



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104507227 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 08

(21) 申请号 201410789914. 0

(22) 申请日 2014. 12. 17

(71) 申请人 东莞市纳川盈海照明有限公司
地址 523000 广东省东莞市黄江镇梅塘社区
田心聚龙工业园 F 栋第 1、4、5 层

(72) 发明人 何志亮

(74) 专利代理机构 广州三环专利代理有限公司
44202
代理人 张艳美 郝传鑫

(51) Int. Cl.
H05B 37/02(2006. 01)
H02M 7/217(2006. 01)

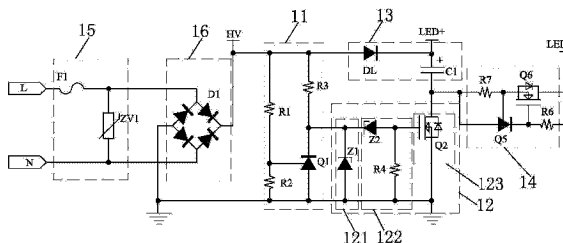
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

无变压器的恒流电源电路

(57) 摘要

本发明公开了一种无变压器的恒流电源电路,包括比较电路、开关电路以及充放电电路,充放电电路包括二极管和电容,二极管的阳极与整流后的市电连接,二极管的阴极与电容的正极以及LED灯带的正端连接,电容的负极与LED灯带的负端以及开关电路的一端连接,比较电路的两输入端分别与整流后的市电以及参考电压连接,比较电路的输出端与开关电路的另一端连接。与现有技术相比,本发明无变压器的恒流电源电路实现了当整流后的市电 HV 小于参考电压时由整流后的市电 HV 为电容 C1 充电并向 LED 灯带供电,以及在整流后的市电 HV 大于参考电压时由电容 C1 以参考电压向 LED 灯带供电,且电路中省去了大体积的电感等,从而降低了成本,减小了电路体积,且不存在 EMC 问题。



1. 一种无变压器的恒流电源电路,其特征在于,包括比较电路、开关电路以及充放电电路,所述充放电电路包括二极管和电容,所述二极管的阳极与整流后的市电连接,所述二极管的阴极与所述电容的正极以及 LED 灯带的正端连接,所述电容的负极与所述 LED 灯带的负端以及所述开关电路的一端连接,所述比较电路的两输入端分别与整流后的市电以及参考电压连接,所述比较电路的输出端与所述开关电路的另一端连接,所述整流后的市电小于所述参考电压时所述比较电路输出高电平而使所述开关电路导通进而所述整流后的市电为所述电容 C1 充电并向所述 LED 灯带供电,所述整流后的市电大于所述参考电压时所述比较电路输出低电平而使所述开关电路截止进而所述电容 C1 以所述参考电压向所述 LED 灯带供电。

2. 如权利要求 1 所述的无变压器的恒流电源电路,其特征在于,所述比较电路包括 TL431 芯片 Q1、电阻 R1、电阻 R2 以及电阻 R3,所述电阻 R1 以及电阻 R2 对所述整流后的市电进行分压而产生所述参考电压,所述参考电压与所述 TL431 芯片 Q1 的参考极连接,所述 TL431 芯片 Q1 的阳极接地,所述 TL431 芯片 Q1 的阴极通过所述电阻 R3 与所述整流后的市电连接,且所述 TL431 芯片 Q1 的阴极与所述开关电路连接。

3. 如权利要求 2 所述的无变压器的恒流电源电路,其特征在于,所述开关电路包括一级稳压单元和开关管单元,所述一级稳压单元包括稳压二极管 Z1,所述稳压二极管 Z1 的阴极与所述 TL431 芯片 Q1 的阴极以及所述开关管单元连接,所述稳压二极管 Z1 的阳极接地,所述稳压二极管 Z1 在所述整流后的市电小于所述参考电压时截止而输出第一稳压值至所述开关管单元以使所述开关管单元导通,且在所述整流后的市电大于所述参考电压时导通而输出低电平至所述开关管单元以使所述开关管单元截止。

