



(21) 申请号 201910301174.4

(22) 申请日 2019.04.15

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110391730 A

(43) 申请公布日 2019.10.29

(30) 优先权数据
62/659,577 2018.04.18 US
16/127,928 2018.09.11 US

(73) 专利权人 亚德诺半导体国际有限责任公司
地址 爱尔兰利默里克

(72) 发明人 柯徐刚 徐姚杰 陈敏 苏凯思

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038
专利代理师 陈华成

(51) Int.Cl.

H02M 3/07 (2006.01)
H02M 3/158 (2006.01)
H02M 7/10 (2006.01)
H03K 7/08 (2006.01)
H05B 45/3725 (2020.01)
H05B 45/325 (2020.01)
H05B 45/38 (2020.01)

(56) 对比文件

US 2013020867 A1, 2013.01.24
US 2013020867 A1, 2013.01.24
CN 103414337 A, 2013.11.27
CN 206135705 U, 2017.04.26

审查员 涂颂亿

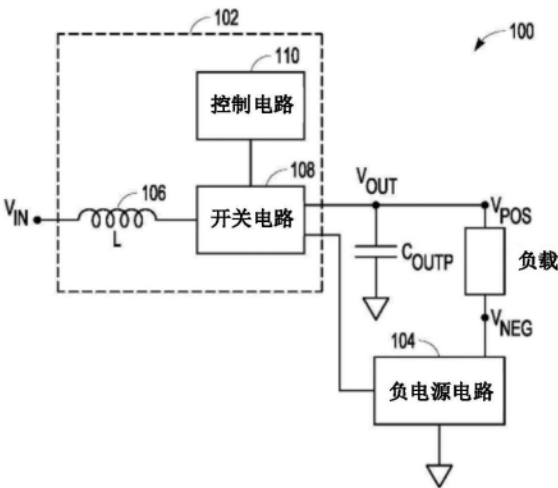
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

用于升压LED驱动器的输出电压范围加倍的
负电荷泵

(57) 摘要

电源电路包括调节的正电源电路和未调节的负电源电路。调节的正电源电路包括：电感器，被布置为接收来自输入电路节点的输入能量；开关电路，在开关电路节点处耦合到所述电感器；和控制电路，耦合到所述开关电路。控制电路被配置为控制所述开关电路的激活以调节经调节的电路节点处的电压并在正输出电路节点处产生正输出电压。未调节的负电源电路可操作地耦合到所述开关电路节点并被配置为在负输出电路节点处产生负电源电压。



1. 一种电源电路,所述电源电路在IC管芯上,所述电源电路包括:
调节的正电源电路,所述调节的正电源电路包括:
电感器,所述电感器被布置为接收来自输入电路节点的输入能量;
开关电路,所述开关电路在开关电路节点处耦合到所述电感器;和
控制电路,所述控制电路耦合到所述开关电路,所述控制电路被配置为控制所述开关电路的激活以调节在经调节的电路节点处的电压并在正输出电路节点处产生正输出电压;
和

未调节的负电源电路,所述未调节的负电源电路可操作地耦合到所述开关电路节点并被配置为在负输出电路节点处产生负电源电压,其中所述未调节的负电源电路包括Cuk转换器电路、以及串联设置在所述开关电路节点和所述负输出电路节点之间的开关电容器和负电源电感器,

其中,所述开关电路包括:

耦合到所述开关电路节点的第一晶体管,所述第一晶体管被配置为在被激活时对所述电感器充电;和

耦合到所述开关电路节点的第二晶体管,所述第二晶体管被配置为在被激活时将电荷从所述电感器传输到所述经调节的电路节点;

其中,所述第一晶体管的激活向所述负输出电路节点提供未调节的负电压;以及

其中,所述第一晶体管和所述第二晶体管的占空比在所述经调节的电路节点处生成经调节的电压;

所述电源电路还包括:

布置在所述经调节的电路节点与所述正输出电路节点之间的PWM控制的开关;

可操作地耦合到PWM控制的开关的负载电流传感电路元件,所述负载电流传感电路元件被配置为感测负载的负载电流;

其中,所述控制电路进一步被配置为调制所述PWM控制的开关的激活,以当负载耦合在所述正输出电路节点与所述负输出电路节点之间时控制所述负载电流。

2. 根据权利要求1所述的电源电路,其中所述第二晶体管的激活将所述开关电容器充电到所述经调节的电路节点的电压,并且所述第一晶体管的激活在所述负输出电路节点处产生所述经调节的电路节点的电压的负极性。

3. 根据权利要求1所述的电源电路,其中所述调节的正电源电路是开关功率转换器电路。

4. 根据权利要求1所述的电源电路,其中所述调节的正电源电路是升压转换器电路。

5. 根据权利要求4所述的电源电路,所述电源电路包括:

输入电路节点;

其中在所述经调节的电路节点和电路接地之间的经调节的电压 V_{out} 等于所述输入电路节点处的电压 V_{in} 乘以1减去所述第一晶体管的激活的占空比 D 的差的倒数,即 $V_{out} = V_{in} / (1 - D)$,并且在电路接地与所述负输出电路节点之间的电压等于所述经调节的电压的负数 $-V_{out}$ 。

6. 一种操作电源电路的方法,所述电源电路在IC管芯上,所述方法包括:

使用在所述电源电路的输入电路节点处提供的能量为电感器充电;

