



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104822195 B

(45)授权公告日 2017. 10. 20

(21)申请号 201510159411.X

(22)申请日 2011.04.19

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104822195 A

(43)申请公布日 2015.08.05

(30)优先权数据
12/764,026 2010.04.20 US

(62)分案原申请数据
201110099807.1 2011.04.19

(73)专利权人 电力集成公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 Y·迦诺基 M·毛

(74)专利代理机构 北京北翔知识产权代理有限公司 11285

代理人 杨勇 郑建晖

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

(56)对比文件
CN 102812781 A, 2012.12.05,
CN 102291871 B, 2015.04.15,
CN 102291871 A, 2011.12.21,
CN 101663918 A, 2010.03.03,
CN 101176386 A, 2008.05.07,
US 2007182338 A1, 2007.08.09,
US 2009160369 A1, 2009.06.25,
JP 2005267999 A, 2005.09.29,

审查员 高胜凯

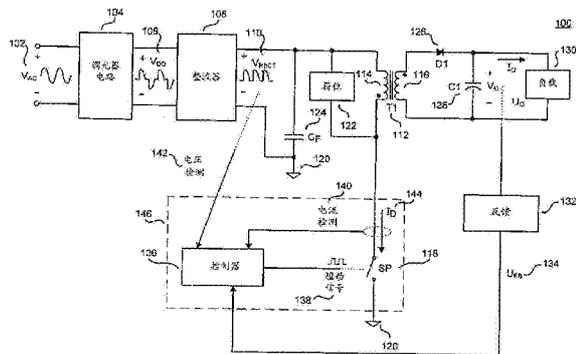
权利要求书2页 说明书15页 附图12页

(54)发明名称

用于开关电源的调光控制方法、控制器及系统

(57)摘要

一种用于开关电源的调光控制的控制器，其包括相角测量单元和驱动逻辑单元。该相角测量单元被耦合以接收输入检测信号。该相角测量单元响应于该输入检测信号生成代表所述电源的输入电压的相角的相角信号。该驱动逻辑单元被耦合以控制包含在所述电源中的开关的切换。该驱动逻辑单元在所述相角小于或等于相位阈值时以闭环调光控制来控制所述开关，并在所述相角大于所述相位阈值时以开环调光控制来控制所述开关。



1. 一种用于和调光器电路一起使用的电源的控制方法,所述方法包括:

从所述调光器电路接收输入检测信号;

基于所述输入检测信号确定所述调光器电路将来自所述电源的输入的交流输入电压断开的的时间的长度;

响应于确定所述时间的长度小于或等于一阈值,生成驱动信号以以闭环调光控制来控制包括在所述电源中的开关的切换,其中所述闭环调光控制包括响应于代表所述电源的输出量的反馈信号来设置所述驱动信号的一个或多个个工作状况;

响应于确定所述时间的长度大于一阈值,生成驱动信号以以开环调光控制来控制包括在所述电源中的所述开关的切换,其中开环调光控制包括将所述驱动信号的所述一个或多个个工作状况保持在当基于所述输入检测信号所述调光器电路将来自所述电源的输入的交流输入电压断开的的时间的长度达到所述阈值时的时刻的值。

2. 根据权利要求1所述的控制方法,其中所述输入检测信号是代表所述调光器电路的调光器输出电压的电压检测信号。

3. 根据权利要求1所述的控制方法,其中所述输入检测信号是代表通过所述开关的开关电流的电流检测信号。

4. 根据权利要求1所述的控制方法,其中所述输入检测信号是代表所述电源的整流输入电压的电压检测信号。

5. 根据权利要求1所述的控制方法,还包括使用计数器确定所述调光器电路将来自所述电源的输入的交流输入电压断开的的时间的长度,所述计数器输出指示所述时间的长度的计数。

6. 根据权利要求5所述的控制方法,其中所述计数器是响应于从振荡器接收的系统时钟信号而累加的二进制计数器。

7. 一种用于和调光器电路一起使用的电源的控制器,所述控制器包括:

测量单元,其被配置为从所述调光器电路接收输入检测信号和基于所述输入检测信号确定所述调光器电路将来自所述电源的输入的交流输入电压断开的的时间的长度;

驱动单元,其被耦合至所述测量单元,并被配置为:响应于所述测量单元的输出指示所述时间的长度小于或等于一阈值而生成驱动信号以以闭环调光控制来控制包括在所述电源中的开关的切换,其中所述闭环调光控制包括响应于代表所述电源的输出量的反馈信号来设置所述驱动信号的一个或多个个工作状况;以及,响应于所述测量单元的输出指示所述时间的长度大于一阈值而生成驱动信号以以开环调光控制来控制包括在所述电源中的所述开关的切换,其中开环调光控制包括将所述驱动信号的所述一个或多个个工作状况保持在当基于所述输入检测信号所述调光器电路将来自所述电源的输入的交流输入电压断开的的时间的长度达到所述阈值时的时刻的值。

8. 根据权利要求7所述的控制器,其中所述输入检测信号是代表所述调光器电路的调光器输出电压的电压检测信号。

9. 根据权利要求7所述的控制器,其中所述输入检测信号是代表通过所述开关的开关电流的电流检测信号。

10. 根据权利要求7所述的控制器,其中所述输入检测信号是代表所述电源的整流输入电压的电压检测信号。

11. 一种系统,包括:

调光器电路;

电源,所述电源的输出被耦合至调光器电路,被配置为提供输出功率至负载;以及
如权利要求7-10中任一项所述的控制器。

用于开关电源的调光控制方法、控制器及系统

[0001] 本申请是申请日为2011年4月19日、名称为“用于开关电源的调光控制”的第201110099807.1号发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明总体上涉及电源,并且更具体地,涉及和调光器电路一起使用的电源。

背景技术

[0003] 电子设备使用电能来运行。开关式电源由于其效率高、尺寸小和重量轻,被普遍用来为许多现在的电子装置提供电能。常规的壁式插座提供高压交流电。在开关电源中,高压交流(ac)输入通过能量传递元件(energy transfer element)被转换,以提供经过适当调节的直流(dc)输出。在运行中,在开关式电源中通过改变开关的占空比(通常是开关的接通时间与总开关周期之比)、改变开关的切换频率或改变开关的每单位时间的脉冲数,利用开关提供期望的输出。

[0004] 在用于照明应用的一种调光类型中,三端双向可控硅(triac)调光器电路通常去除ac输入电压的一部分以限制提供给白炽灯的电压和电流的量。这被称为相位调光,因为使用以度为度量单位所量度的ac输入电压周期的一部分来表明缺失电压的位置通常是便利的。一般而言,ac输入电压是正弦波形,并且ac输入电压的周期被称为一个全线循环(full line cycle)。这样,ac输入电压的周期的一半被称为一个半线循环(half line cycle)。一个完整周期有360度,一个半线循环有180度。通常,相角是对调光器电路去除了每个半线循环多少度(以零度为参考)的量度。这样,三端双向可控硅(triac)调光器电路在一个半线循环中去除ac输入电压的一半对应于90度的相角。在另一个实施例中,在一个半线循环中去除ac输入电压的四分之一对应于45度的相角。

[0005] 虽然相角调光对直接接收经过改变的ac输入电压的白炽灯很有效,但是对于发光二极管(LED)灯它通常会导致问题。LED灯需要一个稳压电源(regulated power supply)从ac电力线提供已调节的电流和电压。常规的稳压电源控制器通常不会对三端双向可控硅调光器电路去除ac输入电压的一部分做出期望的响应。常规电源通常被设计成忽略ac输入电压的失真并传送恒定的已调节的输出,直到低输入电压导致它们完全关掉。因而,作为相位调光的结果,常规电源很可能产生不可接受的结果,例如LED灯的闪烁、LED灯在高相角下的闪光以及LED灯的色移。

[0006] 因此,常规电源控制器可被设计为,响应于输入处的相位调光来实现对电源的输出的调光,例如由三端双向可控硅调光器进行。常规电源控制器使用的一种类型的调光控制被称为闭环调光。对于闭环调光控制,常规电源控制器可主动地(actively)检测一个或多个输出量以调节电源的输出。此外,被设计为进行相位调光的常规电源控制器可通过如下方式响应三端双向可控硅调光器:直接检测调光器电压输出(换句话说,直接检测已经被三端双向可控硅调光器去除了一部分之后的ac输入电压),以确定所要求的调光量。然而,在高相角(对应于三端双向可控硅调光器电路去除了ac输入电压的一大部分)下,三端双向

可控硅调光器输出变得不那么对称。换句话说,即使三端双向可控硅调光器被设置为提供恒定相角,在每个半线循环得到的相角也仍然有变化,导致三端双向可控硅调光器输出不对称。三端双向可控硅在高相角下的不对称往往导致不可接受的结果,例如LED灯的闪烁。闭环调光控制通常会扩大不可接受的结果例如闪烁,因为电源控制器将会在每个半线循环响应于电源的变化的输出功率(由变化的相角引起)。

[0007] 常规电源控制器使用的另一种类型的调光控制不检测调光器电压输出,而是利用电源在低输入电压下不能调节的性质。如上文所述,电源提供恒定的已调节的输出,直到低输入电压导致它们完全关掉。然而,电源的关掉不是瞬时的。相反,电源在低输入电压下变得不能调节输出,并导致输出开始调光。三端双向可控硅调光器电路去除ac输入电压的足够多的部分,使得它导致电源的输出开始调光。这样,调光通常发生在高相角下。当调光发生在高相角下时,因为调光的范围小,调光转变(dimming transition)迅速地出现。此外,根据电源的负载,调光可以发生在不同的相角下。

附图说明

[0008] 根据结合以下附图给出的对本发明的以下更具体描述,本发明的一些实施方案的上述以及其他方面、特征和优点将更明显。

[0009] 图1是示出了根据本发明一实施方案的带有利用控制器的调光器电路的示例性开关电源的功能方块图。

[0010] 图2A是示出了根据本发明一实施方案的图1中的开关电源的示例性整流输入电压波形的图。

[0011] 图2B是示出了根据本发明一实施方案的图2A中的示例性整流输入电压的一段(section)和对应的零交叉信号的图。

[0012] 图3A是示出了根据本发明一实施方案的开关电源的另一示例性整流输入电压波形的图。

[0013] 图3B是示出了根据本发明一实施方案的图3A中的示例性整流输入电压的一段和对应的零交叉信号的图。

[0014] 图4是根据本发明一实施方案的控制器器的功能方块图。

[0015] 图5是图4中的控制器的相角测量单元和驱动逻辑单元的功能方块图。

[0016] 图6A是示出了图4中的驱动逻辑单元的一个实施方案的功能方块图。

[0017] 图6B是示出了图4中的驱动逻辑单元的另一实施方案的功能方块图。

[0018] 图7是示出了图5中的计数器的示例性计数的表。

[0019] 图8A是示出了根据本发明一实施方案的当相角增加时驱动信号工作状况与相角之间的关系关系的图。

[0020] 图8B是示出了根据本发明一实施方案的当相角最初大于相位阈值且相角减小时驱动信号工作状况与相角之间的关系关系的图。

[0021] 在附图的所有视图中,对应的参考字符指示对应的部件。技术人员应理解,图中的元件是为了简化和清楚的目的而示出的,并且未必按比例绘制。例如,图中一些元件的尺寸可以相对于其他元件被夸大,以帮助提高对本发明各实施方案的理解。而且,为了避免模糊对本发明的各实施方案的了解,通常未示出在商业可行的实施方案中 useful 或必需的那些常

见但是众所周知的元件。

具体实施方式

[0022] 此处描述了用于闭环调光控制到开环调光控制的控制器和电源的多个实施方案。在下文的描述中,阐明了许多具体细节,以提供对所述实施方案的透彻理解。然而,相关领域技术人员会认识到,可以在没有所述具体细节中的一个或多个的情况下,或者使用其他方法、部件、材料等等,来实施此处描述的技术。在其他情况下,为了避免使某些方面模糊,没有示出或详细描述众所周知的结构、材料或操作。

