur werden dann auf die Oberseite der Keramikfolie 10 Leiterbahnen 12 aufgedruckt (Fig. 7). Dies erfolgt üblicherweise mittels Siebdruckverfahren. Dabei werden für die Durchkontaktierungen und für die Leiterbahnen Silber-, Silber/Palladium-, Gold- oder Kupferpasten verwendet. Um Durchbiegungen zu vermeiden wird die Materialzusammensetzung der Leiterpasten so gewählt, daß diese beim späteren Sintern in gleichem Maße wie die Keramikschichten 10 selbst schrumpfen.

[0037] Die eben beschriebenen Bearbeitungsschritte werden zunächst für jede Keramikfolie 10 getrennt durchgeführt. Die einzelnen Lagen gestanzter und bedruckter Keramikfolien 10 werden dann übereinander angeordnet und ausgerichtet, wie dies in Fig. 8 gezeigt ist. Anschließend werden sie in einer Pressform gestapelt und unter Zuführung von Wärme und Druck laminiert, so daß sich eine zusammenhängende Keramikstruktur bildet. Diese wird schließlich zu einer hochfesten Keramikstruktur gesintert, wobei sich - wie in Fig. 9 gezeigt ist - ein homogenes Keramiksubstrat 13 mit einem darin integrierten zusammenhängenden Leiterbahnen-Netz 14 bildet.

[0038] In dem in Fig. 10 gezeigten abschließenden Bearbeitungsschritt werden dann die nicht in die Keramikschaltung integrierbaren Bauteile, beispielsweise diverse Halbleiterbaugruppen 15 an der Oberseite des Keramiksubstrats 13 befestigt und kontaktiert. Dabei können nachträglich auch auf die Oberseite Leiterbahnen 16 aufgebracht werden. Schließlich wird der gesamte Komplex mit Anschlüssen versehen und mit einem metallischen Gehäuse umgeben, das zum einen die Wärmeableitung erhöht und zum anderen die während des Betriebs entstehenden hochfrequenten elektromagnetischen Felder abschirmt.

[0039] Fig. 11 zeigt nochmals in vergrößerter Darstellung einen Bereich der LTCC-Struktur im Schnitt. Dabei sind noch die Trennlinien zwischen den einzelnen ursprünglichen Keramikschichten eingezeichnet, auch wenn sich - wie zuvor beschrieben - nach dem Laminieren und Sintern eine homogene Keramikstruktur 13 bildet. Wie auf der rechten Seite der Abbildung zu sehen ist, können sich dabei die vertikal verlaufenden Leiterbahnen 11, die durch die im ersten Verfahrensschritt herausgestanzten Durchkontaktierungslöcher gebildet werden, auch über mehrere Ebenen erstrecken. Der wesentliche Vorteil der Verwendung einer LTCC-Struktur besteht darin, daß nicht nur Leiterbahnen 11 bzw. 12 sondern auch andere passive Bauelemente in die Mehrlagenschaltung integriert werden können. Im Rahmen des in Fig. 7 gezeigten Bearbeitungsschrittes können neben der Leiterpaste für die allgemeinen Leiterbahnen 12 beispielsweise auch andere Materialien mit bestimmter Leitfähigkeit auf die Oberseite einer einzelnen Keramikschicht 10 aufgebracht werden, so daß auf diese Weise ein Widerstand 21 vollkommen in die Keramikstruktur 13 integriert werden kann. Neben den üblichen Durchkontaktierungslöchern 11 können aber beispielsweise auch größere vertikal verlaufende Löcher in eine Keramikschicht 10 eingestanzt werden. Diese können dann mit einem Material 20 mit einer bestimmten Dielektrizitätskonstante gefüllt werden, so daß durch die in Fig. 11 gezeigten Schichtanordnung Leiterbahn - Dielektrikum 20 - Leiterbahn in das Keramiksubstrat 13 integrierte Kapazitäten realisiert werden können.

[0040] Ferner könnte eine Induktivität innerhalb der Keramikstruktur 13 durch eine auf eine einzelne Keramikschicht 10 aufgedruckte spiralenartige Leiterbahn realisiert werden.

[0041] Denkbar wäre allerdings auch, die verschiedenen Wicklungen der Induktivität auf mehrere Leiterbahn-Ebenen zu verteilen. Derartige Strukturen werden auch als planare Induktivitäten bezeichnet. Zur Erhöhung der Induktivität, könnte ferner auch eine Öffnung oder Ausnehmung in dem Keramiksubstrat 13 vorgesehen werden, die mit einem geeigneten Kern-Material, beispielsweise Ferrit, gefüllt wird.

