



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103312154 B

(45) 授权公告日 2016.03.30

(21) 申请号 201210063261.9

Specialists Conference, 2001》. 2001, 第  
736-741 页.

(22) 申请日 2012.03.12

Geoffrey R. Walker et al.. Cascaded DC -  
DC Converter Connection of Photovoltaic  
Modules. 《IEEE TRANSACTIONS ON POWER  
ELECTRONICS》. 2004, 第 19 卷 (第 4 期), 第  
1130-1139 页.

(73) 专利权人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市白下区御道街  
29 号

(72) 发明人 吴红飞 张君君 夏天 邢岩

吴红飞等. 基于双输入 / 双输出变换器的三  
端口变换器拓扑. 《中国电机工程学报》. 2011, 第  
31 卷 (第 27 期), 第 45-51 页.

(51) Int. Cl.

审查员 姜婷婷

H02M 3/04(2006.01)

H02M 3/10(2006.01)

(56) 对比文件

US 6798177 B1, 2004.09.28,

陈乾宏等. 开关电源中磁集成技术及其应  
用. 《电工技术学报》. 2004, 第 19 卷 (第 3 期),  
第 1-8 页.Jingquan Chen et al.. Buck-Boost PWM  
Converters Having Two Independently  
Controlled Switches. 《Power Electronics

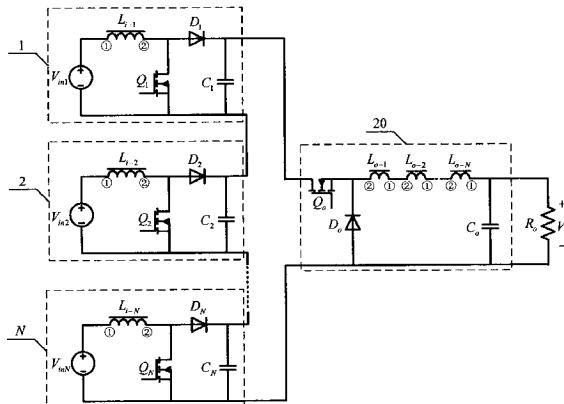
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

一种串联式多输入耦合电感升降压变换器

(57) 摘要

本发明公开了一种串联式多输入耦合电感升降压变换器，属于电力电子变换器技术领域。该变换器是由 N 个升压电路、1 个降压电路 (20) 和负载组成，N 为大于 1 的自然数，每个升压电路均是由输入源、滤波电感、开关管、二极管和滤波电容构成，降压电路由开关管、二极管、滤波电感和滤波电容构成，N 个升压电路的输出端串联连接，然后与降压电路 (20) 的输入端相连，降压电路 (20) 的输出端与负载相连，N 个升压电路的滤波电感分别和降压电路的滤波电感耦合在一起。本发明 B 变换器能够实现多个输入源同时向负载供电，且能够实现输入和输出之间的升降压变换，滤波电感彼此耦合，变换器体积小，不同输入源和负载侧可以各自独立控制，控制简单。



1. 一种串联式多输入耦合电感升降压变换器，其特征在于：该变换器由 N 个升压电路、1 个降压电路（20）和负载（R<sub>o</sub>）组成，N 为大于 1 的自然数，其中：

所述 N 个升压电路中的每个升压电路均是由输入源、滤波电感、开关管、二极管和电容组成，输入源的正极连接滤波电感的①端，滤波电感的②端连接二极管的阳极和开关管的漏极，二极管的阴极连接滤波电容的一端，滤波电容的另一端连接开关管的源极和输入源的负极，所述二极管的阴极和滤波电容相连的一端构成升压电路的正输出端，所述输入源的负极构成升压电路的负输出端；

所述 N 个升压电路的输出端彼此依次串联连接；

所述降压电路（20）由第一开关管（Q<sub>o</sub>）、第一二极管（D<sub>o</sub>）、N 个滤波电感（L<sub>o\_1</sub>、L<sub>o\_2</sub>……L<sub>o\_N</sub>）和第一滤波电容（C<sub>o</sub>）组成，所述 N 个滤波电感中的第 K 个滤波电感（L<sub>o\_K</sub>）的①端与第（K+1）个滤波电感（L<sub>o\_{(K+1)}</sub>）的②端相连，其中 K 为小于 N 的自然数，第一开关管（Q<sub>o</sub>）的漏极与第 1 个升压电路的正输出端相连，第一开关管（Q<sub>o</sub>）的源极与第一二极管（D<sub>o</sub>）的阴极以及第一滤波电感（L<sub>o\_1</sub>）的②端相连，第 N 滤波电感（L<sub>o\_N</sub>）的①端分别与第一滤波电容（C<sub>o</sub>）的一端和负载（R<sub>o</sub>）的一端相连，负载（R<sub>o</sub>）的另一端分别与第一滤波电容（C<sub>o</sub>）的另一端、第一二极管（D<sub>o</sub>）的阳极以及第 N 个升压电路的负输出端相连；

