



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111082657 A

(43)申请公布日 2020.04.28

(21)申请号 201811215974.6

(22)申请日 2018.10.18

(71)申请人 圣邦微电子(北京)股份有限公司  
地址 100089 北京市海淀区西三环北路87号13层3-1301

(72)发明人 易新敏

(74)专利代理机构 北京成创同维知识产权代理有限公司 11449  
代理人 范芳茗 岳丹丹

(51)Int.Cl.  
H02M 3/10(2006.01)  
H02M 3/156(2006.01)

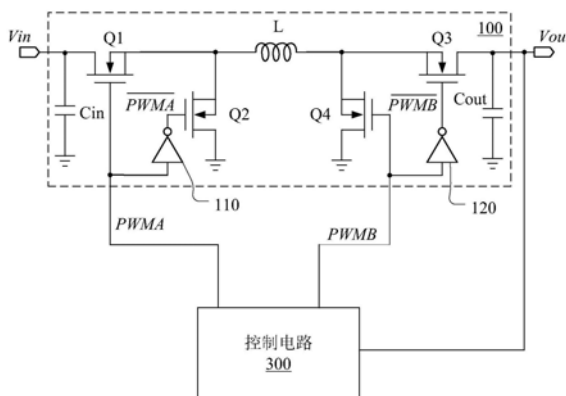
权利要求书4页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

降压-升压变换器和控制方法

(57)摘要

本发明实施例公开了一种降压-升压变换器和控制方法,其特征在于,包括:功率级电路,用于响应于输入电压以产生经调节的输出电压,所述功率级电路包括响应于第一控制信号的第一开关电路和响应于第二控制信号的第二开关电路;以及控制电路,用于根据所述输出电压、第一波形信号以及第二波形信号产生所述第一控制信号和第二控制信号,选择所述第一开关电路和第二开关电路之一工作,不需要通过检测输入电压建立降压-升压变换器的操作模式,因此模式之间的切换更加平滑。



1. 一种降压-升压变换器,其特征在于,包括:

功率级电路,用于响应于输入电压以产生经调节的输出电压,所述功率级电路包括响应于第一控制信号的第一开关电路和响应于第二控制信号的第二开关电路;以及

控制电路,用于根据所述输出电压、第一波形信号以及第二波形信号产生所述第一控制信号和第二控制信号,选择所述第一开关电路和第二开关电路之一工作。

2. 根据权利要求1所述的降压-升压变换器,其中,所述第一开关电路包括第一功率开关和第一整流元件,所述第一功率开关响应于所述第一控制信号导通和关断,

所述第二开关电路包括第二功率开关和第二整流元件,所述第二功率开关响应于所述第二控制信号导通和关断。

3. 根据权利要求2所述的降压-升压变换器,其中,所述第一波形信号和第二波形信号为具有预定频率和预定幅度的三角波信号,所述第二波形信号的谷值电压大于第一波形信号的峰值电压且差值为预定电压值。

4. 根据权利要求3所述的降压-升压变换器,其中,所述控制电路包括:

误差放大电路,用于响应所述输出电压生成误差放大信号;

波形生成电路,用于生成所述第一波形信号和第二波形信号;以及斩波比较电路,用于将所述误差放大信号与所述第一波形信号和第二波形信号进行比较,生成所述第一控制信号和所述第二控制信号。

5. 根据权利要求4所述的降压-升压变换器,其中,

所述误差放大信号大于所述第一波形信号的谷值,小于所述第一波形信号的峰值时,所述控制电路关断所述第二功率开关,控制所述第一功率开关导通和关断,所述降压-升压变换器工作在降压模式下;

所述误差放大信号大于所述第二波形信号的谷值,小于所述第二波形信号的峰值时,所述控制电路导通所述第一功率开关,控制所述第二功率开关导通和关断,所述降压-升压变换器工作在升压模式下;以及

所述误差放大信号大于所述第一波形信号的峰值且小于等于所述第二波形信号的谷值时,所述控制电路导通所述第一功率开关,关断所述第二功率开关,所述降压-升压变换器工作在降压-升压模式下。

6. 根据权利要求4所述的降压-升压变换器,其中,所述斩波比较电路用于根据所述误差放大信号、第一波形信号以及所述第二波形信号调节所述第一控制信号和第二控制信号的占空比。

7. 根据权利要求4所述的降压-升压变换器,其中,所述波形生成电路包括:

三角波发生器,用于生成具有预定频率和预定幅值的三角波信号;

第一加法电路,用于将所述三角波信号偏移所述预定电压值以得到所述第二波形信号;以及

第一输出电路,用于将所述三角波信号输出为所述第一波形信号。

8. 根据权利要求4所述的降压-升压变换器,其中,所述波形生成电路包括:

