



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104994625 B

(45)授权公告日 2018.12.18

(21)申请号 201510337295.6

(22)申请日 2011.12.29

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104994625 A

(43)申请公布日 2015.10.21

(30)优先权数据  
61/440,369 2011.02.07 US  
61/442,672 2011.02.14 US

(62)分案原申请数据  
201110451518.3 2011.12.29

(73)专利权人 谷歌有限责任公司  
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 大卫·库斯特 巴利·拉佛瑞吉

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限  
责任公司 11219

代理人 周亚荣 安翔

(51)Int.Cl.  
H05B 37/02(2006.01)

(56)对比文件  
CN 201680198 U,2010.12.22,  
US 20070210722 A1,2007.09.13,  
US 7271802 B2,2007.09.18,  
CN 201680198 U,2010.12.22,  
CN 101262171 A,2008.09.10,  
CN 101420810 A,2009.04.29,

审查员 许晨

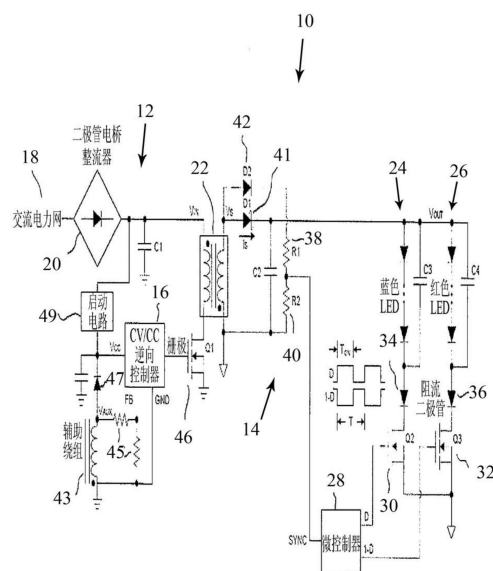
权利要求书2页 说明书10页 附图10页

## (54)发明名称

多串发光二极管电流控制系统和方法

## (57)摘要

本发明涉及多串发光二极管电流控制系统和方法。本发明所述各项实施例提供LED照明系统和方法。变压器具有初级绕组和次级绕组。多个LED串耦接到所述变压器的所述次级绕组。至少一个开关耦接到所述多个LED串中的至少一个LED串。控制器耦接到所述至少一个开关,且经配置以控制所述至少一个开关的运行,这样电流即以交替方式流过所述多个LED串。



1. 一种LED照明系统,包括:

变压器,所述变压器包括初级绕组和次级绕组;

多个LED串,所述多个LED串被耦接到所述变压器的所述次级绕组;

至少一个开关,所述至少一个开关被耦接到所述多个LED串中的至少一个LED串;以及

控制器,所述控制器被配置成感测流过所述变压器的所述次级绕组的电流,所述控制器被耦接到所述至少一个开关,且被配置为控制所述至少一个开关的操作,使得电流流过所述多个LED串时,交替流过所述多个LED串中的每个LED串,其中,所述至少一个开关操作以在实质上没有电流流过所述变压器的所述次级绕组时切换所述电流流过哪一个LED串。

2. 如权利要求1所述的系统,其中,所述多个LED串包括第一LED串和第二LED串,且所述至少一个开关包括,耦接到所述第一LED串的第一开关,以及耦接到所述第二LED串的第二开关。

3. 如权利要求2所述的系统,其中,所述控制器被配置为,使得所述第一开关在第一工作周期操作,且所述第二开关在第二工作周期操作。

4. 如权利要求3所述的系统,其中,所述第一工作周期和所述第二工作周期是互补的。

5. 如权利要求4所述的系统,其中,所述控制器进一步被配置为,基于所述多个LED串的温度,调整所述第一工作周期和所述第二工作周期。

6. 如权利要求4所述的系统,其中,所述控制器进一步被配置为,基于流过所述多个LED串的电流,调整所述第一工作周期和所述第二工作周期。

7. 如权利要求4所述的系统,其中,所述控制器进一步被配置为,基于流过所述变压器的所述电流的变化,调整所述第一工作周期和所述第二工作周期。

8. 如权利要求4所述的系统,进一步包括初级侧开关,所述初级侧开关被耦接到所述变压器的所述初级绕组,且其中所述第一开关和所述第二开关之间的交替与所述初级侧开关的切换同步。

9. 如权利要求3所述的系统,其中,所述多个LED串进一步包括,第三LED串,且所述至少一个开关进一步包括被耦接到所述第三LED串的第三开关,所述控制器被配置为,使得所述第三开关在第三工作周期操作,且所述第一工作周期、所述第二工作周期,以及所述第三工作周期是互补的。

10. 一种用于操作LED阵列的方法,所述方法包括:

接收经由包括初级绕组和次级绕组的变压器的电流;

操作第一开关,使其耦接到所述LED阵列的第一LED串和所述变压器的所述次级绕组;以及

操作第二开关,使其耦接到所述LED阵列的第二LED串和所述变压器的所述次级绕组,使得电流流过所述第一LED串和所述第二LED串组成的LED串中的一个,并交替流过所述第一LED串和所述第二LED串,其中,操作所述第一开关和所述第二开关中的至少一个开关包括,在实质上没有电流流过所述变压器的次级绕组时切换所述电流流过所述第一LED串和所述第二LED串中的哪一个LED串。

11. 如权利要求10所述的方法,进一步包括,

操作第一开关,使其在第一工作周期耦接到所述LED阵列的第一LED串和所述变压器的所述次级绕组;以及

操作第二开关,使其在第二工作周期耦接到所述LED阵列的第二LED串和所述变压器的所述次级绕组。

12.如权利要求11所述的方法,进一步包括,基于所述LED阵列的温度,调整所述第一工作周期和所述第二工作周期。

13.如权利要求11所述的方法,其中,操作所述第一开关和所述第二开关与切换被耦接到所述变压器的所述初级绕组的初级侧开关同步。

14.如权利要求11所述的方法,进一步包括,基于流过所述LED阵列的电流,调整所述第一工作周期和所述第二工作周期。

15.如权利要求11所述的方法,进一步包括,基于流过所述变压器的电流的变化,调整所述第一工作周期和所述第二工作周期。

16.一种LED照明设备,包括:

多个LED串;

至少一个开关,所述至少一个开关被耦接到所述多个LED串;以及

控制器,所述控制器被配置为感测流过耦接到所述多个LED串的电感的电流,所述控制器被耦接到所述至少一个开关,且被配置为以互补方式控制所述至少一个开关的操作,使得电流流过所述多个LED串时,交替流过所述多个LED串中的每个LED串,其中,所述至少一个开关操作以在实质上没有电流流过被耦接到所述多个LED串的所述电感时切换所述电流流过哪一个LED串。

17.如权利要求16所述的设备,其中,所述多个LED串包括第一LED串和第二LED串,所述至少一个开关包括被耦接到所述第一LED串的第一开关以及被耦接到所述第二LED串的第二开关,且其中所述控制器被配置为,使得所述第一开关在第一工作周期D操作,且所述第二开关在第二工作周期D'操作,其中 $D' = 1 - D$ 。

## 多串发光二极管电流控制系统和方法

[0001] 本申请是申请日为2011年12月29日,申请号为201110451518.3,发明名称为“多串发光二极管电流控制系统和方法”的申请的分案申请。

[0002] 相关申请案

[0003] 本专利申请案主张2011年2月7日申请的第61/440,369号美国临时专利申请案,以及2011年2月14日申请的第61/442,672号美国临时专利申请案的优先权,这两个申请案均以引用的方式全文并入本文中。

### 技术领域

[0004] 本发明涉及发光二极管(LED)领域,确切地说,涉及多串LED装置。

### 背景技术

[0005] 近年来,固态照明装置,例如发光二极管(LED)已广泛用于各种行业 and 生产线。如今,LED应用甚至成为替代传统白炽灯泡的常见物品。

[0006] 但是,LED灯泡通常产生令人不悦的颜色或颜色温度,因为所产生的光通常显示为“冷光”或蓝色。因此,人们已尝试以各种方式用磷光体来控制光线的颜色。但是,使用磷光体来控制LED的颜色温度会导致固态照明设备的成本增加以及效率降低。此外,随着运行条件改变,例如当LED温度和偏压电流改变时,颜色温度并不能得到良好的控制。