[0023] 在本说明书全文中提到“一个实施方案”“一实施方案”“一个实施例”或“一实施例”意指,联系该实施方案或实施例描述的特定特征、结构或特性被包括在本发明的至少一个实施方案中。因此,在本说明书全文中多个地方出现的短语“在一个实施方案中”“在一实施方案中”“一个实施例”或“一实施例”未必全都指相同的实施方案或实施例。再者,所述特定特征、结构或特性可以在一个或多个实施方案或实施例中以任何合适的组合和/或子组合结合。此外,应理解,本文中提供的图是出于向本领域普通技术人员解释的目的,并且未必按比例绘制。

[0024] 对于相位调光应用,包括那些用于发光二极管(LED)的相位调光应用,相位调光器电路通常在每个半线循环去除ac输入电压的一部分,以限制向LED供应的电压和电流的量。如上文提到的,通常,相角是对调光器电路去除每个半线循环多少度的量度。例如,ac输入电压的半线循环可以总共有180度。这样,调光器电路在一个半线循环中去除ac输入电压的一半对应于90度的相角。在另一个实施例中,在一个半线循环中去除ac输入电压的四分之一可对应于45度的相角。三端双向可控硅调光器电路是相位调光器电路的一个例子。在高相角下,三端双向可控硅调光器输出变得不那么对称。换句话说,即使三端双向可控硅调光器被设置为提供恒定相角,实际上在每个半线循环得到的相角也有变化,并且三端双向可控硅调光器输出不对称。

[0025] 对于本发明的实施方案,当相角达到相位阈值时,电源控制器从闭环调光控制转变到开环调光控制。如上文所述,闭环调光控制在高相角下会放大不期望的结果,例如LED灯的闪烁。另一方面,如果电源控制不响应于三端双向可控硅调光器,则在达到高相角之前不会发生调光。对于本发明的实施方案,电源控制器从闭环调光转变到开环调光以减轻对LED灯的不期望的结果。对于闭环调光控制,电源控制器可主动地检测电源输出以调节电源的输出。换句话说,在闭环调光中,一个或多个驱动信号工作状态响应于电源输出。在开环调光控制中,电源控制器不检测电源输出以调节该输出,并且不响应于一个或多个输出量来控制开关的切换。换句话说,在开环调光中,一个或多个驱动信号工作状态不响应于电源输出。在一个实施方案中,电源控制器在其检测到的相角大于相位阈值时,无关于反馈信号而保持一个或多个驱动信号工作状态。通过保持一个或多个驱动信号工作状态,控制器从闭环调光控制转变到开环调光控制,因为一个或多个驱动信号工作状态不响应于电源输出。

[0026] 首先参考图1,其示出了示例性开关电源100的功能方块图,包括ac输入电压 V_{AC} 102、调光器电路104、调光器输出电压 V_{DO} 106、整流器108、整流电压 V_{RECT} 110、具有初级绕组114和次级绕组116的能量传递元件T1 112、开关SP 118、输入返回(input return) 120、

箝位电路122、滤波电容器 C_F 124、整流器D1 126、输出电容器C1 128、输出量 U_o 、输出电压 V_o 、输出电流 I_o 、反馈电路132、反馈信号 U_{FB} 134、控制器136、驱动信号138、电流检测输入信号140、电压检测输入信号142和开关电流 I_D 144。在图1中还示出了耦合到开关电源100的输出端的负载130。图1中示出的示例性开关电源100总体被构造为回扫调节器(flyback regulator)，回扫调节器是可以得益于本发明的教导的开关电源拓扑的一个实例。然而，应理解，开关电源调节器的其他已知拓扑和构造也可以得益于本发明的教导。

[0027] 开关电源100从未调节的输入电压向负载130提供输出功率。在一个实施方案中，输入电压是ac输入电压 V_{AC} 102。在另一个实施方案中，输入电压是经整流的ac输入电压，例如整流电压 V_{RECT} 110。如所示出的，调光器电路104接收ac输入电压 V_{AC} 102并且产生调光器输出电压 V_{D0} 106。在一个实施方案中，调光器电路104可以是相位调光电路，例如三端双向可控硅相位调光器。调光器电路104还耦合到整流器108，并且调光器输出电压 V_{D0} 106被整流器108接收。整流器108输出整流电压 V_{RECT} 110。在一个实施方案中，整流器108可以是桥式整流器。整流器108还耦合到能量传递元件T1 112。在本发明的一些实施方案中，能量传递元件T1 112可以是耦合电感器(coupled inductor)。在其他实施方案中，能量传递元件T1 112可以是变压器(transformer)。在图1的实施例中，能量传递元件T1 112包括两个绕组，即初级绕组114和次级绕组116。然而，应理解，能量传递元件T1 112可以具有不止两个绕组。初级绕组114还耦合到开关SP 118，开关SP 118然后还耦合到输入返回120。在一个实施方案中，开关SP 118可以是晶体管，例如金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)。在另一个实施例中，控制器136可以被实现为单片集成电路，或者可以用分立的电气部件或者用分立和集成部件的组合实现。控制器136和开关SP 118可形成集成电路146的一部分，所述集成电路146被制造为混合集成电路或单片集成电路。

[0028] 此外，箝位电路122在图1的实施方案中被示为与能量传递元件T1 112的初级绕组114并联耦合(couple across)。滤波电容器 C_F 124可以耦合到整流器108和输入返回120。换句话说，滤波电容器 C_F 124可以与初级绕组114和开关SP 118并联耦合。能量传递元件T1 112的次级绕组116耦合到整流器D1 126。在图1的实施例中，整流器D1 126被例示为二极管。然而，在一些实施方案中，整流器D1 126可以是用作同步整流器的晶体管。输出电容器C1 128和负载130在图1中均被示为耦合到整流器D1 126。一个输出被提供给负载130，并且所述输出可以被提供为已调节的输出电压 V_o 、已调节的输出电流 I_o 或二者的组合。在一个实施方案中，负载130可以是发光二极管(LED)阵列。

[0029] 开关式电源100还包括用以调节被例示为输出量 U_o 的输出的电路。一般来说，输出量 U_o 是输出电压 V_o 、输出电流 I_o 或二者的组合。反馈电路132被耦合，以检测来自开关式电源100的输出的输出量 U_o ，并且产生反馈信号 U_{FB} 134。在另外的实施方案中，可以通过检测在变压器输入侧的代表输出量 U_o 的一个或多个量来获得反馈信号 U_{FB} 134。反馈电路132还耦合到控制器136，使得控制器136接收反馈信号 U_{FB} 134。控制器136还接收电流检测输入信号140。电流检测输入信号140代表开关SP 118中的开关电流 I_D 144。此外，开关SP 118接收来自控制器136的驱动信号138。控制器136还可以接收电压检测输入信号142。在图1的实施例中，电压检测输入信号142代表整流电压 V_{RECT} 110。然而，在另外的实施方案中，电压检测信号142可以代表调光器输出电压 V_{D0} 106。

[0030] 在运行中，图1的开关电源100从一个未调节的输入——例如ac输入电压 V_{AC}

102——向负载130提供输出功率。当开关电源100的负载130是LED阵列时,可以利用调光器电路104来限制传送到该电源的功率的量。结果,传送到该LED阵列负载的电流被限制,从而该LED阵列变暗。当ac输入电压 V_{AC} 102与零电压交叉时,调光器电路104将ac输入电压 V_{AC} 102断开(disconnect)。在给定量时间之后,调光器电路104将ac输入电压 V_{AC} 102与电源100重新连接。换句话说,调光器电路104可以中断ac输入电压 V_{AC} 102的相位。根据希望的调光的量,调光器电路104控制ac输入电压 V_{AC} 102从电源断开的时间的量。一般来说,希望的调光越多,调光电路104将ac输入电压 V_{AC} 102断开时间就越长。如将会进一步讨论的,可以通过测量调光器电路104将ac输入电压 V_{AC} 102断开的时间段来确定相角。利用所确定的相角,控制器136可以在闭环调光控制和开环调光控制之间转变。

[0031] 调光器电路104产生调光器输出电压 V_{DO} 106,该调光器输出电压被整流器108接收。整流器108产生整流电压 V_{RECT} 110。滤波电容器 C_F 124过滤来自开关SP 118的高频电流。对于另外的应用,滤波电容器 C_F 124可以足够大,以使得基本上直流的电压被施加到能量传递元件T1 112。然而,对于带有功率因数校正(PFC)的电源,可以利用小的滤波电容器 C_F 124,以允许施加到能量传递元件T1 112的电压基本跟随整流电压 V_{RECT} 110。这样,可以选择滤波电容器 C_F 124的值,以使得滤波电容器 C_F 124上的电压在ac输入电压 V_{AC} 102的每个半线循环期间基本达到零。或者换句话说,滤波电容器 C_F 124上的电压基本跟随调光器输出电压 V_{DO} 106的正幅值(positive magnitude)。这样,通过检测滤波电容器 C_F 124上的电压(或者换言之,整流电压 V_{RECT} 110),控制器136可以探测调光器电路104何时将ac输入电压 V_{AC} 102从电源100断开。在另一个实施方案中,通过检测开关电流 I_D 144,控制器136可以探测调光器电路104何时将ac输入电压 V_{AC} 102从电源100断开。

[0032] 开关电源100利用能量传递元件T1 112在初级绕组114和次级绕组116之间传递电压。箝位电路122耦合到初级绕组114,以限制开关SP 118上的最大电压。开关SP 118响应于驱动信号138而打开和闭合。人们一般理解,闭合的开关可以传导电流从而被认为是导通的(on),而打开的开关不能传导电流从而被认为是断掉的(off)。在运行中,开关SP 118的切换在整流器D1 126处产生脉动电流(pulsating current)。整流器D1 126中的电流被输出电容器C1 128滤波,以在负载130处产生基本恒定的输出电压 V_O 、输出电流 I_O 或二者的组合。

[0033] 反馈电路132检测电源100的输出量 U_O ,以向控制器136提供反馈信号 U_{FB} 134。反馈信号 U_{FB} 134可以是电压信号或电流信号,并且向控制器136提供关于输出量 U_O 的信息。此外,控制器136接收电流检测输入信号140,所述电流检测输入信号140中继(relay)开关SP118中的开关电流 I_D 144。开关电流 I_D 144可以通过多种方式被检测到,例如分立电阻器两端的电压或当晶体管导通时该晶体管两端的电压。此外,控制器136可以接收电压检测输入信号142,所述电压检测输入信号142中继整流电压 V_{RECT} 110的值。整流电压 V_{RECT} 110可以通过多种方式被检测到,例如通过电阻分压器(resistor divider)。

[0034] 通过利用电流检测输入信号140所提供的开关电流 I_D 144,或者电压检测输入信号142所提供的整流电压 V_{RECT} 110,或者二者的组合,控制器136可以确定相角。例如,控制器136测量调光器电路104将ac输入电压 V_{AC} 102从电源100断开的时间长度。换句话说,控制器136测量调光器输出电压 V_{DO} 106和整流电压 V_{RECT} 110基本等于零电压的时间长度。为了测量相角,控制器136将调光器输出电压 V_{DO} 106和整流电压 V_{RECT} 110基本等于零电压的时间长度除以半线循环的时间长度。然后,控制器136可以利用测得的相角来确定何时在闭环

调光控制和开环调光控制之间转变。

[0035] 当控制器136运行在闭环调光控制下时,控制器136输出驱动信号138,以响应于各个系统输入来操作开关SP 118,从而将输出量 U_o 基本调节到期望值。在一个实施方案中,驱动信号138可以是带有变化长度的逻辑高段和逻辑低段的矩形脉冲波形,其中逻辑高值对应于闭合的开关,并且逻辑低对应于打开的开关。在另一个实施方案中,驱动信号可以由基本固定长度的逻辑高(或导通(ON))脉冲组成,并且通过改变每一定数量振荡器循环中的导通脉冲数量来调节。