第一采样模块,用于采样所述第一功率开关的峰值电流以得到第一采样信号;

第二采样模块,用于采样所述第二功率开关的峰值电流以得到第二采样信号;

第二加法电路,用于将所述第二采样信号偏移所述预定电压值以得到所述第二波形信

号;以及

第二输出电路,用于将所述第一采样信号输出为所述第一波形信号。

9.根据权利要求4所述的降压-升压变换器,其中,所述误差放大电路包括:

误差放大器,正相输入端接收参考电压信号;

分压电路,用于分压所述输出电压以得到反馈信号;以及

补偿电路,连接于所述误差放大器的输出端与地之间,

其中,所述误差放大器用于根据所述反馈信号和所述参考电压信号得到所述误差放大信号。

10.根据权利要求4所述的降压-升压变换器,其中,所述斩波比较电路包括:

第一比较器,正相输入端接收所述误差放大信号,反相输入端接收所述第一波形信号,输出端输出第一计时信号;

第一逻辑电路,用于根据所述第一计时信号产生所述第一控制信号;

第二比较器,正相输入端接收所述误差放大信号,反相输入端接收所述第二波形信号,输出端输出第二计时信号;以及

第二逻辑电路,用于根据所述第二计时信号产生所述第二控制信号。

11.根据权利要求10所述的降压-升压变换器,其中,

所述第一比较器在所述误差放大信号大于所述第一波形信号时输出有效的所述第一计时信号,所述第一逻辑电路在所述第一计时信号有效时输出有效的所述第一控制信号,

所述第二比较器在所述误差放大信号大于所述第二波形信号时输出有效的所述第二计时信号,所述第二逻辑电路在所述第二计时信号有效时输出有效的所述第二控制信号。

12.根据权利要求2所述的降压-升压变换器,其中,所述第一整流元件和所述第二整流元件为整流开关,所述功率级电路还包括:

第一缓冲电路,用于根据所述第一控制信号生成用于驱动所述第一整流元件的第三控制信号;以及

第二缓冲电路,用于根据所述第二控制信号生成用于驱动所述第二整流元件的第四控制信号。

13.根据权利要求12所述的降压-升压变换器,其中,所述第一控制信号和所述第三控制信号互为反相信号,

所述第二控制信号和所述第四控制信号互为反相信号。

14.根据权利要求2所述的降压-升压变换器,其中,所述第一整流元件和所述第二整流元件为整流二极管。

15.根据权利要求2所述的降压-升压变换器,其中,所述功率级电路还包括储能元件和输出电容,

其中,所述第一功率开关连接在所述功率级电路电压输入端和所述储能元件的第一端之间;

所述第一整流元件连接在所述储能元件的第一端和地之间;

所述第二功率开关连接在所述储能元件的第二端和地之间;

所述第二整流元件连接在所述储能元件的第二端和所述功率级电路的电压输出端之间;

所述输出电容连接在所述功率级电路的电压输出端和地之间。

16. 一种降压-升压变换器的控制方法,所述降压-升压变换器包括功率级电路,用于响应于输入电压以产生经调节的输出电压,所述功率级电路包括响应于第一控制信号的第一开关电路和响应于第二控制信号的第二开关电路,其中,所述控制方法包括:

响应所述输出电压生成误差放大信号;

生成所述第一波形信号和第二波形信号;以及

将所述误差放大信号与所述第一波形信号和第二波形信号进行比较,生成所述第一控制信号和所述第二控制信号,选择所述第一开关电路和第二开关电路之一工作。

17. 根据权利要求16所述的控制方法,其中,所述第一波形信号和第二波形信号为具有预定频率和预定幅度的三角波信号,所述第二波形信号的谷值电压大于第一波形信号的峰值电压且差值为预定电压值。

18. 根据权利要求17所述的控制方法,其中,所述将所述误差放大信号与所述第一波形信号和第二波形信号进行比较,生成所述第一控制信号和所述第二控制信号,选择所述第一开关电路和第二开关电路之一工作包括:

所述误差放大信号大于所述第一波形信号的谷值,小于所述第一波形信号的峰值时,关断所述第二开关电路,控制所述第一开关电路导通和关断,所述降压-升压变换器工作在降压模式下;

所述误差放大信号大于所述第二波形信号的谷值,小于所述第二波形信号的峰值时,导通所述第一开关电路,控制所述第二开关电路导通和关断,所述降压-升压变换器工作在升压模式下;以及