通过使用耦合到所述电源电路的开关电路节点的开关电路控制所述电感器的充电,在经调节的电路节点处产生经调节的电压;

使用所述经调节的电压在正输出电路节点处产生正输出电压;

使用所述开关电路节点的电压在负输出电路节点处产生未调节的负电源电压;

激活耦合到所述开关电路节点的第一晶体管以对所述电感器充电;

激活耦合到所述开关电路节点的第二晶体管以将电荷从所述电感器传输到所述经调节的电路节点;以及

当激活所述第一晶体管时,向所述负输出电路节点提供负的未调节电压;

其中,所述电源电路包括未调节的负电源电路,所述未调节的负电源电路包括Ćuk转换器电路、以及串联布置在所述开关电路节点和所述负输出电路节点之间的开关电容器和负电源电感器,并且

其中,所述第一晶体管和所述第二晶体管的占空比在所述经调节的电路节点处生成经调节的电压;

其中,所述电源电路还包括布置在所述经调节的电路节点与所述正输出电路节点之间的PWM控制的开关和可操作地耦合到所述PWM控制的开关的负载电流传感电路元件,所述负载电流传感电路元件被配置为感测负载的负载电流,以及

其中,所述方法还包括调制所述PWM控制的开关的激活,以当负载耦合在所述正输出电路节点与所述负输出电路节点之间时控制负载电流。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中激活所述第二晶体管将所述开关电容器充电到所述经调节的电路节点的电压,并且激活所述第一晶体管在所述负输出电路节点处产生所述经调节的电路节点的电压的负极性。

8. 根据权利要求6所述的方法,其中产生所述经调节的电压包括使用升压转换器电路产生所述经调节的电压。

9. 根据权利要求8所述的方法,

其中产生所述经调节的电压包括产生在所述经调节的电路节点和电路接地之间的经调节的电压 V_{out} ,所述经调节的电压 V_{out} 等于所述输入电路节点处的电压 V_{in} 乘以1减去所述第一晶体管的激活的占空比 D 的差的倒数,即 $V_{out} = V_{in} / (1 - D)$;并且

其中产生所述未调节的负电源电压包括产生在电路接地与所述负输出电路节点之间的所述未调节的负电源电压,所述未调节的负电源电压等于负极性的所述经调节的电压 $-V_{out}$ 。

用于升压LED驱动器的输出电压范围加倍的负电荷泵

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2018年4月18日提交美国专利商标局、申请号为62/659,577的以及2018年9月11日提交美国专利商标局、申请号为16/127,928的美国专利申请的优先权和权益,其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

[0003] 本发明涉及集成电路,尤其涉及从输入电压提供调节电压的电源转换器电路。

背景技术

[0004] 电子系统可包括需要稳压电源的设备。电源转换器电路可用于向负载提供调节电压。然而,对于电源转换器电路可以产生并输送到电路负载的电压通常存在实际限制。

[0005] 发明概述

[0006] 本发明一般涉及电源转换器电路及其操作方法。在一些方面中,电源电路包括调节的正电源电路和未调节的负电源电路。调节的正电源电路包括:电感器,被布置为接收来自输入电路节点的输入能量;开关电路,在开关电路节点处耦合到所述电感器;和控制电路,耦合到所述开关电路。控制电路控制所述开关电路的激活以调节经调节的电路节点处的电压并在正输出电路节点处产生正输出电压。未调节的负电源电路可操作地耦合到所述开关电路节点并在负输出电路节点处产生负电源电压。

[0007] 在一些方面中,发光二极管(LED)驱动器,包括调节的正电源电路、未调节的负电源电路、布置在调节的电路节点和正输出电路节点之间的脉宽调制(PWM)开关电路、以及耦合到PWM开关的负载电流传感电路元件。调节的正电源电路包括:电感器,被布置为接收来自输入电路节点的输入能量;开关电路,在开关电路节点处耦合到所述电感器;和控制电路,耦合到所述开关电路。控制电路控制所述开关电路的激活以调节经调节的电路节点处的电压并在正输出电路节点处产生正输出电压。未调节的负电源电路可操作地耦合到所述开关电路节点并在负输出电路节点处产生负电源电压。控制电调制PWM开关电路的激活以当负载耦合在所述正输出电路节点和所述负输出电路节点之间时控制负载电流。

[0008] 该部分旨在提供本专利申请的主题的概述。其目的不是提供对本发明的排他性或详尽的解释。包括详细描述以提供关于本专利申请的进一步信息。

[0009] 附图简述

[0010] 在不一定按比例绘制的附图中,相同的数字可以描述不同视图中的类似组件。具有不同字母后缀的相同数字可表示类似组件的不同实例。附图通过示例而非通过限制的方式示出了本文件中讨论的各种实施例。

[0011] 图1是一方面的电源电路的框图。

[0012] 图2是一方面的电源电路的另一示例的电路图。

[0013] 图3是一方面的电源电路的另一示例的电路图。

[0014] 图4是一方面的发光驱动器(LED)驱动电路的框图。

[0015] 图5是在一个方面中操作电源电路的方法的流程图。

[0016] 发明详述

[0017] 电源转换器电路可用于提供调节电压,该调节电压是电子系统的电路电源。一些电源转换器电路是开关功率转换器电路,其将输入电压转换为经调节的输出电压。对于升压或升压功率转换器,经调节的电压转换可提供高于电源转换器电路的输入电压的经调节的输出电压。在升压功率转换器的传统实施方式中,对可以产生的电压存在实际限制,并且这可以减少可以使用功率转换器的应用的数量。