所述 N 个升压电路中，第 J 个升压电路中的滤波电感（L<sub>i\_J</sub>）与降压电路（20）中第 J 个滤波电感（L<sub>o\_J</sub>）通过一个磁芯耦合在一起，J 为小于等于 N 的自然数，且第 J 个升压电路中滤波电感（L<sub>i\_J</sub>）的①端与降压电路（20）中第 J 个滤波电感（L<sub>o\_J</sub>）的①端为同名端，第 J 个升压电路中滤波电感（L<sub>i\_J</sub>）的②端与降压电路（20）中第 J 个滤波电感（L<sub>o\_J</sub>）的②端为同名端。

## 一种串联式多输入耦合电感升降压变换器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种串联式多输入耦合电感升降压变换器，属于电力电子变换器技术领域。

### 背景技术

[0002] 能源危机和环境污染问题日益严重，新型能源的开发和利用受到世界各国的重视。热能温差电池、光伏电池、燃料电池等新能源发电设备的输出电压随环境条件的变化而在很宽范围内变换，而蓄电池、超级电容等储能设备随着充放电状态的不同，其端电压也在很宽的范围内变换，而单个新能源发电设备的输出电压很低，因此需要能够适应宽电压范围同时实现高升压的直流变换器。另一方面，太阳能、风能、等新型能源随环境的变化其输出功率、电压变化较大，电力供应不稳定、不连续，而燃料电池输出电压随负载的变化而发生变化，因此，为了确保连续可靠的给负载供电，需要将多种新能源彼此结合，构成优势互补的联合供电系统。

[0003] 在升降压变换器中，由 Buck 变换器和 Boost 变换器级联构成的升降压变换器由于诸多优点获得了较多的研究和应用。文献“任小永, 唐钊, 阮新波, 等. 一种新颖的四开关 Buck-Boost 变换器 [J]. 中国电机工程学报, 2008, 28(21) :15-19.”所研究的由 Buck 变换器和 Boost 变换器级联构成的升降压变换器只包含一个电感，拓扑结构简单，但输入和输出端电流断续，不适合热能温差发电、燃料电池等对纹波敏感的应用场合；文献“Rae-Young Kim and Jih-Sheng Lai. A seamless mode transfer maximum power point tracking controller for thermoelectric generator applications[J]. IEEE Transactions on power electronics, 2008, 24(5) :2310-2318.”所研究的升降压变换器输入输出电流连续，但包含两个独立的电感，变换器体积重量大。同时，上述升降压变换器只能实现单个输入源到负载的功率变换，不能同时实现多个输入源和负载之间的功率变换。另一方面，升降压变换器中采用传统的 Boost 变换器，其升压比受到变换器中开关管最大占空比、电压和电流应力的限制，不适合用在要求高升压比的场合。而在要求高升压的场合，通常借助变压器实现升压，变换器结构复杂且变换效率低。

### 发明内容

[0004] 本发明针对现有技术的不足，提供一种串联式多输入耦合电感升降压变换器。

[0005] 该变换器由 N 个升压电路、1 个降压电路 (20) 和负载 ( $R_o$ ) 组成，N 为大于 1 的自然数，其中：

[0006] 所述 N 个升压电路中的每个升压电路均是由输入源、滤波电感、开关管、二极管和电容组成，输入源的正极连接滤波电感的①端，滤波电感的②端连接二极管的阳极和开关管的漏极，二极管的阴极连接滤波电容的一端，滤波电容的另一端连接开关管的源极和输入源的负极，所述二极管的阴极和滤波电容相连的一端构成升压电路的正输出端，所述输入源的负极构成升压电路的负输出端；

