



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101969712 B

(45) 授权公告日 2015.01.14

(21) 申请号 201010216029.5

WO 2008029108 A1, 2008.03.13, 全文.

(22) 申请日 2010.06.30

CN 101204121 A, 2008.06.18,

(30) 优先权数据

审查员 刘焕玲

12/495, 170 2009.06.30 US

(73) 专利权人 凌力尔特公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 W·顾 Z·刘

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理
有限公司 11112

代理人 陈源 张天舒

(51) Int. Cl.

H05B 37/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1843061 A, 2006.10.04,

CN 1843061 A, 2006.10.04,

US 20100013409 A1, 2010.01.21,

US 20040100205 A1, 2004.05.27,

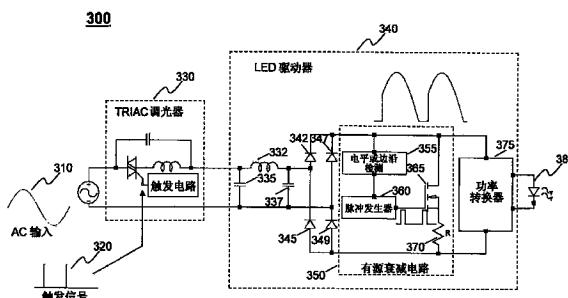
权利要求书3页 说明书4页 附图7页

(54) 发明名称

用于使离线式 LED 驱动器变暗的方法和系统

(57) 摘要

公开了使得离线式发光二极管 (LED) 驱动器变暗的设备和方法。所述设备包括：交流电三极管 (TRIAC) 调光器；和 LED 驱动器，用于接收来自 TRIAC 调光器的输出端的输入电压，使得所述 LED 驱动器的状态由所述 TRIAC 调光器来控制。所述 LED 驱动器包括有源衰减电路，所述有源衰减电路被配置成在检测到经过桥式整流的输入电压的上升沿时把由所述 TRIAC 调光器和所述 LED 驱动器引起的谐振衰减一段固定时间段。



1. 一种用于使得发光二极管驱动器变暗的系统，包括：

交流电三极管调光器；

发光二极管驱动器，用于从交流电三极管调光器的输出端接收输入电压，使得所述发光二极管驱动器的状态由所述交流电三极管调光器来控制，其中

所述发光二极管驱动器包括有源衰减电路，所述有源衰减电路包括：

检测电路，用于检测经过桥式整流的输入电压的上升沿，和

开关元件，其在检测到上升沿时打开，以把由所述交流电三极管调光器和所述发光二极管驱动器引起的谐振衰减一段固定的时间段。

2. 如权利要求 1 所述的系统，其中所述交流电三极管调光器包括电感器、电容器和交流电三极管，其中所述电容器耦接到交流电三极管，所述交流电三极管作为第一输入端连接到 AC 源的正极端，该交流电三极管还连接到用来激活所述交流电三极管调光器的触发信号源，所述电感器与所述电容器耦接并且与所述交流电三极管串联连接以提供所述交流电三极管调光器的输出。

3. 如权利要求 2 所述的系统，其中所述发光二极管驱动器还包括：

输入滤波器，其耦接到所述交流电三极管的输出和 AC 源的负极端来作为输入，该输入滤波器被配置成生成经过滤波的输出电压；

桥式整流器，其耦接到来自输入滤波器的经过滤波的输出电压和 AC 源的负极端来作为输入，该桥式整流器被配置成在第一输出端和第二输出端上产生输出；以及

功率转换器，其耦接到作为功率转换输入的第一输出端和第二输出端并且被配置成把功率转换输入转换为恒定的输出电流或电压来作为所述发光二极管驱动器的输出。

4. 如权利要求 3 所述的系统，其中所述功率转换器和所述有源衰减电路并联连接到所述桥式整流器。

5. 如权利要求 3 所述的系统，其中

所述检测电路包括电平 / 边沿检测器，其耦接到所述桥式整流器的第一输出端来接收经过桥式整流的输入电压，该电平 / 边沿检测器被配置成检测经过桥式整流的输入电压的上升沿，并且在检测到的上升沿超过某个预定电平时产生输出信号；

所述开关元件包括晶体管，其源极被提供所述经过桥式整流的输入电压；

所述有源衰减电路还包括：

脉冲发生器，其输入端耦接到所述电平 / 边沿检测器的输出信号，该脉冲发生器被配置成由所述输出信号激活来生成一个或多个脉冲，每个脉冲都具有固定持续时间，所述脉冲发生器的输出连接至所述晶体管的栅极；以及

电阻器，其一端耦接到所述晶体管的漏极，另一端耦接到所述桥式整流器的第二输出端。

6. 如权利要求 5 所述的系统，其中所述有源衰减电路中的晶体管是 MOSFET 晶体管。

7. 一种用于使得发光二极管驱动器变暗的系统，包括：

交流电三极管调光器；

发光二极管驱动器，用于接收所述交流电三极管调光器的输出来作为输入电压，使得所述发光二极管驱动器的状态由所述交流电三极管调光器来控制，其中

所述发光二极管驱动器包括有源衰减电路，所述有源衰减电路包括：

检测电路,用于检测经过桥式整流的输入电压的上升沿,和开关元件,其在检测到上升沿时打开,以将由所述交流电三极管调光器和所述发光二极管驱动器引起的谐振衰减一段可调节的时间段。

8. 如权利要求 7 所述的系统,其中所述发光二极管驱动器还包括:

输入滤波器,其耦接到所述交流电三极管调光器的输出和 AC 源的负极端来作为输入,被配置成生成经过滤波的输出电压;