[0018] 例如,在传统的单级升压型开关模式转换器中,具有固定的最大占空比 D_{MAX} ,最大输出电压 $V_{OUT,MAX}$ 为:

$$[0019] \quad V_{OUT,MAX} = V_{IN} / (1 - D_{MAX}) .$$

[0020] 在具有高达2MHz的高开关频率(f_{SW})、最小开关导通时间为50纳秒(50ns)和90% D_{MAX} 的升压转换器中,可实现的 $V_{OUT,MAX}$ 约为30伏(30V), V_{IN} 为3V。然而,由于升压转换器中的最大导通时间限制,传统的升压转换器不能支持需要60V或更高 V_{OUT} 的应用。

[0021] 此外,在开关为场效应晶体管(FET)开关的升压转换器中,为了实现相对于地的高 V_{OUT} ,需要具有高额定电压的FET和二极管。高压开关可以具有增加的寄生电容,并且可以增加整个电子系统的尺寸和成本。

[0022] 而且,高压电平移位器可能需要集成到用于升压电源转换器电路的控制器中,以支持用于高压开关的更高驱动电压。添加电平移位器可能导致开关栅极驱动器的高传播延迟,并且再次导致系统的尺寸和成本增加。对于具有集成在单个管芯上的开关和控制器的单片升压转换器尤其如此。制造工艺的器件的最大额定值可能限制可实现的输出电压。高压升压转换器还可能需要在 V_{OUT} 处的IC管芯上具有高静电放电(ESD)钳位电压,这增加了芯片尺寸。可以实现高电压的单片升压转换器通常涉及芯片尺寸和成本的增加。此外,高电压电平可能损害系统安全性并且可能需要更多的物理电路板间隔。

[0023] 实现高压功率转换器的这些挑战可以通过使用产生正输出电压和负输出电压的电源电路来解决,并且可以在正和负输出电压之间可操作地耦合负载。这降低了电源电路的电路元件所需的额定值。

[0024] 图1是电源电路100的框图。电源电路包括调节的正电源电路102和未调节的负电源电路104。调节的正电源电路102包括布置在电路中的电感器106,用于接收来自输入电路节点(V_{IN})的输入能量。调节的正电源电路102还包括在开关电路节点处耦合到电感器的开关电路108,以及耦合到开关电路的控制电路。控制电路110控制开关电路的激活以调节调节的电路节点(V_{OUT})处的电压并在正输出电路节点(V_{POS})处产生正输出电压。

[0025] 未调节的负电源电路可操作地耦合到开关电路节点,并在负输出电路节点(V_{NEG})处产生负电源电压。在一些实施例中, V_{POS} 处的电压是经调节的电压 V_{OUT} ,并且 V_{NEG} 处的电压是经调节的电压 $-V_{OUT}$ 的负极性。如果相对于电路接地产生 $2V_{OUT}$,则在电路负载上产生 $2V_{OUT}$ 的电压而不需要电路元件。

[0026] 图2是电源电路200的另一个例子的电路图。电源电路包括调节的正电源电路202和未调节的负电源电路204。调节的正电源电路202包括开关功率转换器电路。开关功率转换器电路包括电感器206和可操作地耦合到开关电路节点(SW)的开关电路。开关电路包括顶部开关(M_T)和底部开关(M_B)。开关可以是FET。在图2的示例中,开关功率转换器电路是升

压转换器。在变型中,开关功率转换器电路是降压(降压)转换器。

[0027] 未调节的负电源电路204包括连接到开关电路节点的负电荷泵电路。负电荷泵电路包括开关电容器或快速电容器 C_F 和二极管D1、D2。

[0028] 当 M_B 处于活动状态时,电感器会充电。 M_B 有效的的时间定义了占空比D的“导通时间”。当 M_T 有效(接通)时,电荷从电感器传输到调节的电路节点 V_{OUT} 和正输出电路节点(V_{POS})。 M_B 和 M_T 的占空比在调节电路节点处产生调节电压 V_{OUT} ,其等于输入电路节点处的电压(V_{IN})乘以1的倒数减去第一晶体管激活的占空比(D),或 $V_{OUT} = V_{IN} / (1 - D)$ 。(使用降压转换器电路时,调节电压 V_{OUT} 为 $V_{OUT} = D \cdot V_{IN}$)

[0029] 当 M_T 有效时,电荷从电感器传递到调节的电路节点 V_{OUT} 和正输出电路节点 V_{POS} ,电容器 C_F 充电到正 V_{POS} 电平,电路节点 V_N 处于电路接地。当 M_T 变为无效(关闭)并且 M_B 变为有效(接通)时,开关电路节点SW被拉到电路接地,并且连接到电路节点SW的 C_F 的端子突然变为接地。因为 C_F 抵抗变化并保持其电荷,所以电路节点 V_N 的电压从地变为接近($-V_{OUT}$)的电压,并且在 V_{NEG} 处产生未调节的负电源电压。在 M_B 激活阶段期间, C_F 以从负载流向 C_F 的电流放电,产生未调节的负电源。