- [0007] 所述 N 个升压电路的输出端彼此依次串联连接；
- [0008] 所述降压电路 (20) 由第一开关管 ( $Q_o$ )、第一二极管 ( $D_o$ )、N 个滤波电感 ( $L_{o_1}$ 、 $L_{o_2} \dots L_{o_N}$ ) 和第一滤波电容 ( $C_o$ ) 组成，所述 N 个滤波电感中的第 K 个滤波电感 ( $L_{o_K}$ ) 的①端与第 (K+1) 个滤波电感 ( $L_{o_{(K+1)}}$ ) 的②端相连，其中 K 为小于 N 的自然数，第一开关管 ( $Q_o$ ) 的漏极与第 1 个升压电路的正输出端相连，第一开关管 ( $Q_o$ ) 的源极与第一二极管 ( $D_o$ ) 的阴极以及第一滤波电感 ( $L_{o_1}$ ) 的②端相连，第 N 滤波电感 ( $L_{o_N}$ ) 的①端分别与第一滤波电容 ( $C_o$ ) 的一端和负载 ( $R_o$ ) 的一端相连，负载 ( $R_o$ ) 的另一端分别与第一滤波电容 ( $C_o$ ) 的另一端、第一二极管 ( $D_o$ ) 的阳极以及第 N 个升压电路的负输出端相连；
- [0009] 所述 N 个升压电路中，第 J 个升压电路中的滤波电感 ( $L_{i_J}$ ) 与降压电路 (20) 中第 J 个滤波电感 ( $L_{o_J}$ ) 通过一个磁芯耦合在一起，J 为小于等于 N 的自然数，且第 J 个升压电路中滤波电感 ( $L_{i_J}$ ) 的①端与降压电路 (20) 中第 J 个滤波电感 ( $L_{o_J}$ ) 的①端为同名端，第 J 个升压电路中滤波电感 ( $L_{i_J}$ ) 的②端与降压电路 (20) 中第 J 个滤波电感 ( $L_{o_J}$ ) 的②端为同名端。
- [0010] 本发明具有如下技术效果：
- [0011] (1) 能够实现多个输入源和负载电压之间的升降压变换，适用于电压宽范围变化的应用场合；
- [0012] (2) 多个输入源共用降压电路形成负载输出端，减少了变换器开关管的数量，简化了电路结构；
- [0013] (3) 升压电路和降压电路中的滤波电感共用电感磁芯，减少了变换器所用磁芯的数量，且能够通过电感耦合改善变换器的动态性能；
- [0014] (4) 多个输入源的电压和负载电压可以各自独立控制，控制简单。

## 附图说明

- [0015] 附图 1 为本发明变换器的电路结构原理图。
- [0016] 附图 2 为双输入时本发明变换器的电路结构原理图。
- [0017] 附图 3 ~ 附图 9 为本发明变换器各开关模态的等效电路原理图。
- [0018] 以上附图中的符号名称：1、2、N 为升压电路的编号；20 为降压电路； $V_{in1}$ 、 $V_{in2}$ 、 $V_{inN}$  分别为第 1、2、N 个升压电路的输入源； $L_{i_1}$ 、 $L_{i_2}$ 、 $L_{i_N}$  分别为第 1、2、N 个升压电路的滤波电感； $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_N$  分别为第 1、2、N 个升压电路的开关管； $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_N$  分别为第 1、2、N 个升压电路的二极管； $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_N$  分别为第 1、2、N 个升压电路的滤波电容； $Q_o$  为降压电路的第一开关管； $D_o$  为降压电路的第一二极管； $L_{o_1}$ 、 $L_{o_2}$ 、 $L_{o_N}$  为降压电路的滤波电感； $C_o$  为降压电路的滤波电容； $R_o$  为负载； $V_o$  为输出电压。

## 具体实施方式

- [0019] 下面结合附图对本发明作进一步说明。
- [0020] 本发明采用升压电路与降压电路级联的方式实现输入源和负载电压之间的升降压变换，以此适应输入源电压宽范围变化的需要；采用升压电路串联的方式实现高升压，即每个升压电路只需要较低的升压比就能够实现整个变换器较高的升压比，降低每个升压电路的实现难度，降低器件的应力，并改善变换器的效率；通过将升压电路和降压电路中滤波