所述误差放大信号大于所述第一波形信号的峰值且小于等于所述第二波形信号的谷值时,导通所述第一开关电路,关断所述第二开关电路,所述降压-升压变换器工作在降压-升压模式下。

19. 根据权利要求18所述的控制方法,其中,所述控制所述第一开关电路和第二开关电路的步骤包括:

根据所述误差放大信号、第一波形信号以及所述第二波形信号调节所述第一控制信号和第二控制信号的占空比。

20. 根据权利要求16所述的控制方法,其中,所述生成所述第一波形信号和第二波形信号包括:

生成具有预定频率和预定幅值的三角波信号;

将所述三角波信号偏移所述预定电压值以得到所述第二波形信号;以及

将所述三角波信号输出为所述第一波形信号。

21. 根据权利要求16所述的控制方法,其中,所述生成所述第一波形信号和第二波形信号包括:

采样所述第一开关电路的峰值电流以得到第一采样信号;

采样所述第二开关电路的峰值电流以得到第二采样信号;

将所述第二采样信号偏移所述预定电压值以得到所述第二波形信号;以及

将所述第一采样信号输出为所述第一波形信号。

22. 根据权利要求16所述的控制方法,其中,所述响应所述输出电压生成误差放大信号

包括：

接收参考电压信号；

分压所述输出电压以得到反馈信号；以及

根据所述反馈信号和所述参考电压信号得到所述误差放大信号。

23. 根据权利要求16所述的控制方法，其中，所述将所述误差放大信号与所述第一波形信号和第二波形信号进行比较，生成所述第一控制信号和所述第二控制信号包括：

根据所述第一波形信号和所述误差放大信号输出第一计时信号；

根据所述第一计时信号产生所述第一控制信号；

根据所述第二波形信号和所述误差放大信号输出第二计时信号；以及

根据所述第二计时信号产生所述第二控制信号。

24. 根据权利要求23所述的控制方法，其中，所述根据所述第一波形信号和所述误差放大信号输出第一计时信号包括：

在所述误差放大信号大于所述第一波形信号时输出有效的所述第一计时信号。

25. 根据权利要求23所述的控制方法，其中，所述根据所述第二波形信号和所述误差放大信号输出第二计时信号包括：

在所述误差放大信号大于所述第二波形信号时输出有效的所述第二计时信号。

26. 根据权利要求24所述的控制方法，其中，所述根据所述第一计时信号生成第一控制信号包括：

在所述第一计时信号有效时输出有效的所述第一控制信号。

27. 根据权利要求25所述的控制方法，其中，所述根据所述第二计时信号生成第二控制信号包括：

在所述第二计时信号有效时输出有效的所述第二控制信号。

## 降压-升压变换器和控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电子电路技术领域,更具体地涉及一种降压-升压变换器和控制方法。

### 背景技术

[0002] 现有的具有宽输入电压的DC/DC变换器包括级联降压-升压变换器、H桥降压-升压变换器、库克变换器以及SEPIC(Single Enable Primary Inductance Converter,单端初级电感变换器)等结构。其中H桥降压-升压变换器(单电感器或者非反相降压-升压变换器)具有良好的性能。

[0003] 基于输入电压和输出电压之间的关系,降压-升压变换器工作在三种不同的操作模式下。这些模式包括降压模式、升压模式以及降压-升压模式。当输入电压高于输出电压时,降压-升压变换器工作在降压模式,将输入电压降低至其输出所需的电压水平。当输入电压低于输出电压时,降压-升压变换器工作在升压模式,将输入电压增大至输出所需要的电压水平。当输入电压接近输出电压时,降压-升压变换器工作在降压-升压模式。降压-升压变换器研究的关键问题是实现这些模式之间的平滑切换,现有的降压-升压变换器的控制复杂,模式之间无法平滑切换,导致输出电压纹波较大。

### 发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种降压-升压变换器和控制方法,模式之间平滑切换,减小输出电压纹波。

[0005] 根据本发明的一方面提供的一种降压-升压变换器,其特征在于,包括:功率级电路,用于响应于输入电压以产生经调节的输出电压,所述功率级电路包括响应于第一控制信号的第一开关电路和响应于第二控制信号的第二开关电路;以及控制电路,用于根据所述输出电压、第一波形信号以及第二波形信号产生所述第一控制信号和第二控制信号,选择所述第一开关电路和第二开关电路之一工作。

[0006] 优选地,所述第一开关电路包括第一功率开关和第一整流元件,所述第一功率开关响应于所述第一控制信号导通和关断,所述第二开关电路包括第二功率开关和第二整流元件,所述第二功率开关响应于所述第二控制信号导通和关断。