4. 如权利要求 3 所述的无变压器的恒流电源电路,其特征在于,所述开关电路还包括二级稳压单元,所述二级稳压单元包括电阻 R4 以及稳压二极管 Z2,所述稳压二极管 Z2 的阴极与所述稳压二极管 Z1 的阴极连接,所述稳压二极管 Z2 的阳极与所述电阻 R4 的一端以及所述开关管单元连接,所述电阻 R4 的另一端接地,其中所述稳压二极管 Z2 对应的第二稳压值小于所述稳压二极管 Z1 对应的所述第一稳压值。

5. 如权利要求 4 所述的无变压器的恒流电源电路,其特征在于,所述开关管单元包括 MOS 管 Q2,所述 MOS 管 Q2 的栅极与所述稳压二极管 Z2 的阳极连接,所述 MOS 管 Q2 的源极接地,所述 MOS 管 Q2 的漏极与所述 LED 灯带的负端连接。

6. 如权利要求 3 所述的无变压器的恒流电源电路,其特征在于,所述开关管单元包括电阻 R5、三极管 Q3 以及三极管 Q4,所述电阻 R5 的一端与所述 TL431 芯片 Q1 的阴极连接,所述电阻 R5 的另一端与所述三极管 Q3 及三极管 Q4 的集电极连接,所述三极管 Q3 的基极与所述稳压二极管 Z1 的阴极连接,所述三极管 Q3 的发射极与所述三极管 Q4 的基极连接,所述三极管 Q4 的发射极接地,且所述三极管 Q3 及三极管 Q4 的集电极与所述 LED 灯带的负端连接。

7. 如权利要求 1 所述的无变压器的恒流电源电路,其特征在于,还包括限流电路,所述限流电路的一端与所述电容的负极连接,所述限流电路的另一端与所述 LED 灯带的负端连接。

8. 如权利要求 7 所述的无变压器的恒流电源电路,其特征在于,所述限流电路包括 TL431 芯片 Q5、MOS 管 Q6、电阻 R6 以及电阻 R7,所述 TL431 芯片 Q5 的阳极和所述电阻 R7 的

一端共同连接至所述电容 C1 的负极,所述 TL431 芯片 Q5 的参考极与所述电阻 R7 的另一端以及所述 MOS 管 Q6 的源极连接,所述 TL431 芯片 Q5 的阴极与所述电阻 R6 的一端以及所述 MOS 管 Q6 的栅极连接,所述电阻 R6 的另一端和所述 MOS 管 Q6 的漏极共同连接至所述 LED 灯带的负端。

9. 如权利要求 7 所述的无变压器的恒流电源电路,其特征在于,所述限流电路包括 TL431 芯片 Q7、三极管 Q8、电阻 R8 以及电阻 R9,所述 TL431 芯片 Q7 的阳极和所述电阻 R8 的一端共同连接至所述电容 C1 的负极,所述 TL431 芯片 Q7 的参考极与所述电阻 R8 的另一端以及所述三极管 Q8 的发射极连接,所述 TL431 芯片 Q7 的阴极与所述电阻 R9 的一端以及所述三极管 Q8 的基极连接,所述电阻 R9 的另一端和所述三极管 Q8 的集电极共同连接至所述 LED 灯带的负端。

无变压器的恒流电源电路

技术领域

[0001] 本发明涉及一种恒流电源电路,更具体的涉及一种无变压器的恒流电源电路。

背景技术

[0002] 现阶段 LED 灯具多采用非隔离驱动,非隔离驱动常见的有两种方式:一种为 RC 隔离,而此种方式需要负载固定,且功率做的很低,一般为 20W 以下,不可独立做电源应用;另一种为变压器(电感)隔离,该种方式成本较高,电路复杂,且存在电磁兼容性(Electromagnetic Compatibility, EMC)问题,如需解决 EMC 问题,需增加更多的成本,电源的体积将会做的很大,不便于灯具的匹配。

