



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02157413.8

[43] 公开日 2003 年 6 月 25 日

[11] 公开号 CN 1426270A

[22] 申请日 2002.12.14 [21] 申请号 02157413.8

[30] 优先权

[32] 2001.12.14 [33] US [31] 10/017661

[71] 申请人 香港大学

地址 中国香港

[72] 发明人 潘毅杰 庞敏熙 廖柱帮

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

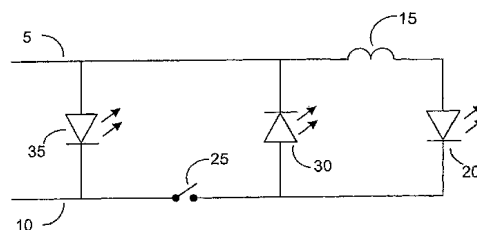
代理人 王忠忠

权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 15 页

[54] 发明名称 彩色发光二极管的高效驱动器

[57] 摘要

公开一种彩色发光二极管(LED)的高效功率驱动器,用于驱动多个LED以产生不同的所需颜色。包括具有不同基色的LED的这种LED组合适合于实现显示数字图像的像素。本发明提供了开关功率变换实施例,使得可以用单一装置来驱动不同颜色的LED。此外,本发明提供了输入和输出隔离和非隔离的配置,能够例如通过电感器或工作条件来控制通过每个LED的电流。



1. 一种向多个发光二极管提供功率以便产生所需颜色和亮度的装置，所述装置包括：

5 电感器，它与第一发光二极管串联；

第二发光二极管，它与所述第一发光二极管和所述电感器并联，使得当电源驱动电流通过所述电感器和所述第一发光二极管时，所述第二发光二极管反向偏置；

10 开关，它控制所述电感器和所述第一发光二极管与所述电源的连接。

2. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于还包括第三发光二极管，它与所述第一发光二极管并联后连接到所述电源的第一端子和第二端子。

15 3. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于还包括第三发光二极管，它与所述第一发光二极管串联后连接到所述电源的第一端子和第二端子。

20 4. 一种提供驱动多个发光二极管的功率的装置，它包括：电感器，它与第一发光二极管串联；开关，它控制所述电感器和所述第一发光二极管与电源的连接；以及所述电源的第一端子和第二端子，它们通过所述开关和至少一个第二发光二极管与所述电感器串联，所述至少一个第二发光二极管的正向电压高于所述第一和第二端子两端的输入电压，此外，所述第二发光二极管与所述开关和所述第一发光二极管并联，还有，所述第二发光二极管与所述电感器和所述电源串联。

25 5. 如权利要求 4 所述的装置，其特征在于还包括第三发光二极管，它与所述第一和第二端子并联。

6. 如权利要求 4 所述的装置，其特征在于还包括第三发光二极管，它与所述第一或第二端子串联。

7. 一种提供驱动多个发光二极管的功率的装置，它包括：带变压

器的开关正向功率变换器；连接到所述变压器、具有至少两个端子的次级绕组；具有第一端和第二端的第一发光二极管，所述第一发光二极管的所述第一端连接到所述次级绕组的第一端子、而所述第一发光二极管的所述第二端连接到电感器的第一端和第二发光二极管的第一端，此外，所述第二发光二极管的第二端连接到所述次级绕组的第二端子；而第三发光二极管与所述第二发光二极管和所述电感器的串联组合并联。

8. 一种提供驱动多个发光二极管的功率的装置，它包括：带变压器的开关逆向功率变换器；连接到所述变压器的多个次级绕组；以及连接到所述多个次级绕组的两个中每个次级绕组的至少一个发光二极管。

9. 如权利要求8所述的装置，其特征在于还包括：桥式整流器，用于将交流电流转换为直流电流；以及一种装置，它操作所述逆向变换器使其以非连续方式工作、同时由交变电流源提供的电流具有跟随相应的交变电压的相角。

10. 一种提供驱动多个发光二极管的功率的装置，它包括：

带变压器的开关桥式功率变换器；

至少包括第一次级绕组和第二次级绕组的多个次级绕组，所述第一次级绕组和第二次级绕组这样连接到所述变压器、使得所述第一次级绕组的第一端子的极性与所述第二次级绕组的第一端子的极性相反；

其负极连接在一起的第一和第二发光二极管，其中，所述第一发光二极管的正极连接到所述第一次级绕组的所述第一端子，而所述第二发光二极管的正极连接到所述第二次级绕组的所述第一端子；以及电感器，它连接到所述第一和第二发光二极管的所述负极，所述电感器还通过第三发光二极管连接到所述第一次级绕组的第二端子和所述第二次级绕组的第二端子。

彩色发光二极管的高效驱动器

5 技术领域

本发明涉及功率变换器领域，特别涉及发光二极管(LED)的功率变换器领域。

背景技术

10 在许多类型的电发光器件中，发光二极管(LED)正成为一种倍受欢迎的光源，增加了多种目的(包括照明)的 LED 应用。现在已有产生不同颜色的发光二极管，例如红色，蓝色和绿色的 LED。将这些基色组合就可产生几乎任何颜色，促进了 LED 在许多装饰灯光和照明中的应用。发光二极管体积小，也就有可能生产体积小的照明装置，特别是可以用特殊的功率驱动器来有效地利用它们。

LED 非常适合于实现数字图像显示器中的彩色像素，方法是把数个 LED 组合起来在像素处产生各种所需的颜色。为了驱动由各有一种基色的三个发光二极管组成的彩色像素，通常需要分别产生不同电压的三个单独的电源。分别控制这三个电源就能使三个发光二
20 极管产生具有理想亮度的所需颜色。多数 LED 工作在低电压，一般为 1.5V 到 4V。由于红色、蓝色和绿色的 LED 都有不同的接通或正向电压，所以每个电源必须在不同的电压下产生电流，此外，常把许多 LED 并联起来以增加亮度，这样就需要电源提供足够高的电流来驱动并联的 LED。

25 低压高电流电源的一个缺点就是效率低。这是因为大部分切换功率是通过输出二极管提供的，而该二极管具有与预期的 LED 负载可相比拟的正向电压。于是，产生的电压就由该二极管和 LED 共用，由于高电流产生高阻性损耗，使效率降低了近乎 50%。

为避免需要低压电源的一种已知方法是将许多 LED 串联连接，这样驱动电压就是串联连接的各 LED 电压的总和。但这种安排降低了可靠性，因为在此串联结构中任一 LED 的失效都会导致整个结构的失效。

