



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112600408 B

(45) 授权公告日 2022.06.14

(21) 申请号 202011394429.5

(22) 申请日 2020.12.02

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112600408 A

(43) 申请公布日 2021.04.02

(73) 专利权人 矽力杰半导体技术(杭州)有限公司

地址 310051 浙江省杭州市滨江区西兴街
道联慧街6号

(72) 发明人 毛浪

(51) Int.Cl.
H02M 3/07 (2006.01)
H02M 1/088 (2006.01)

审查员 周容

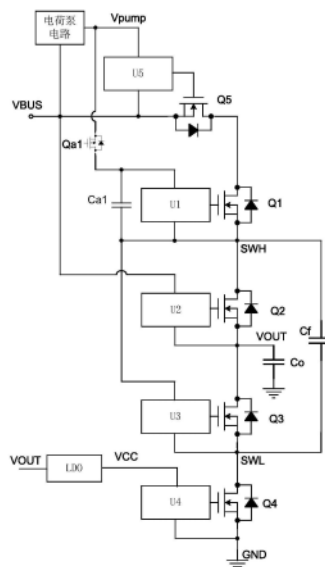
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

开关电容变换器及其驱动电路

(57) 摘要

本申请公开了一种开关电容变换器及其驱动电路,利用将直流母线电压抬高第一电压后作为泵升电压为第一驱动器供电;从直流母线电压和所述开关电容变换器的输出电压之间获取电压为第二驱动器供电;从飞跨电容的两端获取电压为第三驱动器供电;利用线性稳压器将开关电容变换器的输出电压经过变换后获得的第一电压为第四驱动器供电。采用本发明的技术方案,不仅相比于传统的驱动方案,优化了驱动电路的结构,减少了两个自举电容和切换开关,且使得第二功率开关和第三功率开关的驱动电源电压均为直流母线电压的一半,驱动损耗较小。



1. 一种用于开关电容变换器的驱动电路,其中所述驱动电路包括:第一驱动器、第二驱动器、第三驱动器和第四驱动器,被配置为根据对应的逻辑控制信号分别驱动所述开关电容变换器中依次串联连接的第一功率开关、第二功率开关、第三功率开关和第四功率开关,所述开关电容变换器的飞跨电容的一端连接在所述第一功率开关以及第二功率开关的公共节点,另一端连接在所述第三功率开关以及第四功率开关的公共节点;以及

电荷泵电路,被配置为将直流母线电压抬高第一电压后作为泵升电压为所述第一驱动器供电,其中,所述第一功率开关耦接至所述直流母线电压;

所述第二驱动器的高压供电端耦接至所述直流母线电压,其低压供电端耦接至所述开关电容变换器的输出电压,以获取电压为其供电;

所述第三驱动器从所述飞跨电容的两端获取电压为其供电。

2. 根据权利要求1所述的驱动电路,其特征在于,所述第一功率开关以及第三功率开关同时导通,所述第二功率开关以及第四功率开关同时导通,且导通时间互不重叠。

3. 根据权利要求1所述的驱动电路,其特征在于,所述第四驱动器利用所述第一电压为其供电,且所述第四驱动器的一端连接至参考地。

4. 根据权利要求1所述的驱动电路,其特征在于,所述第一电压通过将所述开关电容变换器的输出电压经过一线性稳压器变换后获得。

5. 根据权利要求1所述的驱动电路,其特征在于,所述第一驱动器的两个供电端并联连接第一电容,用以对所述第一驱动器供电。

6. 根据权利要求5所述的驱动电路,其特征在于,所述电荷泵电路的输出端通过第一辅助开关连接至所述第一电容,所述泵升电压在所述第一辅助开关导通期间为所述第一电容充电。

7. 根据权利要求6所述的驱动电路,其特征在于,所述第一辅助开关与所述第一功率开关同时通断。

8. 根据权利要求1所述的驱动电路,其特征在于,在所述直流母线电压与所述第一功率开关之间,设置一阻断晶体管,所述阻断晶体管用以防止所述开关电容变换器的输出端到输入端的漏电,且用以驱动所述阻断晶体管的第五驱动器通过所述电荷泵电路为其供电。

9. 根据权利要求1所述的驱动电路,其特征在于,所述电荷泵电路在第一工作阶段将第四电容两端的电压充至所述第一电压,在第二工作阶段,使得所述第四电容的一端耦接至所述直流母线电压,并在其另一端输出所述泵升电压。