[0003] 因此,急需提供一种无变压器的恒流电源电路来克服上述缺陷。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种无变压器的恒流电源电路,以适用于大功率、减小体积、降低生成成本并解决 EMC 问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供了一种无变压器的恒流电源电路,包括比较电路、开关电路以及充放电电路,所述充放电电路包括二极管和电容,所述二极管的阳极与整流后的市电连接,所述二极管的阴极与所述电容的正极以及 LED 灯带的正端连接,所述电容的负极与所述 LED 灯带的负端以及所述开关电路的一端连接,所述比较电路的两输入端分别与整流后的市电以及参考电压连接,所述比较电路的输出端与所述开关电路的另一端连接,所述整流后的市电小于所述参考电压时所述比较电路输出高电平而使所述开关电路导通进而所述整流后的市电为所述电容 C1 充电并向所述 LED 灯带供电,所述整流后的市电大于所述参考电压时所述比较电路输出低电平而使所述开关电路截止进而所述电容 C1 以所述参考电压向所述 LED 灯带供电。

[0006] 与现有技术相比,本发明无变压器的恒流电源电路通过比较电路、开关电路以及由二极管 DL 和电容 C1 组成的充放电电路,实现了当整流后的市电 HV 小于参考电压时由整流后的市电 HV 为电容 C1 充电并同时向 LED 灯带供电,以及在整流后的市电 HV 大于参考电压时由电容 C1 以参考电压向 LED 灯带供电,且电路中省去了使用大体积的电感、变压器等,从而降低了成本,减小了电路体积,且不存在 EMC 问题。

[0007] 较佳地,所述比较电路包括 TL431 芯片 Q1、电阻 R1、电阻 R2 以及电阻 R3,所述电阻 R1 以及电阻 R2 对所述整流后的市电进行分压而产生所述参考电压,所述参考电压与所述 TL431 芯片 Q1 的参考极连接,所述 TL431 芯片 Q1 的阳极接地,所述 TL431 芯片 Q1 的阴极通过所述电阻 R3 与所述整流后的市电连接,且所述 TL431 芯片 Q1 的阴极与所述开关电路连接。

[0008] 较佳地,所述开关电路包括一级稳压单元和开关管单元,所述一级稳压单元包括稳压二极管 Z1,所述稳压二极管 Z1 的阴极与所述 TL431 芯片 Q1 的阴极以及所述开关管单元连接,所述稳压二极管 Z1 的阳极接地,所述稳压二极管 Z1 在所述整流后的市电小于所述

参考电压时截止而输出第一稳压值至所述开关管单元以使所述开关管单元导通,且在所述整流后的市电大于所述参考电压时导通而输出低电平至所述开关管单元以使所述开关管单元截止。

[0009] 较佳地,所述开关电路还包括二级稳压单元,所述二级稳压单元包括电阻 R4 以及稳压二极管 Z2,所述稳压二极管 Z2 的阴极与所述稳压二极管 Z1 的阴极连接,所述稳压二极管 Z2 的阳极与所述电阻 R4 的一端以及所述开关管单元连接,所述电阻 R4 的另一端接地,其中所述稳压二极管 Z2 对应的第二稳压值小于所述稳压二极管 Z1 对应的所述第一稳压值。

[0010] 较佳地,所述开关管单元包括 MOS 管 Q2,所述 MOS 管 Q2 的栅极与所述稳压二极管 Z2 的阳极连接,所述 MOS 管 Q2 的源极接地,所述 MOS 管 Q2 的漏极与所述 LED 灯带的负端连接。

[0011] 较佳地,所述开关管单元包括电阻 R5、三极管 Q3 以及三极管 Q4,所述电阻 R5 的一端与所述 TL431 芯片 Q1 的阴极连接,所述电阻 R5 的另一端与所述三极管 Q3 及三极管 Q4 的集电极连接,所述三极管 Q3 的基极与所述稳压二极管 Z1 的阴极连接,所述三极管 Q3 的发射极与所述三极管 Q4 的基极连接,所述三极管 Q4 的发射极接地,且所述三极管 Q3 及三极管 Q4 的集电极与所述 LED 灯带的负端连接。

[0012] 较佳地,所述无变压器的恒流电源电路还包括限流电路,所述限流电路的一端与所述电容的负极连接,所述限流电路的另一端与所述 LED 灯带的负端连接。

[0013] 较佳地,所述限流电路包括 TL431 芯片 Q5、MOS 管 Q6、电阻 R6 以及电阻 R7,所述 TL431 芯片 Q5 的阳极和所述电阻 R7 的一端共同连接至所述电容 C1 的负极,所述 TL431 芯片 Q5 的参考极与所述电阻 R7 的另一端以及所述 MOS 管 Q6 的源极连接,所述 TL431 芯片 Q5 的阴极与所述电阻 R6 的一端以及所述 MOS 管 Q6 的栅极连接,所述电阻 R6 的另一端和所述 MOS 管 Q6 的漏极共同连接至所述 LED 灯带的负端。