- 5 此外，对于三基色，最好只用单一的电源，而不是三个分别的电源。但是，如前所述，对应于三基色的 LED 对应于不同的正向电压降。通常，把一个线性驱动器与每种颜色的 LED 串联连接，该串联连接再连接到单一的恒压电源。驱动器消除了电源和 LED 之间的电压差。但这种方法显示出更大的功率耗散和低效率。由于驱动器
- 10 上的电压降常可与 LED 的正向电压相比拟，该方法的效率也只有大约 50%。这样低效的结构会产生显著的热量，于是需要散热器，既增大了产品体积，又降低了可靠性。

发明内容

- 15 现提出为包括对应于三基色的 LED 在内的多个发光二极管(LED)提供功率的装置和方法。该装置利用 LED 自身作为开关功率变换器的整流器件提供了驱动三种类型的彩色 LED 的综合解决方案。而且，该装置不需要耗能元件、例如线性驱动器，这样由于较已知电源的耗能要低而可实现能量效率高的运行。本发明的各种实施例提供了
- 20 简单的非隔离的功率变换以及离线工作的隔离配置。这样，诸如正向和逆向变换器等已知的离线功率变换器配置就可与现提出的装置兼容。三种颜色中每种颜色的亮度可以通过无源元件、负载周期或开关频率来调制，结果可形成多功能的高效功率变换装置，它们比已知设计中的元件更少，体积更小。

- 25 用于 LED 的已知功率变换器的缺点用本发明的实施例即可克服。以能量高效方式在低电压下提供电流来驱动多色(通常是三色)LED 的可靠电源的这些以及其它优点用本发明以下详述的实施例就可实现。

附图说明

图 1 示出能对通过非全部 LED 的电流进行调制的本发明的一个实施例。

5 图 2 示出对应于图 1 所示实施例的以非连续方式工作的示范的电流波形。

图 3 示出对应于图 1 所示实施例的以连续方式工作的示范的电流波形。

图 4 示出能对通过全部所述 LED 的电流进行调制的本发明的另一实施例。

10 图 5 示出对应于图 4 所示实施例的以非连续方式工作的示范的电流波形。

图 6 示出对应于图 4 所示实施例的以连续方式工作的示范的电流波形。

15 图 7 示出在任何既定时候只允许三个所述 LED 中的两个 LED 发光的本发明的另一实施例。

图 8 示出对应于图 7 所示实施例的以非连续方式工作的示范的电流波形。

图 9 示出对应于图 7 所示实施例的以连续方式工作的示范的电流波形。

20 图 10 示出允许对全部 LED 的亮度进行调制的本发明的又一实施例。

图 11 示出对应于图 10 所示实施例的以非连续方式工作的示范的电流波形。

25 图 12 示出对应于图 10 所示实施例的以连续方式工作的示范的电流波形。

图 13 示出包括正向变换器和输入与输出之间的隔离的本发明的一个实施例。

图 14 示出输入和输出之间隔离的并且包括具有连接电感器的逆

向变换器的本发明的一个实施例。

图 15 示出输入和输出之间隔离的并且使用中心抽头变压器的本发明的一个说明性实施例。

5 具体实施方式

下面借助于各种实例和示范实施例来说明本发明。实施例分为两类，即非隔离配置和隔离配置。非隔离配置在输入和输出之间不提供隔离，而隔离配置通过变压器隔离输入和输出。先说明非隔离配置，然后说明隔离配置。

10 在每种配置中，组合三种基色产生一种所需的颜色，虽然对于实施本发明并不需要这种结构。相应地，每种配置一般都有三个 LED，或三套 LED，产生基色蓝、红和绿。在既定配置中将各 LED 产生颜色的不同亮度加以组合就可产生多种颜色。改变通过 LED 的电流就可改变 LED 的亮度。所述配置能调制通过器件的电流以产生
15 基色的各种组合。

非隔离配置

图 1 示出能对通过由功率变换器供电的非全部 LED 的电流进行调制的本发明的一个实施例。图 1 示出输入端 5 和 10(连接到 DC 电
20 源)，输入端 5 例如为正极，连接到电感器 15 上，电感器 15 又连接到具有一种基色(假定为红色)的发光二极管 LED 20 的正极。LED 20 的负极连接到开关 25 上，与负端子 10 形成电路。LED 30，通常(但不是必须)提供不同的基色，其负极连接到正输入端 5，其正极连接到开关 25。LED 35，例如提供蓝色，直接连接到输入端 5 和 10 上，
25 其正极接正输入端 5，负极接负输入端 10。

值得注意的是，每个 LED，在不失其通用性的情况下，都可用各种器件的串联或并联组合来代替，以组合方式提供类似的单向电流通路。

图 1 所示实施例的工作如下述。开关 25 以高频率接通和断开。当开关 25 接通时，电流升高一段时间，该电流流过 LED 20。当开关 25 断开时，电流通过电感器 15 流过 LED 30。直接连接在输入端的 LED 35 有恒定电流流过。每个 LED 的结果电流波形示于图 2。对于电感性量和开关频率的适当组合，装置工作在连续方式时电感器电流不会降到零。这样，在电感器 15 的电感性量或开关 25 的开关频率足够高的情况下，就可得到连续方式的工作。图 3 示出对应于连续方式工作的电流波形。

图 2 中的电流波形表示在非连续方式时通过三个 LED 的电流。波形不同反映每个 LED 不同的亮度。实际上，LED 20 和 LED 30 的相对亮度可用电流比来表示：

$$\frac{i_{LED20}}{i_{LED30}} = \frac{V_{F30} + V_{in}}{V_{in} - V_{F20}} \quad \text{方程 1}$$

式中， V_{in} 是输入电压， V_{F20} 和 V_{F30} 为各 LED 的正向电压，改变输入电压 V_{in} 就可改变通过 LED 20 和 30 的电流比。前端变换器或可变电电压源提供用于调节相对亮度的可变 V_{in} ，以产生不同的颜色。

图 3 中的电流波形表示在连续方式时通过三个 LED 的电流。LED 20 和 LED 30 的相对亮度可用各自的电流之比来表示：

$$\frac{i_{LED20}}{i_{LED30}} = \frac{1}{1-D} \quad \text{方程 2}$$

式中， D 为负载周期。电流比可用负载周期来调节。这可与可变电电压相配合，产生更多的颜色变化。

通过 LED 35 的电流取决于输入电压和器件固有的特性，因为它是连接在输入端的。因此，此公开的实施例提供了无损耗功率变换。不需要例如熟知的线性驱动器等耗能元件，使变换器能以高工作效率将其能量的全部或大部分提供给照明。但使用电阻或其他耗能元