[0007] 优选地,所述第一波形信号和第二波形信号为具有预定频率和预定幅度的三角波信号,所述第二波形信号的谷值电压大于第一波形信号的峰值电压且差值为预定电压值。

[0008] 优选地,所述控制电路包括:误差放大电路,用于响应所述输出电压生成误差放大信号;波形生成电路,用于生成所述第一波形信号和第二波形信号;以及斩波比较电路,用于将所述误差放大信号与所述第一波形信号和第二波形信号进行比较,生成所述第一控制信号和所述第二控制信号。

[0009] 优选地,所述误差放大信号大于所述第一波形信号的谷值,小于所述第一波形信号的峰值时,所述控制电路关断所述第二功率开关,控制所述第一功率开关导通和关断,所述降压-升压变换器工作在降压模式下;所述误差放大信号大于所述第二波形信号的谷值,

小于所述第二波形信号的峰值时,所述控制电路导通所述第一功率开关,控制所述第二功率开关导通和关断,所述降压-升压变换器工作在升压模式下;以及所述误差放大信号大于所述第一波形信号的峰值且小于等于所述第二波形信号的谷值时,所述控制电路导通所述第一功率开关,关断所述第二功率开关,所述降压-升压变换器工作在降压-升压模式下。

[0010] 优选地,所述斩波比较电路用于根据所述误差放大信号、第一波形信号以及所述第二波形信号调节所述第一控制信号和第二控制信号的占空比。

[0011] 优选地,所述波形生成电路包括:三角波发生器,用于生成具有预定频率和预定幅值的三角波信号;加法电路,用于将所述三角波信号偏移所述预定电压值以得到所述第二波形信号;以及输出电路,用于将所述三角波信号输出为所述第一波形信号。

[0012] 优选地,所述波形生成电路包括:第一采样模块,用于采样所述第一功率开关的峰值电流以得到第一采样信号;第二采样模块,用于采样所述第二功率开关的峰值电流以得到第二采样信号;第二加法电路,用于将所述第二采样信号偏移所述预定电压值以得到所述第二波形信号;以及第二输出电路,用于将所述第一采样信号输出为所述第一波形信号。

[0013] 优选地,所述误差放大电路包括:误差放大器,正相输入端接收参考电压信号;分压电路,用于分压所述输出电压以得到反馈信号;以及补偿电路,连接于所述误差放大器的输出端与地之间,其中,所述误差放大器用于根据所述反馈信号和所述参考电压信号得到所述误差放大信号。

[0014] 优选地,所述斩波比较电路包括:第一比较器,正相输入端接收所述误差放大信号,反相输入端接收所述第一波形信号,输出端输出第一计时信号;第一逻辑电路,用于根据所述第一计时信号产生所述第一控制信号;第二比较器,正相输入端接收所述误差放大信号,反相输入端接收所述第二波形信号,输出端输出第二计时信号;以及第二逻辑电路,用于根据所述第二计时信号产生所述第二控制信号。

[0015] 优选地,所述第一比较器在所述误差放大信号大于所述第一波形信号时输出有效的所述第一计时信号,所述第一逻辑电路在所述第一计时信号有效时输出有效的所述第一控制信号,所述第二比较器在所述误差放大信号大于所述第二波形信号时输出有效的所述第二计时信号,所述第二逻辑电路在所述第二计时信号有效时输出有效的所述第二控制信号。

[0016] 优选地,所述第一整流元件和所述第二整流元件为整流开关,所述功率级电路还包括:第一缓冲电路,用于根据所述第一控制信号生成用于驱动所述第一整流元件的第三控制信号;以及第二缓冲电路,用于根据所述第二控制信号生成用于驱动所述第二整流元件的第四控制信号。

[0017] 优选地,所述第一控制信号和所述第三控制信号互为反相信号,所述第二控制信号和所述第四控制信号互为反相信号。

[0018] 优选地,所述第一整流元件和所述第二整流元件为整流二极管。

[0019] 优选地,所述功率级电路还包括储能元件和输出电容,其中,所述第一功率开关连接在所述功率级电路电压输入端和所述储能元件的第一端之间;所述第一整流元件连接在所述储能元件的第一端和地之间;所述第二功率开关连接在所述储能元件的第二端和地之间;所述第二整流元件连接在所述储能元件的第二端和所述功率级电路的电压输出端之间;所述输出电容连接在所述功率级电路的电压输出端和地之间。

[0020] 根据本发明的另一方面提供一种降压-升压变换器的控制方法,所述降压-升压变换器包括功率级电路,用于响应于输入电压以产生经调节的输出电压,所述功率级电路包括响应于第一控制信号的第一开关电路和响应于第二控制信号的第二开关电路,其中,所述控制方法包括:响应所述输出电压生成误差放大信号;生成所述第一波形信号和第二波形信号;以及将所述误差放大信号与所述第一波形信号和第二波形信号进行比较,生成所述第一控制信号和所述第二控制信号,选择所述第一开关电路和第二开关电路之一工作。