10. 根据权利要求1所述的驱动电路,其特征在于,所述电荷泵电路包括:

第四电容,其第一端通过第四开关连接至所述第一电压,且通过第三开关连接至所述电荷泵电路的输出端;其第二端通过第一开关连接至参考地,且通过第二开关连接至所述直流母线电压;

其中,所述第四开关和所述第一开关在第一工作阶段同时通断,所述第二开关和所述第三开关在第二工作阶段同时通断。

11. 一种开关电容变换器,其特征在于,包括:

依次串联连接的第一功率开关、第二功率开关、第三功率开关和第四功率开关;一端连接在所述第一功率开关以及第二功率开关的公共节点,另一端连接在所述第三功率开关以及第四功率开关的公共节点的飞跨电容;以及,

权利要求1-10中任一项所述的驱动电路。

开关电容变换器及其驱动电路

技术领域

[0001] 本发明涉及电力电子技术,具体涉及开关电容变换器及其驱动电路。

背景技术

[0002] 开关电容变换器由于具有输入电流小,没有大尺寸功率电感,开关管电压应力低,且效率高等优点,被广泛用于手机等移动设备的快充技术。

[0003] 如图1所示,为现有的一种开关电容变换器,单相开关电容变换器包含四个功率开关,由于每个功率开关的漏极电位不同,因此,四个功率开关都需要独立的驱动器。开关管的驱动器需要提供较大的驱动电流,因此传统的开关电容变换器IC需要外置三个自举电容C1、C2、C3,以及配合三个自举电容C1、C2、C3的切换开关K1、K2、K3。本对比例子的驱动电路工作原理为:第二功率开关Q2和第四功率开关Q4导通时:第一切换开关K1和第三切换开关K3导通,电压VCC给自举电容C3充电,自举电容C2给自举电容C1充电;第一功率开关Q1和第三功率开关Q3导通时,第二切换开关K2导通,自举电容C3给自举电容C2充电,以此可以为各个驱动器供电。

[0004] 而在更大功率的两相开关电容变换器的场合,由于功率开关的增加,需要更多的自举电容。外置电容的增加也需要IC提供更多的PIN脚,给IC的小型化带来不便;同时在手机等小型设备中应用也带来不便,不利于系统的集成化。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明实施例提供了一种开关电容变换器及其驱动电路,以解决现有的驱动电路自举电容多且不利于集成化的问题。

[0006] 根据本发明实施例的第一方面,提供一种用于开关电容变换器的驱动电路,其中所述驱动电路包括:第一驱动器、第二驱动器、第三驱动器和第四驱动器,被配置为根据对应的逻辑控制信号分别驱动所述开关电容变换器中依次串联连接的第一功率开关、第二功率开关、第三功率开关和第四功率开关;以及

[0007] 电荷泵电路,被配置为将直流母线电压抬高第一电压后作为泵升电压为所述第一驱动器供电,其中,所述第一功率开关耦接至所述直流母线电压。

[0008] 优选地,所述第二驱动器的高压供电端耦接至所述直流母线电压,其低压供电端耦接至所述开关电容变换器的输出电压,以获取电压为其供电。

[0009] 优选地,所述开关电容变换器的飞跨电容的一端连接在所述第一功率开关以及第二功率开关的公共节点,另一端连接在所述第三功率开关以及第四功率开关的公共节点,所述第一功率开关以及第三功率开关同时导通,所述第二功率开关以及第四功率开关同时导通,且导通时间互不重叠。

[0010] 优选地,所述第三驱动器从所述飞跨电容的两端获取电压为其供电。

[0011] 优选地,所述第四驱动器利用所述第一电压为其供电,且所述第四驱动器的一端连接至参考地。

[0012] 优选地,所述第一电压通过将所述开关电容变换器的输出电压经过一线性稳压器变换后获得。

[0013] 优选地,所述第一驱动器的两个供电端并联连接第一电容,用以对所述第一驱动器供电。

[0014] 优选地,所述电荷泵电路的输出端通过第一辅助开关连接至所述第一电容,所述泵升电压在所述第一辅助开关导通期间为所述第一电容充电。

[0015] 优选地,所述第一辅助开关与所述第一功率开关同时通断。

[0016] 优选地,在所述直流母线电压与所述第一功率开关之间,设置一阻断晶体管,所述阻断晶体管用以防止所述开关电容变换器的输出端到输入端的漏电,且用以驱动所述阻断晶体管的第五驱动器通过所述电荷泵电路为其供电。