件与该设计是兼容的。

图 4 示出能对通过全部所述 LED 的电流进行调制的另一实施例。图 1 的实施例中，LED 之一直接和输入电源相连，故限制了输入电压的范围。在图 4 所示实施例中，克服了这一限制，因为第三 LED
5 与输入电源串联，因而可控制通过所有 LED 的电流。图 4 部分示出连接到 DC 源的一对输入端 50 和 55。正端 50 连接到 LED 60 的正极，其负极连接到电感器 65，电感器 65 再连接到产生另一种颜色的 LED 70 的正极。LED 70 的负极连接到开关 75。接着，开关 75 连接到负输入端 55。能产生又一种颜色的 LED 80 与电感器 65 和 LED 70 的
10 串联组合并联。

图 4 所示实施例的工作如下述。开关 75 能够以高频率接通和断开，当开关 75 接通时，引起通过电感器 65 的电流积聚。当开关 75 断开时，通过电感器 65 的电流流过 LED 80。图 5 示出在非连续方式下通过三个 LED 的电流波形。如果电感器 65 的电感或开关频率足够
15 高，则变换器工作在连续方式，相应的电流波形示于图 6。

通过图 4 所示的三个 LED 70、80 和 60 的平均电流在非连续方式为：

$$\frac{i_{LED60}}{i_{LED80}} = \frac{V_{F70} + V_{F80}}{V_{in} - V_{F60} - V_{F70}} \quad \text{方程 3}$$

$$\frac{i_{LED70}}{i_{LED80}} = \frac{V_{F80} + V_{in} - V_{F60}}{V_{in} - V_{F60} - V_{F70}} \quad \text{方程 4}$$

20 式中， V_{in} 是输入电压， V_{F60} 、 V_{F70} 和 V_{F80} 为各 LED 的正向电压。这样，通过调节输入电压就可改变通过三个 LED 的三个电流，就可控制亮度。

图 6 的电流波形表示在连续方式下通过三个 LED 的电流。以下方程描述了各个 LED 的相对亮度：

$$\frac{i_{LED60}}{i_{LED80}} = \frac{D}{1-D} \quad \text{方程 5}$$

$$\frac{i_{LED70}}{i_{LED80}} = \frac{1}{D} \quad \text{方程 6}$$

式中，D 为负载周期。每个电流比都可通过改变负载周期来调节，再与可变输入电压相配合，以控制 LED 产生的颜色。

图 7 示出本发明的又一实施例，即在任何既定时间只允许三个所示 LED 中的两个发光。图 7 示出一对输入端 100 和 105，用来连接到 DC 电源。当然，包括整流等的其它改动的设计也可用其他电源作为输入电源。一个或多个 LED，统称为 LED 110，直接连接在正负输入端上。LED 110 的亮度取决于输入电压和器件的固有特性。与正端子 100 相连接的电感器 115 连接到 LED 120 和 125 的正极。LED 120 的负极与开关 130 相连，开关 130 再连接到负端子 105。LED 125 的负极也与负端子 105 相连。如前所述，LED 125 也可用多个串联的器件来代替，这样在激活时总电压就会比输入电压值高。

图 7 所示实施例的工作与前述实施例类似。简要地说，高频开关 130 接通，通过电感器 115 的电流就增加。高频开关 130 断开时，电感器 115 使电流流过 LED 125。在本发明的该实施例中，在 LED 125 上的总电压降高于在端子 100 和 105 的输入电压。这种结构在开关 130 断开后减少了通过 LED 125 的电流。非连续工作的 LED 电流波形示于图 8。正如在前面上下文或其他实施例中所述，如果电感器 115 的电感或开关 130 的开关频率足够高，则变换器工作在连续方式，如图 9 所示。

非连续方式时的电流方程如下：

$$\frac{i_{LED120}}{i_{LED125}} = \frac{V_{F125} - V_{in}}{V_{in} - V_{F120}} \quad \text{方程 7}$$

式中, V_{in} 是输入电压, V_{F125} 和 V_{F120} 为各 LED 的正向电压。如前所述, 输入电压可以控制电流比。

图 9 的电流波形表示在连续方式下通过三个 LED 的电流。LED 的相对亮度用以下方程表示:

$$\frac{i_{LED120}}{i_{LED125}} = \frac{D}{1-D} \quad \text{方程 8}$$

5

式中, D 为负载周期。所述电流比可用负载周期来调节, 再与可变输入电压相配合, 以调制 LED 产生的颜色。

图 10 示出本发明的又一实施例, 可对所有 LED 的亮度进行调制。与图 7 所示实施例的(其中只有两个 LED 有可变的亮度)不同, 图 10 可以改变全部三个 LED 的亮度。为此目的, 图 10 示出 LED 160 与输入电压源串联以控制通过全部 LED 的电流, 如下述。

图 10 示出连接到 DC 源的输入端 150 和 155。正输入端 150 连接到 LED 160 的正极, LED 160 的负极连接到电感器 165。电感器 165 再连接到 LED 170 和 175 的负极。LED 175 配置成其总正向电压大于输入电压加 LED 160 的正向电压。LED 175 的负极连接到负输入端 155。LED 175 的负极连接到开关 180, 开关 180 又连接到负输入端 155。

图 10 所示实施例的工作如下述。当高频开关 180 接通时, 通过与 LED 160 和 170 形成串联电路的电感器 165 的电流就增加。断开开关 180 导致电流流过电感器 165 和 LED 175。图 10 所示三个 LED 中每个 LED 在非连续工作方式下的相应电流波形示于图 11。图 12 示出对应于连续方式的示范的电流波形。在非连续方式下通过三个 LED 的平均电流可分析如下:

$$\frac{i_{LED170}}{i_{LED175}} = \frac{V_{F175} - V_{F160} - V_{in}}{V_{in} - V_{F160} - V_{F170}} \quad \text{方程 9}$$

$$\frac{i_{LED160}}{i_{LED175}} = \frac{V_{F175} - V_{F170} - 2V_{F160}}{V_{in} - V_{F160} - V_{F170}} \quad \text{方程 10}$$

式中, V_{in} 是输入电压, V_{F160} , V_{F170} 和 V_{F175} 分别为 LED 160, LED 170 和 LED 175 的正向电压。利用输入电压可以改变电流比。