[0021] 优选地,所述第一波形信号和第二波形信号为具有预定频率和预定幅度的三角波信号,所述第二波形信号的谷值电压大于第一波形信号的峰值电压且差值为预定电压值。

[0022] 优选地,所述将所述误差放大信号与所述第一波形信号和第二波形信号进行比较,生成所述第一控制信号和所述第二控制信号,选择所述第一开关电路和第二开关电路之一工作包括:

[0023] 所述误差放大信号大于所述第一波形信号的谷值,小于所述第一波形信号的峰值时,关断所述第二开关电路,控制所述第一开关电路导通和关断,所述降压-升压变换器工作在降压模式下;

[0024] 所述误差放大信号大于所述第二波形信号的谷值,小于所述第二波形信号的峰值时,导通所述第一开关电路,控制所述第二开关电路导通和关断,所述降压-升压变换器工作在升压模式下;以及

[0025] 所述误差放大信号大于所述第一波形信号的峰值且小于等于所述第二波形信号的谷值时,导通所述第一开关电路,关断所述第二开关电路,所述降压-升压变换器工作在降压-升压模式下。

[0026] 优选地,所述控制所述第一开关电路和第二开关电路的步骤包括:根据所述误差放大信号、第一波形信号以及所述第二波形信号调节所述第一控制信号和第二控制信号的占空比。

[0027] 优选地,所述生成所述第一波形信号和第二波形信号包括:生成具有预定频率和预定幅值的三角波信号;将所述三角波信号偏移所述预定电压值以得到所述第二波形信号;以及将所述三角波信号输出为所述第一波形信号。

[0028] 优选地,所述生成所述第一波形信号和第二波形信号包括:采样所述第一开关电路的峰值电流以得到第一采样信号;采样所述第二开关电路的峰值电流以得到第二采样信号;将所述第二采样信号偏移所述预定电压值以得到所述第二波形信号;以及将所述第一采样信号输出为所述第一波形信号。

[0029] 优选地,所述响应所述输出电压生成误差放大信号包括:接收参考电压信号;分压所述输出电压以得到反馈信号;以及根据所述反馈信号和所述参考电压信号得到所述误差放大信号。

[0030] 优选地,所述将所述误差放大信号与所述第一波形信号和第二波形信号进行比较,生成所述第一控制信号和所述第二控制信号包括:根据所述第一波形信号和所述误差放大信号输出第一计时信号;根据所述第一计时信号产生所述第一控制信号;根据所述第二波形信号和所述误差放大信号输出第二计时信号;以及根据所述第二计时信号产生所述第二控制信号。

[0031] 优选地,所述根据所述第一波形信号和所述误差放大信号输出第一计时信号包



括:在所述误差放大信号大于所述第一波形信号时输出有效的所述第一计时信号。

[0032] 优选地,所述根据所述第二波形信号和所述误差放大信号输出第二计时信号包括:在所述误差放大信号大于所述第二波形信号时输出有效的所述第二计时信号。

[0033] 优选地,所述根据所述第一计时信号生成第一控制信号包括:在所述第一计时信号有效时输出有效的所述第一控制信号,

[0034] 优选地,所述根据所述第二计时信号生成第二控制信号包括:在所述第二计时信号有效时输出有效的所述第二控制信号。

[0035] 本发明的降压升压变换器和控制方法具有以下有益效果:

[0036] 降压-升压变换器根据误差放大信号与两个三角波信号之间的关系建立降压-升压变换器的操作模式,不需要检测输入电压,因此模式之间的切换更加平滑。

[0037] 在优选地实施例中,第一波形信号和第二波形信号相位和频率相等,第一波形信号和第二波形信号互不重叠,当误差放大信号曲线位于第一波形信号曲线和第二波形信号曲线的中间区域时,控制电路控制功率开关Q1导通,控制功率开关Q4关断,输出电压Vout保持直流输出,纹波为零。

[0038] 在优选地实施例中,本发明的降压-升压变换器在每个操作模式下只需要控制一个功率开关的导通和关断,电感电流是最简单的两相控制,控制方式简单;同时减少了操作模式中控制开关的数量,有利于降低损耗。

## 附图说明

[0039] 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他目的、特征和优点将更为清楚。

[0040] 图1示出根据本发明第一实施例的降压-升压变换器的结构示意图;

[0041] 图2示出根据本发明第二实施例的降压-升压变换器的结构示意图;