[0042] Für die in die Mehrlagenschaltung integrierten Bauelemente können nur Induktivitätsund Kapazitätswerte bis zu einer bestimmten Höhe erreicht werden. Diese Werte sind allerdings für einen ordnungsgemäßen Betrieb der erfindungsgemäßen Ansteuerschaltung bei Frequenzen im Bereich zwischen 200 kHz und 1 MHz ausreichend.

[0043] Allerdings können bei der LTCC-Technik nicht sämtliche Bauelemente der Ansteuerschaltung in die Mehrlagenschaltung 13 integriert werden. Beispielsweise wird der Operationsverstärker durch eine Halbleiter-Baugruppe 15 gebildet, die nicht in die Keramikschicht 13 integriert werden kann. Vorzugsweise werden dann solche Halbleiter-Baugruppen 15 an der Oberseite der Mehrlagenschaltung 13 mittels Flip-Chip-Technik kontaktiert. Dabei wird zwischen die Oberseite des Keramiksubstrats 13 und die ungehäuste Halbleiterschaltung 15 ein anisotrop elektrisch leitender Kunststoff eingebracht, der senkrecht zur Flip-Chip-Kontaktierungsebene elektrisch leitfähig und in der Kontaktierungsebene isolierend wirkt. Als elektrisch leitende Partikel enthält der Kunststoff beispielsweise unregelmäßig geformte Metallstückchen oder aber auch kleinere Kügelchen oder Fasern, welche eine Kontaktierung zwischen den Oberflächenkontakten 18 des Keramiksubstrats 13 und den Anschlußpads 17 der Halbleiterbaugruppe 15 bewirken. Ferner nimmt dieser Kunststoff 18 auch Spannungen auf, die sich durch eine unterschiedlich thermische Ausdehnung des Keramikmaterials und der Halbleiterbaugruppe 15 ergeben können. Diese Flip-Chip-Technik ermöglicht eine sehr hohe Kontaktierungsdichte, so daß sie ebenfalls zu einer Volumenreduzierung des gesamten Schaltung beiträgt. Auch die Leuchtdioden selbst können mit dieser Technologie auf die Oberseite der Mehrlagenschaltung 15 aufgebracht werden. Selbstverständlich können auch Widerstände 22 oder Induktivitäten der Schaltung als diskrete Teile an der Oberfläche angeordnet werden.

[0044] Durch die vorliegende Erfindung werden somit bei Ansteuerschaltungen für LED's mit Konstantstromquellen Verbesserungen auf der Rückkopplungsseite des Transistors der Konstantstromquelle vorgenommen, wobei durch zuletzt beschriebenen Weiterbildungen eine Ansteuerschaltung mit äußerst kompakten Abmessungen realisiert werden kann.

Patentansprüche

1. Ansteuerschaltung für wenigstens eine Leuchtdiode (LED1), aufweisend eine Konstantstromquelle (KSQ) die einen Operationsverstärker (OP) aufweist, dessen Ausgang mit dem Steueranschluß eines Transistors (Q1) verbunden ist, wobei die Leuchtdiode (LED1) mit einem ersten ausgangsseitigen Anschluss des Transistors (Q1) in Serie geschaltet ist und ein zweiter ausgangsseitiger Anschluß des Transistors (Q1) zu dem invertierenden Eingang des Operationsverstärker (OP) zurückgekoppelt ist,
   dadurch gekennzeichnet,
   daß auf der Rückkopplungsseite des Transistors (Q1) ein Bauteil (Vc, LED2) vorgesehen ist, daß das Potential der Rückkopplungsseite des Transistors (Q1) wenigstens um den Wert einer Offsetspannung des Operationsverstärkers (OP) anhebt, wenn durch die Leuchtdiode (LED1) kein bzw. nur ein infinitesimaler Strom fließt.

2. Ansteuerschaltung nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet,
   daß das Bauteil eine Spannungsquelle (Vc) ist.

3. Ansteuerschaltung nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet,
   daß das Bauteil eine weitere Diode (LED2) ist.