桥式整流器,其耦接到来自输入滤波器的经过滤波的输出电压和 AC 源的负极端来作为输入,该桥式整流器被配置成在第一输出端和第二输出端上产生输出;以及

功率转换器,其耦接到作为功率转换输入的第一输出端和第二输出端并且被配置成把功率转换输入转换为恒定的输出电流或电压来作为所述发光二极管驱动器的输出。

9. 如权利要求 8 所述的系统,其中

所述检测电路包括:电平 / 边沿检测器,其被配置成检测在所述桥式整流器的第一输出端上接收的经过桥式整流的输入电压的上升沿,并且在检测到的上升沿超过某个预定电平时产生输出信号;

所述开关元件包括晶体管,其源极被提供所述经过桥式整流的输入电压;

所述有源衰减电路还包括:

脉冲发生器,其输入端耦接到所述电平 / 边沿检测器的输出信号,该脉冲发生器被配置成由所述输出信号激活来生成一个或多个脉冲,每个脉冲都具有固定宽度;

子电路,其第一端连接到所述脉冲发生器的输出,第二端连接至所述晶体管的栅极,所述子电路包括:第二电阻器,其第一端连接到所述脉冲发生器的输出,并且其第二端连接到所述晶体管的栅极,其中所述第二电阻器为可变电阻器;二极管和第三电阻器,它们彼此串联连接,所述二极管的负极端连接到所述第三电阻器的第一端;

第一电阻器,其第一端耦接到所述晶体管的漏极,并且其另一端耦接到所述桥式整流器的第二输出端;以及

电容器,其连接到所述晶体管的栅极和漏极。

10. 如权利要求 9 所述的系统,其中,

串联连接的二极管和第三电阻器与所述第二电阻器并联连接,所述二极管的正极端连接到所述第二电阻器的第一端,且所述第三电阻器的第二端连接到所述第二电阻器的第二端,

所述第二电阻器的电阻被调节来改变所述晶体管的栅极处的脉冲的下降沿,从而动态调节谐振被衰减的时间段。

11. 如权利要求 10 所述的系统,其中在所述第二电阻器的电阻增大时,用于对谐振进行衰减的时间长度相应地增长。

12. 如权利要求 8 所述的系统,其中所述有源衰减电路包括:

电平 / 边沿检测器,其耦接到所述桥式整流器的第一输出端来接收经过桥式整流的输入电压,该电平 / 边沿检测器被配置成检测经过桥式整流的输入电压的上升沿,并且在检测到的上升沿超过某个预定电平时产生输出信号;

脉冲发生器,其第一输入端耦接到所述电平 / 边沿检测器的输出信号,该脉冲发生器被配置成由所述输出信号激活来生成一个或多个脉冲,每个脉冲都具有可调节宽度;

接通时间调节电路,其输入端连接到调节控制信号并且被配置成生成传送给所述脉冲发生器的第二输入端的控制信号来控制所述一个或多个脉冲的宽度;

晶体管,其栅极连接到来自所述脉冲发生器的所述一个或多个脉冲,其源极连接到经过桥式整流的输入电压;以及

电阻器,其一端耦接到所述晶体管的漏极,另一端耦接到所述桥式整流器的第二输出端。

13. 如权利要求 9 或 12 所述的系统,其中所述晶体管是 MOSFET 晶体管。

14. 一种用于使得发光二极管驱动器变暗的方法,包括步骤:

提供交流电三极管调光器的输出作为发光二极管驱动器的输入;

根据由所述交流电三极管调光器生成的输入电压来控制所述发光二极管驱动器的状态,其中

所述发光二极管驱动器检测经过桥式整流的输入电压的上升沿,并且在检测到上升沿时打开开关元件,以将由所述交流电三极管调光器和所述发光二极管驱动器引起的谐振有源地衰减一段固定的时间段。

15. 如权利要求 14 所述的方法,其中所述有源地衰减步骤包括:

在检测到的上升沿超过某个预定电平时产生输出信号;

在接收到输出信号时,生成一个或多个脉冲,每个脉冲都具有固定持续时间;

在所述一个或多个脉冲的高电平状态期间,对所述谐振进行衰减。

16. 如权利要求 14 所述的方法,其中所述有源地衰减步骤包括:

在检测到的上升沿超过某个预定电平时产生输出信号;

在接收到输出信号时,生成一个或多个脉冲,每个脉冲都具有可调节的下降沿;

在每个脉冲的上升沿期间以及在每个脉冲的下降沿都降到预定值以下之前,自适应地对所述谐振进行衰减,其中

调节所述一个或多个脉冲的下降沿的斜度从而改变所述谐振被衰减的持续时间。

17. 如权利要求 14 所述的方法,其中所述有源地衰减步骤包括:

在检测到的上升沿超过某个预定电平时产生输出信号;

在接收到输出信号时,生成一个或多个脉冲,每个脉冲都具有可调节的宽度;

在每个脉冲的上升沿和每个脉冲的下降沿之间,自适应地衰减所述谐振,其中

调节所述一个或多个脉冲的宽度从而改变所述谐振被衰减的持续时间。

用于使离线式 LED 驱动器变暗的方法和系统

技术领域

[0001] 本公开涉及用于模拟电路的方法和系统。更具体地说，本公开涉及用于发光二极管 (LED) 驱动器的方法和系统以及结合了所述方法和系统的电路和系统。

背景技术

[0002] 在现代社会中对发光装置的使用是普遍存在的。这种发光装置很耗电。为了节省电力消耗，进行过各种尝试来研发耗电少的发光装置或者能用来根据需要调节发光亮度进而调节电力使用水平的控制装置。例如，相比较其他传统的灯，已经研发耗电少了很多的 LED 灯。另外，还研发出能操作来动态调节亮度水平的调光装置。例如，在夜间可以把家里卧室的光线调暗以节省能量。然而，由于 LED 驱动器中存在谐振，因此无法将目前市场上可用的调光装置用于 LED 灯，使得调光特性更多地变得一种问题而非解决方案。