图 12 的电流波形表示在连续方式下通过三个 LED 的电流, LED 的相对亮度用以下方程表示:

$$\frac{i_{LED170}}{i_{LED175}} = \frac{D}{1-D} \quad \text{方程 11}$$

$$\frac{i_{LED160}}{i_{LED175}} = \frac{1}{1-D} \quad \text{方程 12}$$

5

式中, D 为负载周期。电流比可用负载周期来调节。再与可变输入电压相配合, 就可进行最佳的颜色改变。

如以上方程所示, 改变通过各 LED 170、LED 175 和 LED 160 的电流就可调制各自的亮度。已经说明, 改变负载周期 D 和/或输入电压就可进行这种调制。

10

上述四个实施例提供了 LED 产生基色的非隔离配置, 但这些配置也适合于驱动 LED 产生其他的颜色。

隔离配置

15

在此节中有三个实施例, 一个实施例包括正向变换器, 另一实施例包括逆向变换器, 还有一个实施例使用中心抽头正向变换器来驱动 LED。

图 13 示出包括正向变换器的本发明的示范实施例。图 13 中, 电源变压器 200 具有初级绕组 205 和至少一个次级绕组 210。次级绕组 210 有两个端子 215 和 220。端子 215 连接到 LED 225 的正极, 而端子 220 连接到 LED 230 的正极。LED 225 和 230 的负极会合在一个结点处, 该结点再与电感器 235 的一端相连。电感器 235 的另一端连接 LED 240 的正极, LED 240 再通过其负极连接到端子 220, 完成此电路。

20

25

以下说明图 13 所示实施例的工作。初级绕组 205, 作为正向变换器(包括已知的各种正向变换器)的变压器的初级绕组, 接收一系列

脉冲，在次级绕组 210 侧，对初级侧的脉冲作出响应，感应出交变电压脉冲。对连接到次级绕组 210 的正电压作出响应，端子 215 的极性改变为正。该电压使通过电感器 235，LED 225 和 LED 240 的电流增加。当感应电压为负时，端子 215 具有负极性，LED 225 为反偏置。于是，通过电感器 235 的电流流过 LED 230，而不是 LED 225，类似于在图 4 中本发明实施例的工作。

有利的是，虽然并非实施本发明所必须，每个 LED 225，230 或 240 产生三种基色之一，并组合起来产生所需的颜色。对通过 LED 225、230 或 240 中任一个 LED 的电流进行调制以产生所需的亮度，再将三个 LED 组合就可获得各种各样的可能色彩中的理想颜色。负载周期和输入电压决定了通过每个 LED 225、230 或 240 的电流，如在前面图 4 的说明中所述。在不失通用性的情况下，应指出每个 LED 都可用 LED 组合或其他产生类似单向电流通路的元件来替代。

图 14 示出本发明的另一实施例，它包括具有耦合电感器 250 的逆向变换器。耦合电感器 250 有初级绕组 255 和多个次级绕组，例如图中所示的次级绕组 265、270 和 275。绕组 260 连接到 LED 280，绕组 265 连接到 LED 285，绕组 270 连接到 LED 290。如前所述，LED 280，285 和 290 各产生三基色中的一种，再组合起来产生所需的颜色。此外，次级绕组数可以根据需要的颜色数或由共用功率变换器驱动的 LED 数而改变。

以下说明图 14 中本发明实施例的工作，初级绕组 255 连接到一系列交变方电压脉冲。该装置作为逆向变换器工作，即当初级绕组 255 通电时，连接到相应次级绕组的 LED 为反偏置，因为没有电流流经这些 LED，故没有能量传递给它们。当绕组 255 的电压极性相反时，储存在耦合电感器 250 中的能量就释放到每个 LED。在实际中，这类变换器在连接到前端 AC-DC 二极管桥时通常工作在非连续方式。用于初级绕组 255 的一系列适合的交变方电压脉冲能使从 AC 电源提取的电流随交变电压而变化，从而获得高的功率因子。

如前所述，可以改变 LED 的亮度以创造不同的色彩组合，而通过各 LED 的电流取决于关联的次级绕组的匝数以及负载周期。

图 15 示出采用中心抽头变压器的本发明的又一说明性实施例。所示中心抽头变换器包括变压器 300，它具有初级绕组 305、次级绕组 310 和 315，二者连接在一个结点。次级绕组 310 连接到 LED320 的正极，次级绕组 315 连接到 LED325 的正极。LED320 和 325 的负极连接在一起，再连接到电感器 330 的一端。此外，LED335 的正极连接到电感器 330，其负极连接到次级绕组 310 和 315 的接合结点。有利的是，LED 325、320 和 335 各发不同颜色的光，将它们各自的发光组合起来就能产生其他颜色。

以下说明图 15 中本发明实施例的工作。初级绕组 305，可能由半桥接电路或象大多数正向变换器一样由全桥接电路驱动，接收一系列电压脉冲，使次级绕组 310 和 315 通电。来自次级绕组 310 和 315 的电流通过 LED320 或通过 LED325 流到电感器 330，再到 LED335。改变次级和初级绕组之比、开关频率、负载周期、输入电压以及电感器 330 的值就可对通过 LED320、325 和 335 的电流加以调制。这样，适当调节通过每个 LED 的电流就可产生所需的亮度，与其他 LED 产生的颜色组合起来就可产生所需的颜色。

虽然图 13-15 包括交变电源，但这并不表示只能用正弦交流电源。实际上能驱动次级绕组的方波或甚至不规则波形都可包括在所述的交变电源之内。交变电源包括一个或多个开关正向功率变换器、变压器、开关逆向功率变换器、开关桥接功率变换器等等。

前述实施例包括与第一 LED 串联的电感器，第二发光二极管与电感器和第一 LED 并联。第二 LED 的方向应为：当电源驱动电流通过电感器和第一 LED 时，第二 LED 反向偏置。此外，一个开关控制所述电感器和第一 LED 与电源的连接。而且，可以添加附加的 LED、例如第三 LED、与第一发光二极管并联、并且连接到电源的第一端子和第二端子。或者，第三发光二极管与第一发光二极管串联并且

连接到电源的第一端子和第二端子。

另一实施例包括：与第一 LED 串联的电感器；控制所述电感器和第一 LED 与电源的连接 5 的开关，后者又通过开关和第二 LED 与电感器串联。第二 LED 具有的正向电压高于电源的输入电压，并与开关和第一 LED 并联。第二 LED 与电感器和电源串联，完成此电路。如前所述，可以添加附加的 LED，例如使用一组 LED 而不是单个 LED，或者，例如将第三发光二极管与电源的第一和第二输入端并联。第三发光二极管也可与电源的第一或第二输入端串联。