[0014] 较佳地,所述限流电路包括 TL431 芯片 Q7、三极管 Q8、电阻 R8 以及电阻 R9,所述 TL431 芯片 Q7 的阳极和所述电阻 R8 的一端共同连接至所述电容 C1 的负极,所述 TL431 芯片 Q7 的参考极与所述电阻 R8 的另一端以及所述三极管 Q8 的发射极连接,所述 TL431 芯片 Q7 的阴极与所述电阻 R9 的一端以及所述三极管 Q8 的基极连接,所述电阻 R9 的另一端和所述三极管 Q8 的集电极共同连接至所述 LED 灯带的负端。

[0015] 通过以下的描述并结合附图,本发明将变得更加清晰,这些附图用于解释本发明的实施例。

附图说明

[0016] 图 1 为本发明无变压器的恒流电源电路第一实施例的电路图。

[0017] 图 2 为本发明无变压器的恒流电源电路第二实施例的电路图。

[0018] 图 3 为本发明无变压器的恒流电源电路第三实施例的电路图。

[0019] 图 4 为本发明无变压器的恒流电源电路第四实施例的电路图。

具体实施方式

[0020] 现在参考附图描述本发明的实施例,附图中类似的元件标号代表类似的元件。

[0021] 请参考图 1, 本发明无变压器的恒流电源电路 100 包括比较电路 11、开关电路 12 以及充放电电路 13, 充放电电路 13 包括二极管 DL 和电容 C1, 二极管 DL 的阳极与整流后的市电 HV 连接, 二极管 DL 的阴极与电容 C1 的正极以及 LED 灯带的正端连接, 电容 C1 的负极与 LED 灯带的负端以及开关电路 12 的一端连接, 比较电路 11 的两输入端分别与整流后的市电 HV 以及参考电压连接, 比较电路 11 的输出端与开关电路 12 的另一端连接, 整流后的市电 HV 小于参考电压时比较电路 11 输出高电平而使开关电路 12 导通进而整流后的市电 HV 为电容 C1 充电并向 LED 灯带供电, 整流后的市电 HV 大于参考电压时比较电路 11 输出低电平而使开关电路 12 截止进而电容 C1 以参考电压向 LED 灯带供电。

[0022] 具体的, 比较电路 11 包括 TL431 芯片 Q1、电阻 R1、电阻 R2 以及电阻 R3, 电阻 R1 以及电阻 R2 对整流后的市电 HV 进行分压而产生参考电压, 参考电压与 TL431 芯片 Q1 的参考极连接, TL431 芯片 Q1 的阳极接地, TL431 芯片 Q1 的阴极通过电阻 R3 与整流后的市电连接, 且 TL431 芯片 Q1 的阴极与开关电路 12 连接。开关电路 12 包括一级稳压单元 121 和开关管单元 123, 一级稳压单元 121 包括稳压二极管 Z1, 稳压二极管 Z1 的阴极与 TL431 芯片 Q1 的阴极以及开关管单元 123 连接, 稳压二极管 Z1 的阳极接地, 稳压二极管 Z1 在整流后的市电 HV 小于参考电压时截止而输出第一稳压值至开关管单元 123 以使开关管单元 123 导通, 且在整流后的市电 HV 大于参考电压时导通而输出低电平至开关管单元 123 以使开关管单元 123 截止。具体的, 在一实施例中, 开关管单元 123 包括 MOS 管 Q2, MOS 管 Q2 的栅极与稳压二极管 Z2 的阳极连接, MOS 管 Q2 的源极接地, MOS 管 Q2 的漏极与 LED 灯带的负端连接。