电感彼此耦合的方式,减小变换器中磁性元器件的数目,减小变换器的体积、重量,滤波电感之间彼此耦合还能够彼此抵消电感中的高频纹波,提高变换器的动态性能。

[0021] 如附图 1 所示,该变换器由 N 个升压电路、1 个降压电路 (20) 和负载 ( $R_o$ ) 组成,N 为大于 1 的自然数,其中:所述 N 个升压电路中的每个升压电路均是由输入源、滤波电感、开关管、二极管和电容组成,输入源的正极连接滤波电感的①端,滤波电感的②端连接二极管的阳极和开关管的漏极,二极管的阴极连接滤波电容的一端,滤波电容的另一端连接开关管的源极和输入源的负极,所述二极管的阴极和滤波电容相连的一端构成升压电路的正输出端,所述输入源的负极构成升压电路的负输出端;所述 N 个升压电路的输出端彼此依次串联连接;所述降压电路 (20) 由第一开关管 ( $Q_o$ )、第一二极管 ( $D_o$ )、N 个滤波电感 ( $L_{o_1}$ 、 $L_{o_2}$ …… $L_{o_N}$ ) 和第一滤波电容 ( $C_o$ ) 组成,所述 N 个滤波电感中的第 K 个滤波电感 ( $L_{o_K}$ ) 的①端与第 (K+1) 个滤波电感 ( $L_{o_{(K+1)}}$ ) 的②端相连,其中 K 为小于 N 的自然数,第一开关管 ( $Q_o$ ) 的漏极与第 1 个升压电路的正输出端相连,第一开关管 ( $Q_o$ ) 的源极与第一二极管 ( $D_o$ ) 的阴极以及第一滤波电感 ( $L_{o_1}$ ) 的②端相连,第 N 滤波电感 ( $L_{o_N}$ ) 的①端分别与第一滤波电容 ( $C_o$ ) 的一端和负载 ( $R_o$ ) 的一端相连,负载 ( $R_o$ ) 的另一端分别与第一滤波电容 ( $C_o$ ) 的另一端、第一二极管 ( $D_o$ ) 的阳极以及第 N 个升压电路的负输出端相连;所述 N 个升压电路中,第 J 个升压电路中的滤波电感 ( $L_{i_J}$ ) 与降压电路 (20) 中第 J 个滤波电感 ( $L_{o_J}$ ) 通过一个磁芯耦合在一起,J 为小于等于 N 的自然数,且第 J 个升压电路中滤波电感 ( $L_{i_J}$ ) 的①端与降压电路 (20) 中第 J 个滤波电感 ( $L_{o_J}$ ) 的①端为同名端,第 J 个升压电路中滤波电感 ( $L_{i_J}$ ) 的②端与降压电路 (20) 中第 J 个滤波电感 ( $L_{o_J}$ ) 的②端为同名端。

[0022] 下面以双输入为例,并结合附图 2 ~ 附图 9 对本发明变换器的工作原理进行具体分析。

[0023] 当变换器工作时:两个升压电路都可以工作于升压或非升压工作状态,当升压电路工作于升压状态时,对应升压电路中的开关管处于开关状态,当升压电路工作于非升压状态时,对应升压电路中的开关管保持关断状态;降压电路可以工作于降压或非降压工作状态,当降压电路工作于降压状态时,对应开关管处于开关状态,当降压电路工作于非降压状态时,对应开关管处于一直导通状态。

[0024] 根据升压电路和降压电路的工作状态,变换器共有 8 种工作状态。

[0025] 工作状态 1:升压电路 1 工作于升压状态,升压电路 2 工作于升压状态,降压电路工作于降压状态,此时附图 2 中的开关管  $Q_1$ 、 $Q_2$  和  $Q_o$  都工作于开关状态。

[0026] 工作状态 2:升压电路 1 工作于升压状态,升压电路 2 工作于升压状态,降压电路工作于非降压状态,此时附图 2 中的开关管  $Q_1$ 、 $Q_2$  工作于开关状态,开关管  $Q_o$  一直导通,等效电路如附图 3 所示。

[0027] 工作状态 3:升压电路 1 工作于升压状态,升压电路 2 工作于非升压状态,降压电路工作于降压状态,此时附图 2 中的开关管  $Q_1$ 、 $Q_o$  工作于开关状态,开关管  $Q_2$  一直关断,等效电路如附图 4 所示。

[0028] 工作状态 4:升压电路 1 工作于升压状态,升压电路 2 工作于非升压状态,降压电路工作于非降压状态,此时附图 2 中的开关管  $Q_1$  工作于开关状态,开关管  $Q_2$  一直关断,开关管  $Q_o$  一直导通,等效电路如附图 5 所示。