[0003] 例如，交流电三极管 (TRIAC) 调光器是公知技术。然而，在触发之后，TRIAC 调光器需要最小保持电流。如果电流下降到该水平以下或变成负值，则 TRIAC 调光器将被关断。典型 LED 驱动器的输入滤波器与线路电感的谐振特点无疑能导致线路电流的反向，这使得 TRIAC 在触发之后很快失去导电性。在这种情况下，TRIAC 调光器会进入到无序操作状态并且结果导致灯仅仅是在闪光而非变暗。

[0004] 图 1 示出了典型的 TRIAC 电流波形，其导致这样的一种情况，在 TRIAC 电流小于最小需要的电平 150 时，由于谐振的存在，TRIAC 调光器可能会被临时关断。如图所示，当 TRIAC 调光器在 100 处被触发（接通）时，TRIAC 电流在 110 处达到最高电平。在 TRIAC 电流最终变成 140 处所示的稳定值之前，TRIAC 电流由于谐振的原因会波动到例如 120 和 130 处所示的更低电平。在 130 处，TRIAC 电流电平变成小于最小需要电平 150，并且 TRIAC 调光器将被关断直到 TRIAC 电流返回到高于阈值 150 的电平为止。

[0005] 解决这一问题的一种典型传统方案是把衰减电路（例如 RC 类型或 RCD 类型无源衰减电路）引入谐振回路以防止线路电流变为负值。图 2(现有技术) 示出了这样一种 RC 类型衰减电路 260，其用在 LED 电路 220 中来对现有谐振进行衰减从而防止 TRIAC 调光器 215 被临时关断。这种传统方案包括 TRIAC 调光器 215(212、213、217 和 218)，其获得 AC 输入 205 并且通过触发电路 218 生成触发电信号 210。TRIAC 调光器 215 与由 TRIAC 调光器 215 控制的 LED 驱动器 220 相连。LED 驱动器 220 包括输入滤波器 (225、230、235)、桥式整流器 (240、245、250、255)、无源衰减电路 260(包括 265 和 270)、功率转换器 275 和把输出电流转换成光的二极管 280。

[0006] 存在与图 2(现有技术) 所示的无源衰减电路相关的许多不足。该方案引起衰减电路自身的高功率消耗，造成低效率以及由于 LED 驱动器上的较高温度所引起的较短寿命。另一不足在于 RC 或 RCD 衰减电路 260 中的电容器 270 使得功率因数校正 (PFC) LED 驱动器中的输入电流的正弦波形失真，由此降低了功率因数。

发明内容

[0007] 根据本发明的一个方面，提供了一种用于使得发光二极管驱动器变暗的系统，包括：交流电三极管调光器；发光二极管驱动器，用于从交流电三极管调光器的输出端接收输入电压，使得所述发光二极管驱动器的状态由所述交流电三极管调光器来控制，其中所述发光二极管驱动器包括有源衰减电路，所述有源衰减电路被配置成在检测到经过桥式整流的输入电压的上升沿时把由所述交流电三极管调光器和所述发光二极管驱动器引起的谐振衰减一段固定的时间段。

[0008] 根据本发明的第二方面，提供了一种使得发光二极管驱动器变暗的系统，包括：交流电三极管调光器；发光二极管驱动器，用于接收所述交流电三极管调光器的输出来作为输入电压，使得所述发光二极管驱动器的状态由所述交流电三极管调光器来控制，其中所述发光二极管驱动器包括有源衰减电路，所述有源衰减电路被配置成在检测到经过桥式整流的输入电压的上升沿时把由所述交流电三极管调光器和所述发光二极管驱动器引起的谐振衰减一段可调节的时间段。

[0009] 根据本发明的第三方面，提供了一种用于使得发光二极管驱动器变暗的方法，包括步骤：提供交流电三极管调光器的输出作为发光二极管驱动器的输入；根据由所述交流电三极管调光器生成的输入电压来控制所述发光二极管驱动器的状态，其中在检测到经过桥式整流的输入电压的上升沿时，所述发光二极管驱动器把由所述交流电三极管调光器和所述发光二极管驱动器引起的谐振有源地衰减一段固定的时间段。

附图说明

[0010] 根据示范实施例进一步描述这里所要保护和 / 或描述的本发明。参考附图详细描述这些示范实施例。这些实施例是非限定性示范实施例，相似的标号在附图的几个示图中代表类似的结构，其中：

- [0011] 图 1 示出了这样的现象，其中 TRIAC 调光器由于谐振的存在会被临时关断；
- [0012] 图 2(现有技术) 示出了防止 TRIAC 调光器被临时关断的传统方案；
- [0013] 图 3 示出了根据本公开的实施例的通过 TRIAC 使得 LED 驱动器变暗的电路；
- [0014] 图 4(a) 到图 4(c) 示出了源自根据本公开的实施例所构造的电路的不同电压的定时图；
- [0015] 图 5 示出了根据本公开的实施例的通过 TRIAC 使得 LED 驱动器变暗的另一电路；
- [0016] 图 6(a) 到图 6(b) 示出了根据本公开的实施例的可用来控制对谐振进行衰减的时间长度的可调节脉冲；以及
- [0017] 图 7 示出了根据本公开的实施例的通过 TRIAC 使得 LED 驱动器变暗的又一电路。