[0030] 利用升压开关功率转换器电路,最大占空比为90%,输入电压为3V,调节电压 V_{OUT} 约为30V。当 $V_{POS} = 30V$ 且 $V_{NEG} = -30V$ 时,在电路负载上产生大约60V。由于开关 M_T , V_{POS} 中将出现电压降,并且由于二极管D1导致 V_{NEG} 中出现电压降。由于二极管D1和D2, V_{NEG} 会出现电压降。由于D1和D2, V_{NEG} 的绝对值是比 V_{OUT} 小两个二极管电压降。

[0031] 图3是电源电路300的另一个例子的电路图。电源电路包括调节的正电源电路302和未调节的负电源电路304。如图2的例子中,调节的正电源电路302可以是升压开关功率转换器电路,并且可以包括电感器306、控制电路310、以及包括可操作地耦合到开关电路节点(SW)的开关 M_T 和 M_B 的开关电路。

[0032] 未调节的负电源电路304包括Cuk转换器电路。Cuk转换器电路包括开关电容器或快速电容器 C_F 、二极管D1和电感器312。Cuk转换器电路在 V_{NEG} 处产生负输出电压。控制电路调节调节的电路节点 V_{OUT} 处的电压,并且 V_{NEG} 处产生的负电压不受调节。Cuk转换器电路产生的负输出电压等于调节输出电压的负值乘以占空比(D),或 $V_{NEG} = -(V_{OUT} \cdot D)$ 。因为稳压电源是升压功率开关转换器,所以 $V_{OUT} = V_{IN} / (1 - D)$,如图2的例子中所示。可以看出,图1-3的电源电路示例能够驱动需要比输入电压高得多的电压的输出负载。

[0033] 图4是包括电源电路的发光驱动器(LED)驱动器电路400的框图。LED驱动器电路包括调节的正电压电源电路402和未调节的负电源电路404。调节的正电压电源电路402可以包括升压电源转换器电路,其在调节的电路节点 V_{OUT} 处产生调节电压。未调节的负电源电路404可以是如图2中的负电荷泵电路或图3的示例的Cuk电路。因为从 V_{POS} 到 V_{NEG} 的负载两端的净电压可以大于60V,所以如果每个LED增加3V的电压降,则LED驱动电路能够驱动20个以上串联的LED。

[0034] LED驱动器电路400还包括布置在调节的电路节点 V_{OUT} 和正输出电路节点 V_{POS} 之间的脉宽调制(PWM)开关电路M1,以及耦合到PWM开关的负载电流传感电路元件414。在某些实施例中,负载电流传感电路元件414是感测电阻器,其产生与负载电流成比例的电压。控制电路410调制PWM开关电路的激活以控制负载电流。这可以为连接在正和负输出电路节点之间的LED串416提供调光能力。

[0035] 为了完整起见,图5是操作电源电路的方法500的流程图。在505处,使用在电源电路的输入电路节点处提供的能量对电感器充电。在510处,通过使用耦合到电源电路的开关电路节点的开关电路控制电感器的充电,在调节的电路节点处产生调节电压。可以使用升压开关电源转换器电路产生调节电压。调节电压 V_{OUT} 可以等于输入电路节点处的电压(V_{IN})乘以1的倒数减去第一晶体管的激活的占空比(D),或 $V_{OUT} = V_{IN} / (1 - D)$ 。在变型中,可以使用降压开关电源转换器电路产生调节电压,并且调节电压 V_{OUT} 将是 $V_{OUT} = D \cdot V_{IN}$ 。

[0036] 在515处,使用调节电压在正输出电路节点处产生正输出电压,并且在520处,使用开关电路节点的电压在负输出电路节点处产生未调节的负电源电压。可以使用负电荷泵电路或Cuk转换器电路产生未调节的负电源电压。

[0037] 在一些方面,正输出电压和未调节的负电源电压可用于驱动串联连接的LED串。可以驱动的LED数量取决于升压转换器的额定电压。对于先前描述的示例,其中 $V_{POS} = 30V$, $V_{NEG} = -30V$,并且在电路负载两端产生约60V,升压转换器可用于驱动一串20-25个LED。如果升压转换器产生 $V_{POS} = 60V$,并且 $V_{NEG} = -60V$,则在电路负载上产生大约120V,并且所产生的电压范围可用于驱动一串近40个LED。更高的电压范围可以驱动更多的LED。

[0038] 可以看出,这里描述的装置和方法克服了传统升压开关模式转换器电路的限制。这些电路可以支持传统方法的两倍输出($2V_{OUT}$)的应用。电路元件的额定值只需要为 V_{OUT} 。如果电源电路的开关(M_T 、 M_B 和PWM开关M1)、电容器和二极管具有40V额定值,则电源电路可用于产生80V。这减少了80V电路所需的面积。在其他例子中,额定电压为30V的电路元件可用于实现60V电路,或者具有60V额定电压的电路元件可用于实现120V电路。此外,仅需要生成电压范围的一半的ESD保护。对于额定电压为40V的升压转换器,仅需要40V的ESD保护,不需要对80V的全电压范围进行ESD保护。

[0039] 另外说明和方面

[0040] 第一方面(方面1)可包括主旨(例如电源电路),包括调节的正电源电路和未调节的负电源电路。调节的正电源电路包括:电感器,被布置为接收来自输入电路节点的输入能量;开关电路,在开关电路节点处耦合到所述电感器;和控制电路,耦合到所述开关电路。控制电路被配置为控制所述开关电路的激活以调节经调节的电路节点处的电压并在正输出电路节点处产生正输出电压。未调节的负电源电路可操作地耦合到所述开关电路节点并被配置为在负输出电路节点处产生负电源电压。