[0007] 人们已做出其他尝试,通过以受控方式控制多串LED组件(例如具有不同颜色的LED串)中的电流来控制颜色温度。例如,其中一种方法涉及在初级侧控制的交流电到直流电(AC/DC)逆向转换器的次级侧上使用直流电到直流电(DC/DC)转换器。但是,这种解决方案十分昂贵,原因部分在于DC/DC转换器,以及缺乏在生产中调节电流以适应各批次LED变化,以及其他控制电路元件的变化的灵活性。为了实现这种调节,可添加微控制器。但这样做会进一步提高成本。

[0008] 总的来说,现有解决方案的成本过高,且对于大量生产的固态灯泡,尤其是改装白炽灯泡替换市场而言过大。

### 发明内容

[0009] 在一些实施例中揭示一种LED照明系统,包括:变压器,其包括初级绕组和次级绕组;耦接到所述变压器的所述次级绕组的多个LED串;耦接到所述多个LED串中的至少一个LED串的至少一个开关;以及控制器,其耦接到所述至少一个开关,且经配置以控制所述至少一个开关的运行,这样电流即以交替方式流过所述多个LED串。

[0010] 在另一些实施例中揭示一种用于操作LED阵列的方法,所述方法包括:经由包括初级绕组和次级绕组的变压器接收电流;在第一工作周期中,操作耦接到所述LED阵列的第一LED串的第一开关,以及所述变压器的所述次级绕组;在第二周期中,操作耦接到所述LED阵列的第二LED串的第二开关,以及所述变压器的所述次级绕组,这样所述第二开关就不会在所述第一开关启动时启动,其中所述第一工作周期和所述第二工作周期是互补的。

[0011] 在一些额外实施例中揭示一种LED照明设备,包括:多个LED串;耦接到所述多个LED串的至少一个开关;以及控制器,其耦接到所述至少一个开关,且经配置以在所述多个LED串供有电流时以互补方式控制所述至少一个开关的运行,这样一次只启动所述至少一个开关中的一个开关,且所述电流一次仅流过所述多个LED串中的一个LED串。

[0012] 本发明实施例提供了一种LED照明系统,包括:

[0013] 变压器,其包括初级绕组和次级绕组;

[0014] 耦接到所述变压器的所述次级绕组的多个LED串;

[0015] 耦接到所述多个LED串中的至少一个LED串的至少一个开关;以及

[0016] 控制器,其耦接到所述至少一个开关,且经配置以控制所述至少一个开关的运行,这样电流即以交替方式流过所述多个LED串。

[0017] 其中,优选地,所述多个LED串包括第一LED串和第二LED串,且所述至少一个开关包括耦接到所述第一LED串的第一开关,以及耦接到所述第二LED串的第二开关。

[0018] 其中,优选地,所述控制器经配置以使所述第一开关在第一工作周期运行,且所述第二开关在第二工作周期运行。

[0019] 其中,优选地,所述第一工作周期和所述第二工作周期是互补的。

[0020] 其中,优选地,所述控制器进一步经配置以基于所述多个LED串的温度,调整所述第一工作周期和所述第二工作周期。

[0021] 其中,优选地,所述第一开关和所述第二开关之间的交替发生在实质上没有电流流过所述变压器的所述次级绕组时。

[0022] 其中,优选地,所述控制器进一步经配置以基于流过所述多个LED串的电流,调整所述第一工作周期和所述第二工作周期。

[0023] 其中,优选地,所述控制器进一步经配置以基于流过所述变压器的电流的变化,调整所述第一工作周期和所述第二工作周期。

[0024] 其中,优选地,所述的LED照明系统,进一步包括,耦接到所述变压器的所述初级绕组的初级侧开关,且其中所述第一开关和所述第二开关之间的交替与所述初级侧开关的切换同步。

[0025] 其中,优选地,所述多个LED串进一步包括第三LED串,且所述多个开关进一步包括耦接到所述第三LED串的第三开关,所述控制器经配置以使所述第三开关在第三工作周期运行,且所述第一工作周期、所述第二工作周期,以及所述第三工作周期是互补的。

[0026] 本发明实施例提供了一种用于操作LED阵列的方法,所述方法包括:

[0027] 经由包括初级绕组和次级绕组的变压器接收电流;

[0028] 在第一工作周期中,操作耦接到所述LED阵列的第一LED串的第一开关,以及所述变压器的所述次级绕组;

[0029] 在第二周期中,操作耦接到所述LED阵列的第二LED串的第二开关,以及所述变压器的所述次级绕组,这样所述第二开关就不会在所述第一开关启动时启动,

[0030] 其中所述第一工作周期和所述第二工作周期是互补的。

[0031] 其中,优选地,操作所述第一开关包括在实质上没有电流流过所述变压器的所述次级绕组时,启动和停用所述第一开关。

[0032] 其中,优选地,操作所述第二开关包括在实质上没有电流流过所述变压器的所述

次级绕组时,启动和停用所述第二开关。

[0033] 其中,优选地,所述的方法,进一步包括基于所述LED阵列的温度,调整所述第一工作周期和所述第二工作周期。

[0034] 其中,优选地,操作所述第一开关和所述第二开关与切换耦接到所述变压器的所述初级绕组的初级侧开关同步。

[0035] 其中,优选地,所述的方法,进一步包括基于流过所述LED阵列的电流,调整所述第一工作周期和所述第二工作周期。

[0036] 其中,优选地,所述的方法,进一步包括基于流过所述变压器的电流的变化,调整所述第一工作周期和所述第二工作周期。

[0037] 本发明实施例提供了一种LED照明设备,包括:

[0038] 多个LED串;

[0039] 耦接到所述多个LED串的至少一个开关;以及

[0040] 控制器,其耦接到所述至少一个开关,且经配置以在所述多个LED串供有电流时以互补方式控制所述至少一个开关的运行,这样一次只启动所述至少一个开关中的一个开关,且所述电流一次仅流过所述多个LED串中的一个LED串。

[0041] 其中,优选地,所述多个LED串包括第一LED串和第二LED串,所述至少一个开关包括耦接到所述第一LED串的第一开关,以及耦接到所述第二LED串的第二开关,且其中所述控制器经配置以使所述第一开关在第一工作周期D运行,且所述第二开关在第二工作周期D'运行,其中 $D' = 1 - D$ 。

[0042] 其中,优选地,以互补方式操作所述第一开关和所述第二开关包括交替启动所述第一开关和所述第二开关,且其中所述交替启动所述第一开关和所述第二开关发生在实质上没有电流流过耦接到所述多个LED串的感应器时。

## 附图说明

[0043] 附图以实例而非限定的方式说明本发明。

[0044] 图1是说明LED照明系统的一项实施例的示意图;

[0045] 图2是说明LED照明系统的次级侧的一项实施例的示意图;

[0046] 图3是说明LED照明系统的次级侧的另一项实施例的示意图;

[0047] 图4是说明与根据一项实施例的LED照明系统关联的各种波形的时态图;

[0048] 图5是详细说明图4中的一种波形的时态图;

[0049] 图6是说明根据一项实施例的LED照明系统的同步的时态图;

[0050] 图7是说明LED照明系统的另一项实施例的示意图;

[0051] 图8是说明LED照明系统的进一步实施例的示意图;

[0052] 图9是说明LED照明系统的进一步实施例的示意图;以及

[0053] 图10是说明LED照明系统的又一进一步实施例的示意图。

## 具体实施方式

[0054] 说明书中所用“一项实施例”或“实施例”表示,所描述的与所述实施例相关的特定特征、结构或特性包括在本发明的至少一个实施例中。位于本说明书中各处的“在一项实施