[0036] 驱动信号138可以具有各种驱动信号工作状况,例如开关导通时间 t_{ON} (一般对应于驱动信号138的逻辑高值)、开关断开时间 t_{OFF} (一般对应于驱动信号138的逻辑低值)、切换频率 f_s 或占空比。在闭环调光控制期间,控制器136响应于反馈信号 U_{FB} 134以确定一个或多个驱动信号工作状况。但是,当控制器136所确定的相角超过相位阈值时,控制器136转变到开环调光控制,并且不响应于反馈信号 U_{FB} 134来确定一个或多个驱动信号工作状况。换句话说,一旦相角超过相位阈值(对应于相角从一个低值增大到一个较高的值),控制器136就将一个或多个驱动信号工作状况的值保持在当相角达到相位阈值之时控制器136所确定的它们各自的值。因为控制器136保持驱动信号工作状况的值,所以当控制器136在闭环调光控制和开环调光控制之间转变时不存在输出功率的不连续。在一个实施例中,控制器136所确定的驱动信号工作状况可以是当相位阈值是大致145度时的开关导通时间 t_{ON} 和切换频率 f_s 。

[0037] 然而,如果相角最初大于相位阈值,控制器136就始于开环调光控制,并将预定值用于一个或多个驱动信号工作状况。如果相角减小到小于相位阈值,控制器136就转变到闭环调光控制,并开始响应于反馈信号 U_{FB} 134。因而,当控制器136转变到闭环调光控制时,输出功率可从由预定驱动信号工作状况确定的值转变到现在由反馈信号 U_{FB} 134确定的值。

[0038] 接下来参考图2A,其示出了开关电源100的整流电压 V_{RECT} 110的示例性波形的图,包括半线循环 T_{HL} 202、阈值电压 V_{TH} 204、峰值电压 V_P 206和段210。图2B示出了段210和对应的零交叉信号212。该控制器利用零交叉信号212测量相角,并确定何时在闭环调光和开环调光之间转变。

[0039] 一般来说,ac输入电压 V_{AC} 102是正弦波形,其中ac输入电压 V_{AC} 102的周期被称为一个全线循环。数学表示为: $V_{AC} = V_P \sin(2\pi f_L t)$ 。其中 V_P 206是ac输入电压 V_{AC} 102的峰值电压, f_L 是线输入电压的频率。或者换句话说, f_L 是ac输入电压 V_{AC} 102的频率。应理解,全线循环是线频率 f_L 的倒数,或者数学表示为:全线循环 $= 1/f_L$ 。再者,半线循环 T_{HL} 202是线频率的两倍的倒数,或者数学表示为: $T_{HL} = \frac{1}{2f_L}$ 。示出的示例性整流电压 V_{RECT} 110是整流器108

和调光电路104的合成输出(resultant output)。对于图2A的实施例,整流电压 V_{RECT} 110的每个半线循环 T_{HL} 202的开始都基本等于零电压,这对应于调光器电路104将ac输入电压 V_{AC} 102从该电源断开之时。当调光器电路104将ac输入电压 V_{AC} 102重新连接到该电源时,整流电压 V_{RECT} 110基本跟随ac输入电压 V_{AC} 102的正幅值。或者数学表示为: $V_{RECT} = |V_{D0}|$ 。

[0040] 在一个实施例中,阈值电压 V_{TH} 204基本等于零。在另一个实施例中,阈值电压 V_{TH} 204基本是整流电压 V_{RECT} 110的峰值电压 V_P 206的四分之一。应理解,阈值电压 V_{TH} 204的值越接近零电压,零交叉信号212对整流电压 V_{RECT} 110基本等于零的指示就越精确。然而,整

流电压 $V_{RECT 110}$ 的值越接近零电压,控制器136可能就越难检测整流电压 $V_{RECT 110}$ 的值。特别地,当整流电压 $V_{RECT 110}$ 处于零电压或接近零电压时,控制器136可能有些难以通过电流检测信号140所提供的开关电流 $I_D 144$ 来检测整流电压 $V_{RECT 110}$ 的值。此外,整流电压 $V_{RECT 110}$ 可能会部分地因为滤波电容器 $C_F 124$ 的选定值而不达到零。这样,当整流电压 $V_{RECT 110}$ 的值处于零电压或接近零电压时,控制器136可以利用非零阈值电压 $V_{TH 204}$ 以允许检测零电压状况。

[0041] 图2B示出了整流电压 $V_{RECT 110}$ 的段210和对应的零交叉信号212。本发明的实施方案利用零交叉信号212来确定相角,随后使电源100在闭环调光控制和开环调光控制之间转变。当整流电压 $V_{RECT 110}$ 小于阈值电压 $V_{TH 204}$ 时,零交叉信号212处在指示整流电压 $V_{RECT 110}$ 小于阈值电压 $V_{TH 204}$ 的状态。零交叉信号212是带有逻辑高段和逻辑低段的矩形脉冲波形。对于图2B中示出的实施例,当整流电压 $V_{RECT 110}$ 小于阈值电压 $V_{TH 204}$ 时,零交叉信号212的值是逻辑高。当整流电压 $V_{RECT 110}$ 大于阈值电压 $V_{TH 204}$ 时,零交叉信号212的值是逻辑低。如上文提到的,一旦调光器电路104将ac输入电压 $V_{AC 102}$ 重新连接到电源100,整流电压 $V_{RECT 110}$ 就跟随ac输入电压 $V_{AC 102}$ 的正幅值。这样,确定整流电压 $V_{RECT 110}$ 何时接近零电压将对应于探测ac输入电压 $V_{AC 102}$ 何时与零电压交叉,因此有术语“零交叉(zero-crossing)”。

[0042] 然而,由于调光器电路104将ac输入电压 $V_{AC 102}$ 从该电源断开,整流电压 $V_{RECT 110}$ 的随后部分基本等于零。这样,零交叉信号212处在指示整流电压 $V_{RECT 110}$ 小于阈值电压 $V_{TH 204}$ 的状态(即,该实施例中的逻辑高)。相角是对调光器电路从ac输入电压 $V_{AC 102}$ 去除每个半线循环 $T_{HL 202}$ 多少度的量度。因此,通过测量零交叉信号212处在指示整流电压 $V_{RECT 110}$ 小于阈值电压 $V_{TH 204}$ 的状态(即,该实施例中的逻辑高)的时间长度,控制器136可以测量相角。对于图2B,零交叉信号处在逻辑高值的时间长度由 $T_Z 218$ 表示,在本文中被称为零交叉脉冲宽度 $T_Z 218$ 。根据本发明的实施方案,可以通过把零交叉脉冲宽度 $T_Z 218$ 除以半线循环 $T_{HL 202}$ 然后乘

以180来计算相角(用度表示),或者数学表示为:**相角(用度表示)** = $\frac{T_Z}{T_{HL}} (180)$ 。

[0043] 控制器136还可以根据在调光器电路已经去除ac输入电压一部分之后的ac输入电压平均值来间接地确定相角。调光器电路输出的较小平均值将对应于较大的相角。这样,控制器136就可以利用这一关系来间接地确定相角,并使电源100在闭环调光控制和开环调光控制之间转变。然而,通过调光器电路输出的平均值所测得的相角的精确性将依赖于ac输入电压的变化。通过计算零交叉脉冲宽度 $T_Z 218$ 的长度并将该长度与半线循环 $T_{HL 202}$ 比较,控制器136可以无关于ac输入电压 $V_{AC 102}$ 的形状且无关于ac输入电压 $V_{AC 102}$ 的变化而计算调光器电路104的相角。

[0044] 应理解,调光器电路104还包括一输入(未示出),该输入为调光器电路104提供与希望的调光的量相关的信息。调光器电路104将ac输入电压 $V_{AC 102}$ 从电源断开的时间越长,整流电压 $V_{RECT 110}$ 基本等于零电压的时间就越长。结果,零交叉脉冲宽度 $T_Z 218$ 的长度对应于调光器电路104所提供的调光的量以及对应的相角。

[0045] 如将会进一步讨论的,控制器136使用计数器来确定零交叉脉冲宽度 $T_Z 218$ 的长度。当零交叉信号212跳到逻辑高值时,该计数器开始计数,这在图2B中用开始时刻 $t_{START 214}$ 表示。当零交叉信号212跳到逻辑低值时,该计数器停止计数,这在图2B中用停止时刻

$t_{STOP216}$ 表示。从该计数器输出的停止时刻 $t_{STOP 216}$ 计数是对零交叉脉冲宽度 $T_Z 218$ 长度的测量的一个例子。在一个实施例中,该计数器可以继续对半线循环 $T_{HL 202}$ 的长度计数,并且该控制器可以确定相角。在另一个实施例中,控制器136对半线循环 $T_{HL 202}$ 使用固定计数。例如,控制器136可以将半线循环 $T_{HL 202}$ 的总计数固定为320个。当半线循环 $T_{HL 202}$ 的总计数固定时,相角的每个可能度数将被固定为对零交叉脉冲宽度 $T_Z 218$ 的具体计数。可以选择每半线循环 $T_{HL 202}$ 的总计数,以使得每计数的百分比误差 (percentage error) 在可接受的容限水平内。每半线循环 $T_{HL 202}$ 的总计数越大,每计数的百分比误差就越小,或者数学表示为:**每计数的误差 (以百分数表示)** = $\frac{1}{M}$ (100), 其中M是半线循环 $T_{HL 202}$ 的总

计数。如果半线循环 $T_{HL 202}$ 的总计数等于100,则每计数的百分比误差将是1%。如果半线循环 T_{HL202} 的总计数等于320个,则每计数的百分比误差将是0.31%。如将会进一步讨论的,图4、5、6A和6B示出了控制器136如何确定相角并使用所确定的相角来帮助在闭环调光控制和开环调光控制之间转变。

[0046] 接下来参考图3A,其示出了整流电压 $V_{RECT 310}$ 的另一个示例性波形,包括半线循环 $T_{HL 302}$ 、阈值电压 $V_{TH 304}$ 、峰值电压 $V_P 306$ 和段311。图3B示出了整流电压 $V_{RECT 310}$ 的段311以及对应的零交叉信号312。半线循环 $T_{HL 302}$ 、阈值电压 $V_{TH 304}$ 和峰值电压 $V_P 306$ 可以是图2A和2B中示出的半线循环 $T_{HL 202}$ 、阈值电压 $V_{TH 204}$ 和峰值电压 $V_P 206$ 的另外的例子。

[0047] 整流电压 $V_{RECT 310}$ 的示例性波形类似于图2A中示出的整流电压 $V_{RECT 110}$ 。在图2A的实施例中,整流电压 $V_{RECT 110}$ 是调光器电路104(例如三端双向可控硅调光器)在每个半线循环 $T_{HL 202}$ 的开始将ac输入电压 $V_{AC 102}$ 断开的结果。然而,图3A和图3B中示出的整流电压 $V_{RECT 310}$ 是调光器电路104在每个半线循环 $T_{HL 302}$ 的结尾将ac输入电压 $V_{AC 102}$ 断开的结果。因此,在半线循环 $T_{HL 302}$ 的结尾,整流电压 $V_{RECT 310}$ 基本等于零电压。在半线循环 $T_{HL 302}$ 的开始,整流电压 $V_{RECT 310}$ 基本跟随ac输入电压 $V_{AC 102}$ 的正幅值,直到调光器电路104将ac输入电压 $V_{AC 102}$ 从电源100断开。然后整流电压 $V_{RECT 310}$ 的值降至大致零电压,直到下一个半线循环的开始。

[0048] 图3B示出了整流电压 $V_{RECT 310}$ 的段311和对应的零交叉信号312。本发明的实施方案利用零交叉信号312来确定相角,随后确定针对电源100的调光的量。当整流电压 $V_{RECT 310}$ 小于阈值电压 $V_{TH 304}$ 时,零交叉信号312指示零交叉状况存在。对于图3B的实施例,当整流电压 $V_{RECT 310}$ 小于阈值电压 $V_{TH 304}$ 时,零交叉信号312的值处在逻辑高值。当整流电压 $V_{RECT 310}$ 大于阈值电压 $V_{TH 304}$ 时,零交叉信号312的值处在逻辑低值。