具体实施方式

[0018] 本公开涉及用于通过可靠的 TRIAC 使得 LED 驱动器变暗的设备和方法。图 3 示出了根据本公开的实施例的通过 TRIAC 使得 LED 驱动器变暗的电路 300。该示出的实施例包括 TRIAC 调光器 330 和 LED 驱动器 340。类似于图 2，TRIAC 调光器 330 获得 AC 源 310 并且生成触发信号 320。TRIAC 调光器 330 的输出被馈送到 LED 驱动器 340 作为输入。在该实施例中，LED 驱动器 340 包括图 2 所示的一些类似元件，诸如输入滤波器 (332、335、337)、桥式整流器 (342、345、347、349) 以及功率转换器 375。LED 驱动器 340 还包括有源衰减电

路 350，尽管该有源衰减电路 350 以图 2 所示相同的方式连接到桥式整流器和功率转换器，但是与图 2 中的无源衰减电路 260 相比，有源衰减电路 350 工作方式不同。

[0019] 有源衰减电路 350 被设计成以有源方式来对谐振进行衰减。只有在检测到来自桥式整流器的输入电压的上升沿时才接通有源衰减电路 350，并且一旦接通，仅在很短时间内保持激活以快速地对谐振进行衰减。这样产生最小功率损失以及最小输入电流失真。为了实现这一点，有源衰减电路 350 包括电平 / 边沿检测电路 355、脉冲发生器 360 和包含如图 3 所示连接在一起的晶体管 365 和电阻器 370 的衰减电路。

[0020] 在 TRIAC 调光器被触发时，LED 驱动器的输入电压（即 TRIAC 调光器的输出）骤升。公知的是，在输入电压高时，谐振会更高。因此，为了克服在电路中谐振的负面影响，可以优选地在输入电压为高电平时对谐振进行衰减。有源衰减电路 350 被设计成检测输入电压何时变高。这由电平 / 边沿检测电路 355 来执行。例如，电平 / 边沿检测电路 355 可以检测在电压达到某一电平时输入电压的上升沿。

[0021] 存在能够检测上升沿的各种方式。在有些实施例中，电平 / 边沿检测电路 355 可以仅检测输入电压的电平。为了增加检测可靠性，针对同一目的还可以采用差分电路。在有些实施例中，还可以使用基于输入电压与时间的导数而进行的检测。

[0022] 一旦检测到上升沿，电平 / 边沿检测电路 355 向脉冲发生器 360 发送信号，脉冲发生器 360 生成脉冲用于接通由 MOSFET 晶体管 365 和电阻器 370 构成的受控电流源。晶体管 365 的接通状态持续一段时间，这是由脉冲发生器 360 生成的脉冲的宽度来控制的。通过将 MOSFET 晶体管 365 接通，有效地把由 TRIAC 调光器 330 和 LED 驱动器 340 引起的谐振进行衰减，防止了线路电流变为负值。受控电流源的电流计算为 $I = (V_{gate} - V_{TH}) / R$ ，这里， V_{gate} 是 MOSFET 栅极电压，而 V_{TH} 为 MOSFET 栅极阈值电压。

[0023] 为了处理不同电平的谐振，可以通过调节电阻器 370 的电阻水平来调节流过 MOSFET 晶体管 365 的受控电流的电平。谐振越高，电阻值越小。谐振越低，电阻值越大。

[0024] 图 4(a) 到图 4(c) 示出了源自图 3 所示的电路 300 的不同波形。在图 4(c) 中，在 410 处，TRIAC 调光器 330 被触发从而其输出电压在 410 处骤升。该电压被馈送到输入滤波器和桥式整流器（见图 2）。图 4(a) 示出了作为有源衰减电路 350 的输入的桥式整流器的输出电压。可以看出，有源衰减电路 350 的输入电压在 420 处具有电平 / 边沿检测电路 355 检测到的陡峭的上升沿。该检测事件控制脉冲发生器 360 生成脉冲。在这种脉冲的高电平状态，MOSFET 晶体管 365 被接通并且图 4(b) 示出了流过 MOSFET 晶体管 365 的（受控电流源中的）电流，有效地对电路中存在的谐振进行衰减。

[0025] 一般来说，输入滤波器（332、335、337）和线路电感的谐振频率通常高于线路频率很多。因此，为了有效地对谐振进行衰减，电流源需要仅仅在线路周期的较短时间段内接通。基于此，在该有源衰减电路上的损失可以保持最小。而且，因为在有源衰减电路 350 中没有使用储能元件（例如，电容器），所以对 LED 驱动器添加衰减器不会对功率因数产生负面影响。

[0026] 在线路电感和输入滤波器阻抗变化时，谐振量可能也会相应地变化。因此，在这种情况下，重要的是使电流源的接通时间或有源衰减时段（例如 MOSFET 晶体管）变得可调以适应这些变化。图 5 示出了根据本公开的实施例的用于通过 TRIAC 使得具有可调节有源衰减时段的 LED 驱动器变暗的另一电路 500。将一个替代有源衰减电路 570 连接到 LED 驱动

电路的一部分。有源衰减电路 570 与桥式整流器 (505、510、515、520) 和功率转换器 580 耦接。

[0027] 有源衰减电路 570 包括电平 / 边沿检测电路 525、脉冲发生器 530 和具有可调节衰减时段的子电路。该子电路包括电阻器 535、二极管 540、电阻器 545、晶体管 (MOSFET) 555、电容器 550 和另一电阻器 560。这些元件如图 5 所示相连。在工作时, 在来自桥式整流器的输入电压变高电平时, 电平 / 边沿检测电路 525 检测输入电压的上升沿并且激活脉冲发生器 530 来输出某一频率和宽度的脉冲。这些脉冲经过电阻器 535 到达 MOSFET 晶体管 555 的栅极。在脉冲为高电平时, 晶体管 555 被接通, 对电路中的谐振进行衰减, 如上面参考图 3 所述。