例中”并不一定指同一实施例。

[0055] 为了进行阐释,以下详细的说明列出许多具体细节,以便全面理解本申请案。然而,所属领域的技术人员将清楚地了解,可在没有这些具体细节的情况下实践所公开的各实施例、本发明及其等效物。

[0056] 具体实施方式包括对附图的参考,附图构成了具体实施方式的一部分。附图所示为各示例性实施例。这些实施例在本文中也可称为“实例”,本文对其进行了足够详细的说明,从而使所属领域的技术人员能够实践所主张的本发明。可在不脱离本发明的范围和精力的情况下,组合各实施例、使用其他实施例,或者进行结构、逻辑和电方面的变化。应理解,本文中所述各实施例的意图并不在于限制的本发明的范围,而是使所属领域的技术人员能够实践、制作和/或使用本发明。

[0057] 本文所述实施例使用了对固态照明 (SSL) 颜色温度进行控制的替代性方法。本文所述实施例没有使用白色或蓝色LED,其用不同的非接触式磷光体来控制颜色温度,而是使用(例如)多串不同颜色的发光二极管(LED),例如红色和蓝色LED,并精确地控制在不同颜色的LED串中的电流比率,从而控制颜色温度。多串LED中的电流是时间复用的,或者经过脉冲宽度调制以获得所需颜色温度,所述电流可进行控制,以在运行条件改变时维持恒定颜色,或改变颜色以模拟在变暗时向红色改变的白炽灯泡。

[0058] 在某些实施例中,使用单个恒定电流LED驱动器和输出电路来分开由控制器控制的多个LED串之间的电流。无需对LED电流进行感测,从而实现在所述方案中使用固定强度的驱动器,以及可从标准照明控制变暗的驱动器,例如三端双向可控硅开关调光器或0到10V调光器。

[0059] 各项实施例可使用成本极低的恒定电压、恒定电流(CV/CC)初级侧调节(PSR)逆向转换器来产生恒定的次级侧输出电流,所述输出电流以脉冲宽度调制(PWM)的方式被引导进入单独的红色和蓝色LED串中,这样即可精确地控制红色/蓝色LED电流的比率,从而控制在各种运行条件下的颜色温度。

[0060] 在一项实施例中,提供一种LED照明系统。所述LED照明系统包括具有初级绕组和次级绕组的变压器。多个LED串耦接到变压器的次级绕组。至少一个开关耦接到所述多个LED串中的至少一个LED串。控制器耦接到所述至少一个开关,且经配置以控制所述至少一个开关的运行,这样电流即以交替方式流过多个LED串。

[0061] 在另一项实施例中,提供一种用于操作LED阵列的方法。电流是经由包括初级绕组和次级绕组的变压器接收的。耦接到LED阵列的第一LED串的第一开关,以及变压器的次级绕组在第一工作周期运行。耦接到LED阵列的第二LED串的第二开关,以及变压器的次级绕组在第二工作周期运行,这样第二开关就不会在第一开关启动时启动。第一工作周期和第二工作周期是互补的。

[0062] 在一项进一步实施例中,提供一种LED照明设备。LED照明设备包括多个LED串,以及耦接到所述多个LED串的至少一个开关。控制器耦接到所述至少一个开关,且经配置以在所述多个LED串供有电流时以互补方式控制所述至少一个开关的运行,这样一次只启动所述至少一个开关中的一个开关,且所述电流一次仅流过所述多个LED串中的一个LED串。

[0063] 图1是说明根据一项实施例的LED照明系统10的示意图。照明系统10包括初级侧12和次级侧14。在初级侧12上,恒定电压、恒定电流(CV/CC)初级侧逆向控制器16会使用逆向

变压器22将初级侧上从主交流电源18流过二极管电桥整流器20的交流电力转换成次级侧14上的直流电力,其中所述逆向变压器22具有与初级侧12关联的初级绕组(即感应器),以及与次级侧14关联的次级绕组。在次级侧14上,直流电力被提供给多个LED串24和26。在一项实施例中,LED串24和26内的LED的颜色不同。例如,串24中的LED可以是蓝色的(或“冷光型”或“带蓝色的”白色),且串26中的LED可以是红色的。尽管图1中仅包括两个LED串,但应了解,其他实施例中可使用更多数量(例如三个或三个以上)的LED串。此外,尽管每个LED串中仅明确显示了两个LED,但应了解,其中可包括任意数量的LED,具体取决于具体应用。

[0064] 微控制器(或开关控制器)28分别经由开关(例如场效晶体管(FET))30和32耦接到LED串24和26,并交替地启动开关30和32,以使电流一次只流过一个开关。控制器28可以是脉冲宽度调制(PWM)电路,其可控制红色/蓝色LED电流的比率,从而控制颜色温度。随着运行条件改变,可维持或改变颜色温度。例如,当传统的基于三端双向可控硅开关的壁式调光器使得光线变暗时,LED电流和结区温度可改变。在一项实施例中,当调暗或改变光线以模拟白炽灯泡时,可维持照明系统10的颜色温度,其中白炽灯泡在光线变暗时向红色改变。

[0065] 在一项实施例中,控制器28以互补性工作周期(即工作周期的和为1)操作开关30和32。也就是说,如果开关30的工作周期为D,则开关32的工作周期D'为1-D。

[0066] 工作周期D表示开关30接通的时间部分。例如,如果开关30接通的时间用 $T_{on}$ 表示,且从D的上升边到D的下一个上升边的时间用T表示,其中T是PWM周期,则D定义为 $T_{on}/T$ 。假设逆向转换器的平均输出电流为I,流过LED串24的电流为 $I \cdot D$ 且流过LED串26的电流为 $I \cdot (1-D)$ 。蓝色/红色LED串电流的比率为 $D/(1-D)$ 。通过改变D,可控制流过每个LED串的电流的比率,而不明确地测量流过LED串24和26的电流。

[0067] 尽管图中包括两个开关30和32(即每个LED具有一个开关),但应了解,在两个LED串配置中,系统可以仅用一个开关运行。例如,如果一个LED串(例如LED串24)的最小正向电压足够高于另一个LED串(例如LED串26)的最大正向电压,则控制器26只需要对开关32产生1-D控制即可。当开关32接通(即LED串26启动)时,基于这种足够较低的正向电压,LED串24将自动停用,且所有电流都将流过LED串26。

[0068] 规定控制器28的运行的算法可基于环境(例如温度)变化,维持固定的颜色,或固定的颜色温度。或者,所述算法可基于环境(例如时间、环境光线和环境颜色)变化,改变颜色,或颜色温度。

[0069] 仍参阅图1,阻流二极管34和36分别阻断在开关30和32的寄生体二极管中的电流。阻流二极管34和36可防止LED串24与26之间出现寄生电流,所述寄生电流可能在两个LED串24和26的正向电压不同时产生。对于正向电压最低的LED串,可能不需要阻流二极管。

[0070] 在一项实施例中,逆向控制器16包括初级侧调节(PSR)集成电路(IC),且根据需要同时调节输出电压和电流,例如提供恒定电流或恒定电压,具体取决于系统要求。例如,在本发明中,PSR IC可以恒定电流模式运行,以驱动LED串24和26,同时可使用恒定电压模式来进行过电压保护,其可对某些故障条件进行保护,例如LED串中的开路故障。

[0071] 如下文中的详细描述,在一项实施例中,PSR控制器IC用于对通过变压器22反映的次级侧条件进行感测,且开关30和32的切换与逆向控制器16的切换同步,以防止关键PSR控制信号中出现有害扰动,其中所述扰动可能降低LED电流调节的精度和稳定性,并通过在次级绕组电流为零时,仅允许PWM切换来确保达到最高效率,从而最大限度地减少切换损耗。