[0041] 在方面2中,方面1的主旨任选地包括:所述调节的正电源电路包括开关功率转换器电路并且所述未调节的负电源电路包括负电荷泵电路。

[0042] 在方面3中,方面2的主旨任选地包括:开关电路包括:耦合到所述开关电路节点的第一晶体管,被配置为在被激活时对所述电感器充电;和耦合到所述开关电路节点的第二晶体管,被配置为在被激活时将电荷从所述电感器传输到调节的电路节点。未调节的负电源电路任选地包括设置在所述开关电路节点和负输出节点之间的开关电容器。开关电路的第一晶体管的激活向所述负输出电路节点提供未调节的负电压。

[0043] 在方面4中,方面3的主旨任选地包括开关电路,其中所述第二晶体管的激活将所述开关电容器充电到调节的电路节点的电压,并且所述第一晶体管的激活在所述负输出电路节点处产生调节的电路节点的电压的负极性。

[0044] 在方面5中,方面1的主旨任选地包括:调节的正电源电路包括开关功率转换器电

路并且所述未调节的负电源电路包括Cuk转换器电路。

[0045] 在方面6中,方面5的主旨任选地包括:开关电路包括:耦合到所述开关电路节点的第一晶体管,被配置为在被激活时对所述电感器充电;和耦合到所述开关电路节点的第二晶体管,被配置为在被激活时将电荷从所述电感器传输到调节的电路节点。未调节的负电源电路任选地包括开关电容器以及设置在开关电路节点和所述负输出节点之间的负电源电感器。

[0046] 在方面7中,方面1-6中一项或任意组合的主旨任选地包括:调节的正电源电路包括升压转换器电路。

[0047] 在方面8中,方面7的主旨任选地包括:输入电路节点;和开关电路,包括:耦合到所述开关电路节点的第一晶体管,被配置为在被激活时对所述电感器充电;和耦合到所述开关电路节点的第二晶体管,被配置为在被激活时将电荷从所述电感器传输到调节的电路节点。在所述调节的电路节点和所述电路接地之间的调节电压 (V_{out}) 等于所述输入电路节点处的电压 (V_{in}) 乘以1减去所述第一晶体管的激活的占空比 (D) 的倒数,或 $V_{out} = V_{in} / (1 - D)$,并且在所述电路接地和所述负输出电路节点之间的电压等于所述调节电压的负数 ($-V_{out}$)。

[0048] 在方面9中,方面1-8中一项或任意组合的主旨任选地包括:布置在调节的电路节点和正输出电路节点之间的脉宽调制 (PWM) 开关电路。控制电路任选地被配置为调制PWM开关电路的激活,以当负载耦合在所述正输出电路节点和所述负输出电路节点之间时控制负载电流。

[0049] 方面10包括主旨 (例如包括控制电源电路的操作的动作的方法) 或者可任选地与方面1-9中的一个或任何组合组合以包括这样的主旨,包括:使用在所述电源电路的输入电路节点处提供的能量为电感器充电;通过使用耦合到所述电源电路的开关电路节点的开关电路控制所述电感器的充电,在调节的电路节点处产生调节电压;使用所述调节电压在正输出电路节点处产生正输出电压;和使用所述开关电路节点的电压在负输出电路节点处产生未调节的负电源电压。

[0050] 在方面11中,方面10的主旨任选地包括:使用负电荷泵产生未调节的负电源电压。

[0051] 在方面12中,方面10和11中的一个或两个的主旨任选地包括:激活耦合到所述开关电路节点的第一晶体管以对所述电感器充电;激活耦合到所述开关电路节点的第二晶体管以将电荷从所述电感器传输到所述调节的电路节点;和当激活所述第一晶体管时,向所述负输出电路节点提供负未调节电压。

[0052] 在方面13中,方面12的主旨任选地包括:激活第二晶体管将所述开关电容器充电到调节的电路节点的电压,并且激活第一晶体管在所述负输出电路节点处产生调节的电路节点的电压的负极性。

[0053] 在方面14中,方面10、12和13中的一个或任何组合的主旨任选地包括:使用Cuk转换器电路产生未调节的负电源电压。

[0054] 在方面15中,方面10-14中一项或任意组合的主旨任选地包括:使用升压转换器电路产生调节电压。

[0055] 在方面16中,方面15的主旨任选地包括:激活耦合到所述开关电路节点的第一晶体管以对所述电感器充电;和激活耦合到所述开关电路节点的第二晶体管以将电荷从所述

电感器传输到所述调节的电路节点。产生调节电压任选地包括产生在所述调节的电路节点和电路接地之间的调节电压 (V_{out})，等于所述输入电路节点处的电压 (V_{in}) 乘以1减去所述第一晶体管的激活的占空比 (D) 的倒数，或 $V_{out} = V_{in} / (1 - D)$ 。产生未调节的负电源电压任选地包括产生在所述电路接地和所述负输出电路节点之间的未调节的负电源电压，等于所述调节电压的负极性 ($-V_{out}$)。

[0056] 在方面17中，方面10-16中一项或任意组合的主旨任选地包括：调制PWM开关电路的激活，以当负载耦合在所述正输出电路节点和所述负输出电路节点之间时控制负载电流。