[0017] 优选地,所述电荷泵电路在第一工作阶段将第四电容两端的电压充至所述第一电压,在第二工作阶段,使得所述第四电容的一端耦接至所述直流母线电压,并在其另一端输出所述泵升电压。

[0018] 优选地,所述电荷泵电路包括:

[0019] 第四电容,其第一端通过第四开关连接至所述第一电压,且通过第三开关连接至所述电荷泵电路的输出端;其第二端通过第一开关连接至参考地,且通过第二开关连接至所述直流母线电压;

[0020] 其中,所述第四开关和所述第一开关在第一工作阶段同时通断,所述第二开关和所述第三开关在第二工作阶段同时通断。

[0021] 根据本发明实施例的第二方面,提供一种开关电容变换器,其特征在于,包括:

[0022] 依次串联连接的第一功率开关、第二功率开关、第三功率开关和第四功率开关;一端连接在所述第一功率开关以及第二功率开关的公共节点,另一端连接在所述第三功率开关以及第四功率开关的公共节点的飞跨电容;以及,

[0023] 上述的驱动电路。

[0024] 本发明的开关电容变换器的驱动电路,利用将直流母线电压抬高第一电压后作为泵升电压为第一驱动器供电;从直流母线电压和所述开关电容变换器的输出电压之间获取电压为第二驱动器供电;从飞跨电容的两端获取电压为第三驱动器供电;利用线性稳压器将开关电容变换器的输出电压经过变换后获得的第一电压为第四驱动器供电。采用本发明的技术方案,不仅相比于传统的驱动方案,优化了驱动电路的结构,减少了两个自举电容和切换开关,且使得第二功率开关和第三功率开关的驱动电源电压均为直流母线电压的一半,驱动损耗较小

附图说明

[0025] 通过以下参照附图对本发明实施例的描述,本发明的上述以及其它目的、特征和优点将更为清楚,在附图中:

[0026] 图1为现有技术的开关电容变换器的电路图;

[0027] 图2为本发明的开关电容变换器的电路图;

[0028] 图3为本发明的开关电容变换器在不同阶段的等效电路图;

[0029] 图4为本发明的开关电容变换器的工作波形图;

[0030] 图5为电荷泵电路的电路图。

具体实施方式

[0031] 以下基于实施例对本发明进行描述,但是本发明并不仅仅限于这些实施例。在下文对本发明的细节描述中,详尽描述了一些特定的细节部分。对本领域技术人员来说没有这些细节部分的描述也可以完全理解本发明。为了避免混淆本发明的实质,公知的方法、过程、流程、元件和电路并没有详细叙述。

[0032] 此外,本领域普通技术人员应当理解,在此提供的附图都是为了说明的目的,并且附图不一定是按比例绘制的。

[0033] 同时,应当理解,在以下的描述中,“电路”是指由至少一个元件或子电路通过电气连接或电磁连接构成的导电回路。当称元件或电路“连接到”另一元件或称元件/电路“连接在”两个节点之间时,它可以是直接耦接或连接到另一元件或者可以存在中间元件,元件之间的连接可以是物理上的、逻辑上的、或者其结合。相反,当称元件“直接耦接到”或“直接连接到”另一元件时,意味着两者不存在中间元件。

[0034] 除非上下文明确要求,否则整个说明书和权利要求书中的“包括”、“包含”等类似词语应当解释为包含的含义而不是排他或穷举的含义;也就是说,是“包括但不限于”的含义。

[0035] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“第一”、“第二”等仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。此外,在本发明的描述中,除非另有说明,“多个”的含义是两个或两个以上。

[0036] 图2为本发明的开关电容变换器的电路图;如图2所示,本发明实施例的开关电容变换器包括驱动电路、功率开关Q1-Q4、飞跨电容 C_f 、和输出电容 C_o 。在本实施例中,功率开关Q1-Q4采用金属氧化物场效应晶体管(MOSFET)。但是,其它类型的电控开关器件,例如,双极性晶体管(BJT)以及绝缘栅型晶体管(IGBT)也均可以作为本实施例的开关。具体地,功率开关Q1-Q4依次串联连接在输入端口的第一端和第二端(也即接地端)之间。飞跨电容 C_f 的一端连接在所述第一功率开关Q1以及第二功率开关Q2的公共节点SWH,另一端连接在所述第三功率开关Q3以及第四功率开关Q4的公共节点SWL。