这种同步是由图1中所示的电阻 (R1、R2) 38和40以及二极管 (D2) 42来实现的。通常情况下, 辅助绕组电压 ( $V_{aux}$ ) 从辅助变压器绕组43经由电阻分压器45提供到逆向控制器16, 以允许控制器16感测次级侧输出电压和变压器22的复位时间。启动电路49可以是有源电路, 或者仅仅是电阻。启动后, 电力 ( $V_{cc}$ ) 经由整流器二极管47提供给控制器16。所述同步的其他详情将在后续章节中提供。请注意, 尽管后续附图 (例如图7) 中可能没有显示用于产生电力 ( $V_{cc}$ ) 和提供反馈的部件, 但下述实施例可以与图1相同的方式使用相同的部件。

[0072] 图2是照明系统10的次级侧14的简图。但是, 出于清楚说明的考量, 图2中的电源已简化, 且已省略了阻流二极管34和36 (图1中)。在图2中, 恒定电流来源 ( $I_{cc}$ ) 44通过初级侧上的PSR AC/DC控制器提供, 例如图1中的逆向控制器16。在该实例中, 单独的蓝色和红色LED串24和26并联, 且 $I_{cc}$ 以时间复用或PWM方式被引导进入蓝色串24或红色串26中。控制器 (例如PWM) 简单地产生工作周期D, 其表示每个PWM周期 (T) 中 $I_{cc}$ 被引导进入蓝色LED串24中的时间 ( $T_{on}$ ) 部分 (即D等于 $T_{on}/T$ )。在该实例中, 在每个PWM周期的剩余部分D'中,  $I_{cc}$ 被引导进入红色LED串中, 其中 $D' = 1 - D$ 。因此, 该实例中的蓝色/红色LED串电流的比率等于 $D/(1-D)$ 。

[0073] 图3是说明系统10可以如何针对 (例如) 蓝色和红色LED串24和26的串联组套进行重新配置的次级侧14的另一幅简图。对于串联组套,  $I_{cc}$ 总是流过蓝色LED串24, 而在每个PWM切换周期中当PWM开关33断开的部分中,  $I_{cc}$ 仅流过红色LED串26。在该实例中, 蓝色/红色LED串电流的比率为 $1/(1-D)$ 。PWM控制器28对工作周期 (D) 进行控制, 以获得所需的颜色温度分布。

[0074] 如上所述, 在一项实施例中, 次级侧PWM切换与初级侧逆向切换同步, 以防止PSR信号感测中出现不合时的扰动, 从而提高电路的稳定性, 并通过确保PWM切换仅发生在次级绕组电流为零时, 最大限度地提高效率。逆向控制器16感测次级侧输出电压和变压器的复位时间, 以控制输出电流并提供故障保护, 例如过电压保护。控制器16对辅助变压器绕组上的电压进行感测, 而不是使用光耦合器来提供反馈, 其中电压也向控制器16提供电力。

[0075] 图4所示是根据一项实施例的切换波形。 $V_g$ 表示初级侧电力FET 46栅极电压。 $I_p$ 是变压器22 (图1) 中的初级绕组电流, 且 $I_s$ 是变压器22中的次级绕组电流。 $V_s$ 是变压器22中的次级绕组电压。 $V_{sync}$ 是通过单个二极管 (例如二极管42) 和电阻分压器 (例如电阻38和40) 产生的信号。

[0076] 初级侧辅助绕组电压可表示为

$$[0077] \quad V_{aux} = V_s \cdot N_{aux}/N_s, \quad (1)$$

[0078] 其中 $N_{aux}$ 和 $N_s$ 是分别是辅助和次级绕组中的圈数。 $V_s$ 可表示为

$$[0079] \quad V_s = V_{out} + V_f + I_s \cdot R_s, \quad (2)$$

[0080] 其中 $V_{out}$ 是输出电压,  $I_s$ 是次级绕组电流,  $V_f$ 是次级侧整流器二极管41 (D1) 的正向电压降, 且 $R_s$ 表示次级绕组电路中的寄生电阻。将等式1和2相结合可得

$$[0081] \quad V_{aux} = (V_{out} + V_f + I_s \cdot R_s) \cdot N_{aux}/N_s \quad (3)$$

[0082] 因此, 为了精确地感测次级侧输出电压, 初级侧控制器 (例如逆向控制器16) 以最小化涉及到等式3中视电流而定的条件 (即 $V_f + I_s \cdot R_s$ ) 的误差的方式, 对辅助绕组电压进行取样。这可以通过在 $I_s$ 接近零时, 在“拐点” (图5) 对辅助绕组电压进行取样来实现。

[0083] 图5中更加详细地说明了辅助绕组波形的特性。PSR控制IC的运行原则是, 在曲线中的“拐点”上对辅助绕组电压进行感测, 所述拐点在次级绕组电流 $I_s$ 接近零时出现, 此时

所反映出的从次级绕组穿过变压器耦接到辅助绕组的电压不包括视输出电流而定的误差(即 $V_f$ 和 $I_s \cdot R_s$ )。此外,“拐点”表示变压器的复位时间 $T_r$ 结束, $T_r$ 也是CV/CC调节控制算法中需要的条件。

[0084] 例如,某些PSR IC可通过维持 $T_r/T_{pri}$ 的恒定比率来调节输出电流,其中 $T_{pri}$ 是逆向切换周期。因此,需要经由所反映的从次级绕组穿过变压器到辅助绕组的电压信号,准确地感测逆向复位时间 $T_r$ ,且该感测不得被从一个LED串到其他LED串的切换电流歪曲,尤其是在两个LED串的正向电压降实质不同时。

[0085] 为了避免“拐点”上的辅助绕组电压中出现扰动,可通过(例如)迫使PWM切换(例如启动LED串24和26中的一个,以及停用其他LED串24和26)发生在次级侧电流为零时,使LED切换与逆向切换同步(即,与初级侧开关46的切换同步)。在典型的多串LED照明应用中,典型的逆向控制器切换频率可为50~200kHz,而LED PWM切换频率可为约1kHz。数字PWM工作周期发生电路可用SYNC信号形成,其中所述信号可用图1所示的单个二极管42以及电阻38和40产生。

[0086] 通过让控制器28感测变压器22上的次级绕组电压( $V_s$ )摆动,开关30和32的切换可与逆向切换同步。对开关30和32的切换进行同步,以使所述开关在检测到次级电压突然降低时根据命令切换(即发生在次级绕组电流衰减到零,或者当主逆向FET 46接通时),可防止歪曲作用经由变压器22反映到逆向控制器16。该可以最大限度地减少可能由输出电压阶段(例如当切换LED串时)形成的潜在问题,这些问题可能经由变压器反映回逆向控制器,并对控制器造成干扰。此外,同步可通过增强零电流PWM切换来最大限度地提高效率,从而最大限度地减少PWM切换损耗。

[0087] 此外,基于该反馈,控制器28可确定输送到LED串24和26的相对电流,而无需电流感测电阻。该信息可包括在确定D和1-D的算法中,实现对LED照明系统的颜色或颜色温度控制。例如,这可以实现在LED串24和26变暗时降低颜色温度,使得系统能够与在白炽灯变暗时其中发生的向红色的改变相匹配。

[0088] 图6说明了与开关30和32的工作周期相比,SYNC信号的示例性时态图。在所示实例中,工作周期控制信号D和1-D与SYNC信号的下降边同步,所述下降边对应于变压器复位时间的结束,在以下情况下发生:当逆向转换器以不连续状态或关键传导模式运行时,次级绕组电流变为零,或当所述转换器以连续传导模式运行时,初级侧逆向开关接通。或者,PWM切换可与SYNC信号的上升边同步,发生于初级逆向开关断开时,但在这种情况下,必须注意确保初级侧控制器不会对后续的瞬时PWM切换瞬变假信号做出反应,所述假信号可在逆向开关断开后立即出现。

[0089] 图6所示的时态图可由图1所示的控制器28产生。例如,控制器28可包括通过SYNC信号计时的基于数字计数器的PWM发生器。如果逆向转换器以标称100千赫(kHz)运行,则SYNC周期为10微秒( $\mu s$ )。