如果需要输入侧和输出侧之间的隔离，则在设计中包括磁耦合。10 一个实例装置包括：带变压器的开关正向功率变换器；连接到该变压器的次级绕组；连接到该次级绕组和电感的 LED。另一 LED 也连接到电感器和次级绕组的另一端子，第三 LED 与第二发光二极管和电感器的串联组合并联。此配置的工作如结合图 13-15 所述。

另一个提供隔离的设计使用开关逆向功率变换器、变压器、多个15 连接到变压器的次级绕组以及连接到次级绕组的 LED。此外，该装置可包括将交流电流转换为直流电流的桥式整流器，具有使逆向变换器以非连续方式工作的装置，且交变电源提供的电流具有随相应的交变电压而变化的相位角。

这对应于非连续逆向变换器的工作。在固定负载周期时，输入20 电流与输入电压成正比，使变换器的输入阻抗为电阻性的。如果输入电压从由正弦电压驱动的桥式整流器得到，则输入电流也是正弦形的，与驱动电压同相。得到的输出 LED 电流可能也是正弦形的，但它们的按照线路频率的亮度变化人眼无法觉察。

还有一种配置包括：开关桥式功率变换器；变压器；两个或多25 个次级绕组，其中第一次级绕组第一端子的极性与第二次级绕组第一端子的极性相反。其负极连接在一起的两个 LED 连接到电感器。第一发光二极管的正极连接到第一次级绕组的第一端子，第二发光二极管的正极连接到第二次级绕组的第一端子。连接到 LED 负极的

电感器通过第三发光二极管再连接到第一次级绕组的第二端子和第二次级绕组的第二端子，完成此设计。

应当指出，此处说明的特征可以单独使用，也可组合使用。故本发明不仅限于此文中具体说明的实施例。虽然以上的描述和附图代表了本发明的实施例，但是，显然，各种添加、更改或代替都可以在不背离所附权利要求书中定义的本发明的精神和范围的前提下作出。特别是，对于本专业的技术人员来说，在不背离本发明的精神或其基本特征的前提下，很明显可以用其他的形式、结构和装置，用其他的元件和组件来实施本发明。本专业的技术人员会理解，可以对结构、装置以及元件作各种适合于具体环境和工作要求的更改以在实际中使用本发明，而不背离本发明的原理。所以，本公开的实施例从各方面来说都只能被认为是说明性的而非限制性的，本发明的范围由所附权利要求书表明，不限于上述说明书。