[0029] 工作状态 5:升压电路 1 工作于非升压状态,升压电路 2 工作于升压状态,降压电

路工作于降压状态,此时附图 2 中的开关管  $Q_2$  和  $Q_o$  工作于开关状态、开关管  $Q_1$  一直关断,等效电路如图 6 所示。

[0030] 工作状态 6 :升压电路 1 工作于非升压状态,升压电路 2 工作于升压状态,降压电路工作于非降压状态,此时附图 2 中的开关管  $Q_2$  工作于开关状态,开关管  $Q_1$  一直关断,开关管  $Q_o$  一直导通,等效电路如附图 7 所示。

[0031] 工作状态 7 :升压电路 1 工作于非升压状态,升压电路 2 工作于非升压状态,降压电路工作于降压状态,此时附图 2 中的开关管  $Q_o$  工作于开关状态,开关管  $Q_1$  、 $Q_2$  一直关断,等效电路如附图 8 所示。

[0032] 工作状态 8 :升压电路 1 工作于非升压状态,升压电路 2 工作于非升压状态,降压电路工作于非降压状态,此时附图 2 中的开关管  $Q_1$  和  $Q_2$  一直关断,开关管  $Q_o$  一直导通,等效电路如附图 9 所示。

[0033] 由以上分析可知,变换器的输入端和输出端可以各自独立控制,变换器的控制策略可以有多种选择,输入源可以通过升压变换向负载供电,可以通过降压变换向负载供电,也可以通过升降压变换向负载供电。