[0037] 在本发明的实现方式中,开关电容变换器的所述第一功率开关Q1以及第三功率开关Q3同时导通,所述第二功率开关Q2以及第四功率开关Q4同时导通,且这两段导通时间互不重叠。进一步地,第一功率开关Q1和第三功率开关Q3的逻辑控制信号VG1和VG3的占空比相等,第二功率开关Q2和第四功率开关Q4的逻辑控制信号VG2和VG4的占空比也相等。

[0038] 此外,每个功率开关受对应的驱动器驱动而进行开关动作,在本实施例中,开关电容变换器的驱动电路包括第一驱动器U1、第二驱动器U2、第三驱动器U3、第四驱动器U4。其中,第一驱动器U1、第二驱动器U2、第三驱动器U3、第四驱动器U4被配置为分别根据功率开关Q1-Q4的逻辑控制信号VG1-VG4生成对应的驱动信号,以分别驱动控制依次串联连接的功率开关Q1-Q4。

[0039] 本发明的用于开关电容变换器的驱动电路包括:电荷泵电路,其被配置为将直流母线电压VBUS抬高第一电压VCC后作为泵升电压 V_{pump} 为第一驱动器U1供电,即泵升电压 V_{pump} 的值为母线电压VBUS与第一电压VCC的和,第一驱动器U1根据逻辑控制信号VG1为第

一功率开关Q1提供对应的驱动信号。这里,第一功率开关Q1的第一端耦接至直流母线电压VBUS,另一端为公共节点SWH,故第一驱动器U1的第一供电端连接至泵升电压Vpump,第二供电端也连接至公共节点SWH。第一驱动器U1的两个供电端还并联连接一第一电容Ca1,用以维持对第一驱动器U1的持续供电。

[0040] 另外,优选地,电荷泵电路的输出的泵升电压Vpump通过第一辅助开关Qa1连接至第一电容Ca1,其中,电荷泵电路在第一辅助开关Qa1导通期间为第一电容Ca1充电。在本发明实施例中,设置第一辅助开关Qa1与第一功率开关Q1同时通断。即在第一功率开关Q1导通时,第一辅助开关Qa1导通,此时节点SWH的电压为直流母线电压VBUS,泵升电压Vpump为第一电容Ca1充电,将第一电容Ca1两端的电压充至第一电压VCC,从而使得第一驱动器U1有足够的供电电压根据逻辑控制信号VG1为第一功率开关Q1提供对应的驱动信号;在第一辅助开关Qa1关断时,第一功率开关Q1也随之关断,此时第二功率管Q2和第四功率开关Q4导通,节点SWH的电压为输出电压VOUT,则由于第一电容Ca1两端的电压不能突变,第一电容Ca1与第一辅助开关Qa1连接的一端的电压跳变为输出电压VOUT与第一电压VCC的和,从而使得在下次第一功率开关Q1需要导通时,第一驱动器U1也有足够的供电电压根据逻辑控制信号VG1为第一功率开关Q1提供对应的驱动信号。

[0041] 需要说明的是,本发明实施例中的第一电压VCC优选为第四驱动器U4的供电电压,第一电压VCC是通过将开关电容变换器的输出电压VOUT经过一线性稳压器变换后获得。当然,可以理解的是,第一电压VCC选用与第四驱动器U4的供电电压相同,只是为了复用电路中的电压,为了简化电路设计而做的一种优选方案,在其他实施方式中,第一电压VCC也可以是其他电压,例如选用电路其他节点的电压,或者利用专用的电路模块转换而来。

[0042] 在本发明中,在直流母线电压VBUS与第一功率开关Q1之间,还设置一阻断晶体管Q5,阻断晶体管Q5用以防止所述开关电容变换器的输出端到输入端的漏电,因此,阻断晶体管Q5的体二极管的方向被设置为阴极耦接至开关电容变换器的输出端,阳极连接至直流母线电压VBUS。阻断晶体管Q5在开关电容变换器处于工作状态时导通,处于非工作状态时关断。优选地,用以驱动阻断晶体管Q5的第五驱动器U5可以通过所述电荷泵电路直接取电为其供电以简化电路设计。第五驱动器U5的第一供电端连接至泵升电压Vpump,第二供电端连接至直流母线电压VBUS,从而可以为第五驱动器U5提供第一电压VCC的供电电压。