[0049] 如上文提到的,零交叉信号312处在指示零交叉状况存在的逻辑高值的时间长度被称为零交叉脉冲宽度 $T_Z 318$ 。零交叉脉冲宽度 $T_Z 318$ 的长度可以被用来测量调光器电路104所指示的相角。可以通过比较零交叉脉冲宽度 $T_Z 318$ 和半线循环 $T_{HL 302}$ 来计算相角,或者数学表示为:**相角 (用度表示)** = $\frac{T_Z}{T_{HL}}$ (180)。控制器136可以使用计数器来确

定零交叉脉冲宽度 $T_Z 318$ 的长度。当零交叉信号312跳到逻辑高值时,该计数器开始计数,这在图3B中用开始时刻 $t_{START 314}$ 表示。当零交叉信号312跳到逻辑低值时,该计数器停止计数,这在图3B中用停止时刻 $t_{STOP 316}$ 表示。从计数器输出的停止时刻 $t_{STOP 316}$ 计数是对零交叉脉冲宽度 $T_Z 318$ 的测量的一个例子。如将会进一步讨论的,图4、5、6A和6B示出了控制器

136如何确定相角并使用所确定的相角来帮助在闭环调光控制和开环调光控制之间转变。

[0050] 接下来参考图4,其示出了控制器136的功能方块图,包括反馈信号 U_{FB} 134、驱动信号138、电流检测输入信号140、电压检测输入信号142、相角测量单元402、相角信号406、调光控制信号408和驱动逻辑单元404。

[0051] 反馈信号 U_{FB} 134、驱动信号138、电流检测输入信号140和电压检测输入信号142如上文所述地耦合和起作用。控制器136还包括相角测量单元402,相角测量单元402耦合到并且接收电流检测输入信号140。相角测量单元402还可以接收电压检测输入信号142。电流检测输入信号140和/或电压检测输入信号142可以被称为输入检测信号。所述输入检测信号为相角测量单元402提供关于整流电压 V_{RECT} 110的信息。驱动逻辑单元404耦合到并且接收来自相角测量单元402的相角信号406和调光控制信号408。此外,驱动逻辑单元404接收反馈信号 U_{FB} 134和电流检测信号140。驱动逻辑单元404利用所接收的各个信号来确定一个或多个驱动信号工作状态,并输出驱动信号138以控制开关SP 118的切换。

[0052] 如上文所述,电压检测信号142代表整流电压 V_{RECT} 110。然而,电压检测信号142还可以代表调光器输出电压 V_{D0} 106。此外,电流检测输入信号140代表开关电流 I_D 144。在运行中,相角测量单元402可以通过利用电流检测输入信号140所提供的开关电流 I_D 144,或电压检测输入信号142所提供的整流电压 V_{RECT} 110,或二者的组合,来确定相角。如下文将进一步论及的,相角测量单元402可以根据电流检测输入信号140所提供的开关电流 I_D 144来确定整流电压 V_{RECT} 110的值。相角测量单元402将所确定的相角作为相角信号406输出给驱动逻辑单元404。此外,相角测量单元402将调光控制信号408输出给驱动逻辑单元404。调光控制信号408可以向驱动逻辑单元404指示所确定的相角何时大于或小于相位阈值。换句话说,调光控制信号408可以指示驱动逻辑单元404何时应运行在开环调光控制或闭环调光控制下。

[0053] 在运行中,驱动逻辑单元404利用接收到的相角信号406、调光控制信号408、反馈信号 U_{FB} 134和/或电流检测输入信号140来确定一个或多个驱动信号工作状态,并输出驱动信号138。例如,驱动逻辑单元404可以利用相角信号406来确定希望的调光的量。换句话说,相角信号406可以被用来确定电源100的输出量 U_0 的期望值。当调光控制信号408指示驱动逻辑单元404应运行在闭环调光控制下(换句话说,所确定的相角小于相位阈值)时,该驱动逻辑单元对反馈信号 U_{FB} 134作出响应,并确定一个或多个驱动信号工作状态,使得输出量 U_0 被调节到期望值(其部分地由相角信号406确定)。当调光控制信号408指示驱动逻辑单元404应运行在开环调光控制下(换句话说,所确定的相角大于相位阈值)时,驱动逻辑单元不对反馈信号 U_{FB} 134作出响应。此外,驱动逻辑单元404将一个或多个驱动信号工作状态的值保持为这些状况在相位阈值下的值。然而,如果相角最初大于相位阈值,则驱动逻辑单元404以开环调光控制开始运行,并使用一个或多个驱动信号工作状态的预定值。如果相角减小到小于相位阈值,则驱动逻辑单元404转变到闭环调光控制,并对反馈信号 U_{FB} 134作出响应。可选地驱动逻辑单元404还可以接收电流检测输入信号140。在一个实施例中,电流检测输入信号140可以指示开关电流 I_D 144何时已达到最大电流极限并且应关掉开关SP 118。然后,驱动逻辑单元404可以输出驱动信号138以关掉开关SP 118。

[0054] 接下来参考图5,其示出了控制器136的相角测量单元402和驱动逻辑单元404的功能方块图,包括反馈信号 U_{FB} 134、驱动信号138、电流检测输入信号140、电压检测输入信号

142、相角信号406、调光控制信号408、零交叉探测器502、振荡器504、系统时钟信号506、计数器508、相角—参考转换器 (phase angle to reference converter) 510、放大器512、零交叉信号514、驱动信号发生器516、零交叉参考518、参考电压520和与非门 (NAND gate) 522 (即, 逻辑门)。零交叉信号514是图2B和3B中示出的零交叉信号的一个例子。图5示出了控制器136如何测量相角并生成调光控制信号408的一个实施方案。此外, 图5示出了如何使用相角来改变参考电压418以帮助对电源100输出进行调光的一个实施例。

[0055] 反馈信号 U_{FB} 134、驱动信号138、电流检测输入信号140、电压检测输入信号142、相角测量单元402和驱动逻辑单元404如上文所述地耦合和起作用。控制器136还包括零交叉探测器502, 该零交叉探测器502耦合到并且接收电流检测输入信号140和零交叉参考518。零交叉探测器502还可以接收电压检测输入信号142。零交叉参考518代表阈值电压 V_{TH} (如针对阈值电压 V_{TH} 204和304讨论的), 并且零交叉探测器502输出零交叉信号514。如上文所述, 零交叉信号514指示零交叉状况何时存在, 或者换句话说, 整流电压 V_{RECT} 110何时降到阈值电压 V_{TH} 以下。零交叉信号514是具有变化长度的逻辑高段和逻辑低段的矩形脉冲波形。零交叉信号412的连续 (consecutive) 上升沿之间的长度基本等于半线循环 T_{HL} 。此外, 逻辑高段的时间长度基本等于零交叉脉冲宽度 T_Z 。在一个实施例中, 零交叉探测器502从电压检测信号142接收关于整流电压 V_{RECT} 110的信息, 并且零交叉探测器502利用电压检测信号142和零交叉参考518来生成零交叉信号514。在另一个实施例中, 零交叉探测器502从电流检测信号140所提供的开关电流 I_D 144接收关于整流电压 V_{RECT} 110的信息, 并且零交叉探测器502利用电流检测信号140和零交叉参考518来生成零交叉信号514。在又一个实施例中, 零交叉探测器502从电压检测信号142和电流检测信号140二者接收关于整流电压 V_{RECT} 110的信息, 并且利用电流检测信号140、电压检测信号142和零交叉参考518来生成零交叉信号514。

[0056] 当开关SP 118为导通时, 开关SP 118的电压和电流之间的关系可以表示为:

$V(t) = L_p \frac{di(t)}{dt}$, 其中 L_p 是初级绕组114的电感 (inductance)。对于在断续 (discontinuous) 传导模式 (DCM) 下运行的电源, 这一关系在任意开关循环期间还可以表示为:

$V_{AC} = L_p \frac{I_{PEAK}}{t_{ON}}$, 其中 I_{PEAK} 是开关电流 I_D 144的峰值, t_{ON} 是开关SP 118的导通时间。然而, 在一个开关循环内, V_{AC} 的值可以被认为是一个恒量, 这是因为导通时间 t_{ON} 相对于半线循环 T_{HL} 是小的。对于图1中示出的实施例, $V_{RECT} = L_p \frac{I_{PEAK}}{t_{ON}}$, 这样, 零交叉探测器402就可以根据开关电流 I_D 144来确定整流电压 V_{RECT} 110的值。利用开关SP 118当在DCM下为导通时的电压和电流之间的关系, 控制器136可以将零交叉电流阈值 I_{ZC} 和零交叉时间阈值 t_{ZC} 固定为对应于

阈值电压 V_{TH} (204和304), 或者数学表示为: $V_{TH} = L_p \frac{I_{ZC}}{t_{ZC}}$ 。通过确定开关电流 I_D 144的峰值

何时小于零交叉电流阈值 I_{ZC} , 零交叉探测器402可以确定整流电压 V_{RECT} 110小于阈值电压 V_{TH} (204和304)。对于一个实施方案, 零交叉电流阈值 I_{ZC} 是零交叉参考416的一个例子。

[0057] 零交叉探测器502耦合到计数器508, 并且计数器508接收零交叉信号514。此外, 计数器508耦合到振荡器504, 并且从振荡器504接收系统时钟信号506。在一个实施例中, 振荡器504是线同步振荡器, 在一个实施例中, 系统时钟信号506是带有变化长度的逻辑高段和

逻辑低段的矩形脉冲波形。连续的上升沿之间的时间长度基本等于振荡器周期 T_{OSC} 。振荡器频率 f_{OSC} 可以被选择为半线频率 f_{HL} 的倍数,或者数学表示为: $f_{OSC} = Mf_{HL}$, $M > 1$, 其中 M 是正整数。换句话说,半线循环 T_{HL} ($T_{HL} = 1/f_{HL}$) 是振荡器周期 T_{OSC} ($T_{OSC} = 1/f_{OSC}$) 的倍数,或者数学表示为: $T_{OSC} = \frac{1}{M}T_{HL}$, $M > 1$ 。如上文所述, M 的值也指每半线循环 T_{HL} 的总计数。在一个实施例中, M 的值是320。振荡器504还可以耦合到零交叉探测器502并且接收零交叉信号514。如将会进一步讨论的,振荡器504可以利用零交叉信号514来确定半线循环 T_{HL} ,或者换言之,半线频率 f_{HL} 。当振荡器504是线同步振荡器时,振荡器504可以调整振荡器频率 f_{OSC} ,以使得 M 的值基本恒定。

[0058] 计数器508是二进制计数器,其响应于从振荡器504接收的系统时钟信号506而累加。或者换句话说,计数器508是在振荡器504的每个循环累加的二进制计数器。计数器508在零交叉信号514的上升沿(对于图2B和3B,被示为开始时刻 t_{START} 214和314)开始计数,并且计数器508继续对零交叉脉冲宽度 T_z 的长度计数。在一个实施例中,计数器508随后在零交叉信号的下一个下降沿(对于图2B和3B,被示为停止时刻 t_{STOP} 216和316)停止计数。然后,计数器508的内部计数以位B1到BN的形式被输出到相角—参考转换器510。位B1到BN可以被称为相位计数。此外,位B1到BN也可以被称为相角信号406。在一个实施例中,B1是最低有效位(LSB),BN是最高有效位(MSB)。在一个实施例中,计数器508在零交叉信号514的下降沿复位回到零。