4. Ansteuerschaltung nach Anspruch 3,
   dadurch gekennzeichnet,
   daß die Diode eine Leuchtdiode (LED2).

5. Ansteuerschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet,
   daß das Bauteil in Serie mit einem Ohm'schen Widerstand (R3) geschaltet ist.

6. Ansteuerschaltung für eine Leuchtdiode,
   aufweisend eine Konstantstromquelle mit einem Transistor (Q1), wobei die Leuchtdiode (LED1) in Serie zu einem ersten ausgangsseitigen Anschluss des Transistors (Q1) geschaltet ist und ein zweiter ausgangsseitiger Anschluß des Transistors (Q1) zu dem Steueranschluß des Transistors (Q1) zurückgekoppelt ist,
   dadurch gekennzeichnet,
   daß auf der Rückkopplungsseite des Transistors (Q1) eine weitere Leuchtdiode (LED2) vorgesehen ist.

7. Ansteuerschaltung nach Anspruch 6,
   dadurch gekennzeichnet,
   daß die weitere Leuchtdiode (LED2) in Serie zu einem Ohm'schen Widerstand (R2) geschaltet ist.

8. Ansteuerschaltung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß die weitere Leuchtdiode eine rote Leuchtdiode (LED2) ist.

9. Ansteuerschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Transistor ein Bipolartransistor (Q1) ist.

10. Ansteuerschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß an dem Steueranschluß des Transistors(Q1) Impulsbreitenmodulierte (PWM) Spannungssignale angelegt sind.

11. Ansteuerschaltung nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Spannungssignale Frequenzen im Bereich zwischen 200 kHz und 1 MHz aufweisen.

12. Ansteuerschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß diese mindestens eine Mehrlagenschaltung (13) aufweist, in die passive Bauelemente (20, 21) der Ansteuerschaltung integriert sind.

13. Ansteuerschaltung nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Mehrlagenschaltung aus mehreren übereinander angeordneten Leiterplatten besteht, an deren Ober- und/oder Unterseiten Leiterbahnen aus einem leitfähigen Material aufgebracht sind und die zum Verbinden von verschiedenen Leitungsebenen Durchkontaktierungslöcher aufweisen, die ebenfalls mit einem leitfähigen Material gefüllt sind.

14. Ansteuerschaltung nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,
daß es sich bei der Mehrlagenschaltung um eine LTCC-Struktur (13) handelt, welche aus mehreren übereinander angeordneten niedrig sinternden Keramikschichten (10) besteht, zwischen denen sich Leiterbahnen (12) befinden, wobei die Keramikschichten (10) Durchkontaktierungslöcher (11) zum Verbinden von Leiterbahnen (12) unterschiedlicher Ebenen aufweisen.

15. Ansteuerschaltung nach einem der Ansprüche 12 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Mehrlagenschaltung (13) von einem metallischen Gehäuse umgeben ist.

16. Ansteuerschaltung nach einem der Ansprüche 12 bis 15,
dadurch gekennzeichnet,
daß Halbleiterbaugruppen (15) auf der Oberfläche der Mehrlagenschaltung (13) mittels Flip-Chip-Technologie befestigt sind.

Claims

1. Control circuit for at least one light emitting diode (LED1),
having a constant current source (KSQ) which has an operational amplifier (OP) the output of which is connected with the control terminal of a transistor (Q1), wherein the light emitting diode (LED1) is connected in series with a first output-side terminal of the transistor (Q1) and a second output-side terminal of the transistor (Q1) is fed back to the inverting input of the operational amplifier (OP),
characterized in that,
on the feedback side of the transistor (Q1) there is provided a component (Vc, LED2) which raises the potential of the feedback side of the transistor (Q1) at least by the value of an offset voltage of the operational amplifier (OP) when no or only infinitesimal current flows through the light emitting diode (LED1).

2. Control circuit according to claim 1,
characterized in that,
the component is a voltage source (Vc).

3. Control circuit according to claim 1,
characterized in that,
the component is a further diode (LED2).

4. Control circuit according to claim 3,
characterized in that,
the diode is a light emitting diode (LED2).

5. Control circuit according to any preceding claim,
characterized in that,
the component is connected in series with an ohmic resistance (R3).

6. Control circuit for a light emitting diode,
having a constant current source with a transistor (Q1), wherein the light emitting diode (LED1) is connected in series to a first output-side terminal of the transistor (Q1) and a second output-side terminal of the transistor (Q1) is fed back to the control terminal of the transistor (Q1),
characterized in that,
on the feedback side of the transistor (Q1) there is provided a further light emitting diode (LED2).