[0043] 第二驱动器U2从直流母线电压VBUS和所述开关电容变换器的输出电压VOUT之间获取电压为其供电。第二驱动器U2根据逻辑控制信号VG2为第二功率开关Q2提供对应的驱动信号。这里,第二功率开关Q2的第一端连接至节点SWH,另一端连接至开关电容变换器的输出端,即与输出电压VOUT连接,通常,各个驱动器的第二供电端均与对应功率开关的第二端(漏极)相连,以便于与驱动逻辑信号的参考一致,故第二驱动器U2的第一供电端连接直流母线电压VBUS,第二供电端也连接至开关电容变换器的输出端。由于第二驱动器U2的两个供电端均接收的是恒定的电压,因此,这样的连接方式可以使得第二驱动器U2在无需自举电容的情况下获得直流母线电压VBUS与输出电压VOUT之间的较为恒定的压差作为自身的供电电压,以驱动第二功率开关Q2。输出电压VOUT一般为1/2的直流母线电压VBUS,故第二驱动器U2可以获取足够的供电电压。

[0044] 第三驱动器U3从飞跨电容Cf的两端获取电压为其供电。第三驱动器U3根据逻辑信号VG3为第三功率开关Q3提供对应的驱动信号。这里,第三功率开关Q3的第一端连接至开关

电容变换器的输出端,即与输出电压 V_{OUT} 连接,另一端连接至节点 SW_L 。飞跨电容 C_f 的一端与第三功率开关 Q_3 的第二端(漏极)相连,第三驱动器 U_3 从飞跨电容 C_f 的两端获取电压为其供电,优选地,第三驱动器 U_3 的两个供电端直接并联连接在飞跨电容 C_f 的两端,因此,也可以使得驱动器与功率开关的参考地一致。由于在开关电容变换器中,飞跨电容 C_f 两端的电压是基本恒定的电压,为 $1/2$ 的直流母线电压 V_{BUS} ,故这样的连接方式可以使得第三驱动器 U_3 在无需自举电容的情况下获得一较为稳定的电压作为自身的供电电压,以驱动第三功率开关 Q_3 。

[0045] 第四驱动器 U_4 利用第一电压 V_{CC} 为其供电,第四驱动器 U_4 根据逻辑控制信号 V_{G4} 为第四功率开关 Q_4 提供对应的驱动信号。这里,第四功率开关 Q_4 的一端连接至参考地。由于第四功率开关 Q_4 的一端接地,所以其驱动较为方便,只要将第四驱动器 U_4 的低压供电端接地,在高压供电端提供一驱动电压即可。在一个优选实施例中,第四驱动器 U_4 的供电电源可以采用线性稳压器(LDO)来实现。优选地,采用线性稳压器(LDO)将开关电容变换器的输出电压经过变换后获得第一电压 V_{CC} 。

[0046] 在本发明实施例中,第四驱动器 U_4 的供电电源采用线性稳压器(LDO),应理解,在一些其他的实施例中,稳压器是为了实现电压的转换以及输出稳定的电压,任何具有该功能的稳压器都可以在此应用。

[0047] 图3给出了本发明实施例的开关电容变换器在不同阶段的等效电路图;图4为本发明的开关电容变换器的工作波形图。结合图3和图4,下面继续来阐述本发明实施例的开关电容变换器的工作过程:

[0048] 如图3a所示,为第一功率开关 Q_1 和第三功率开关 Q_3 导通时的等效电路图。在图4所示的波形图中,由于开关电容变换器的第一功率开关 Q_1 以及第三功率开关 Q_3 同时导通,因此可以统一用控制信号 V_{GH} 表征逻辑控制信号 V_{G1} 和 V_{G3} 。如图4所示,在 $t_1 \sim t_2$ 阶段,第一辅助开关 Q_{a1} 导通,泵升电压 V_{pump} 为 $V_{BUS} + V_{CC}$,电荷泵电路给第一功率开关 Q_1 的第一驱动器 U_1 供电,以生成有效的驱动信号控制第一功率开关 Q_1 导通,同时电荷泵电路给第一电容 C_{a1} 充电。由于稳态时飞跨电容 C_f 的两端电压为 $1/2 V_{BUS}$,在本阶段中,第一功率开关 Q_1 导通,飞跨电容 C_f 的第一端 SW_H 的电压为直流母线电压 V_{BUS} ,第二端 SW_L 的电压为输出电压 $V_{OUT} = 1/2 V_{BUS}$ 。此时,第三功率开关 Q_3 的逻辑控制信号 V_{G3} 也为有效电平,第三功率开关 Q_3 的第三驱动器 U_3 的驱动电源由飞跨电容 C_f 提供。此时第三驱动器 U_3 的供电电压为 $1/2 V_{BUS}$,能够维持驱动第三功率开关 Q_3 导通。在第一功率开关 Q_1 以及第三功率开关 Q_3 导通时,直流母线电压 V_{BUS} 经 $Q_1 - C_f - Q_3 - V_{OUT}$ 为负载供电。

[0049] 同时,为了避免直通,逻辑控制信号 V_{G1} 、 V_{G3} 和 V_{G2} 、 V_{G4} 之间设置了死区时间($t_2 \sim t_3$)。应理解,为了便于讨论,可以忽略死区时间。

[0050] 如图3b所示,为第二功率开关 Q_2 和第四功率开关 Q_4 导通时的等效电路图。在图4所示的波形图中,由于开关电容变换器的第二功率开关 Q_2 以及第四功率开关 Q_4 同时导通,因此可以统一用控制信号 V_{GL} 表征逻辑控制信号 V_{G2} 和 V_{G4} 。如图4所示,第二驱动器 U_2 从直流母线电压 V_{BUS} 和所述开关电容变换器的输出电压 V_{OUT} 之间获取电压为其供电,第二驱动器 U_2 生成有效的驱动信号控制第二功率开关 Q_2 导通。在本阶段中,第四功率开关 Q_4 的逻辑控制信号 V_{G4} 也为有效电平,第四驱动器 U_4 利用第一电压 V_{CC} 为其供电根据逻辑控制信号 V_{G4} 输出驱动信号使得第四功率开关 Q_4 导通。飞跨电容 C_f 的第二端的电压为参考地 GND ,则第一端

的电压为 $V_{OUT} = 1/2V_{BUS}$ ，此时第二驱动器U2的供电电压为 $1/2V_{BUS}$ 。在第二功率开关Q2以及第四功率开关Q4导通时，飞跨电容 C_f 上的电压与输出电容 C_o 并联为负载供电。

[0051] 另外，本发明还给出了电荷泵电路的电路图，如图5所示。电荷泵电路被配置为将直流母线电压 V_{BUS} 抬高第一电压 V_{CC} 后作为泵升电压 V_{pump} 为第一驱动器U1供电。因此，优选地，电荷泵电路在第一工作阶段将第四电容C4两端的电压充至第一电压 V_{CC} ，在第二工作阶段，使得第四电容C4的一端耦接至直流母线电压 V_{BUS} ，并在其另一端输出泵升电压 V_{pump} 的值为 $V_{BUS} + V_{CC}$ 。

[0052] 在一个优选实施例中，电荷泵电路包括：第四电容C4，其第一端通过第四开关S4连接至所述第一电压 V_{CC} ，且通过第三开关S3连接至电荷泵电路的输出端；第四电容C4的第二端通过第一开关S1连接至参考地GND，且通过第二开关S2连接至直流母线电压 V_{BUS} 。电荷泵电路工作时，第四开关S4和第一开关S1在第一工作阶段同时导通，其他开关均关断，将第四电容C4两端的电压充至第一电压 V_{CC} ；第二开关S2和第三开关S3在第二工作阶段同时导通，其他开关均关断，使得第四电容C4的一端输出泵升电压 V_{pump} 。

[0053] 综上所述，本发明的开关电容变换器的驱动电路，利用将直流母线电压抬高第一电压后作为泵升电压为第一驱动器供电；从直流母线电压和所述开关电容变换器的输出电压之间获取电压为第二驱动器供电；从飞跨电容的两端获取电压为第三驱动器供电；利用线性稳压器将开关电容变换器的输出电压经过变换后获得的第一电压为第四驱动器供电。采用本发明的技术方案，不仅相比于传统的驱动方案，优化了驱动电路的结构，减少了两个自举电容和切换开关，且使得第二功率开关和第三功率开关的驱动电源电压均为直流母线电压的一半，驱动损耗较小。