[0090] 在所需的恒定蓝色/红色LED串电流比率为3:2的一项实施例中,可将LED PWM频率设置为标称1kHz,远远高于人眼闪烁检测阈值。逆向切换与PWM切换频率的比率是100:1。PWM控制器可通过在SYNC的 $100 \cdot 3/5 = 60$ 计数内接通蓝色LED串24来开始每个PWM周期,并随后停用蓝色LED串24,同时每个PWM周期的剩余40计数内启动红色LED串26。在该实例中,D为0.6且D'为0.4。所属领域的一般技术人员应了解,可使用其他简单电路配置来形成

PWM工作周期。此外,可添加额外的LED串(例如图9中所述的三个红色、蓝色和绿色LED串),但前提是一次只激发一串。对于该实例,时间(即 $T_1$ 、 $T_2$ 和 $T_3$ )的总和是PWM周期。

[0091] 所属领域的一般技术人员应了解,也可使用诸如脉冲频率调制(PFM)、脉冲密度调制(PDM)和/或脉冲跨周期调制(PSM)等替代性调制方法来生成D和D'信号。这些替代性控制算法可对给定的条件集使用时间( $T_{on}$ )常数,或实质常数,并调节断开时间或脉冲密度,以在LED串中获得所需的电流比率。

[0092] 例如,PFM控制算法可实施于串联的LED串应用中,例如图3所示的应用,其中对于某些运行条件集(例如输入电压、LED数、输出电压、总LED电流、照明器环境温度等),开关33的 $T_{on}$ 设置为指定数量的SYNC脉冲,且在运行条件改变时,通过调节开关的断开时间( $T_{off}$ )来控制颜色温度,其中 $T_{off}$ 表示获得所需的颜色温度分布所需的SYNC脉冲数。在此类实例中, $T_{off}$ 增加会增加切换时间(T),从而降低切换频率,并有效地增加从照明器发射的红色的相对量,因为图3中的红色LED串26仅在开关33断开时启动。 $T_{off}$ 减小具有相反的效果(即切换频率增加且颜色向蓝色改变)。

[0093] 或者,PDM算法可实施于图3的控制器28中,其中颜色温度通过以下方式控制:在“爆发”时间段内以固定的工作周期(例如50%)使脉冲“爆发”,随后是没有任何切换发生的“安静”时间段,且仅当D在“安静”时间段中较高时,电流流过蓝色串,当D在“安静”时间段内较低时,电流同时流过蓝色和红色串。控制算法确定“爆发”和“安静”时间段所需的SYNC脉冲数,以实现所需的颜色温度分布。

[0094] PSM与PDM相同,且可通过对某些条件集将 $T_{on}$ 设置为固定数量的SYNC脉冲来实施,随后选择性地跳过脉冲,以在运行条件改变时实现所需的LED电流比率。此外,多串LED照明系统可采用PWM、PFM、PDM和PSM运行模式的各种组合,具体取决于运行条件。例如,LED照明器可在光线输出处于高密度时以PWM模式运行,在照明器变暗到某一阈值以下时过渡到PFM模式。

[0095] 图7所示是LED照明系统10的另一项实施例。由于LED的光线输出随温度改变,且不同类型的LED具有不同的温度系数,因此可向控制器28加入温度补偿,以在系统的环境温度和LED结区温度改变时控制颜色温度。在图7所示的实施例中,包括远程温度传感器(例如热敏电阻)48,并向控制器28提供表示温度的信号。温度传感器48可置于靠近LED的位置,以测量LED温度。可在其他实施例中使用其他远程温度传感器,例如二极管和晶体管,或可将温度传感器并入控制器28中,以提供LED照明装置的温度补偿。控制器28可包括温度到数字转换器,以量化所感测到的温度,并在工作周期控制算法中使用温度信息。可用包括基于(例如)温度测量进行检索的检查表的算法来产生和/或调整工作周期。所属领域的一般技术人员应认识到,许多技术可用于对温度进行感测,并用所感测到的温度信息来调整工作周期,从而维持所需的颜色温度分布。

[0096] 图8所示是LED照明系统10的又一项实施例。在图8所示的实例中,添加了调光器支架,以在系统变暗时控制光线密度和颜色温度。如图所示,逆向控制器16包括调光器检测电路50,其对由基于三端双向可控硅开关的调光器产生的相切进行感测,并在变暗水平改变时自动调整逆向转换器输出电流。次级侧14上的控制器28对总平均输出电流进行感测,并相应地调整工作周期,以维持恒定的颜色温度,或改变颜色温度(例如,以模拟在变暗时向红色改变的白炽灯泡)。对电流的感测可由图8中的选择性电阻(R3)52提供。控制器28可包

括模拟到数字转换器(ADC),用于测量总平均电流,并在工作周期控制算法中使用电流信息,从而在光线密度改变时提供所需的颜色温度分布。

[0097] 尽管基于清楚说明的考量而未图示,但应了解,可通过经由整流器二极管耦接到电容的次级侧辅助绕组,以与将电力( $V_{cc}$ )供应给初级侧控制器16相同的方式,对控制器28进行次级侧偏压供应。或者, $V_{cc}$ 可由耦接到逆向转换器的输出的简单并联调节器(例如,基于图10所示的齐纳二极管和串联电阻)或串联调节器(例如线性或LDO调节器)产生。

[0098] 在图8中,电容(C3、C4)54和56表示(例如)在断开时存储LED串的正向电压,这样每当所述串重新启动时,LED即标称偏压(即对储能电容重新充电所需的电流最小),这可确保接近理想LED电流比率,并最大限度地提高效率。红色与蓝色LED串的正向电压降之间的差异可能很大,因此,使用阻流二极管34和36来防止反向电流流入断开LED串中。

[0099] 此外,尽管图中未显示,在本发明的所有实施例中,只有正向电压降最小的串可能需要串联的开关来断开(即停用)所述串。如果LED串的正向电压降的差异足够大,能够确保在应当处于断开状态时,电压较大的LED串中存在的泄漏电流极少,则电压较大的LED串将在电压较小的LED串接通(即启动)时自动断开。为了进行说明并清楚显示,在本发明的所有实施例中,所有LED串上均具有开关30和32。

[0100] 图9所示是LED照明系统10的又一项实施例。图9所示的实施例包括与蓝色和红色LED串24和26并联的第三(绿色)LED串58,其由开关60控制。在图9所示的实例中,控制器28以连续方式操作LED串24、26和58,以便在任何给定的时间中,电流流过,且仅流过其中的一个LED串。因此在图9中,PWM切换频率可等于脉冲宽度调制控制时间的倒数(即 $1/TPWM$ ),且 $TPWM=T1+T2+T3$ ,其中 $T1$ 、 $T2$ 和 $T3$ 分别表示蓝色、红色和绿色LED串的时间脉冲宽度。

[0101] 尽管图9(和本文所述的其他实施例)说明的是并联的LED串,但LED串也可串联,或者LED串可以并联和/或串联配置的任何组合进行连接,其中具有适当连接的开关,以使得断开的LED串开路或短路。

[0102] 图10所示是LED照明系统10的进一步实施例,其使用了未隔离的交流/直流电力转换器。因此,在图10中,特别值得注意的是,上述实施例中的变压器22已替换成分接的感应器62。在图10所示的实例中,LED输出和控制电路在整流的交流线路电压( $V_{in}$ )的顶部“浮动”,且从提供LED电力供应( $V_s$ )的分接的感应器62馈电。同样在图10所示的实施例中,向控制器28提供电力( $V_{dd}$ )的是简单并联调节器。所述并联调节器包括齐纳二极管(D4)64,电阻(R4)66和电容(C6)68。这种类型的并联调节器也可用于向上述隔离系统(例如图1所示)中的控制器28提供电力。

[0103] 因此,本文所述的实施例实现在初级侧控制的CV/CC,或恒定电流(CC)逆向转换器的次级侧上使用简单且同步的时间复用,或脉冲宽度调制切换电路,以精确地控制固态灯泡的颜色温度,而无需任何成本高昂的额外DC/DC转换电路或隔离屏障耦接装置。