7. Control circuit according to claim 6,
characterized in that,
the further light emitting diode (LED2) is connected

in series with an ohmic resistance (R2).

8. Control circuit according to claim 6, **characterized in that**, the further light emitting diode is a red light emitting diode (LED2).

9. Control circuit according to any preceding claim, **characterized in that**, the transistor is a bipolar transistor (Q1).

10. Control circuit according to any preceding claim, **characterized in that**, there are applied to the control terminal of the transistor (Q1) pulse width modulated (PWM) voltage signals.

11. Control circuit according to claim 10, **characterized in that**, the voltage signals have frequencies in the range between 200 kHz and 1 MHz.

12. Control circuit according to any preceding claim, **characterized in that**, this has at least one multi-layer circuit (13) in which passive components (20, 21) of the control circuit are integrated.

13. Control circuit according to claim 12, **characterized in that**, a multi-layer circuit consists of a plurality of circuit boards arranged above one another, to the upper and/or lower sides of which conductor paths of a conductive material are applied and which for connecting different conductor planes have through contact holes which are likewise filled with a conductive material.

14. Control circuit according to claim 12, **characterized in that**, the multi-layer circuit is an LTCC structure (13) which is of a plurality of low temperature sintering ceramic layers (10) arranged above one another, between which conductor paths (12) are located, wherein the ceramic layers (10) have through contact holes (11) for connecting conductor paths (12) of different planes.

15. Control circuit according to any of claims 12 to 14, **characterized in that**, the multi-layer circuit (13) is surrounded by a metallic housing.

16. Control circuit according to any of claims 12 to 15, **characterized in that**, the semiconductor component groups (15) on the surface on the multi-layer circuit (13) are attached by means of flip-chip technology.

Revendications

1. Circuit de commande d'au moins une diode électroluminescente (LED1), comportant une source de courant constant (KSQ) qui comporte un amplificateur opérationnel (OP) dont la sortie est reliée à la borne de commande d'un transistor (Q1), la diode électroluminescente (LED1) étant montée en série avec une première borne de sortie du transistor (Q1) et une deuxième borne de sortie du transistor (Q1) étant relié en rétroaction à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel (OP), **caractérisé en ce que**

un composant (Vc, LED2) est prévu du côté de la rétroaction du transistor (Q1),

le potentiel du côté de la rétroaction du transistor (Q1) étant augmenté au moins de la valeur d'une tension de décalage de l'amplificateur opérationnel (OP) lorsque la diode électroluminescente (LED1) n'est traversée par aucun courant resp. n'est traversée que par un courant infinitésimal.

2. Circuit de commande selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le composant est une source de tension (Vc).

3. Circuit de commande selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le composant est une autre diode (LED2).

4. Circuit de commande selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la diode est une diode électroluminescente (LED2).

5. Circuit de commande selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le composant est monté en série avec une résistance ohmique (R3).

6. Circuit de commande d'une diode électroluminescente comportant une source de courant constant avec un transistor (Q1), la diode électroluminescente (LED1) étant montée en série avec une première borne de sortie du transistor (Q1) et une deuxième borne de sortie du transistor (Q1) étant reliée en rétroaction à la borne de commande du transistor (Q1), **caractérisé en ce qu'**une autre diode électroluminescente (LED2) est prévue du côté de la rétroaction du transistor (Q1).

7. Circuit de commande selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** l'autre diode électroluminescente (LED2) est montée en série avec une résistance ohmique (R2).

8. Circuit de commande selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** l'autre diode électroluminescente est une diode électroluminescente rouge

(LED2).

9. Circuit de commande selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le transistor est un transistor bipolaire (Q1).

10. Circuit de commande selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** des signaux de tension modulés en largeur d'impulsion (PWM) sont appliqués à la borne de commande du transistor (Q1).

11. Circuit de commande selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** les signaux de tension ont des fréquences comprises entre 200 kHz et 1 MHz.

12. Circuit de commande selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** celui-ci comporte au moins un circuit multicouche (13) dans lequel sont intégrés des composants passifs (20, 21) du circuit de commande.

13. Circuit de commande selon la revendication 12, **caractérisé en ce qu'**un circuit multicouche est constitué de plusieurs cartes de circuits imprimés qui sont disposées les unes sur les autres, dont la face supérieure et/ou inférieure est dotée de pistes conductrices en matière conductrice et qui comportent des trous traversants de contact également remplis de matière conductrice et destinés à relier différents plans de conduction.