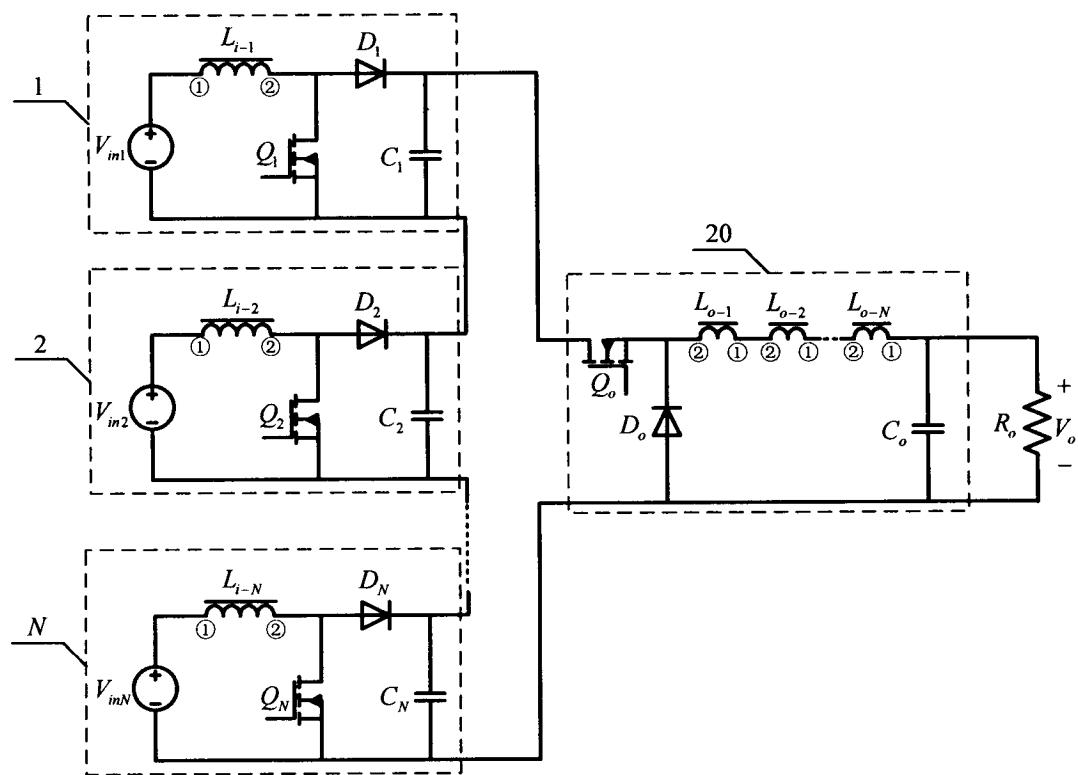


图 1

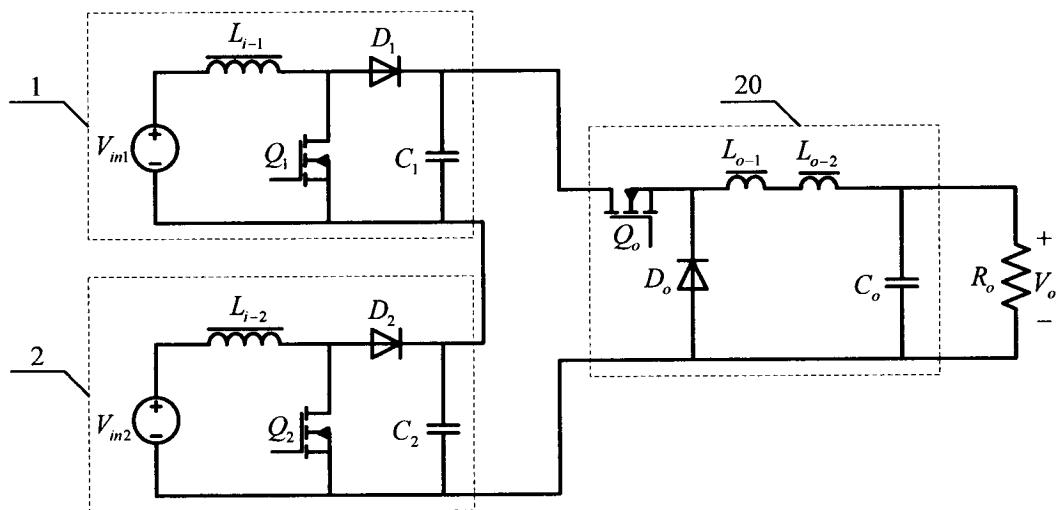


图 2

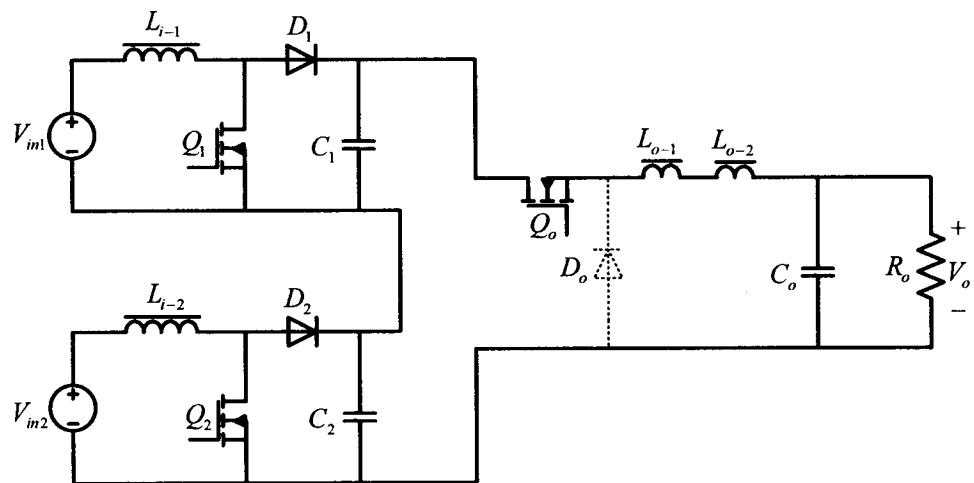


图 3