[0023] 再请参考图 1, 输入市电 V_{in} 经保护电路 15、桥式整流电路 16 进行整流后得到整流后的市电 HV, 其中保护电路 15 包括保险丝 F1 以及压敏电阻 ZV1, 压敏电阻 ZV1 在其两端的电压超出压敏电阻 ZV1 的标定值时瞬间短路以烧断保险丝 F1, 起到保护后级电路的目的。整流后的市电 HV 的电压值为输入市电 V_{in} 乘以 1.414, 如当输入市电 V_{in} 为 230V 时, 整流后的市电 HV 的电压值为 325V, 从而当输入市电 V_{in} 在 200-264V 之间变动时, 整流后的市电 HV 在 282-373V 之间波动, 波动范围较大, 导致 LED 灯带无法正常工作, 为此提出了本发明无变压器的恒流电源电路 100。

[0024] 下面以单个脉冲周期为例详细说明本发明无变压器的恒流电源电路 100 的工作原理, 其中整流后的市电 HV 为脉冲直流电, 其频率为 100Hz, 峰值为 282-373V, 假设把比较电路的参考电压设置为 280V, 即将 TL431 芯片 Q1 的检测点设置为 280V, 则:

[0025] 第一阶段: 当整流后的市电 HV 的电压值从 0V 开始上升且小于 280V 时, TL431 芯片 Q1 导通, 此时稳压二极管 Z1 截止, 稳压二极管 Z1 两端的电压 (第一稳压值) 加至 MOS 管 Q2 的 GS 极, 由于第一稳压值大于 MOS 管 Q2 的导通电压而使 MOS 管 Q2 导通, 此时整流后的市电 HV 经二极管 DL 后对电容 C1 充电, 同时为 LED 灯带供电, LED 灯带中有电流流过;

[0026] 第二阶段: 当整流后的市电 HV 的电压值上升至大于 280V 时, TL431 芯片 Q1 截止, 此时稳压二极管 Z1 导通, 稳压二极管 Z1 两端的电压加至 MOS 管 Q2 的 GS 极, 由于稳压二极管 Z1 两端的电压 (接近为 0V) 小于 MOS 管 Q2 的导通电压而使 MOS 管 Q2 截止, 此时整流后的市电 HV 不再向电容 C1 充电, 电容 C1 两端的电压接近 280V, 且电容 C1 向 LED 灯带放电, 即由电容 C1 以参考电压 (280V) 向 LED 灯带供电;

[0027] 第三阶段: 当整流后的市电 HV 的电压值下降至小于 280V 时, TL431 芯片 Q1 导通, 此时稳压二极管 Z1 截止, 稳压二极管 Z1 两端的电压 (第一稳压值) 加至 MOS 管 Q2 的 GS

极,由于第一稳压值大于 MOS 管 Q2 的导通电压而使 MOS 管 Q2 导通,此时整流后的市电 HV 经二极管 DL 后对电容 C1 充电,同时为 LED 灯带供电,LED 灯带中有电流流过。

[0028] 需要说明的是,输入市电 V_{in} 的频率是 50Hz,整流后的市电 HV 为频率为 100Hz 的脉冲直流电,结合 LED 灯带的功率为电容 C1 设置合适的值,便可得到恒定的电流,同时无变压器的恒流电源电路 100 可以集成于很小的电源模块上,选用大电流的桥式整流电路 16 及 MOS 管 Q2,并配合容量适应的电容 C1,

[0029] 无变压器的恒流电源电路 100 的功率将可做很大,使用方便,且大大降低了整体的成本。

[0030] 与现有技术相比,本发明无变压器的恒流电源电路 100,通过比较电路、开关电路以及由二极管 DL 和电容 C1 组成的充放电电路,实现了当整流后的市电 HV 小于参考电压时由整流后的市电 HV 为电容 C1 充电并同时向 LED 灯带供电,以及在整流后的市电 HV 大于参考电压时由电容 C1 以参考电压向 LED 灯带供电,且电路中省去了使用大体积的电感、变压器等,从而降低了成本,减小了电路体积,且不存在 EMC 问题。