14. Circuit de commande selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le circuit multicouche est une structure LTCC (13) qui est constituée de plusieurs couches de céramique (10), faiblement frittées et disposées les unes sur les autres, entre lesquelles se trouvent des pistes (12) conductrices, les couches de céramique (10) comportant des trous traversants de contact (11) destinés à relier des pistes conductrices (12) se trouvant dans des plans différents.

15. Circuit de commande selon l'une des revendications 12 à 14, **caractérisé en ce que** le circuit multicouche (13) est entouré par un boîtier métallique.

16. Circuit de commande selon l'une des revendications 12 à 15, **caractérisé en ce que** des modules semi-conducteurs (15) sont fixés à la surface du circuit multicouche (13) par la technologie à protubérances.

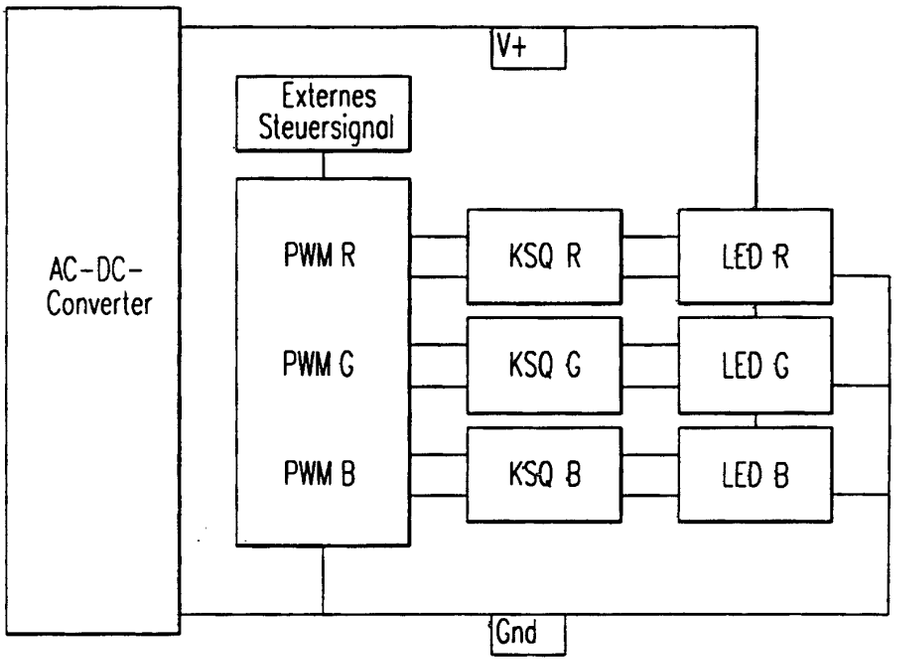
AC-DC-
Converter
V+
Externes
Steuersignal
PWM R
PWM G
PWM B
KSQ R
KSQ G
KSQ B
LED R
LED G
LED B
Gnd

Fig. 1

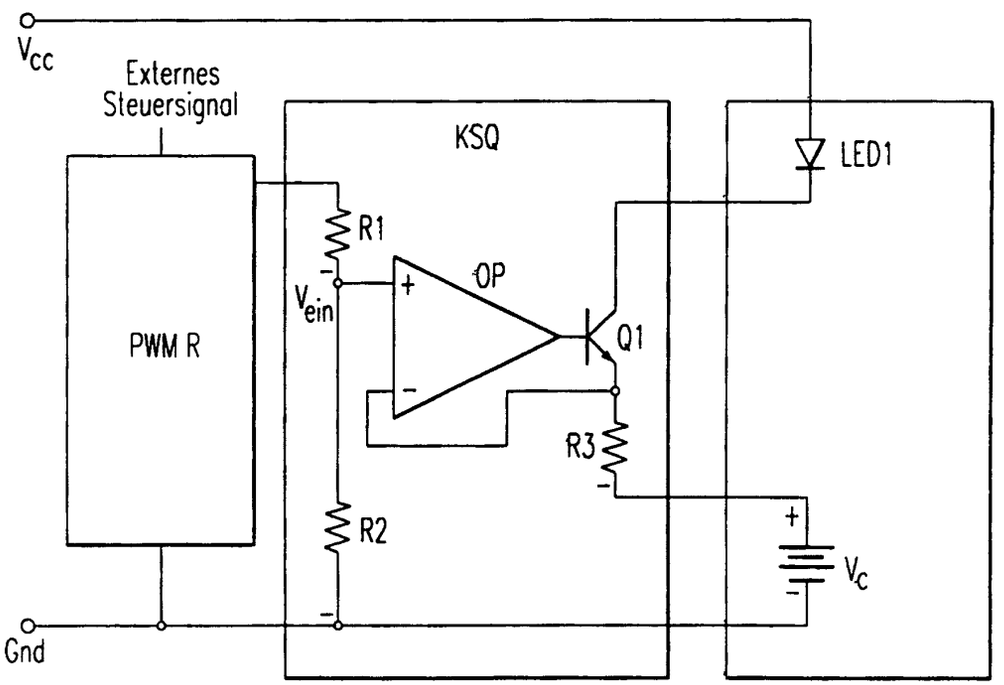
Vcc
Externes
Steuersignal
PWM R
KSQ
R1
Vein
OP
Q1
R3
R2
LED1
Vc
Gnd