图 1

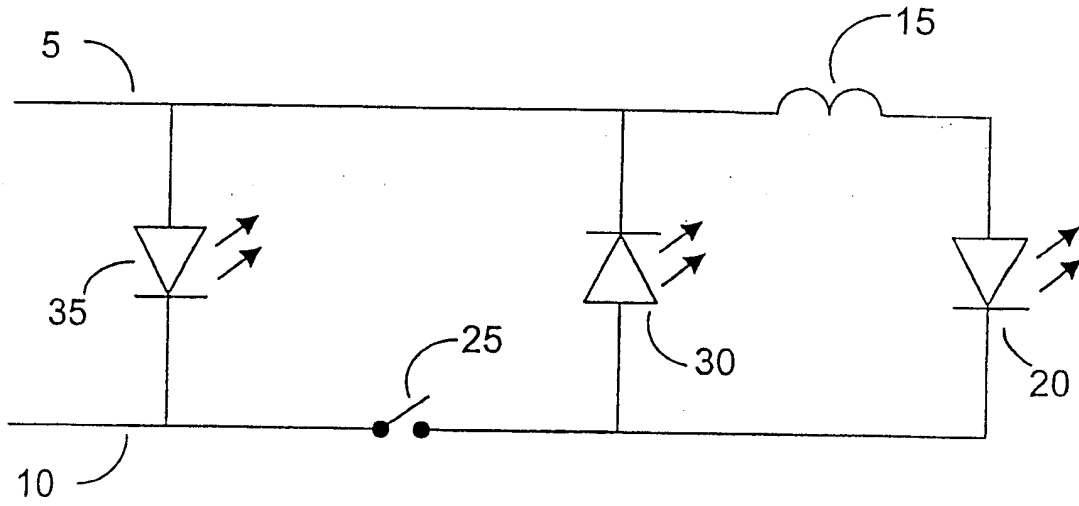


图 2

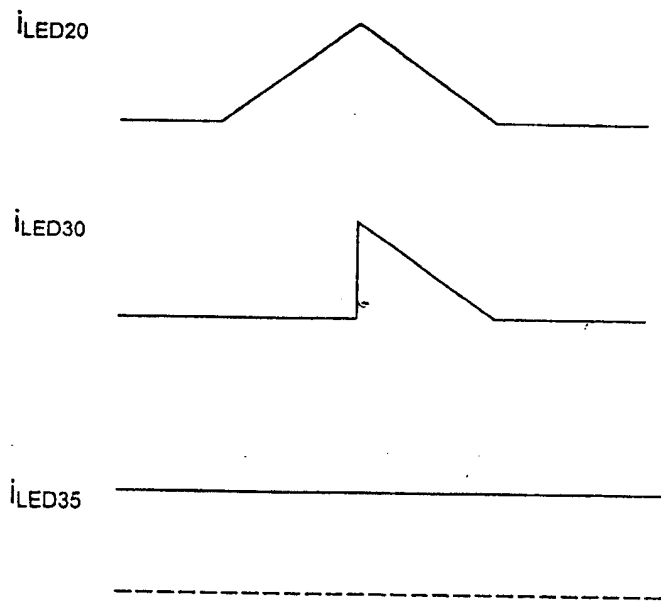


图 3

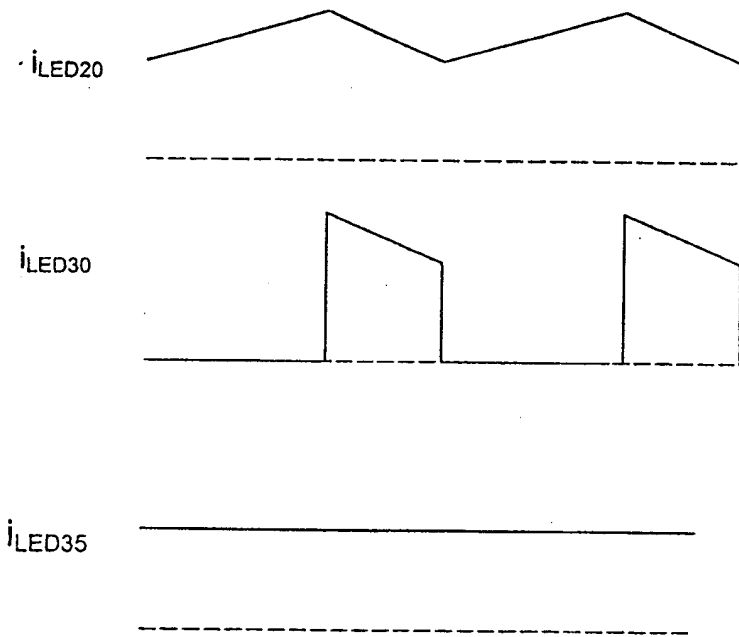


图 4

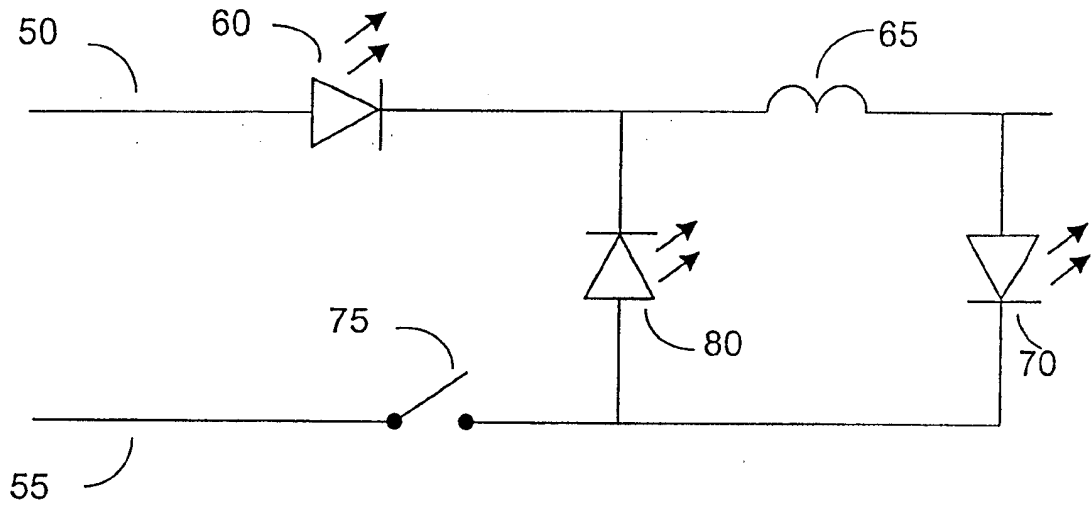


图 5

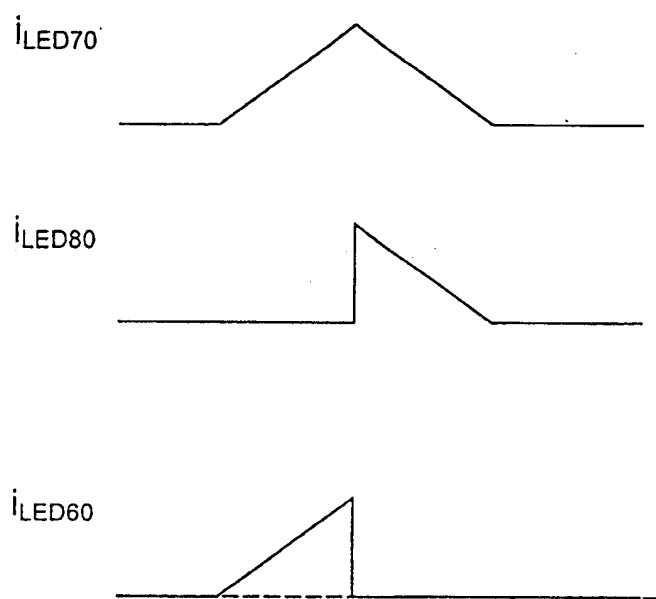