[0057] 方面18包括主旨（例如发光二极管 (LED) 驱动器电路），或者可任选地与方面1-17中的一个或任何组合组合以包括这样的主旨，包括调节的正电源电路、未调节的负电源电路、脉宽调制 (PWM) 开关电路和负载电流传感电路元件。调节的正电源电路包括：电感器，被布置为接收来自输入电路节点的输入能量；开关电路，在开关电路节点处耦合到所述电感器；和控制电路，耦合到所述开关电路。控制电路被配置为控制所述开关电路的激活以调节经调节的电路节点处的电压并在正输出电路节点处产生正输出电压。未调节的负电源电路可操作地耦合到所述开关电路节点并被配置为在负输出电路节点处产生负电源电压。PWM 开关电路布置在调节的电路节点和正输出电路节点之间，并且负载电流传感电路元件可操作地耦合到PWM开关。所述控制电路进一步被配置为调制所述PWM开关电路的激活，以当负载耦合在所述正输出电路节点和所述负输出电路节点之间时控制负载电流。

[0058] 在方面19中，方面18的主旨任选地包括：调节的正电源电路包括开关功率转换器电路并且未调节的负电源电路包括负电荷泵电路。

[0059] 在方面20中，方面18的主旨任选地包括：调节的正电源电路包括开关功率转换器电路并且未调节的负电源电路包括Cuk转换器电路。

[0060] 这些非限制性方面可以以任何排列或组合进行组合。以上详细描述包括对附图的参考，附图形成详细描述的一部分。附图通过图示的方式示出了可以实施本发明的具体实施例。这些实施方案在本文中也称为“实施例”或“方面”。本文件中提及的所有出版物、专利和专利文献均通过引用整体并入本文，如同通过引用单独并入一样。如果本文件与通过引用并入的那些文件之间的使用不一致，则所引用的参考文献中的用法应被视为对本文件的使用的补充；对于不可调和的不一致性，按照本文档中的用法控制。

[0061] 在该文献中，术语“一”或“一个”在专利文献中是常见的，包括一个或多于一个、独立于“至少一个”或“一个或多个”的任何其他实例或用法。在本文件中，术语“或”用于表示非排他性的，例如“A或B”包括“A但不是B”、“B但不是A”和“A和B”，除非另有说明表示。在所附权利要求中，术语“包括”和“其中”用作相应术语“包括”和“其中”的等同词。此外，在以下权利要求中，术语“包括”和“包含”是开放式的，即除了在权利要求中的这一术语之后列出的元素之外的系统、设备、物品或过程仍被视为属于该权利要求的范围内。此外，在以下权利要求中，术语“第一”、“第二”和“第三”等仅用作标记，并不旨在对其对象施加数字要求。这里描述的方法示例可以至少部分地是机器或计算机实现的。

[0062] 以上描述旨在是说明性的而非限制性的。例如，上述示例（或其一个或多个方面）可以彼此组合使用。在阅读以上描述之后，例如本领域普通技术人员可以使用其他实施例。提供摘要以符合37C.F.R. §1.72 (b)，允许读者快速确定技术公开的性质。提交时的理解是，

它不会用于解释或限制权利要求的范围或含义。而且,在以上详细描述中,可以将各种特征组合在一起以简化本公开。这不应被解释为意图无人认领的公开特征对于任何权利要求是必不可少的。相反,创造性主旨可以少于特定公开实施例的所有特征。因此,以下权利要求在此并入具体实施方式中,每个权利要求自身作为单独的实施例。应参考所附权利要求以及这些权利要求所赋予的等同物的全部范围来确定本发明的范围。