Fig. 2

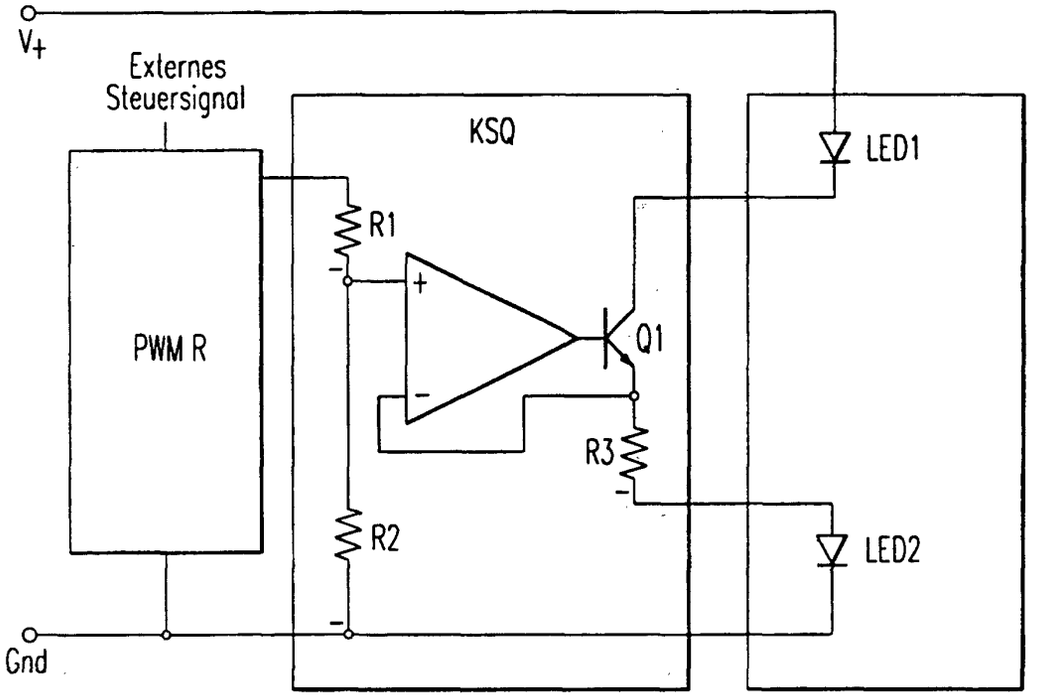
V+
Externes
Steuersignal
PWM R
KSQ
R1
R2
Q1
R3
LED1
LED2
Gnd