[0042] 图3示出根据本发明第三实施例的降压-升压变换器的控制电路的结构示意图;

[0043] 图4示出根据本发明第四实施例的降压-升压变换器的控制电路的结构示意图;

[0044] 图5示出本发明实施例的降压-升压变换器的工作时序图。

## 具体实施方式

[0045] 以下将参照附图更详细地描述本发明。在各个附图中,相同的元件采用类似的附图标记来表示。为了清楚起见,附图中的各个部分没有按比例绘制。此外,在图中可能未示出某些公知的部分。

[0046] 在下文中描述了本发明的许多特定的细节,例如部件的结构、材料、尺寸、处理工艺和技术,以便更清楚地理解本发明。但正如本领域的技术人员能够理解的那样,可以不按照这些特定的细节来实现本发明。

[0047] 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,它可以直接耦合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“直接耦合到”或“直接连接到”另一元件时,意味着两者不存在中间元件。

[0048] 需要理解的是,在以下的描述中,功率开关是指变换器中在其导通时使得储能元件(例如电感)开始储能,流过储能元件电流上升的开关器件。对应的,整流开关是指主动导通时,使得变换器中的储能元件(例如电感)开始释放电能,流过储能元件的电流开始下降的开关器件。

[0049] 现有的具有宽输入电压的DC/DC变换器包括级联降压-升压变换器、H桥降压-升压变换器、库克变换器以及SEPIC(Single Enable Primary Inductance Converter,单端初级电感变换器)等结构。其中H桥降压-升压变换器(单电感器或者非反相降压-升压变换器)具有良好的性能。

[0050] 基于输入电压和输出电压之间的关系,降压-升压变换器工作在三种不同的操作模式下。这些模式包括降压模式、升压模式以及降压-升压模式。当输入电压高于输出电压时,降压-升压变换器工作在降压模式,将输入电压降低至其输出所需的电压水平。当输入电压低于输出电压时,降压-升压变换器工作在升压模式,将输入电压增大至输出所需要的电压水平。当输入电压接近输出电压时,降压-升压变换器工作在降压-升压模式。

[0051] 图1示出了一种H桥(四开关)降压-升压变换器的结构示意图,如图1所示,降压-升压变换器包括功率级电路100和控制电路300,控制电路300用于在输入电压、内部参数和外接负载发生变化时,调节功率级电路中的开关电路的导通和关断时间,以使得变换器的输出电压或者输出电流保持稳定。

[0052] 功率级电路100包括由功率开关Q1和整流元件Q2组成的第一开关电路、由功率开关Q4和整流元件Q3组成的第二开关电路以及储能元件L。在本发明中,功率级电路100的功率开关指降压-升压变换器中间歇导通控制功率流入储能元件使得纯元件储能或释放能量的开关。整流元件指降压-升压变换器中间歇导通使得储能元件所储存的能量可以流向负载的开关。

[0053] 在本实施例中,功率开关Q1和Q4可以是任何可控半导体开关器件,例如金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)、绝缘栅双极晶体管(IGBT)等。整流元件Q2和Q3可以是任何可控半导体开关器件,例如金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)、绝缘栅双极晶体管(IGBT)等。在一些实施例中,整流元件Q2和Q3也可以是整流二极管,如图2所示。储能元件L可以是电感或者变压器。

[0054] 在本实施例中,功率开关Q1连接在输入电压 $V_{in}$ 输入端和储能元件L的第一端之间,整流元件Q2连接在储能元件L的第一端和地之间。功率开关Q3连接在输出电压 $V_{out}$ 输出端和储能元件L的第二端之间,整流元件Q4连接在储能元件L的第二端和地之间。随着功率开关Q1和Q3的导通和关断,储能元件L储存和输出能量。

[0055] 在一些优选地实施例中,功率级电路100还包括输入电容 $C_{in}$ 和输出电容 $C_{out}$ 。

[0056] 控制电路300用于根据输出电压 $V_{out}$ 产生控制第一开关电路和第二开关电路切换的第一控制信号PWMA和第二控制信号PWMB。

[0057] 功率级电路100包括第一缓冲电路110和第二缓冲电路120,第一缓冲电路110用于根据第一控制信号PWMA得到第三控制信号 $\overline{PWMA}$ 。第二缓冲电路用于根据第二控制信号PWMB得到第四控制信号 $\overline{PWMB}$ 。