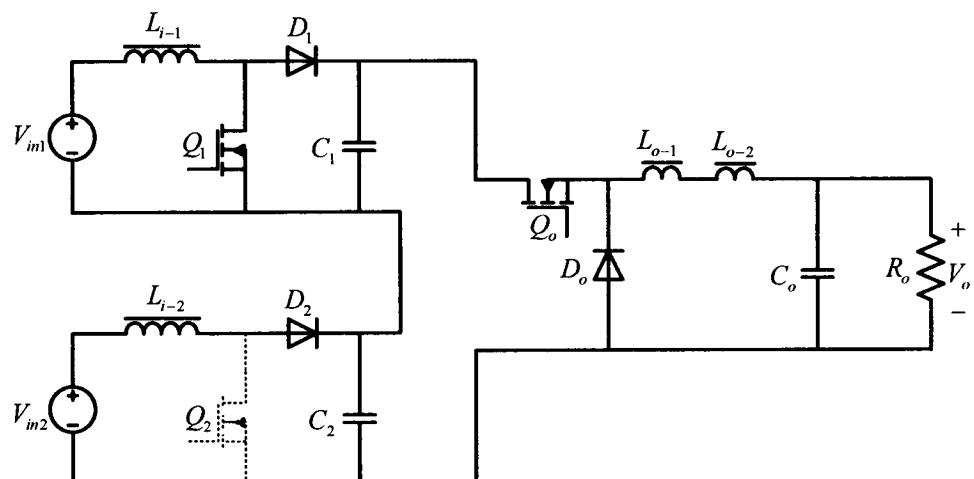


图 4

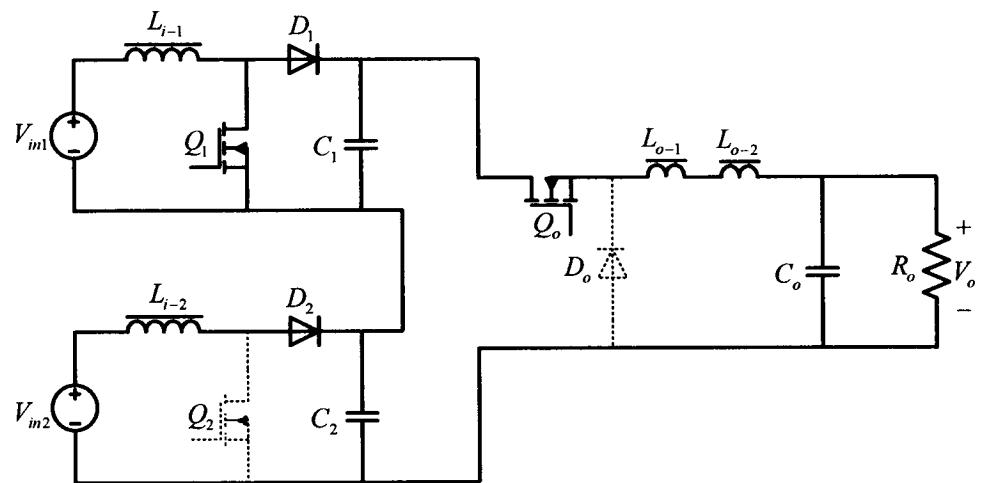


图 5

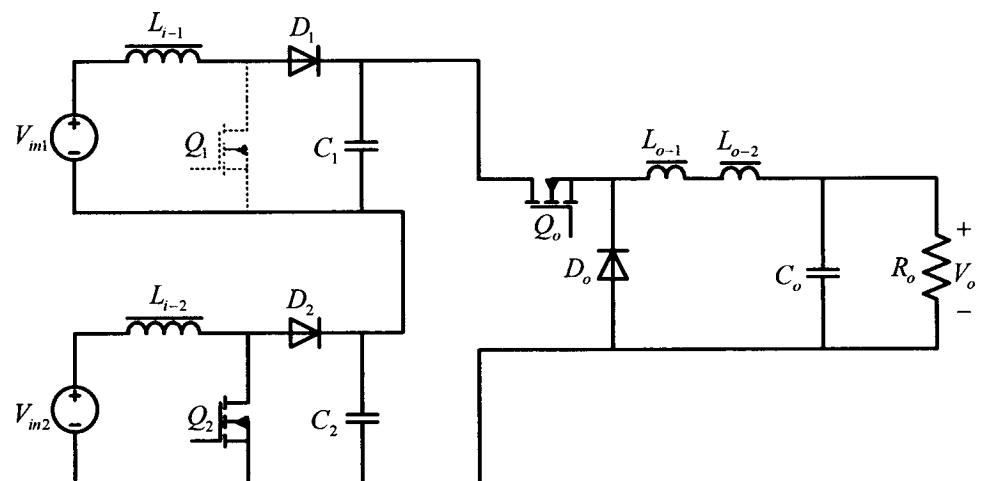


图 6