图 6

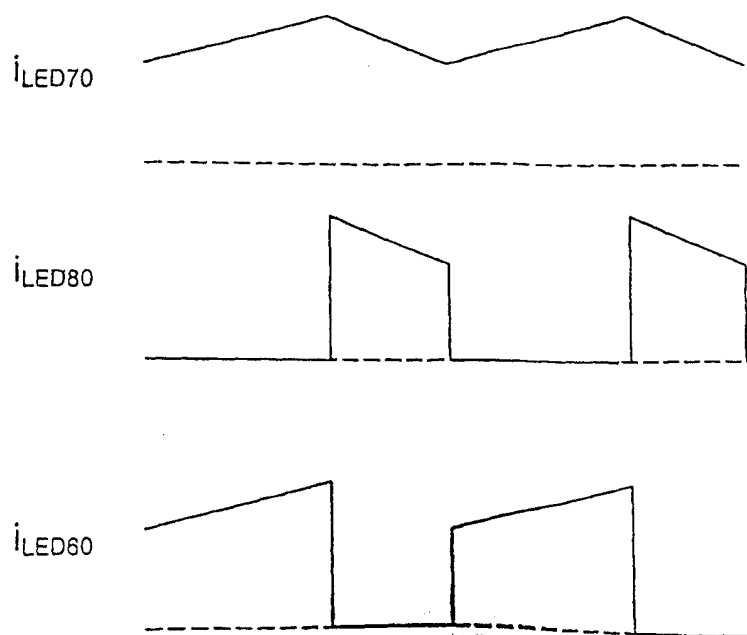


图 7

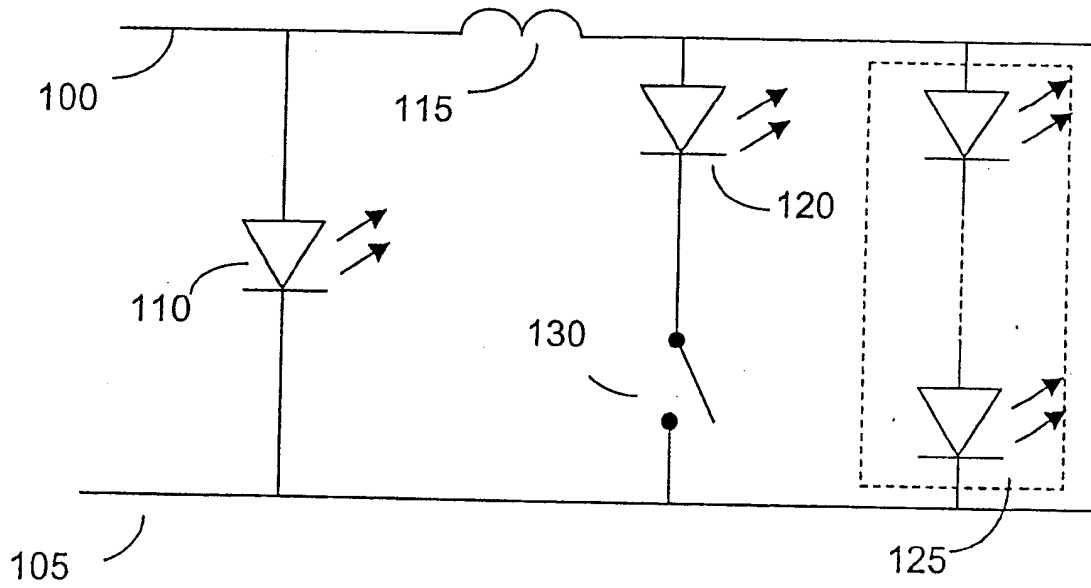


图 8

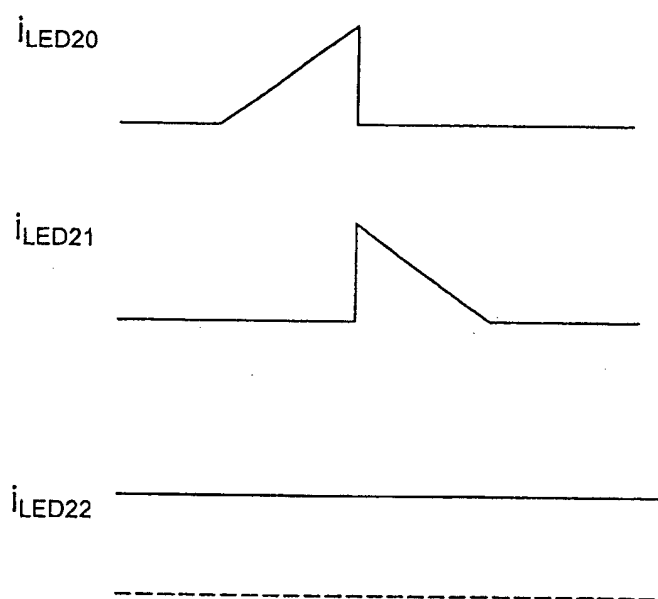


图 9

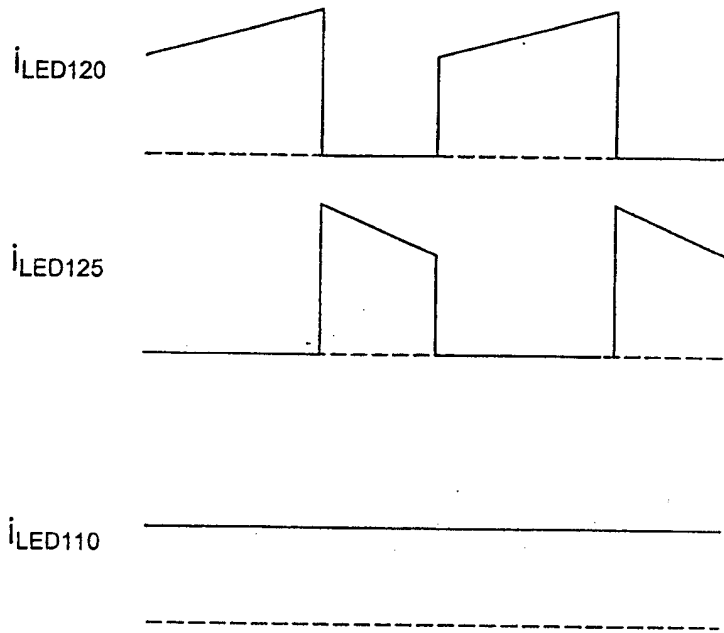


图 10