[0058] 其中,第一控制信号PWMA和第三控制信号 $\overline{PWMA}$ 分别用于控制功率开关Q1和整

流元件Q2的交替导通和关断,即第一控制信号PWMA和第三控制信号 $\overline{PWMA}$ 的状态相反。例如,功率开关Q1和整流元件Q2均为NMOS晶体管时,第一控制信号PWMA和第三控制信号 $\overline{PWMA}$ 为相互反相的信号。又例如功率开关Q1和整流元件Q2分别为NMOS晶体管和PMOS晶体管时,第一控制信号PWMA和第三控制信号 $\overline{PWMA}$ 为相同的信号。

[0059] 第二控制信号PWMB得到第四控制信号 $\overline{PWMB}$ 分别用于控制功率开关Q4和整流元件Q3的交替导通和关断,即第二控制信号PWMB得到第四控制信号 $\overline{PWMB}$ 的状态相反。例如,功率开关Q4和整流元件Q3均为NMOS晶体管时,第二控制信号PWMB得到第四控制信号 $\overline{PWMB}$ 为相互反相的信号。又例如功率开关Q4和整流元件Q3分别为NMOS晶体管和PMOS晶体管时,第二控制信号PWMB得到第四控制信号 $\overline{PWMB}$ 为相同的信号。

[0060] 在本实施例中,第一缓冲电路110和第二缓冲电路120为反相器。

[0061] 图2示出根据本发明第二实施例的降压-升压变换器的结构示意图,如图2所示,降压-升压变换器包括功率级电路200和控制电路300。控制电路300用于在输入电压、内部参数和外接负载发生变化时,调节功率级电路中的开关电路的导通和关断时间,以使得变换器的输出电压或者输出电流保持稳定。

[0062] 此外图2中的功率级电路200与图1中的功率级电路100的区别在于,在图2中的功率级电路200中,整流元件Q2和Q3采用整流二极管实现。因此与功率级电路100相比功率级电路200中也不包括反相器。

[0063] 图3示出根据本发明第三实施例的降压-升压变换器的控制电路的结构示意图,如图3所示,控制电路300包括波形生成电路310、斩波比较电路320以及误差放大电路330。

[0064] 波形生成电路310用于生成具有预定频率和预定幅值的第一波形信号V1和第二波形信号V2,第二波形信号V2的谷值电压大于第一波形信号V1的峰值电压,且差值为预定电压值。

[0065] 误差放大电路330用于根据降压-升压变换器的输出电压和参考电压信号得到误差放大信号VTH。

[0066] 斩波比较电路320用于根据误差放大信号VTH、第一波形信号V1和第二波形信号V2得到第一控制信号PWMA和第二控制信号PWMB,斩波比较电路320用于根据误差放大信号VTH与第一波形信号V1和第二波形信号V2之间的关系调节第一控制信号PWMA和第二控制信号PWMB的占空比。

[0067] 进一步的,第一波形信号V1和第二波形信号V2为相位和频率相同的三角波信号或者锯齿波信号,可以通过三角波发生器得到。

[0068] 波形生成电路310包括三角波发生器311、加法电路312以及输出电路313。三角波发生器311用于生成具有预定频率和预定幅值的三角波信号。加法电路312用于将所述三角波信号偏移预定电压值Vset得到第二波形信号V2。输出电路313用于将所述三角波信号输出为第一波形信号V1。

[0069] 斩波比较电路320包括比较器U1、比较器U2以及逻辑电路321和逻辑电路322。比较器U1的正相输入端接收误差放大信号VTH,反相输入端接收第一波形信号V1,输出端输出第一计时信号Vsp1。比较器U2的正相输入端接收误差放大信号VTH,反相输入端接收第二波形

信号V2,输出端输出第二计时信号Vsp2。逻辑电路321用于根据第一计时信号Vsp1得到第一控制信号PWMA,逻辑电路321用于根据第二计时信号Vsp2得到第二控制信号PWMB。

[0070] 可选的,第一计时信号Vsp1用于表征功率开关Q1在每个开关周期中保持有效状态的持续时间。比较器U1在误差放大信号VTH大于第一波形信号V1时翻转,输出有效的第一计时信号Vsp1(即第一计时信号Vsp1为高电平),在误差放大信号VTH小于第一波形信号V1时翻转,输出无效的第一计时信号Vsp1(即第一计时信号Vsp1为低电平),逻辑电路321根据第一计时信号Vsp1的电平状态产生第一控制信号PWMA。

[0071] 可选的,第二计时信号Vsp2用于表征功率开关Q4在每个开关周期中保持有效状态的持续时间。比较器U2在误差放大信号VTH大于第二波形信号V2时翻转,输出有效的第二计时信号Vsp2(即第二计时信号Vsp2为高电平),在误差放大信号VTH小于第二波形信号V2时翻转,输出无效的第二计时信号Vsp2(即第二计时信号Vsp2为低电平),逻辑电路322根据第二计时信号Vsp2的电平状态产生第二控制信号PWMB。