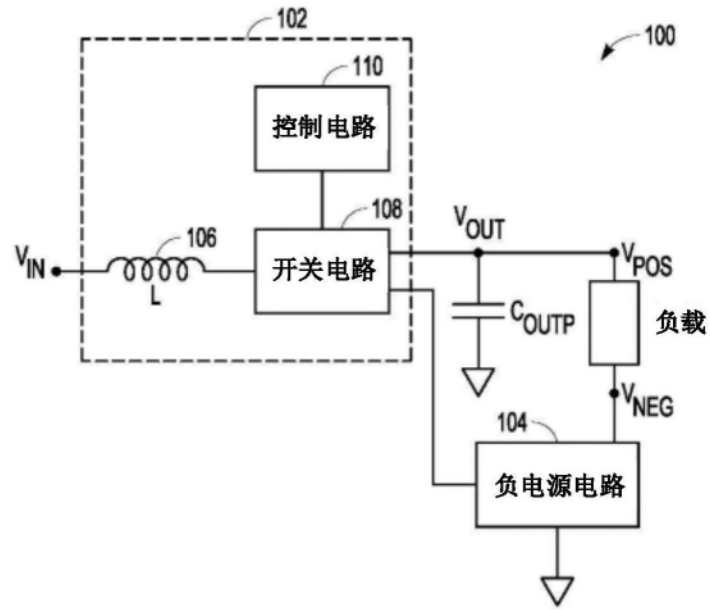


图1

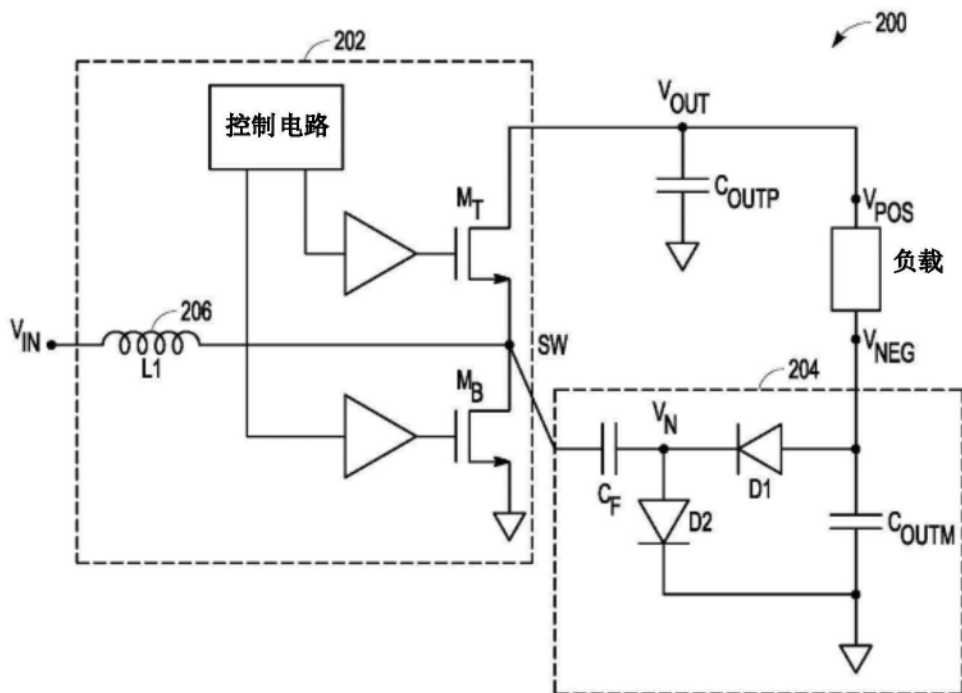


图2

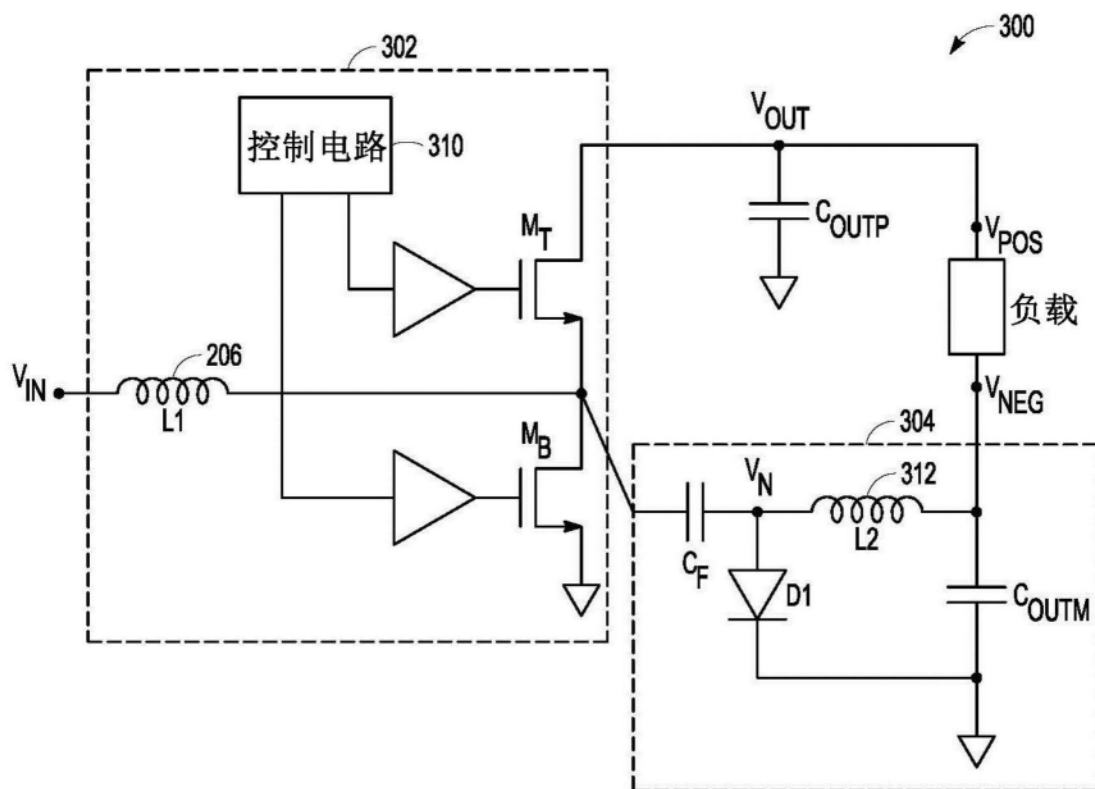