[0059] 在另一个实施例中,计数器508在零交叉信号514的上升沿开始计数,并且计数器508继续对零交叉脉冲宽度 T_z 的长度计数。在下一个下降沿,计数器508将内部计数以位B1到BN(相角信号406)的形式发送到相角—参考转换器510。然而,直到零交叉信号514的下一个上升沿,计数器508才将其内部计数复位。在一个实施方案中,计数器508是被布置以形成异步计数器或同步计数器的多个触发器(flip-flop)。从计数器508输出的作为相角信号406的相位计数(B1到BN)表示相角。具体地,当每个半线循环 T_{HL} 的总计数 M 固定时,从计数器508输出的相位计数(B1到BN)表示相角。或者换句话说,当 $T_{OSC} = \frac{1}{M}T_{HL}$ 并且 M 基本恒定时,

从计数器508输出的相位计数(B1到BN)表示相角。当总计数 M 等于320时,90度相角将对应于计数器508计数到相位计数160。在另一个实施例中,45度相角——对应于调光器电路104使ac输入电压 V_{AC} 102在半线循环 T_{HL} 的四分之一为断开——将对应于计数器406计数到相位计数80。

[0060] 图7是示出了计数器508的示例性计数的表700。如上文提到的,当零交叉信号514处在逻辑高值时,计数器508在系统时钟信号506的每个循环累加。对于内部计数值0,位B1、B2和B3是逻辑低值。对于内部计数值1,位B1处在逻辑高值而位B2和B3保持在逻辑低值。对于内部计数值7,位B1、B2和B3处在逻辑高值。表700示出了一个3位计数器,然而应理解,计数器406中可以包含任意数量的位。

[0061] 往回参考图5,相角—参考转换器510耦合到计数器508并且接收相角信号406(B1到BN)。相角—参考转换器510将接收到的相角信号406(B1到BN)转换成参考电压 V_{REF} 520。在实施例中,偏置相位计数(offset phase count)(B1到BN)越高,参考电压 V_{REF} 520就越低。包含在相角—参考转换器510中的D/A转换器(未示出)可以被用来将相角信号406(B1到

BN) 转换成参考电压 V_{REF} 520。

[0062] 相角—参考转换器510还耦合到反馈参考电路——也称为放大器512,使得放大器512接收参考电压 V_{REF} 520。放大器512还接收反馈信号 U_{FB} 134。反馈信号 U_{FB} 134为驱动逻辑单元404提供关于电源100的输出量 U_0 的信息。如图5中所示,参考电压 V_{REF} 520在放大器512的反相输入端被接收,而反馈信号 U_{FB} 134在放大器512的非反相输入端被接收。放大器512(即,反馈参考电路)的输出进一步耦合到驱动信号发生器516。驱动信号发生器516还耦合到并且接收电流检测输入信号140和调光控制信号408。如上文讨论的,电流检测输入信号140代表开关电流 I_D 144。

[0063] 调光控制信号408指示驱动信号发生器516何时应运行在开环调光控制或闭环调光控制下。换句话说,调光控制信号408指示相角何时大于或小于相位阈值。如上文所述,当每个半线循环 T_{HL} 的总计数 M 固定时,从计数器508输出的相角信号406(B1到BN)代表相角。这样,相角信号406(B1到BN)可以被用来确定相角是否大于或小于相位阈值。回看图7的表700,如果相位阈值被设置在值4,则当最高有效位MSB(表700的B3)处在逻辑高值(即,值1)时,控制器136就能确定相角是大于4或等于值4。另外,如果相位阈值被设置在值6,则当MSB(B3)和第二最高有效位(B2)都处在逻辑高值时,控制器136就能确定相角是大于或等于值6。这样,根据计数器508的位数和相位阈值,可以由MSB、第二最高有效位等值来确定调光控制信号408。对于图5中所示的控制器136,当BN和BN-1都是逻辑高值时,调光控制信号408指示相角大于或等于相位阈值。如图5中所示,BN和BN-1耦合到与非门522的输入端。与非门522的输出是调光控制信号408。当BN和BN-1两者都为逻辑高(对应于测得的相角大于相位阈值)时,调光控制信号408为逻辑低值(指示控制器136应利用开环调光控制)。当BN或BN-1的值不是逻辑高时,调光控制信号408为逻辑高值(指示控制器应利用闭环调光控制)。

[0064] 利用放大器512的输出和调光控制信号408以及电流检测输入信号140,驱动信号发生器516输出驱动信号138,该驱动信号操作所述开关SP 118。在闭环调光控制中,驱动信号发生器516利用放大器512的输出(其对反馈信号 U_{FB} 134作出响应)来确定驱动信号138的工作状况,以将输出量 U_0 调节到期望值。在开环调光控制中,驱动信号发生器不利用放大器512的输出来确定驱动信号138的工作状况。另外,驱动信号发生器516保持在相位阈值下确定的驱动信号138的工作状况的值。

[0065] 接下来参考图6A,其示出了驱动逻辑单元404和驱动信号发生器516的功能方块图,包括反馈信号 U_{FB} 134、驱动信号138、电流检测输入信号140、相角信号406、调光控制信号408、相角—参考转换器510、放大器512、参考电压520、与非门522、积分器602、调光控制开关604、保持电容器(hold capacitor)606和状态机608。图6A示出了由驱动信号发生器516实现的闭环调光控制和开环调光控制之间的转变。

[0066] 反馈信号 U_{FB} 134、驱动信号138、电流检测输入信号140、相角信号406、调光控制信号408、相角—参考转换器510、放大器512、参考电压 V_{REF} 520和与非门522如上文所述地耦合和起作用。驱动信号发生器516还包括积分器602,该积分器耦合到并且接收放大器512的输出。积分器602耦合到调光控制开关604。调光控制开关604进一步耦合到保持电容器606和状态机608。状态机608输出驱动信号138,该驱动信号控制开关SP 118的切换。在一个实施例中,状态机608包括普通的数字电路(未示出),例如逻辑门、触发器、锁存器、计数器等,以产生输出并排定根据本发明的教导响应于来自积分器602的过去和当前输入而被使能或

禁用的未来开关循环。

[0067] 在运行中,当调光控制开关604为闭合时,积分器602的输出被发送到状态机608。调光控制信号408控制调光控制开关604的打开和闭合。当调光控制信号408指示闭环调光控制时,调光控制开关604闭合。当调光控制信号408指示开环调光控制时,调光控制开关604打开。在闭环运行中,状态机608基于在积分器602更新之时从积分器602输出的值来设置工作状态,控制器136在该工作状况下控制开关SP 118。在一个实施方案中,该积分器在每个半线循环 T_{HL} 更新。积分器602接收放大器512的输出。积分器602在半线循环 T_{HL} 上对反馈信号 U_{FB} 134积分,以部分地确定电源100是否在传送合适量的功率。在一个实施例中,将一计数器用于积分器602。当该放大器的输出是逻辑高(对应于反馈信号 U_{FB} 134大于参考电压 V_{REF} 520)时,积分器602按1递减计数。当放大器512的输出是逻辑低值(对应于参考电压 V_{REF} 520大于反馈信号 U_{FB} 134)时,积分器602按1递增计数。在半线循环 T_{HL} 的末尾,积分器602的最终计数由状态机608接收。在一个实施方案中,积分器602的正计数对应于传送到输出的功率不足,而积分器602的负计数对应于传送到输出的功率过多。状态机608基于在积分器502更新之时从积分器602输出的值来设置驱动信号138的工作状况。此外,从积分器602输出的值被保持在保持电容器606处。

[0068] 在开环调光控制中,调光控制开关604为打开。状态机608利用存储在保持电容器606处的值来设置驱动信号138的工作状况。这样,直到调光控制开关604再次闭合,状态机608才改变状态。换句话说,状态机608不对反馈信号 U_{FB} 134作出响应。但是,如果相角最初大于相位阈值使得电源100运行在开环调光控制下,则保持电容器606处未存储有从积分器602输出的值。这样,状态机608基于预定状态来设置驱动信号138的工作状况。当相角从低值增加到较高值时,该状态机在调光控制开关604为闭合时追踪反馈信号 U_{FB} 134,并在调光控制开关604为打开时保持驱动信号138的工作状况。

[0069] 接下来参考图6B,其示出了驱动逻辑单元404和驱动信号发生器516的另一功能方块图,包括反馈信号 U_{FB} 134、驱动信号138、电流检测输入信号140、相角信号406、调光控制信号408、相角—参考转换器510、放大器512、参考电压520、与非门522、积分器602、状态机610、与门612和更新时钟信号614。图6B还示出了由驱动信号发生器516实现的闭环调光控制和开环调光控制之间的转变。

[0070] 反馈信号 U_{FB} 134、驱动信号138、电流检测输入信号140、相角信号406、调光控制信号408、相角—参考转换器510、放大器512、参考电压 V_{REF} 520和与非门522如上文所述地耦合和起作用。驱动信号发生器516还包括积分器602,该积分器耦合到并且接收放大器512的输出。状态机610进一步耦合到并且接收积分器602的输出。此外,状态机610耦合到与门612的输出端。与门612的输出更新状态机610。与门612的输入端接收调光控制信号408和更新时钟信号614。更新时钟信号614是矩形脉冲波形,该矩形脉冲波形在每个半线循环 T_{HL} 跳到逻辑高值。状态机610输出驱动信号138,该驱动信号控制开关SP 118的切换。在一个实施例中,状态机610包括普通的数字电路(未示出),例如逻辑门电路、触发器、锁存器、计数器等,以产生输出并排定根据本发明的教导响应于来自积分器602的过去和当前输入而被使能或禁用的未来开关循环。

[0071] 在运行中,通过控制状态机610何时更新,控制器136可以在闭环调光控制和开环调光控制之间转变。积分器602接收放大器512的输出。积分器602在半线循环 T_{HL} 上对反馈信

号 U_{FB} 134积分,以部分地确定电源100是否在传送合适量的功率。状态机610基于在状态机610更新之时从积分器602输出的值来设置工作状况,控制器136在该工作状况下控制开关SP 118。在图6B中示出,当与门612的输出是逻辑高值时,状态机610更新。这样,当更新时钟信号614跳到逻辑高值(在每个半线循环 T_{HL} 更新)并且调光控制信号408处在逻辑高值(对应于调光控制信号408指示相角小于相位阈值)时,状态机610更新。换句话说,当控制器136运行在闭环调光控制下时,状态机610在更新时钟信号614跳到逻辑高值时更新。对于开环调光控制,调光控制信号408处在逻辑低值,并将与门612的输出保持在逻辑低值,这使状态机610不更新。这样,驱动信号138的工作状况被保持到其在相位阈值处的值。换句话说,通过使状态机610不更新,状态机610不对反馈信号 U_{FB} 134作出响应。

[0072] 接下来参考图8A,其示出了当相角增加时驱动信号工作状况与相角之间的关系,包括图802、804和806以及相位阈值808。对于这些示例图,所示出的驱动信号工作状况是占空比。图8A示出了单个驱动信号工作状况,但是任意数量的工作状况都可以利用本发明的实施方案。

[0073] 图802示出了驱动信号工作状况的值随相角增加而减小。然而,当相角达到相位阈值808时,控制器136从闭环调光控制转变到开环调光控制。这样,驱动信号工作状况被保持在一个恒定值。在一个实施方案中,驱动信号工作状况被保持恒定处在当相角达到相位阈值808时它的值。图802中示出的虚线示出了如果控制器不转变到开环调光控制的话驱动信号工作状况的值。

[0074] 图804示出了驱动信号工作状况的值随相角增加而增加。一旦相角达到相位阈值808,驱动信号工作状况就被保持在一个恒定值。在一个实施方案中,驱动信号工作状况被保持恒定处在当相角达到相位阈值808时它的值。图804中示出的虚线示出了如果控制器不转变到开环调光控制的话驱动信号工作状况的值。

[0075] 图806示出了驱动信号工作状况的值随相角增加而改变。一旦相角达到相位阈值808,驱动信号工作状况就被保持在一个恒定值。在一个实施方案中,驱动信号工作状况被保持恒定处在当相角达到相位阈值808时它的值。图806中示出的虚线示出了如果控制器不转变到开环调光控制的话驱动信号工作状况的值。