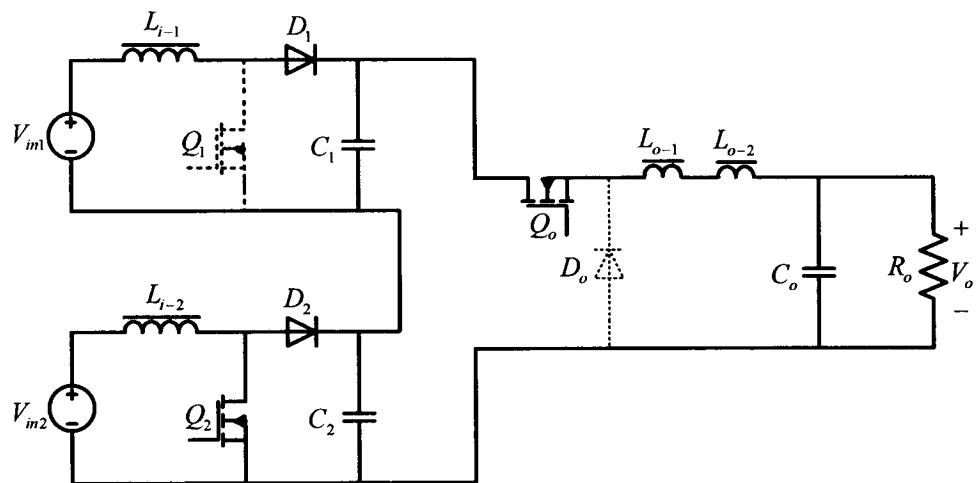


图 7

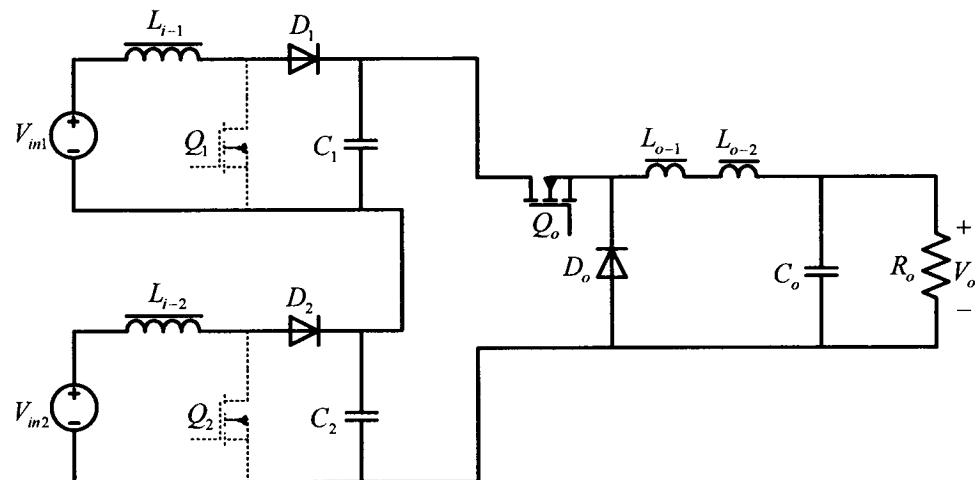


图 8

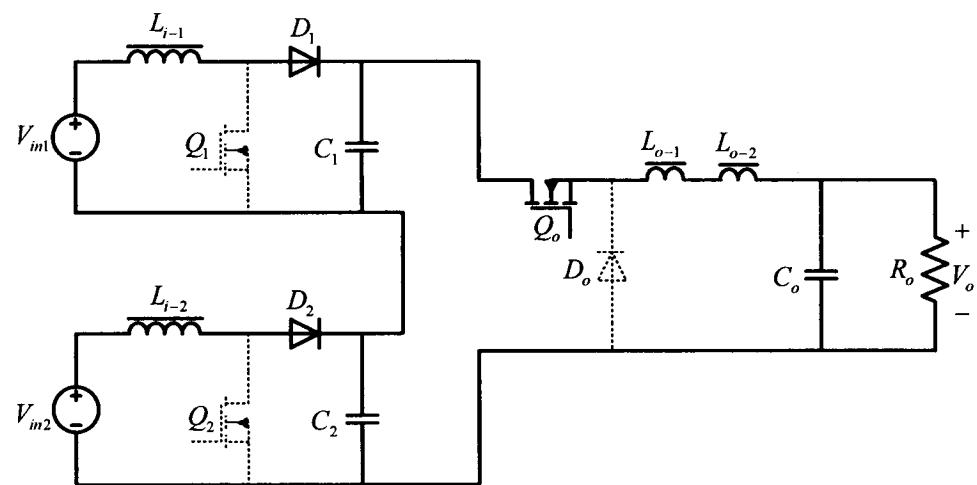


图 9