[0104] PWM电路(例如控制器28)通过控制初级侧控制的CV/CC逆向转换器的次级侧上的多个LED串中的电流比率,控制颜色温度。PWM切换与逆向切换同步,以确保稳定性和效率最大化,其可用简单且成本低廉的电路来实现。

[0105] 因此,本文所述的实施例实现对固态照明设备(SSL)颜色温度分布的自动控制。例如,可在运行条件(例如环境温度和交流线路电压)改变时维持颜色温度,或者可改变颜色温度以(例如)模拟在变暗时向红色改变的白炽灯泡。

[0106] 此外,既不需要隔离屏障耦接装置,例如光耦合器或隔离的驱动器,也不需要次级侧DC/DC转换电路。

[0107] 虽然为了能清楚地理解而较详细地说明了上述实例,但本发明并不限于所述细节。本发明具有许多替代性实施方式。所公开的实例是说明性的,而非限制性的。

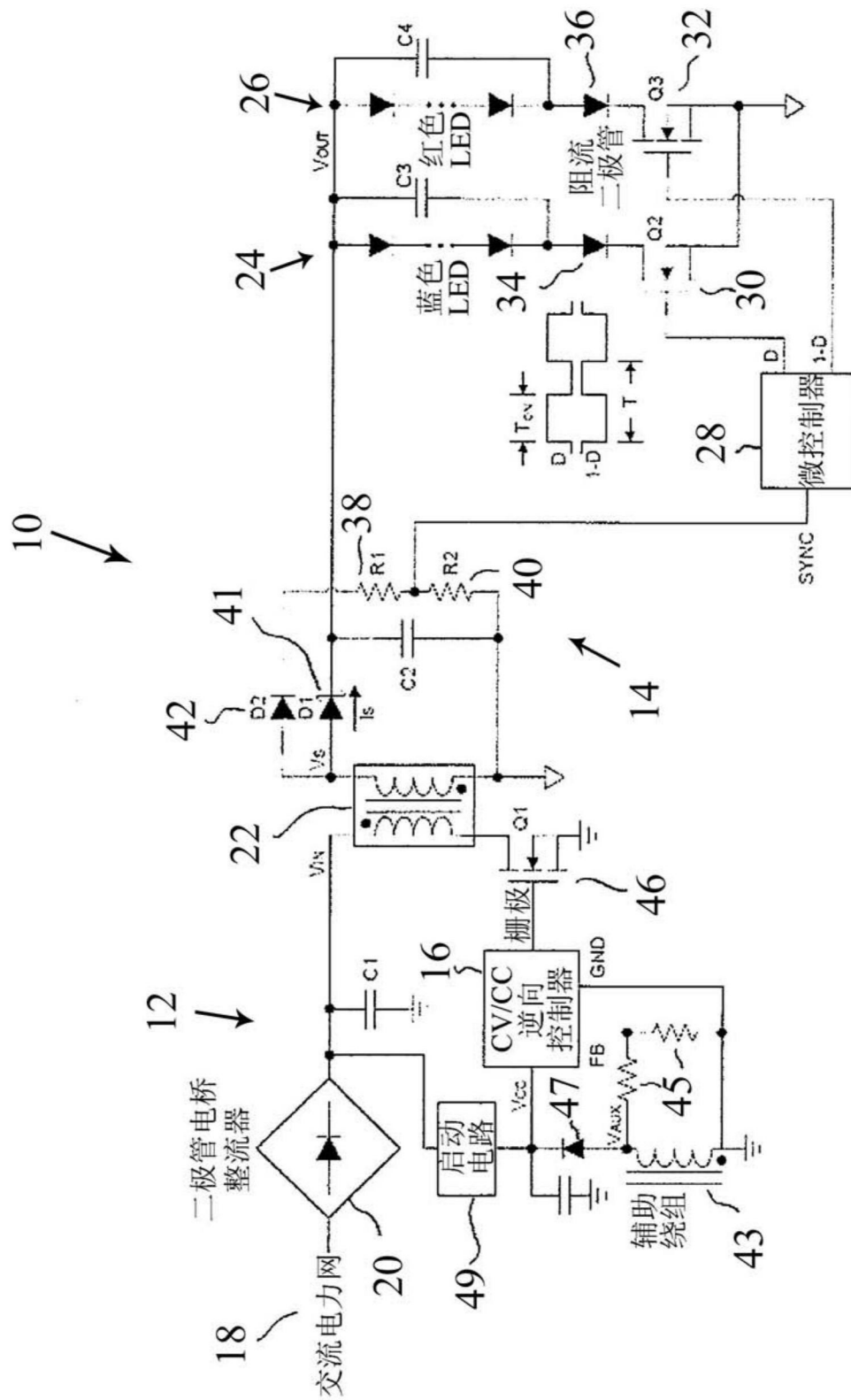


图1

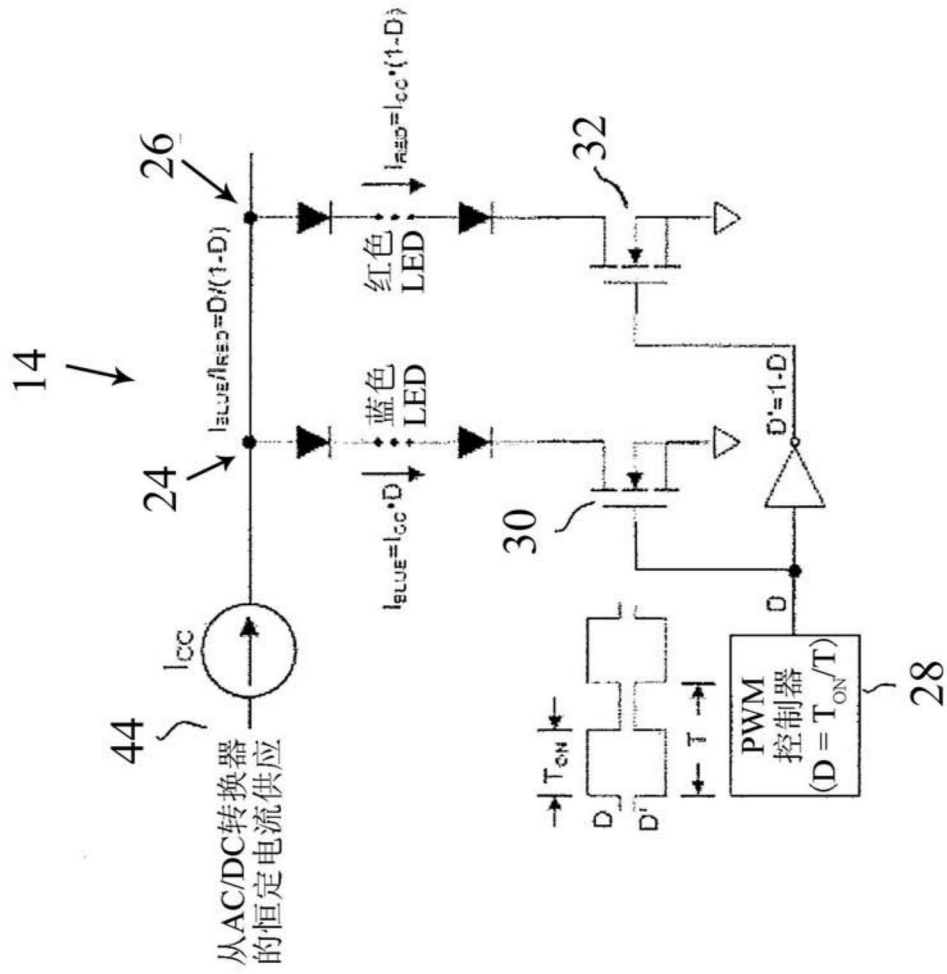


图2

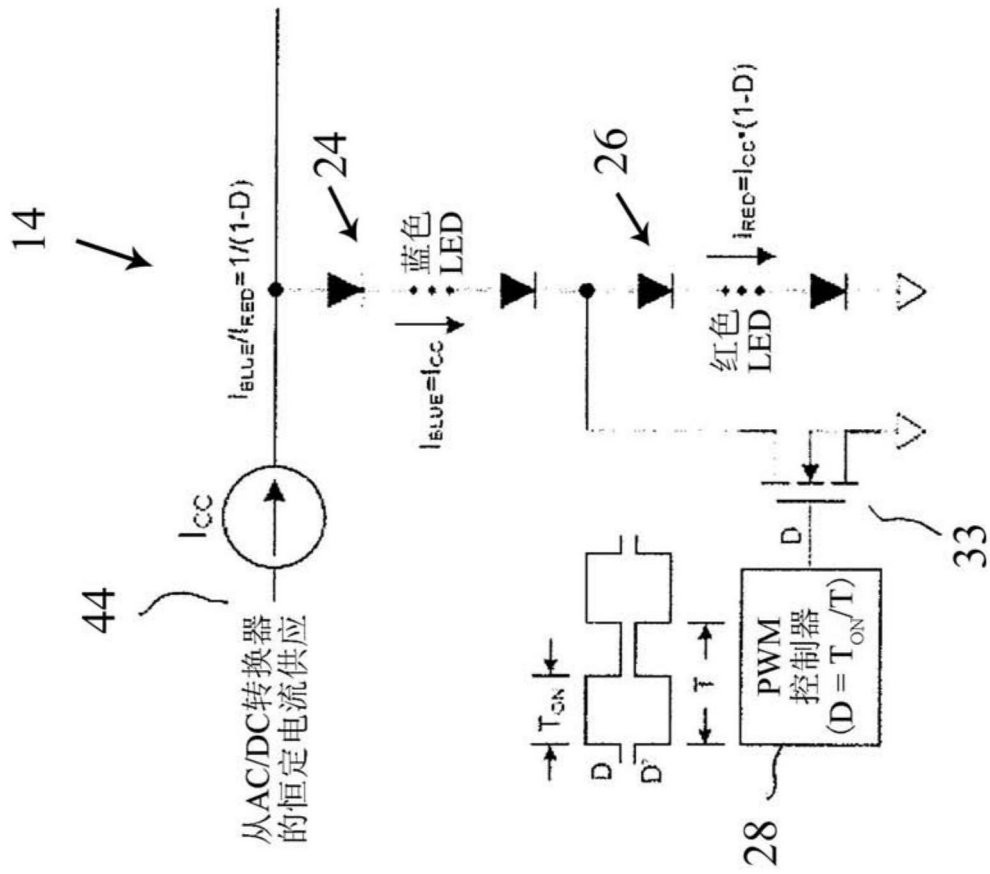