[0028] 脉冲发生器 530 所生成的脉冲的电压指示了受控电流源 555 中的电流量。尽管在脉冲发生器 530 中脉冲的接通时间的持续时间固定, 但是通过放慢脉冲的下降沿可以有效地调节该持续时间, 如图 5 所示。这可以通过调节电阻器 535 的值来实现, 从而有效地增加有效接通时间段的持续时间。

[0029] 电阻器 535 的电阻越高, 下降沿下降越慢。电阻器 535 的电阻越低, 下降沿下降越快。这是因为电阻器 545 的值可以选择成比电阻器 535 的电阻小很多。在此情况下, 在来自脉冲发生器 530 的脉冲为高电平时, 电路快速导通。在并联连接 (电阻器 535 与串联连接的二极管 540 和电阻器 545 并联) 之上, 随着电阻器 545 越小, 电阻器 535 基础上不起作用, 因此, 不会影响上升沿。然而, 在来自脉冲发生器的脉冲为低电平时, 二极管 540 未导通, 使得电阻器 545 在下降沿方面不起作用。因此, 晶体管 535 控制 MOSFET 晶体管的栅极的下降沿的斜度。

[0030] 图 6(a) 和图 6(b) 示出了对 MOSFET 晶体管栅极的下降沿的斜度值的影响。延长的时间与电阻器 535 的时间常数和 MOSFET 的栅极电容 550 成比例。从实现角度来看, 该衰减电路可以使用一个专用引脚来控制电流和接通时间。

[0031] 图 7 示出了根据本公开的实施例的通过 TRIAC 使得能够具有可调节衰减持续时间的 LED 驱动器变暗的又一示例有源衰减电路 755。在该示范电路中, 有源衰减电路 755 包括图 5 所示的一些类似元件, 包括电平 / 边沿检测电路 730、脉冲发生器 740、MOSFET 晶体管 760 和电阻器 770。它们按照与图 3 相似的方式相连。然而, 该有源衰减电路还包括接通时间调节电路 750, 其连接到脉冲发生器 740 来控制所生成的脉冲的宽度, 其直接对应于受控电流源 760 的接通时间。

[0032] 在该示范实施例中, 接通时间调节电路 750 连接到芯片外部来接收控制信号, 该控制信号可用来调节由脉冲发生器 740 所生成的脉冲的宽度。较宽的脉冲产生较长的接通时间以及较高的衰减水平。为了实现该实施例, 需要额外引脚从而能够控制接通时间调节电路 750。

[0033] 尽管参考某些示例实施例描述了本发明, 但是这里使用的词语是描述性的词语, 而非限定性的词语。在各个方面不脱离本发明的范围和精神的情况下, 在所附权利要求的范围内可以进行修改。尽管这里参考特定结构、操作和材料描述了本发明, 但是本发明并非限定于所披露的特定情况, 而是能够以各种形式实现, 这些形式可能完全不同于所披露的实施例, 诸如落入所附权利要求范围内的所有等同结构、操作和材料的扩展的形式。