[0031] 再请参考图 2,为本发明无变压器的恒流电源电路 100 第二实施例的电路图,其中第二实施例与第一实施例的区别在于:开关电路 12 还包括二级稳压单元 122,具体的,二级稳压单元 122 包括电阻 R4 以及稳压二极管 Z2,稳压二极管 Z2 的阴极与稳压二极管 Z1 的阴极连接,稳压二极管 Z2 的阳极与电阻 R4 的一端以及开关管单元连接,电阻 R4 的另一端接地,其中稳压二极管 Z2 对应的第二稳压值小于稳压二极管 Z1 对应的第一稳压值。工作时,当稳压二极管 Z1 截止时,稳压二极管 Z1 两端的电压再经稳压二极管 Z2 和电阻 R4 进行二次稳压,从而电阻 R4 两端的电压被施加至 MOS 管 Q2 的 GS 极,使得 MOS 管 Q2 导通;反之,当稳压二极管 Z1 导通时,稳压二极管 Z1 两端的电压接近为 0V,已经不能达到稳压二极管 Z2 的稳压值,此时稳压二极管 Z2 截止,从而电阻 R4 两端的电压变为 0V,使得 MOS 管 Q2 截止。

[0032] 再请参考图 3,为本发明无变压器的恒流电源电路 100 第三实施例的电路图,其中第三实施例与第一实施例的区别在于:第三实施例中开关管单元 123 包括电阻 R5、三极管 Q3 以及三极管 Q4,电阻 R5 的一端与 TL431 芯片 Q1 的阴极连接,电阻 R5 的另一端与三极管 Q3 及三极管 Q4 的集电极连接,三极管 Q3 的基极与稳压二极管 Z1 的阴极连接,三极管 Q3 的发射极与三极管 Q4 的基极连接,三极管 Q4 的发射极接地,且三极管 Q3 及三极管 Q4 的集电极与 LED 灯带的负端连接。工作时,当整流后的市电 HV 的电压值小于 280V 时,TL431 芯片 Q1 导通而使稳压二极管 Z1 截止,稳压二极管 Z1 两端的电压大于三极管 Q3 的导通电压,因此三极管 Q3 和三极管 Q4 导通,此时整流后的市电 HV 经二极管 DL 后对电容 C1 充电,同时为 LED 灯带供电,LED 灯带中有电流流过;反之,当整流后的市电 HV 的电压值大于 280V 时,TL431 芯片 Q1 截止而使稳压二极管 Z1 导通,稳压二极管 Z1 两端的电压接近为 0V,三极管 Q3 和三极管 Q4 截止,此时整流后的市电 HV 不再向电容 C1 充电,电容 C1 两端的电压接近 280V,且电容 C1 向 LED 灯带放电,即由电容 C1 以参考电压 (280V) 向 LED 灯带供电。

[0033] 此外,优选的,无变压器的恒流电源电路 100 还包括限流电路 14,限流电路 14 的一端与电容 C1 的负极连接,限流电路 14 的另一端与 LED 灯带的负端连接。如图 1 至图 3 所示,限流电路 14 包括 TL431 芯片 Q5、MOS 管 Q6、电阻 R6 以及电阻 R7,TL431 芯片 Q5 的阳极和电阻 R7 的一端共同连接至电容 C1 的负极,TL431 芯片 Q5 的参考极与电阻 R7 的另一端以及 MOS 管 Q6 的源极连接,TL431 芯片 Q5 的阴极与电阻 R6 的一端以及 MOS 管 Q6 的栅极

连接,电阻 R6 的另一端和 MOS 管 Q6 的漏极共同连接至 LED 灯带的负端。当 LED 灯带中有电流流经时,限流电路 14 对流经 LED 灯带的电流起限流保护作用,由于限流电路采用 TL431 芯片以及 MOS 管组成,因此可以大大降低能量损耗,提高电路的电光转换效率。

[0034] 再请参考图 4,为本发明无变压器的恒流电源电路 100 第四实施例的电路图,其中第四实施例与第三实施例的区别在于:第四实施例中限流电路 14 包括 TL431 芯片 Q7、三极管 Q8、电阻 R8 以及电阻 R9,其中 TL431 芯片 Q7 的阳极和电阻 R8 的一端共同连接至电容 C1 的负极,TL431 芯片 Q7 的参考极与电阻 R8 的另一端以及三极管 Q8 的发射极连接,TL431 芯片 Q7 的阴极与电阻 R9 的一端以及三极管 Q8 的基极连接,电阻 R9 的另一端和三极管 Q8 的集电极共同连接至 LED 灯带的负端。工作时,当 LED 灯带中有电流流经时,限流电路 14 对流经 LED 灯带的电流起限流保护作用,由于限流电路采用 TL431 芯片以及三极管管组成,因此可以大大降低能量损耗,提高电路的电光转换效率。