图3



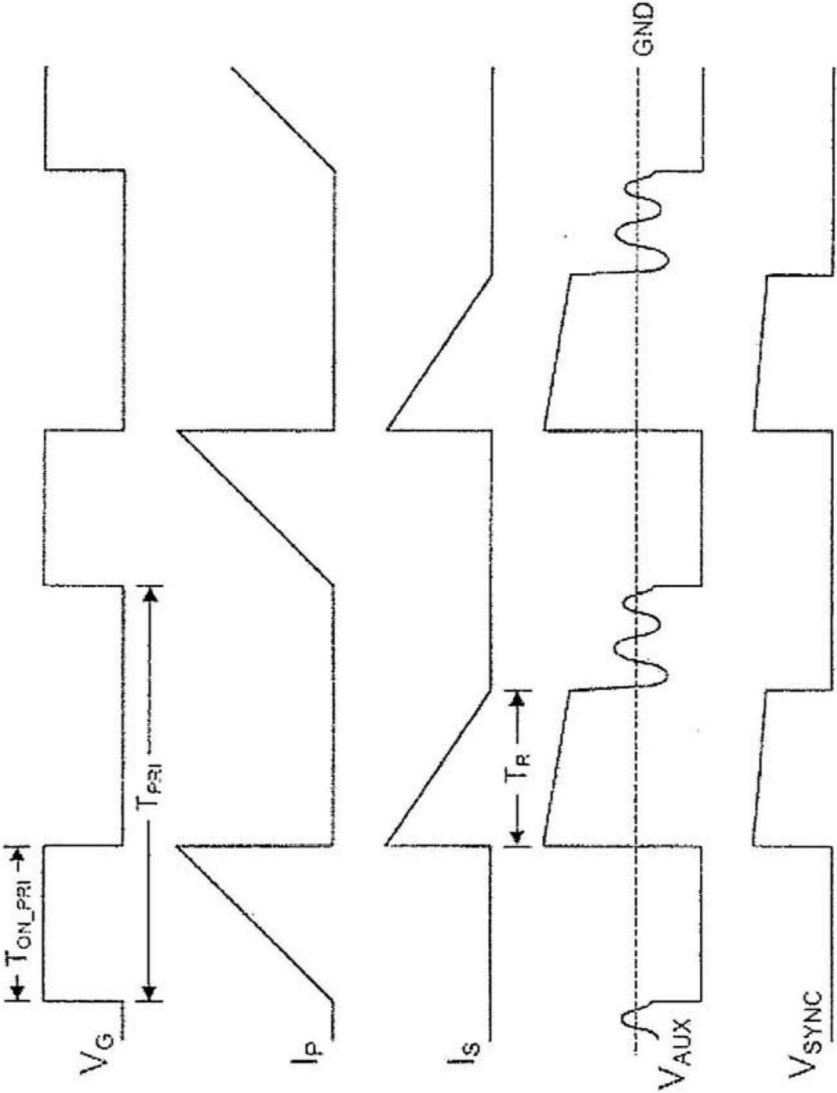


图4

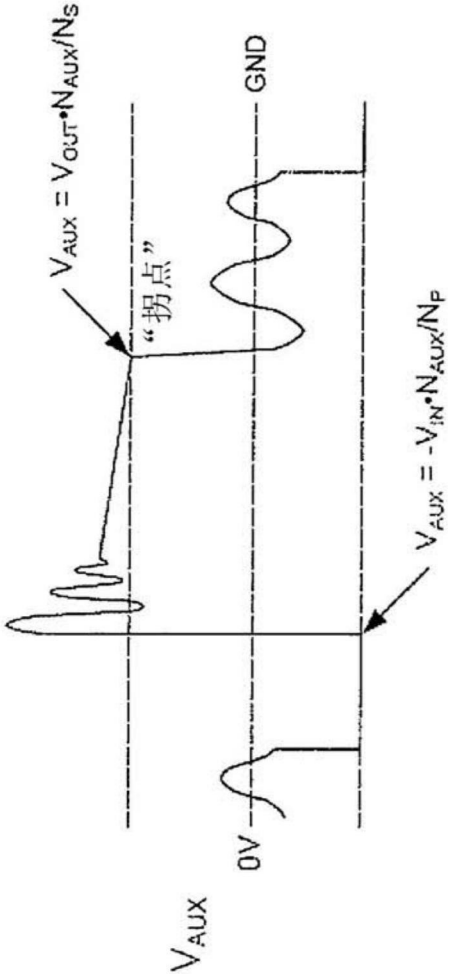


图5

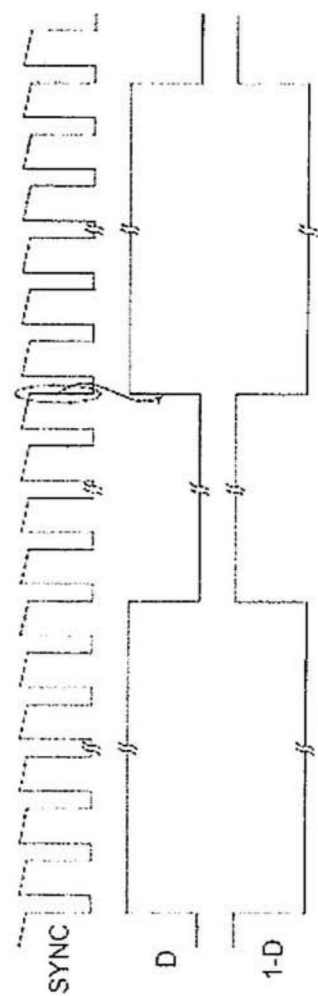


图6



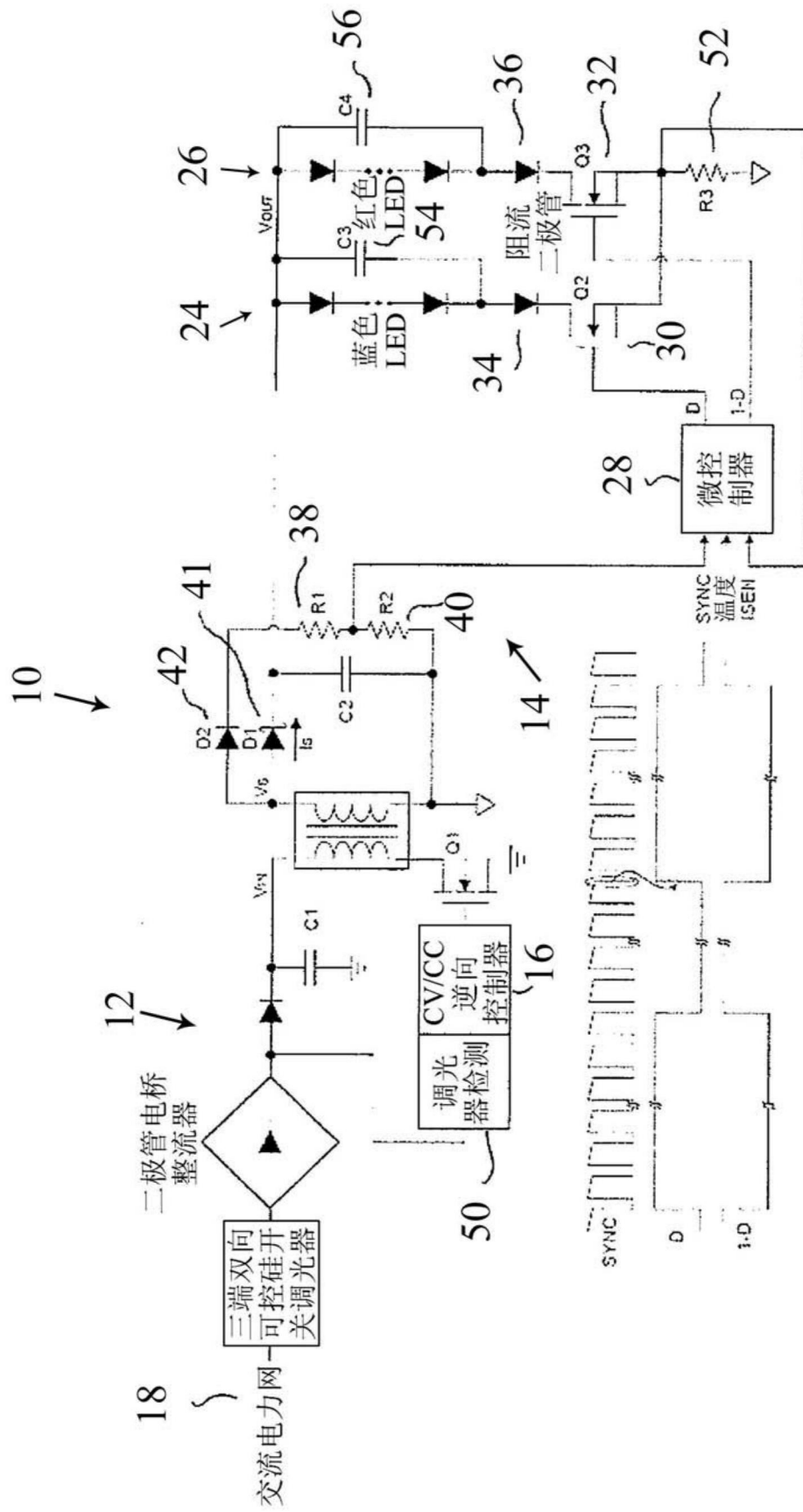


图8

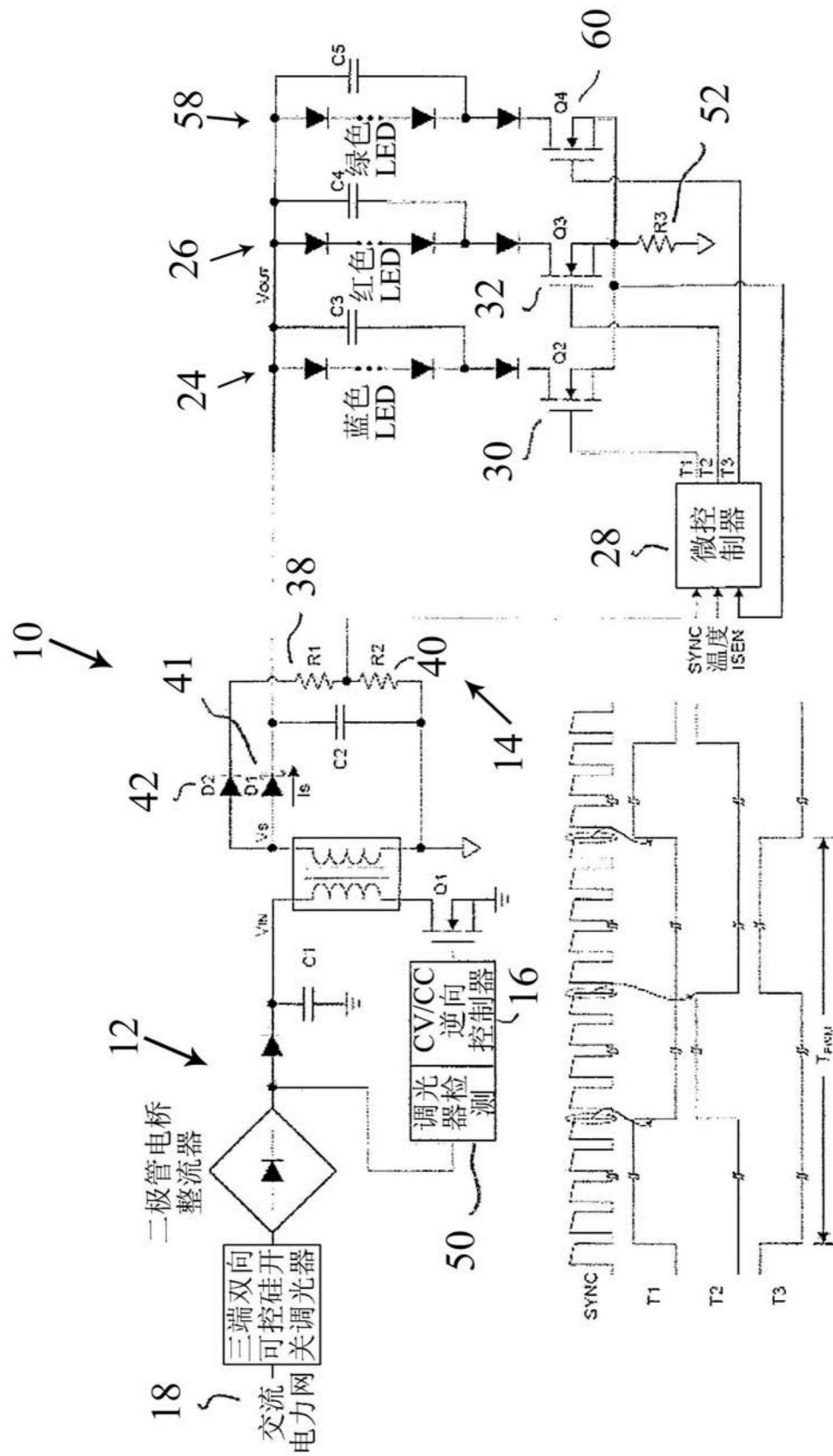


图9