[0076] 但是,应意识到,驱动信号工作状况的值可以由多个因素确定,所述多个因素例如相角、电源的输出,以及输入电压的值。图802、804和806代表用于确定驱动信号工作状况的不同方案。但是,根据本发明的实施方案,一旦相角达到相位阈值808,控制器136就转变到开环调光控制,并且驱动信号工作状况被保持在一个恒定值。图802、804和806还示出了,当相角从低值增加到高值时,在闭环调光控制和开环调光控制之间存在输出功率的平滑过渡,因为驱动信号工作状况的值在相位阈值处没有跳变。

[0077] 接下来参考图8B,其示出了当相角减小时驱动信号工作状况与相角之间的关系,包括图802、804和806、相位阈值808以及设置误差810。对于这些示例图,示出的驱动信号工作状况是占空比。图8B示出了,当启动时相角最初大于相位阈值808时,驱动信号工作状况可能会发生什么。

[0078] 在图802中,当在电源启动时相角大于相位阈值808时,驱动信号工作状况基本处在恒定值。一旦相角减小到相位阈值808以下,控制器136就转变到闭环调光控制,并且驱动信号工作状况开始随相角减小而增加。但是,如上文所述,当相角最初大于相位阈值808时,

驱动信号工作状况被设置在一个预定值。设置误差810示出了在开环调光中驱动信号工作状况的值与闭环调光控制恢复时所确定的驱动信号工作状况的值之间的误差。当相角增加时,设置误差810不会出现,因为自从控制器136在闭环调光控制下运行时起,驱动信号工作状况的值就被保持。图804和806示出了用于确定驱动信号工作状况的其它方案。

[0079] 尽管已借助于本文中公开的发明的特定实施方案、实施例和应用描述了本发明,但是在不偏离权利要求中所阐明的本发明的范围的情况下,本领域技术人员可以对本发明做出多种修改和变化。