Fig. 3

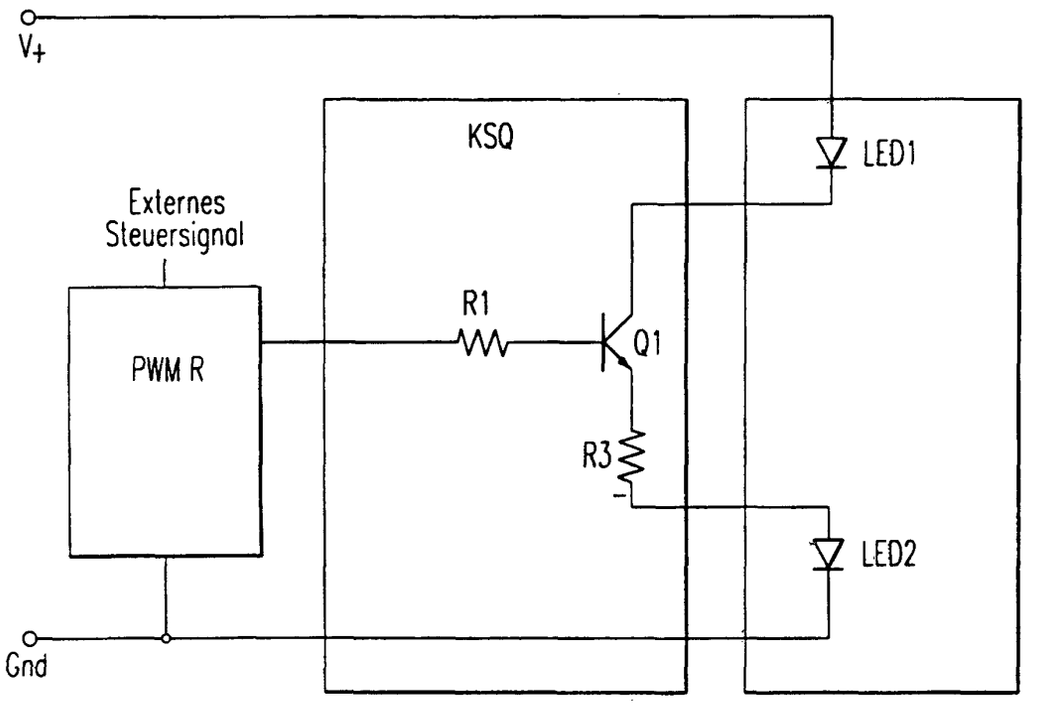
V+
KSQ
LED1
Externes
Steuersignal
R1
Q1
PWM R
R3
LED2
Gnd