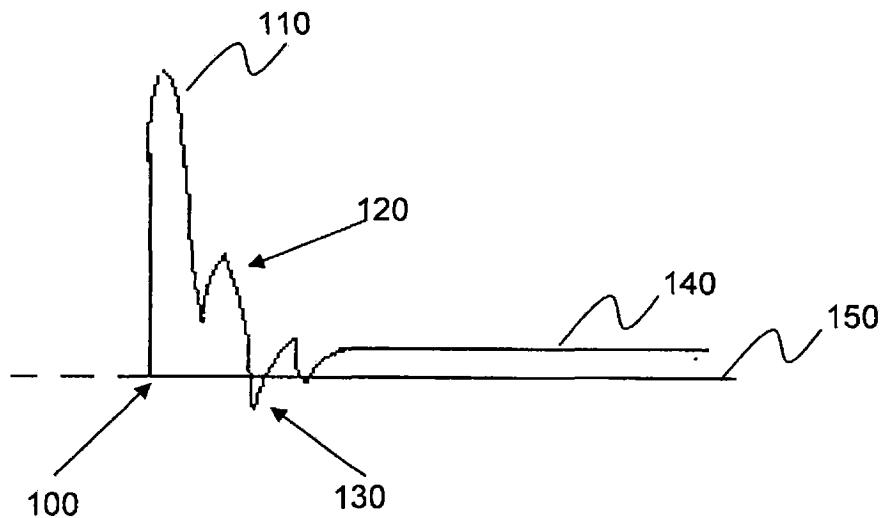


图 1

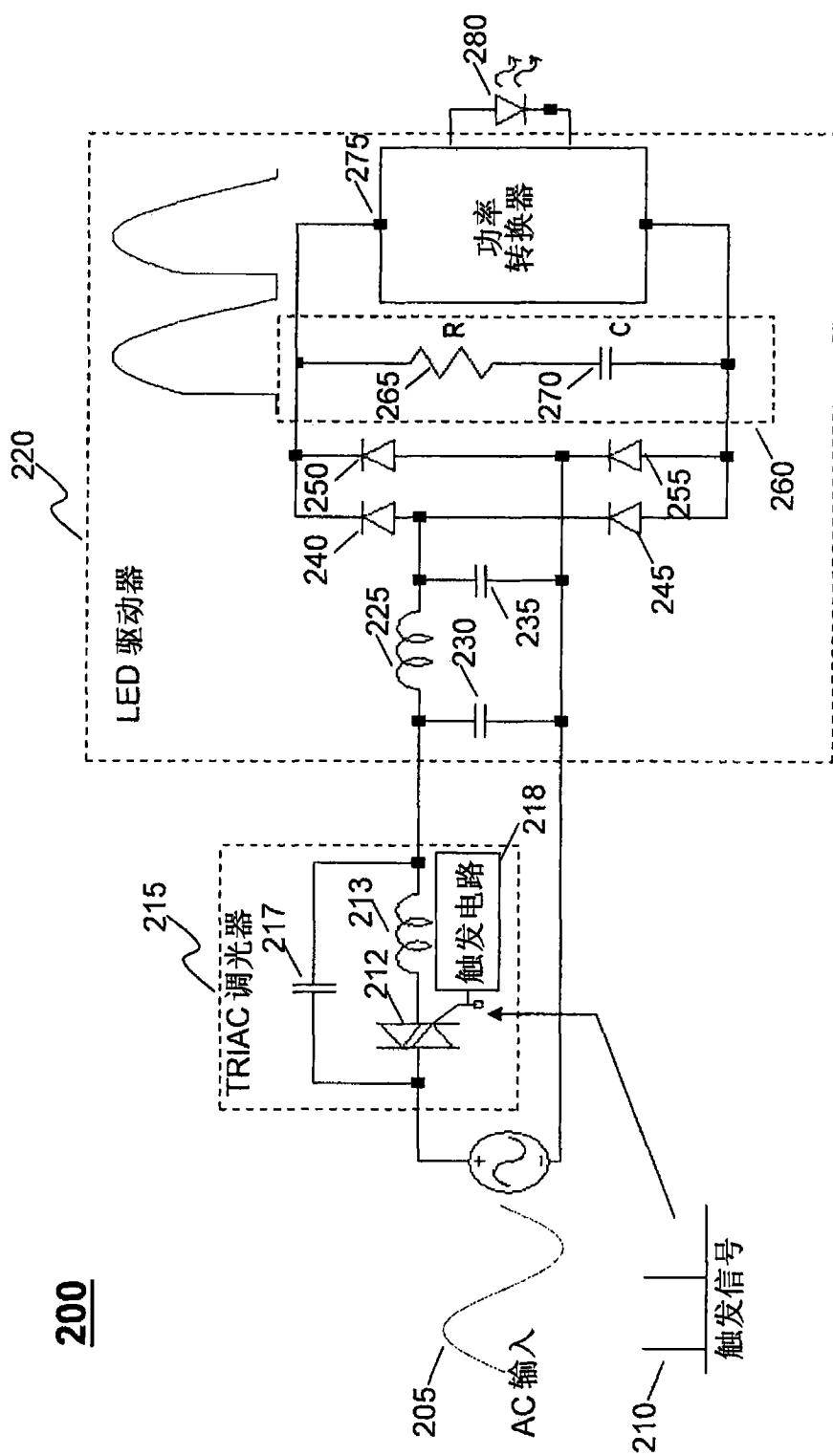


图 2 (现有技术)