[0054] 以上所述仅为本发明的优选实施例，并不用于限制本发明，对于本领域技术人员而言，本发明可以有各种改动和变化。凡在本发明的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

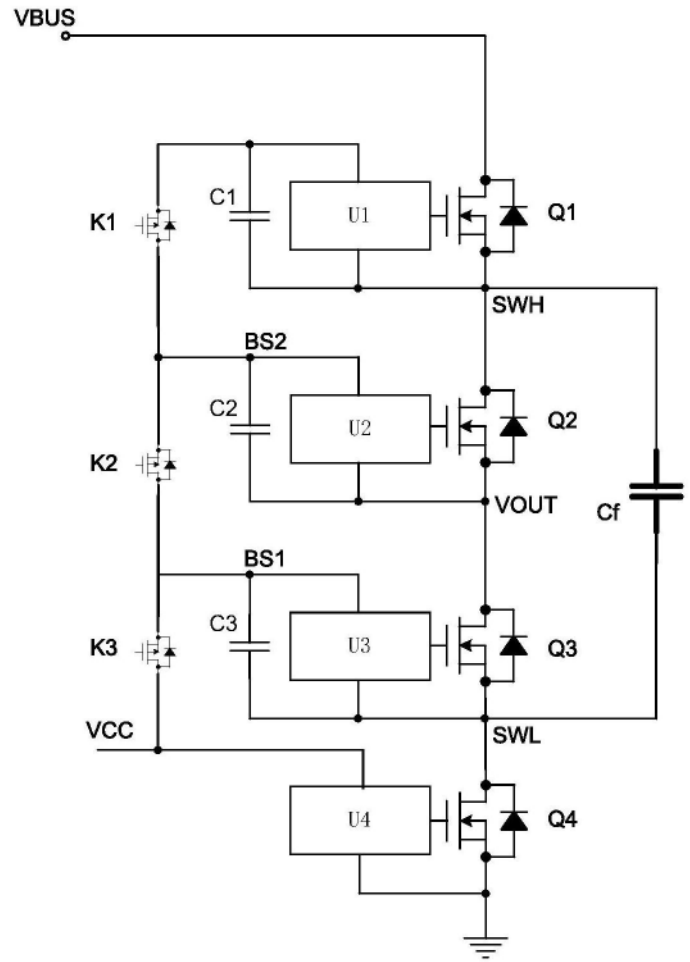


图1