[0035] 需要说明的是,上述四个实施例中的开关电路 12 以及限流电路 14 还可以以其他组合方式进行配置,只要能够实现本发明的基本功能即可。

[0036] 以上结合最佳实施例对本发明进行了描述,但本发明并不局限于以上揭示的实施例,而应当涵盖各种根据本发明的本质进行的修改、等效组合。

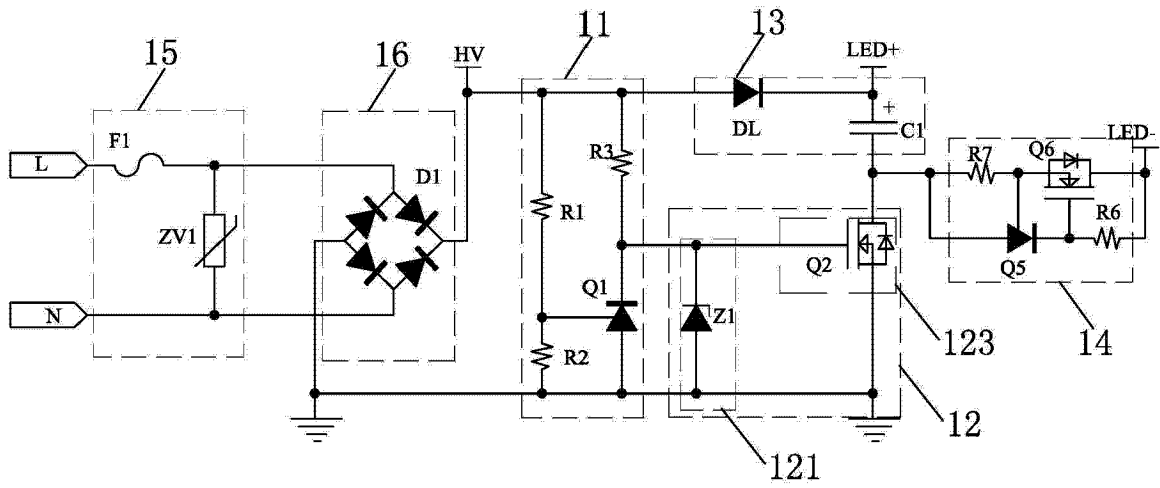


图 1

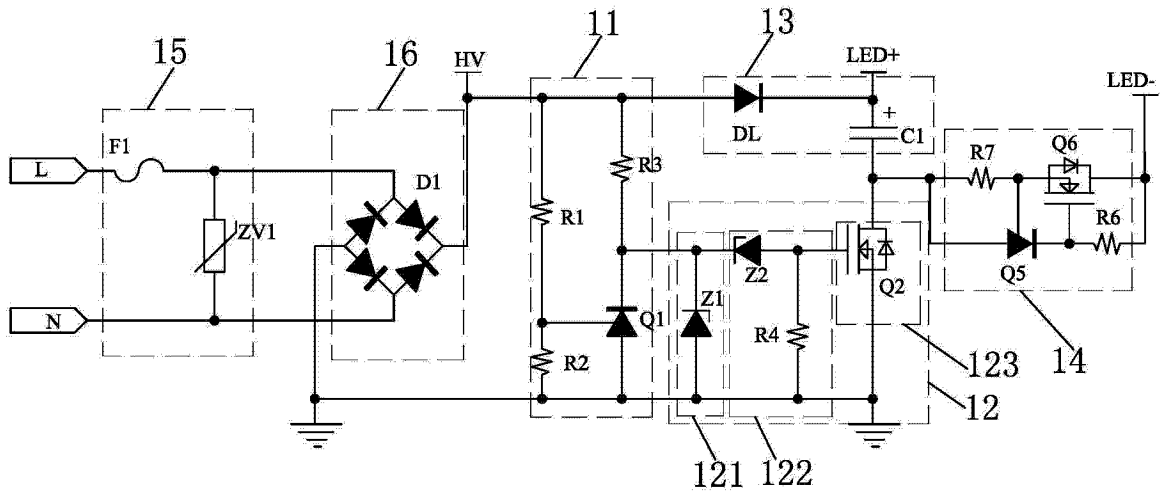


图 2

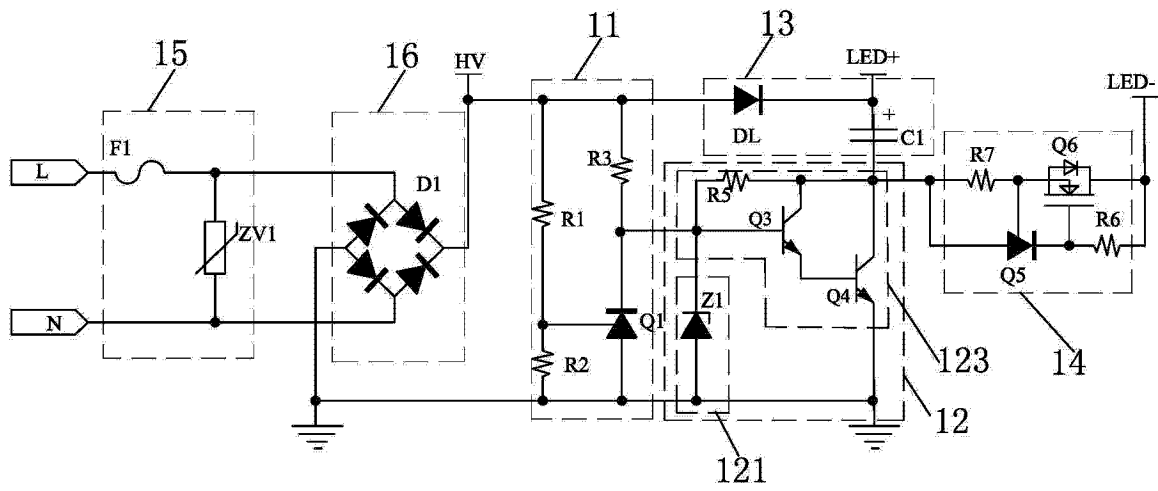


图 3

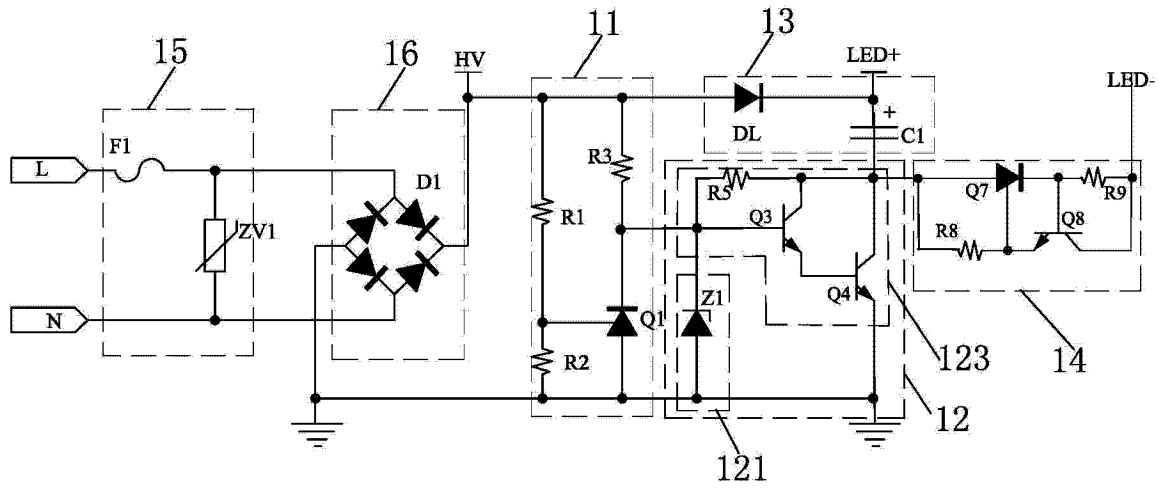


图 4