Fig. 4

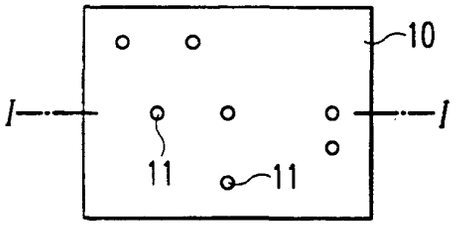

Fig. 5a

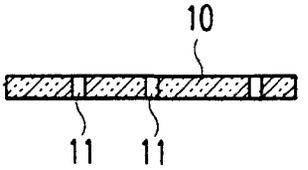

Fig. 5b

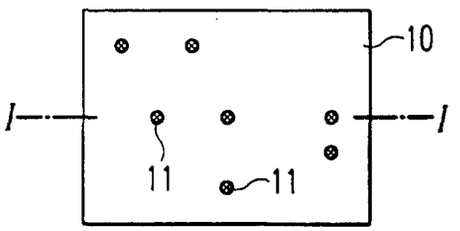

Fig. 6a

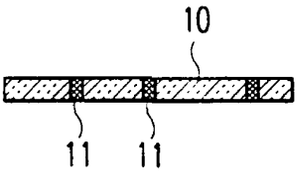

Fig. 6b

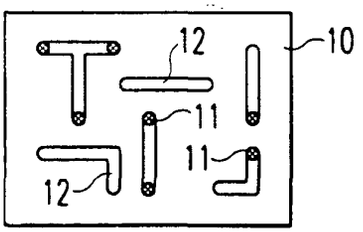

Fig. 7

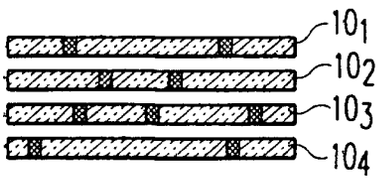

Fig. 8

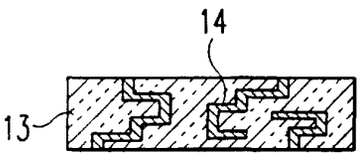

Fig. 9

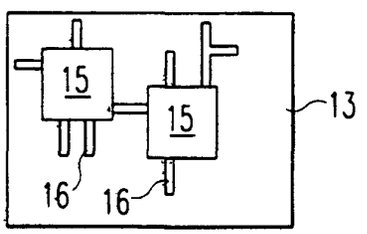

Fig. 10

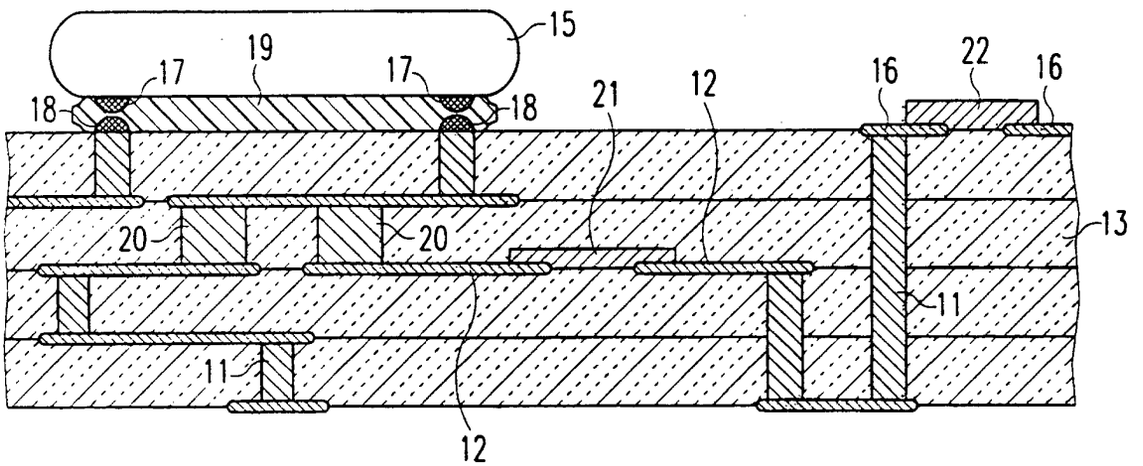

Fig. 11

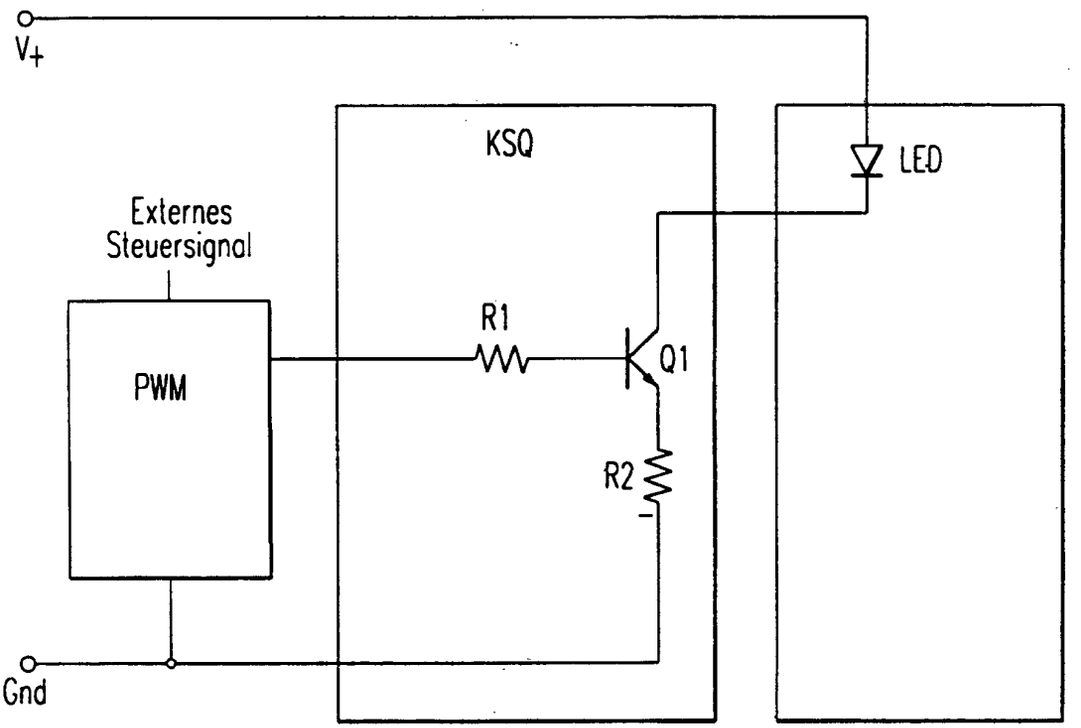

Fig. 12
Stand der Technik