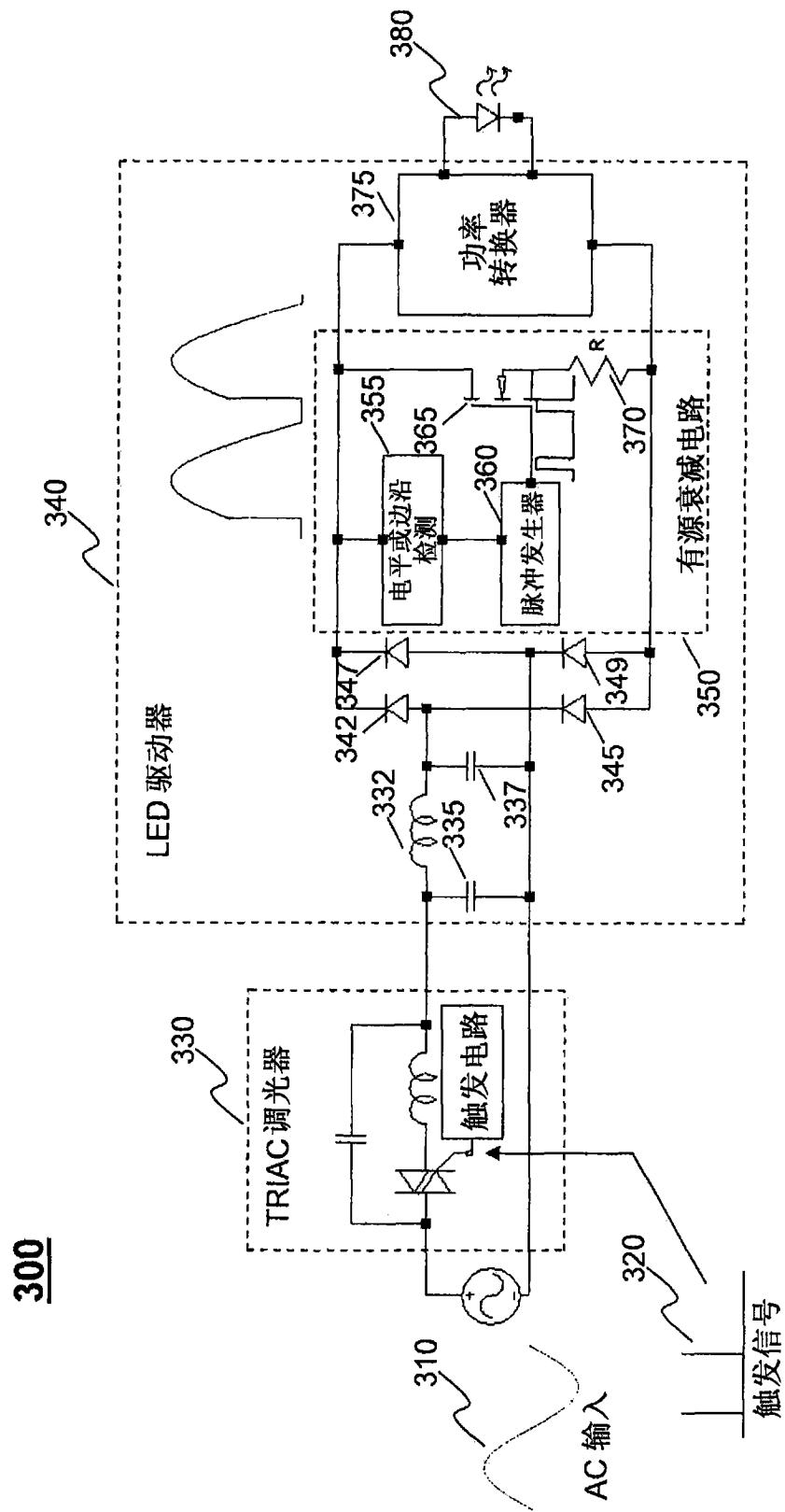


图 3

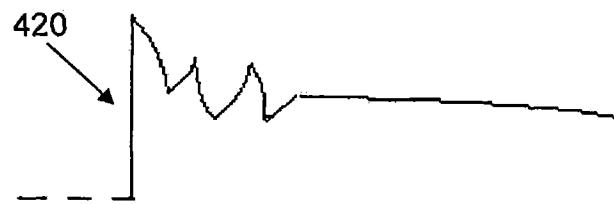


图 4(a)



图 4(b)

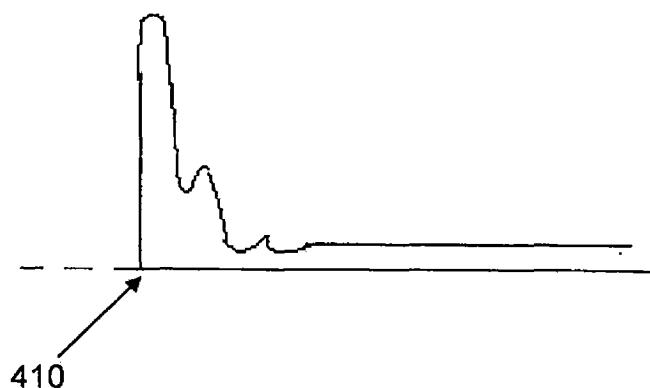


图 4(c)

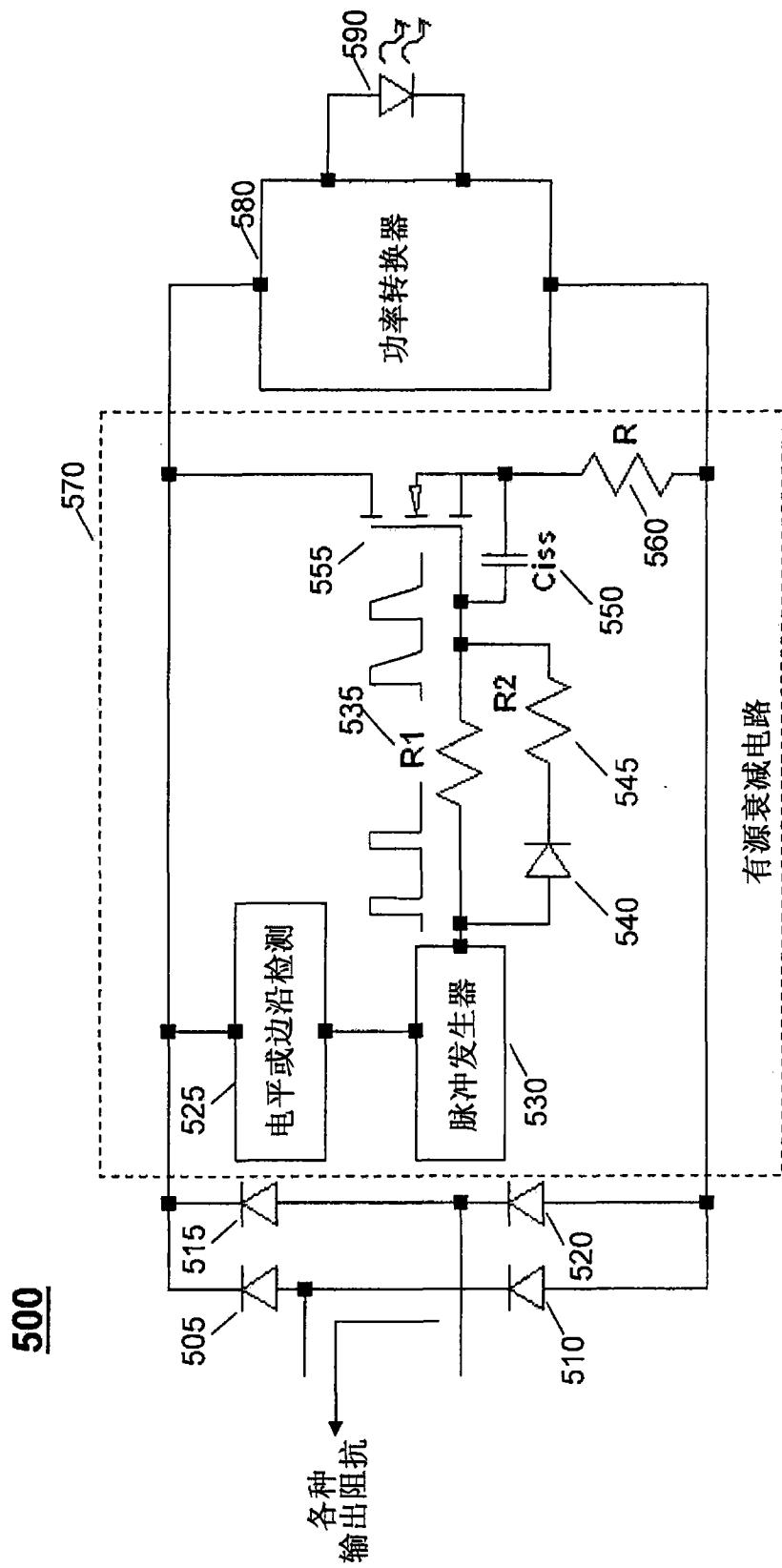


图 5



图 6 (a)