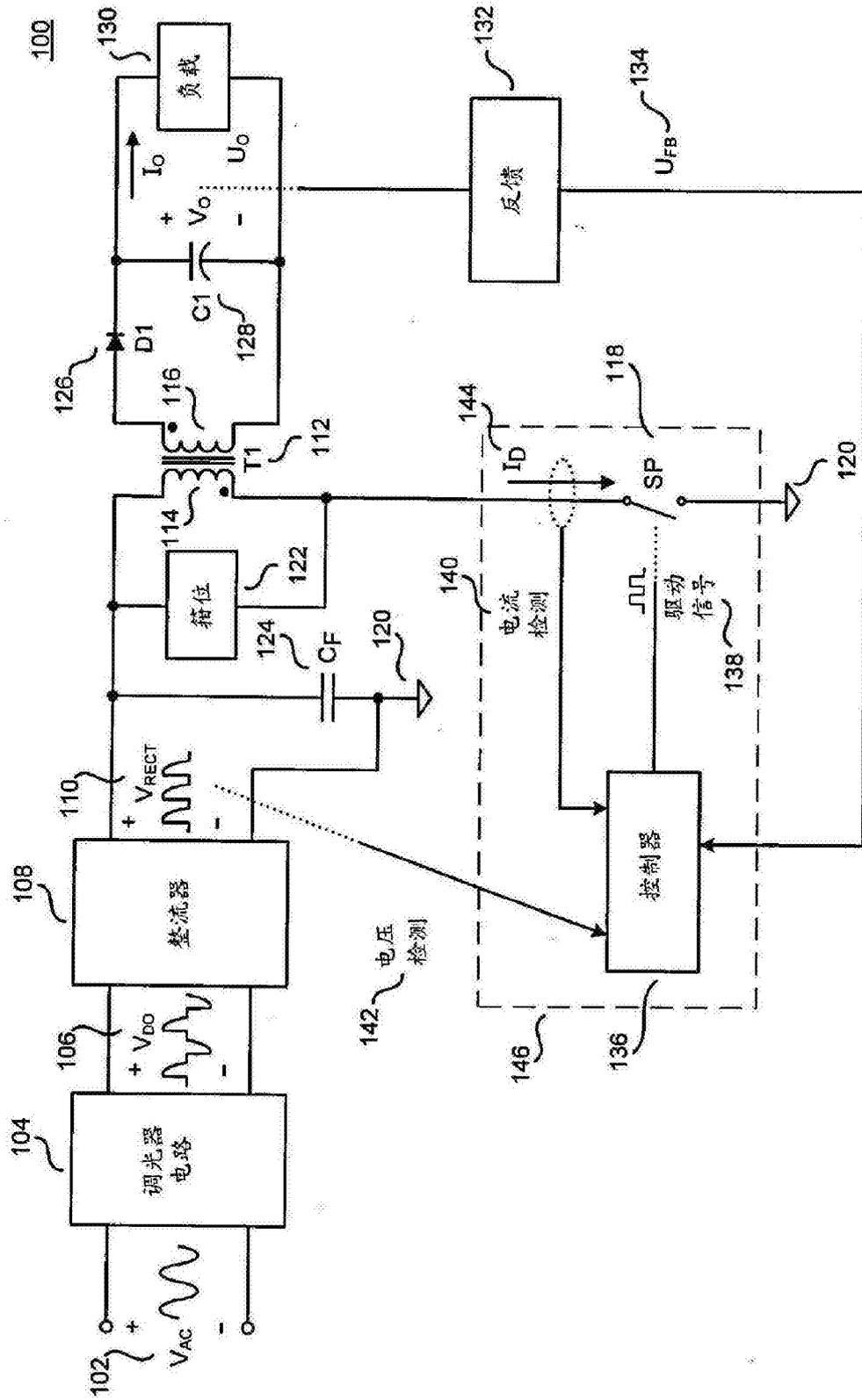


图1

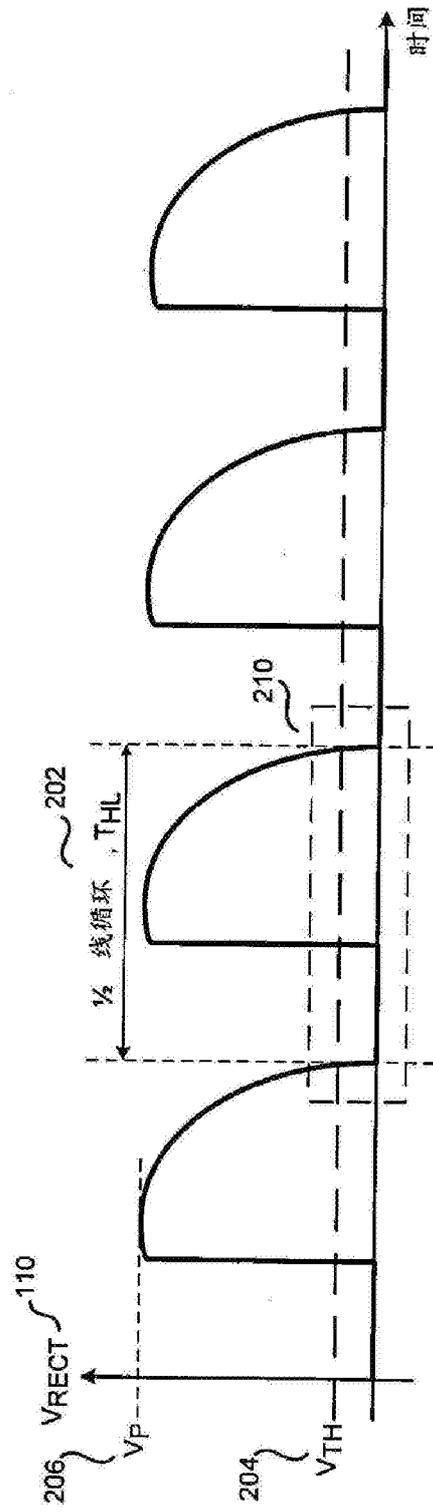


图2A

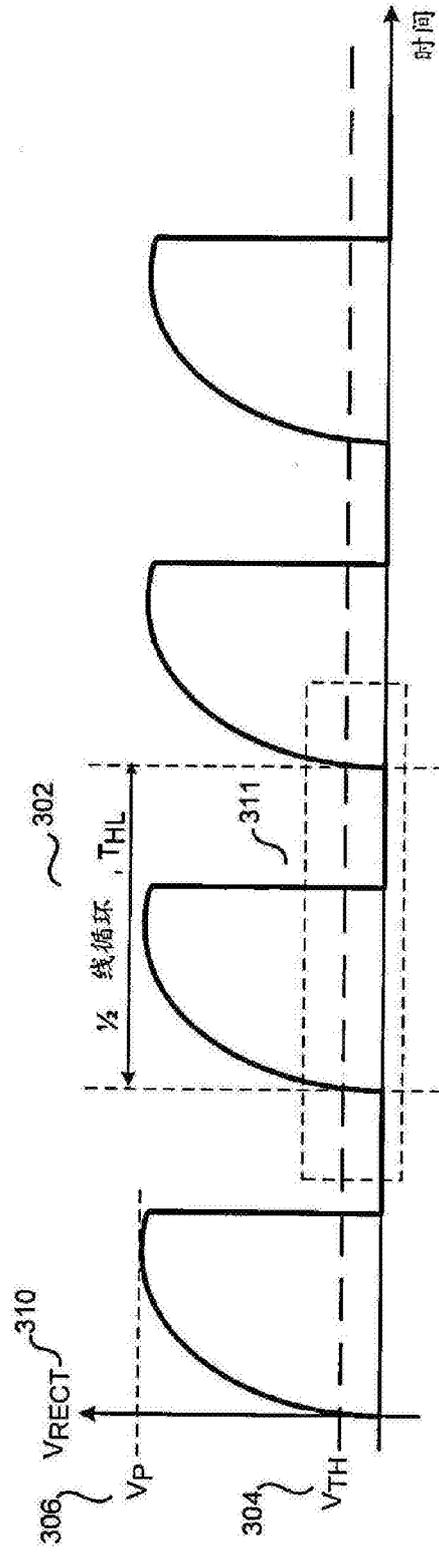


图3A

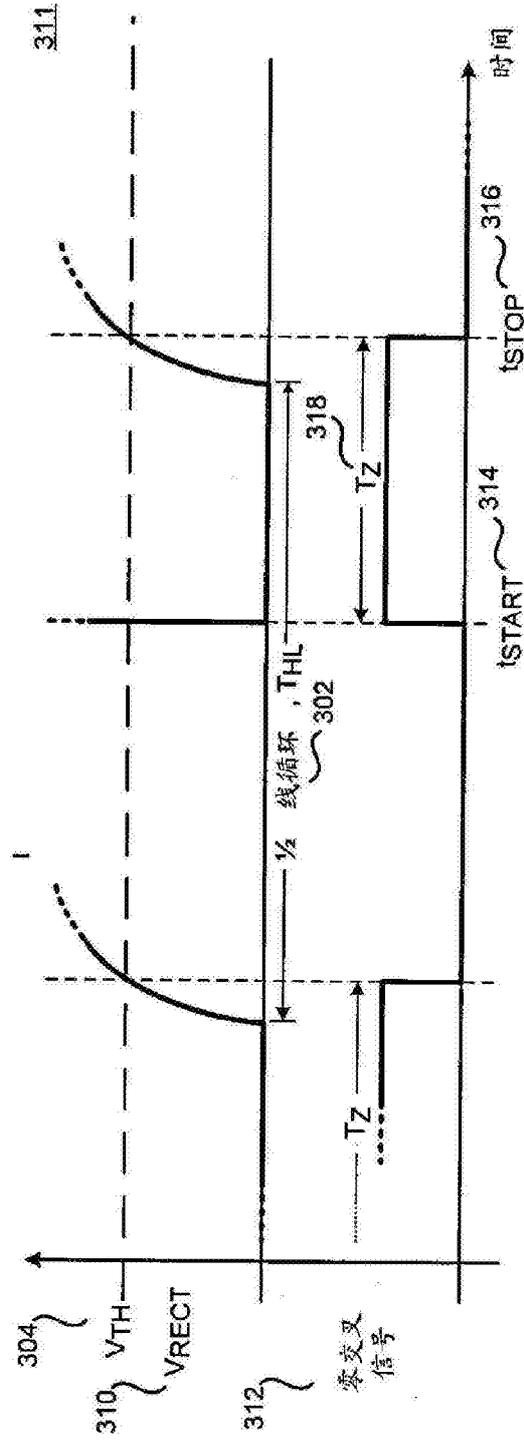


图3B

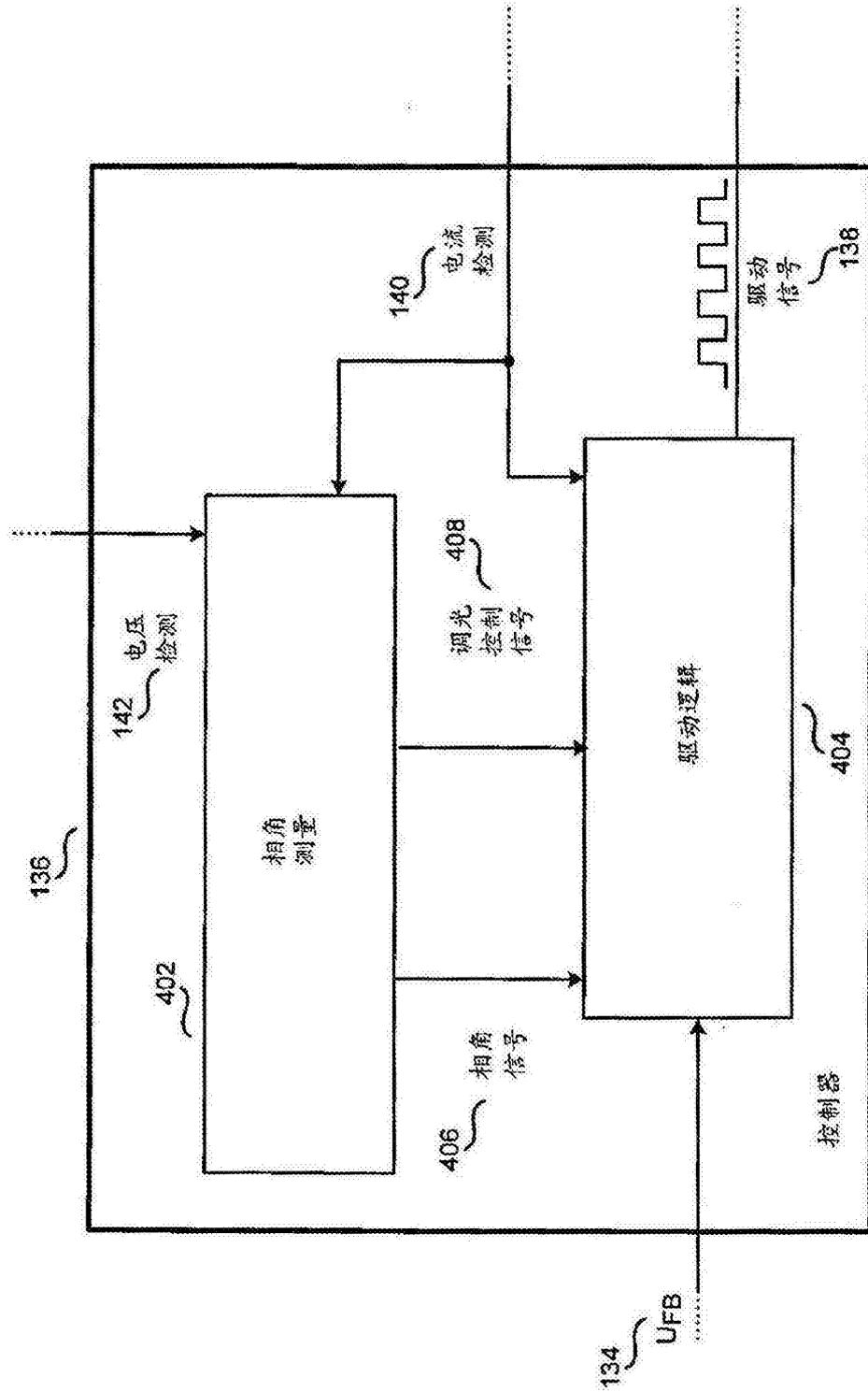


图4

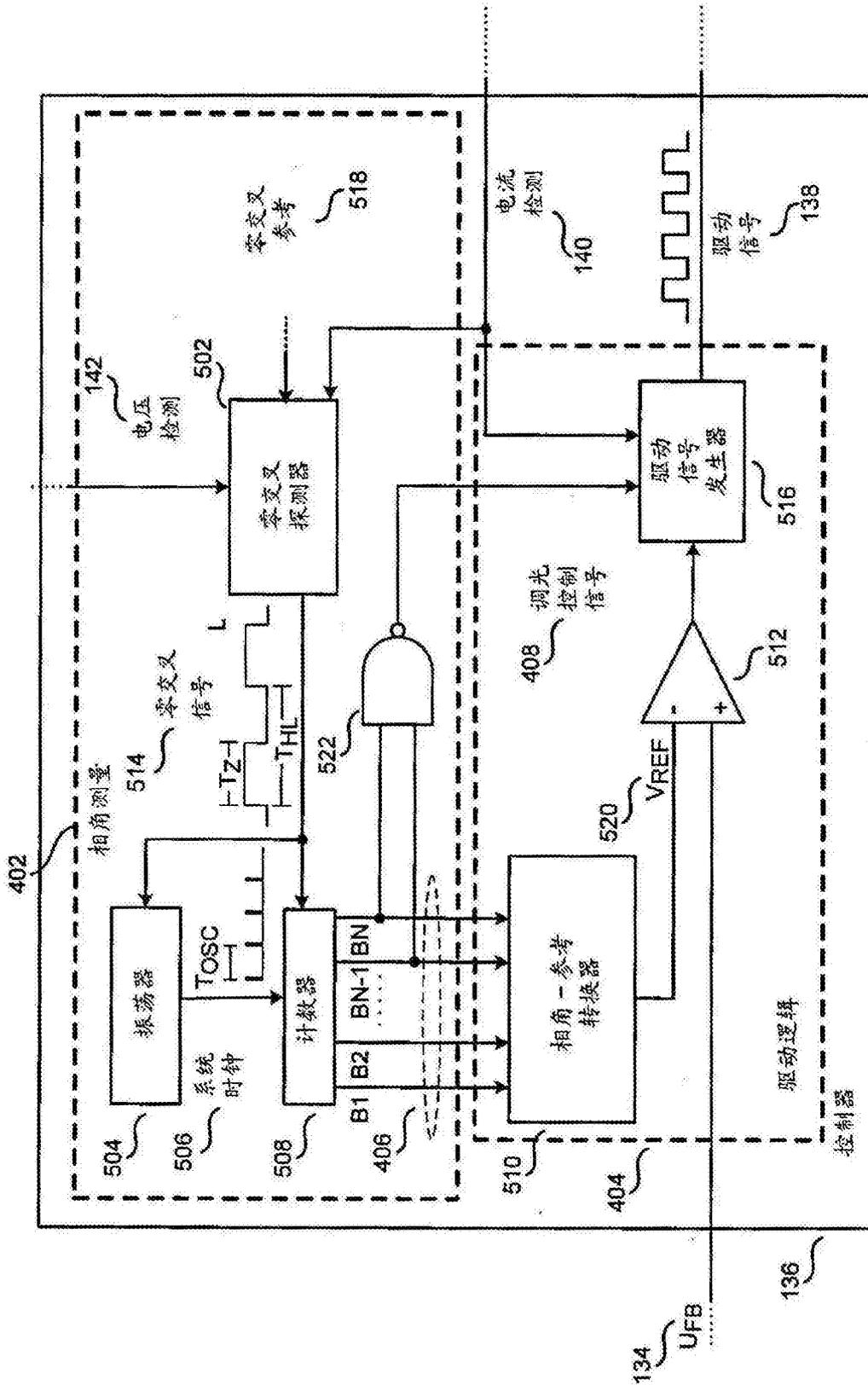