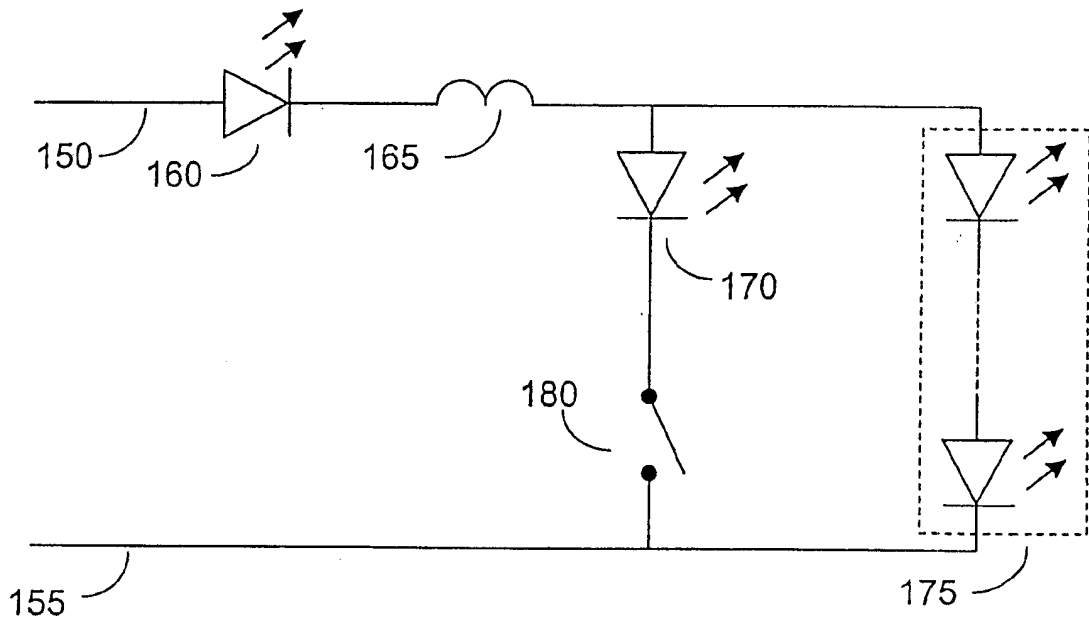


图 11

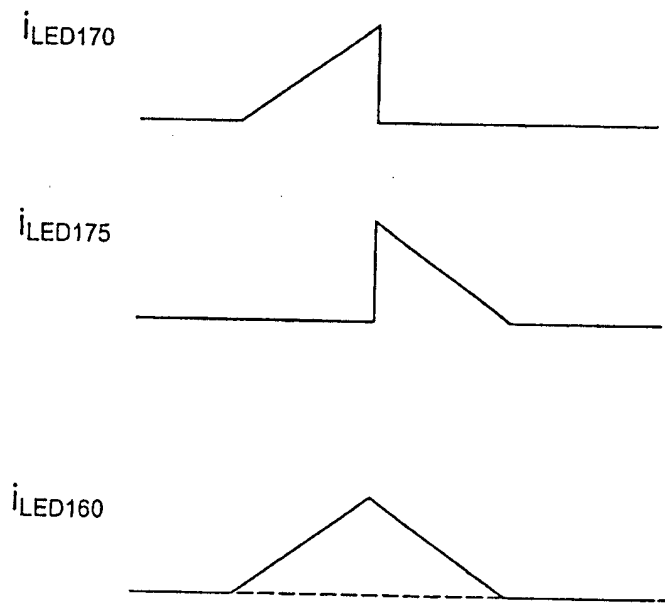


图 12

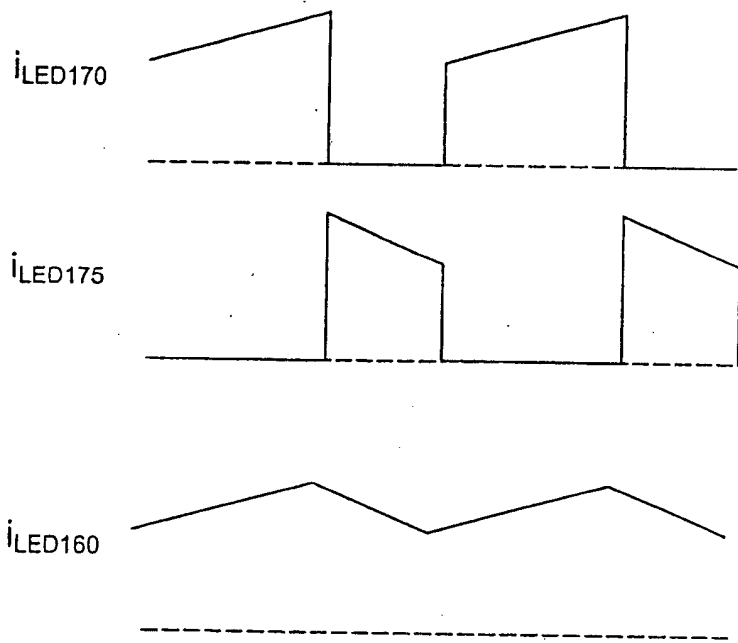


图 13

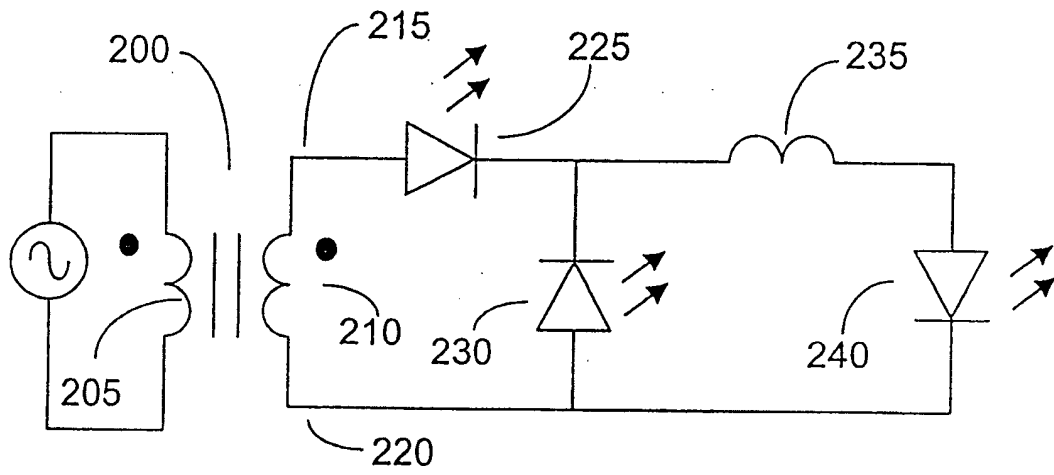


图 14

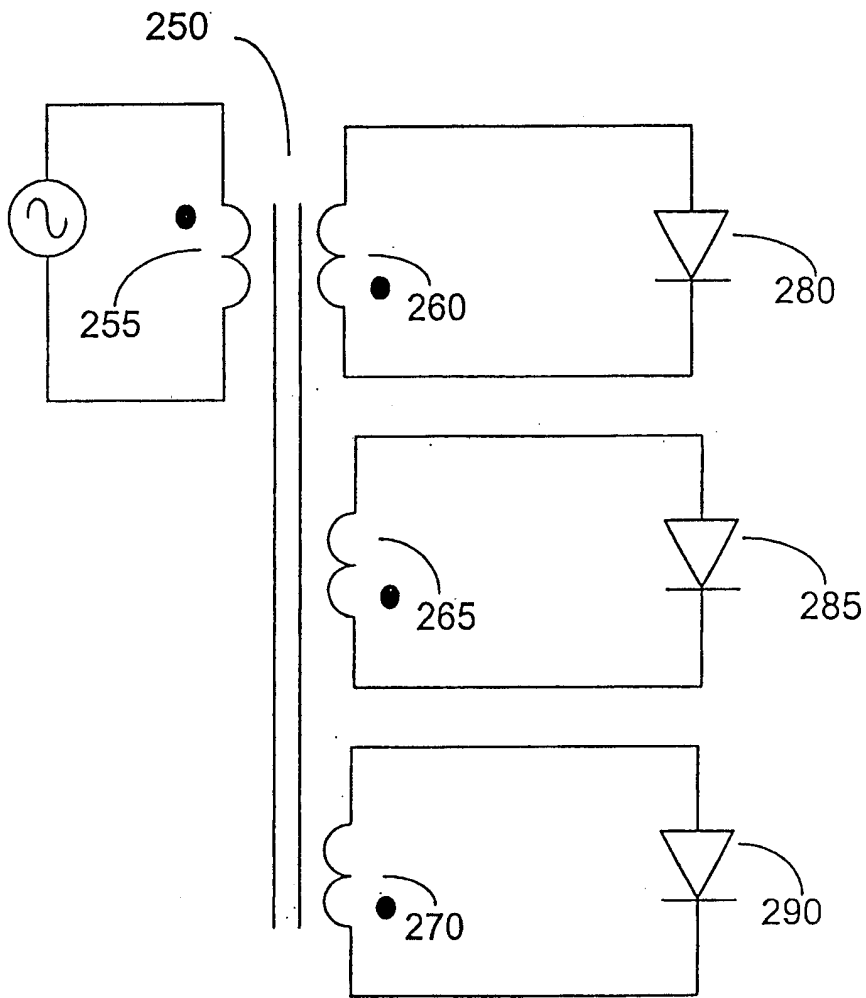


图 15