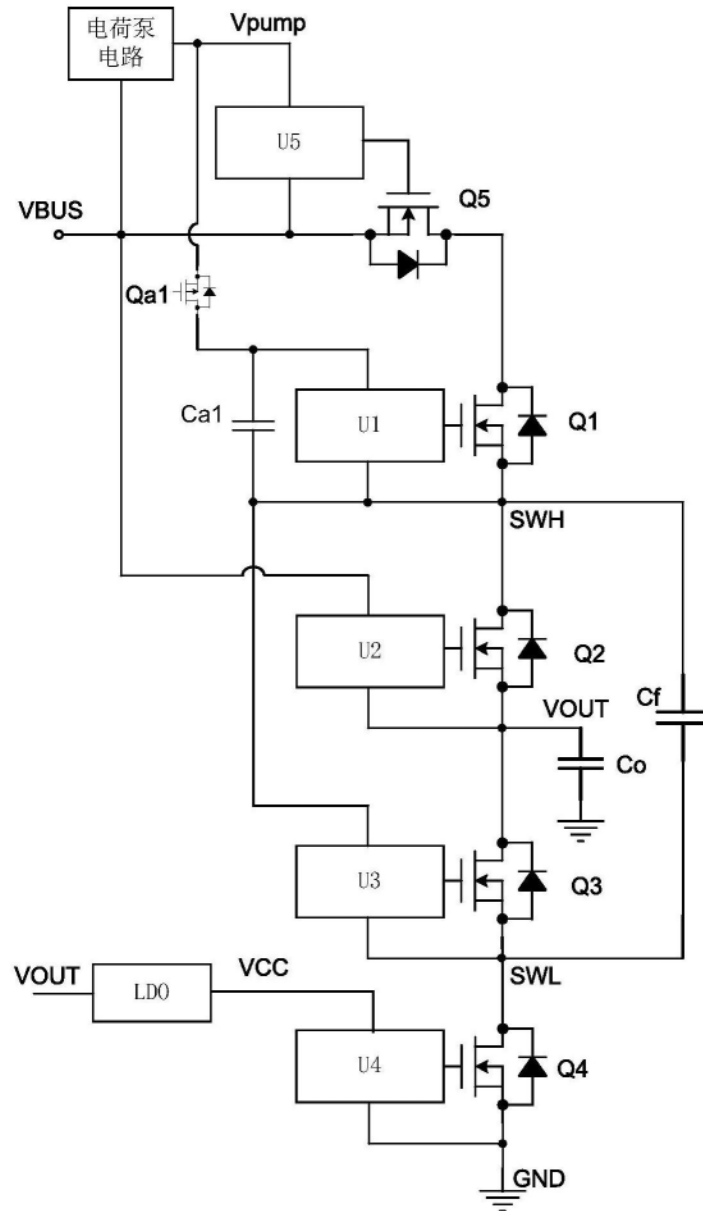


图2

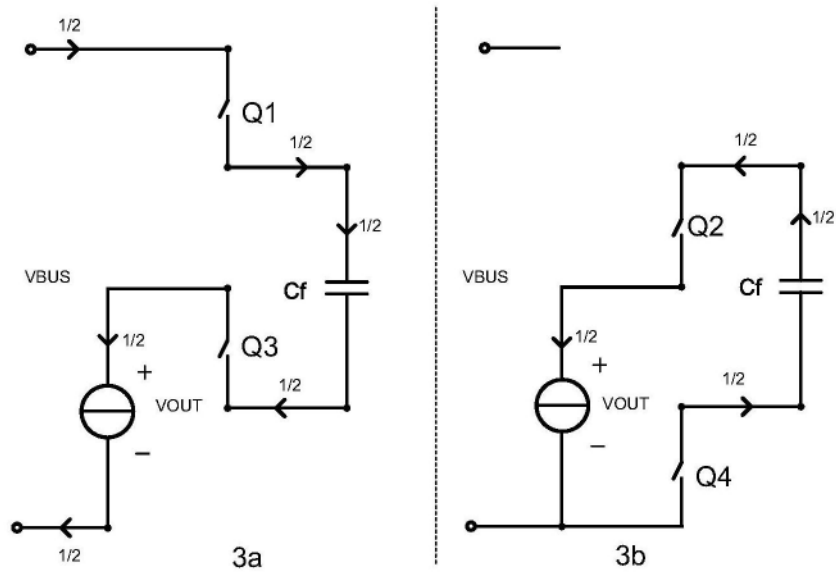


图3

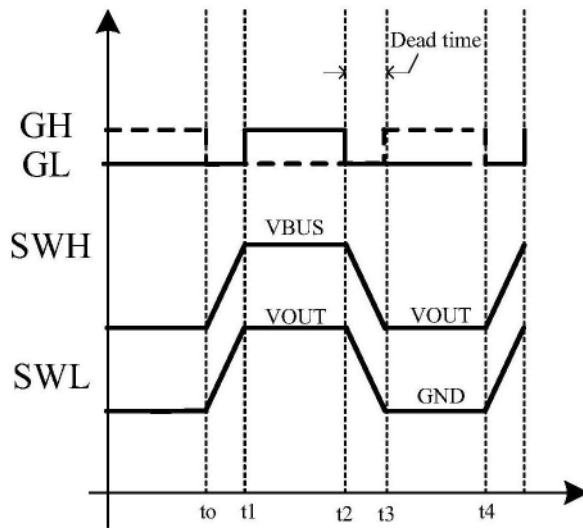


图4

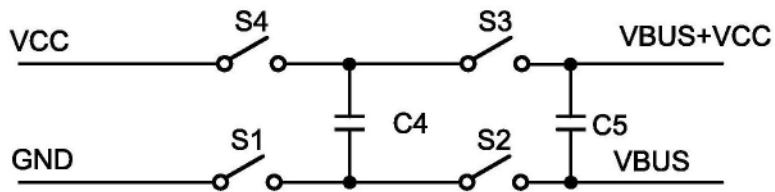


图5