图5

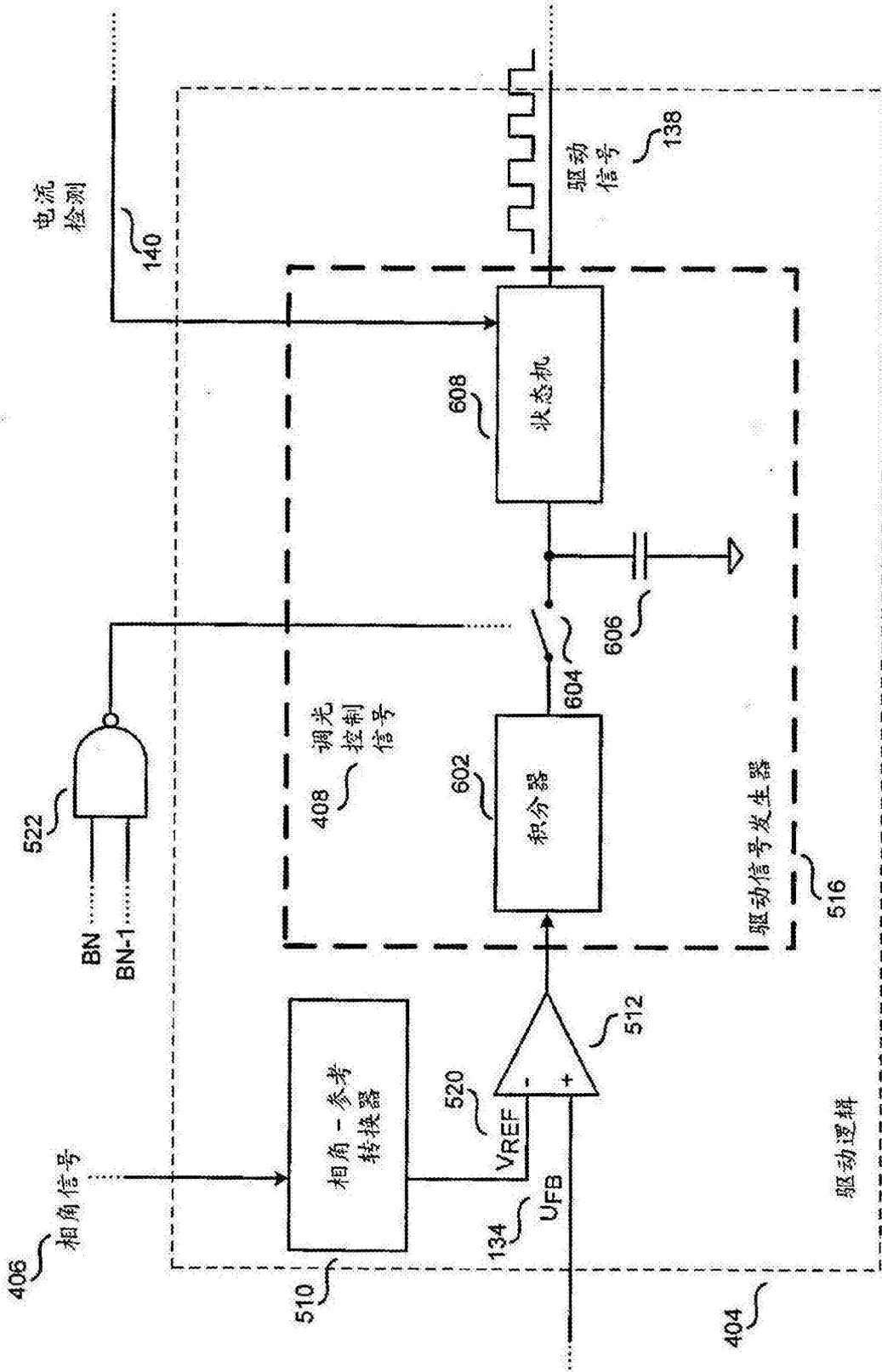


图6A

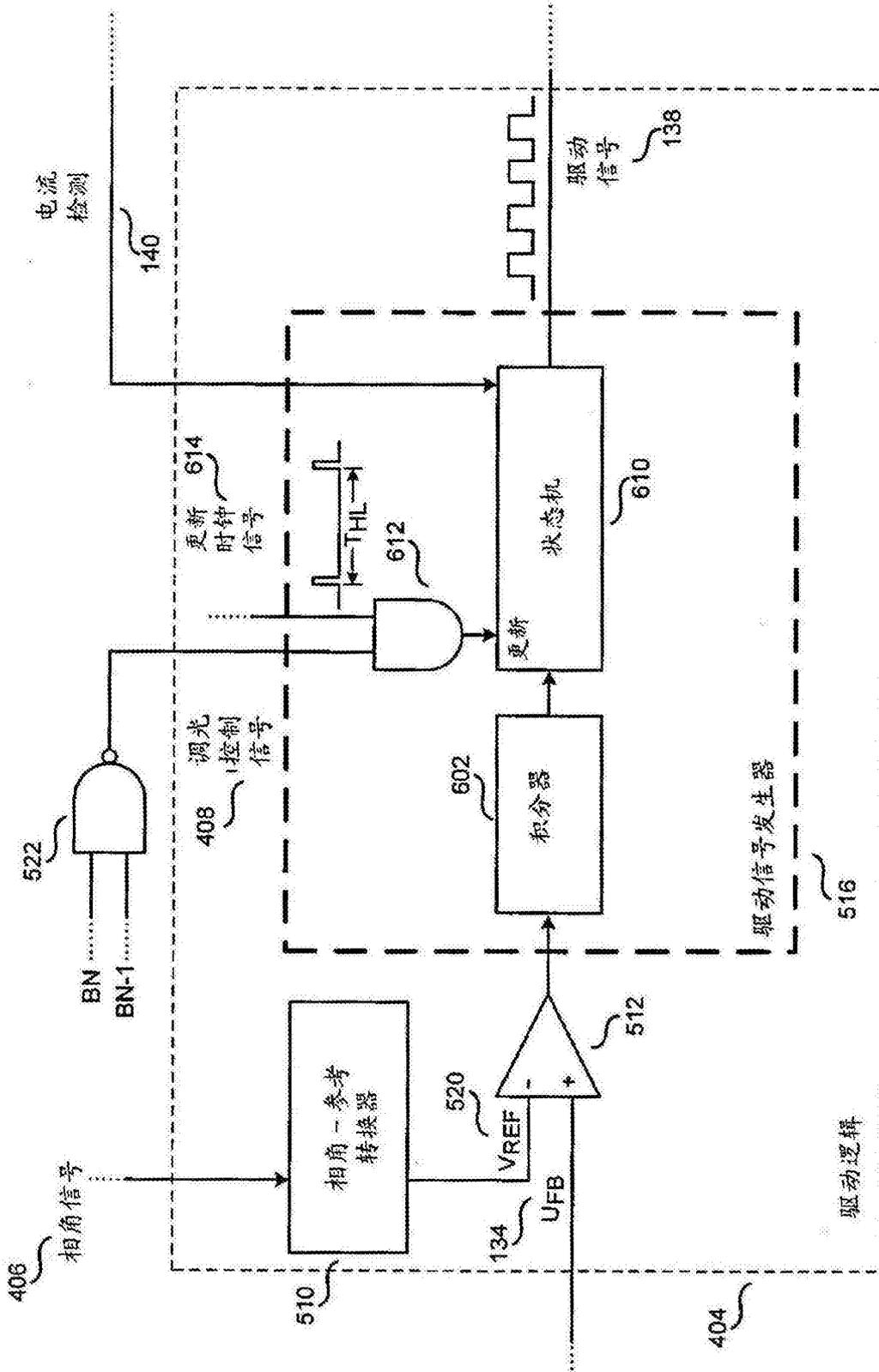


图6B

700

值	B1	B2	B3
0	0	0	0
1	1	0	0
2	0	1	0
3	1	1	0
4	0	0	1
5	1	0	1
6	0	1	1
7	1	1	1

图7

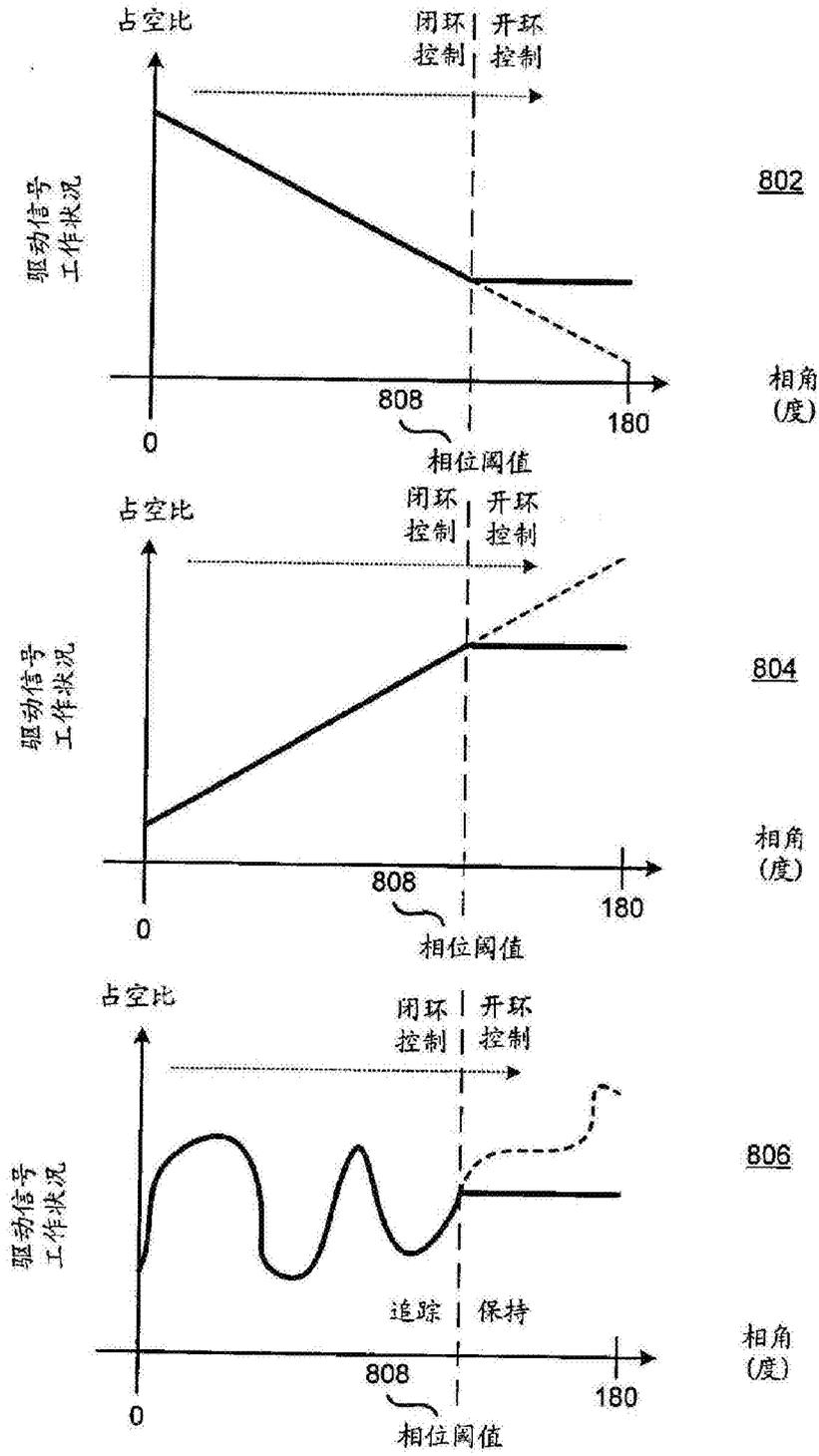


图8A

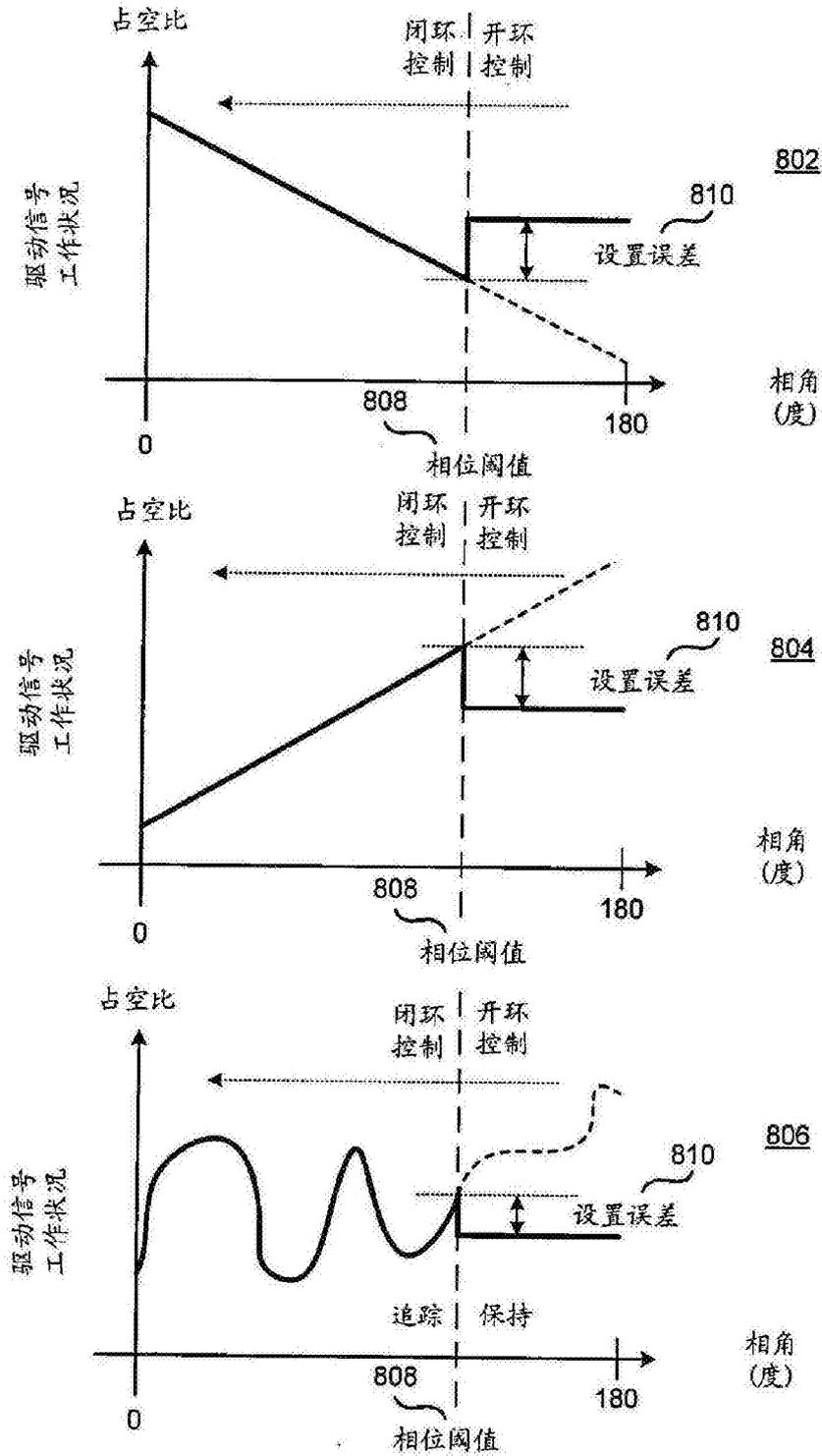


图8B