图3

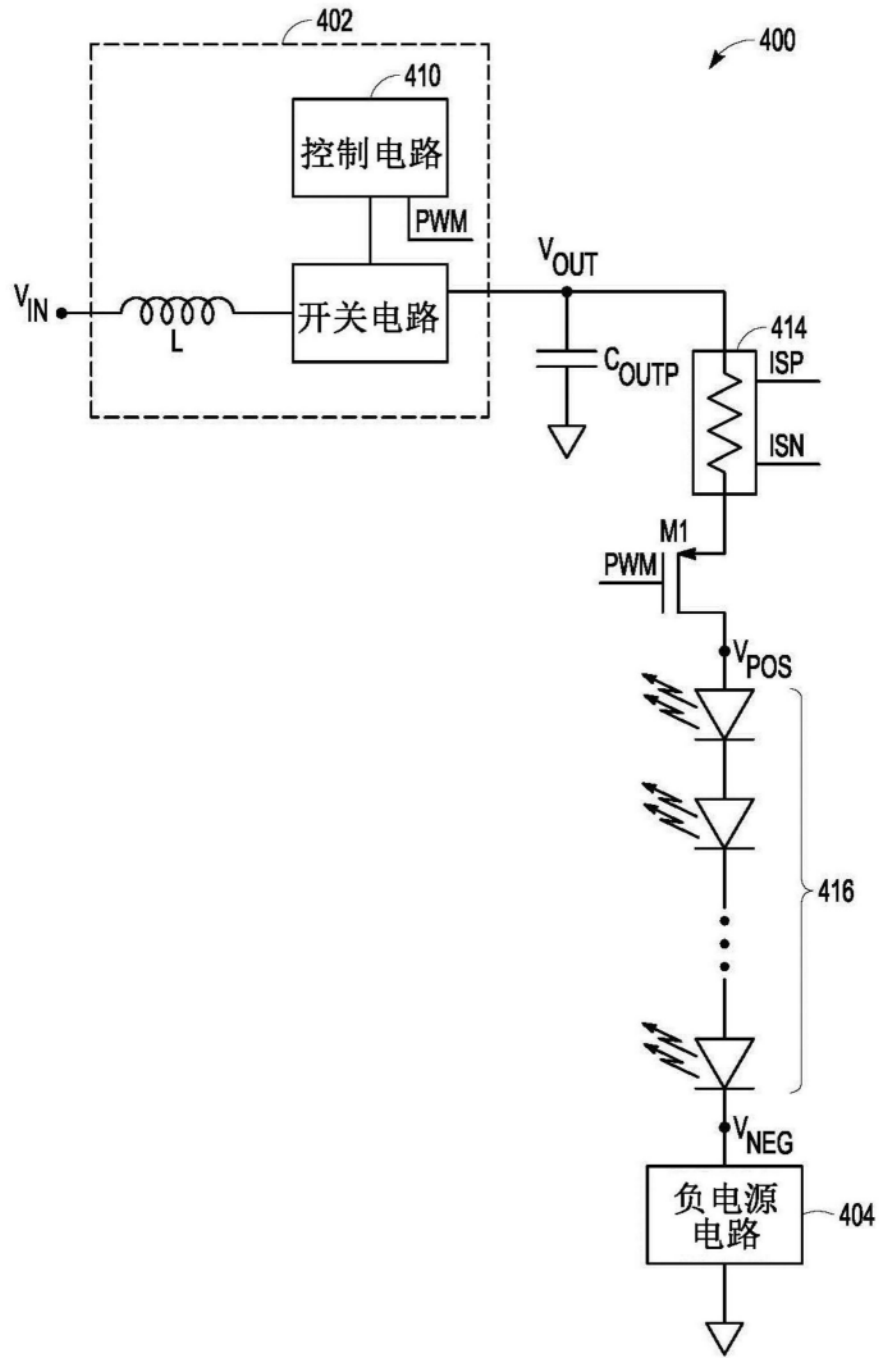


图4

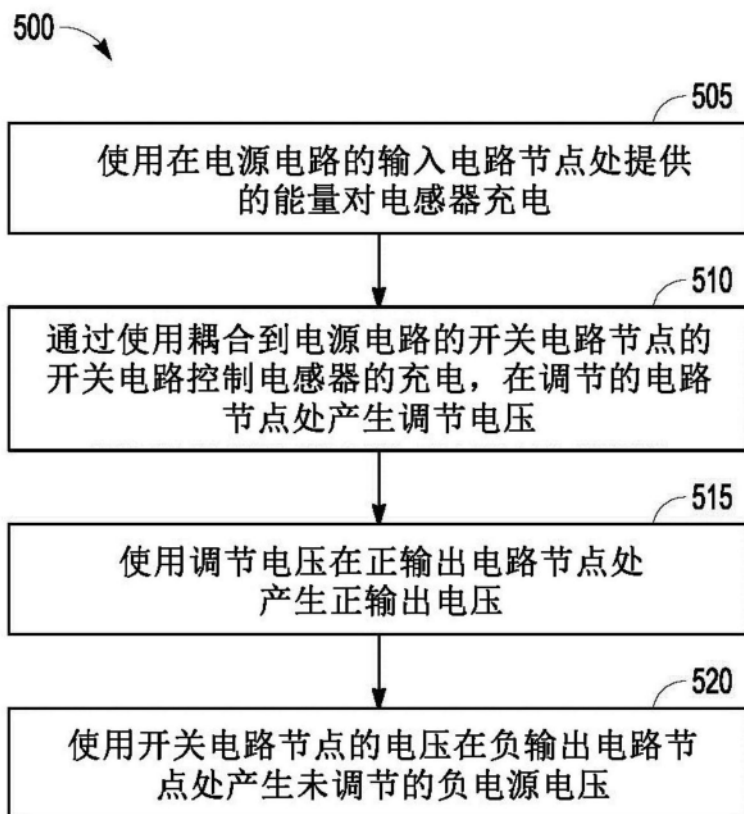


图5