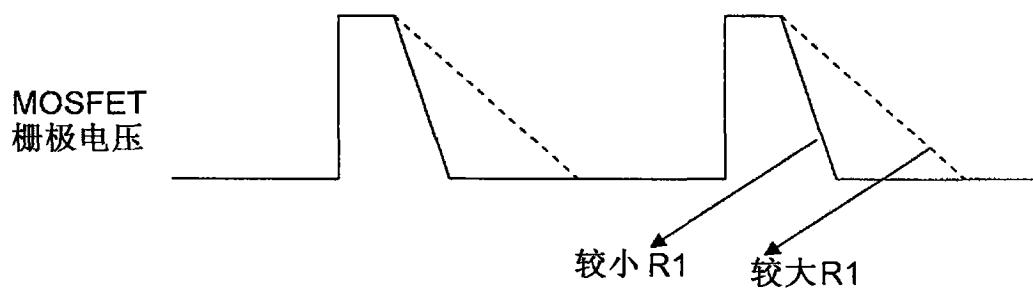


图 6 (b)

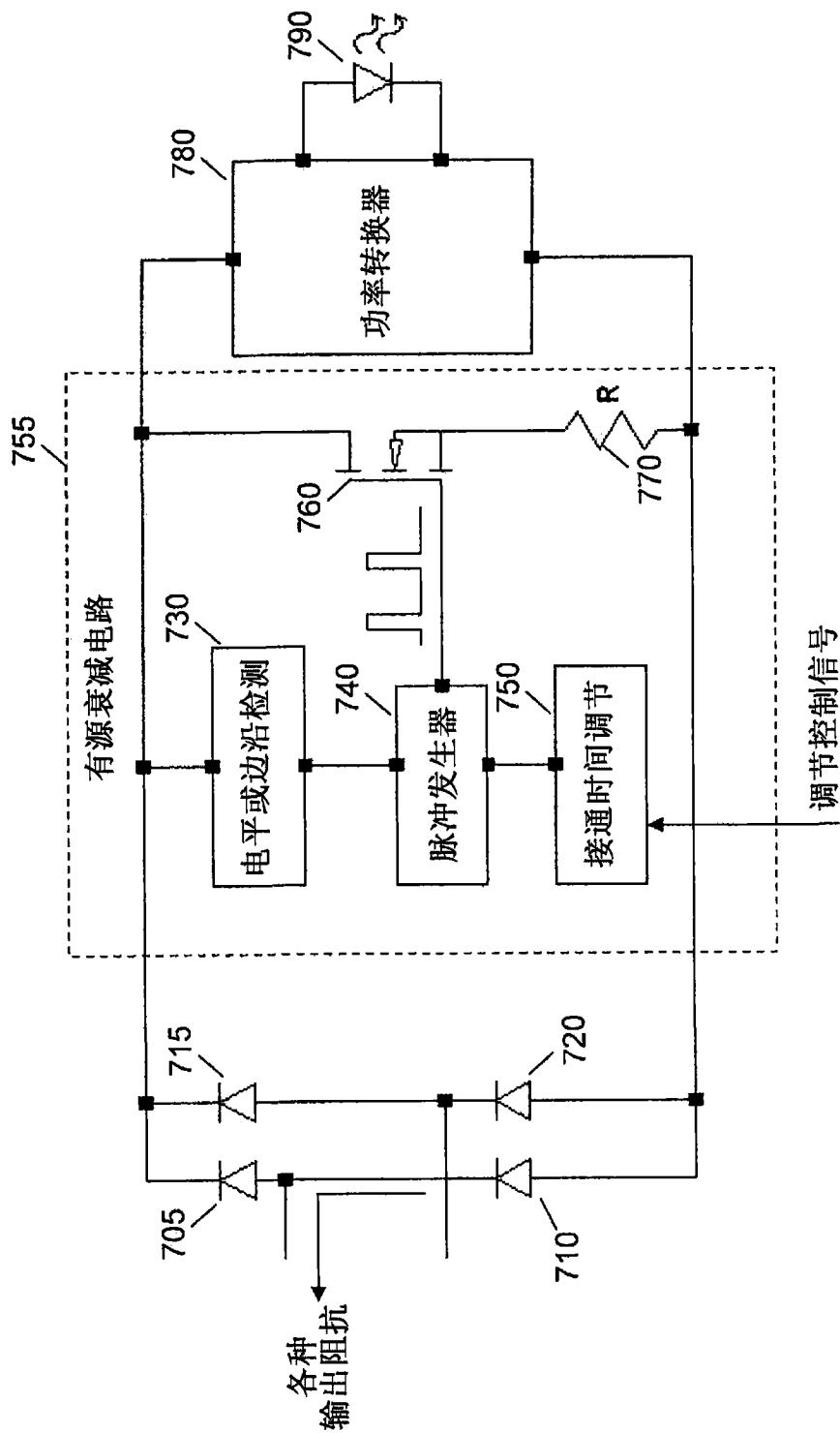


图 7