[0072] 误差放大电路330包括误差放大器EA、分压电路331以及补偿电路332。

[0073] 分压电路331包括串联连接在输出电压Vout端和地之间的电阻R1和电阻R2,分压电路331用于对输出电压Vout分压以得到反馈信号Vfb,电阻R1和电阻R2的中间节点用于提供反馈信号Vfb。

[0074] 误差放大器EA包括正相输入端、反相输入端以及输出端,反相输入端用于接收反馈信号Vfb,正相输入端用于接收参考电压信号Vref,输出端用于输出误差放大信号。

[0075] 补偿电路332连接在误差放大器EA输出端与地之间,补偿电路332例如为RC补偿电路。

[0076] 图4示出根据本发明第四实施例的降压-升压变换器的控制电路的结构示意图,如图4所示,控制电路400包括波形生成电路410、斩波比较电路420以及误差放大电路430。

[0077] 波形生成电路410用于生成具有预定频率和预定幅值的第一波形信号V1和第二波形信号V2,第二波形信号V2的谷值电压大于第一波形信号V1的峰值电压,且差值为预定电压值。

[0078] 误差放大电路430用于根据降压-升压变换器的输出电压和参考电压信号得到误差放大信号VTH。

[0079] 斩波比较电路420用于根据误差放大信号VTH、第一波形信号V1和第二波形信号V2得到第一控制信号PWMA和第二控制信号PWMB,斩波比较电路420用于根据误差放大信号VTH与第一波形信号V1和第二波形信号V2之间的关系调节第一控制信号PWMA和第二控制信号PWMB的占空比。

[0080] 进一步的,第一波形信号V1和第二波形信号V2为相位和频率相同的三角波信号或者锯齿波信号。

[0081] 图4示出的控制电路400与图3示出的控制电路300之间的区别在于,波形生成电路410通过采样功率开关Q1和功率开关Q4得到第一波形信号V1和第二波形信号V2。

[0082] 具体地,波形生成电路410包括采样模块414和416、加法电路415以及输出电路413。采样模块416用于采样功率开关Q1的峰值电流 $I_{Q1}$ 以得到第一采样信号,采样模块414用于采样功率开关Q4的峰值电流 $I_{Q4}$ 以得到第二采样信号。加法电路415用于将所述第二采样信号偏移预定电压值Vset得到第二波形信号V2。输出电路413用于将所述第一采样信号输

出为第一波形信号V1。

[0083] 需要说明的是,图4中示出的斩波比较电路420和误差放大电路430的结构以及连接关系与图3示出的斩波比较电路320和误差放大电路330相同,在此不再赘述。

[0084] 图5示出根据本发明实施例的降压-升压电路的工作时序图,以下参照图5和前面的实施例对本发明实施例的降压-升压电路的工作原理进行详细说明。

[0085] 基于输入电压和输出电压之间的关系,降压-升压变换器工作在三种不同的操作模式下,即降压模式、升压模式以及降压-升压模式。根据本申请公开的内容,降压-升压变换器根据误差放大信号与两个三角波信号之间的关系建立降压-升压变换器的操作模式,不需要检测输入电压,因此模式之间的切换更加平滑。

[0086] 如图5所示,第一波形信号V1和第二波形信号V2是频率和相位相同的三角波信号,将第一波形信号V1偏移预定电压值 $V_{set}$ 得到第二波形信号V2,第二波形信号V2位于第一波形信号V1的上方。曲线501表示误差放大电路330输出的误差放大信号 $V_{TH}$ 的变化曲线。斩波比较电路通过第一波形信号曲线和第二波形信号曲线位于误差放大信号曲线501的下方的时间区间调节第一控制信号和第二控制信号的占空比,以建立降压-升压变换器的操作模式。

[0087] 例如在时刻 $t_1-t_5$ ,误差放大信号曲线501位于第一波形信号曲线区域,即误差放大信号的电压值始终大于第一波形信号的最小电压,小于第一波形信号的最大电压,此时斩波比较电路输出第二控制信号PWMB始终为低电平,关断功率开关Q4,根据误差放大信号和第一波形信号之间的关系调节第一控制信号PWMA的占空比,控制功率开关Q1的导通和关断,降压-升压变换器工作在降压模式。

[0088] 在时刻 $t_5-t_6$ ,误差放大信号曲线501位于第一波形信号曲线和第二波形信号曲线的中间区域,即误差放大信号曲线501的电压值处于预设电压值 $V_{set}$ 范围内。此时第一控制信号PWMA始终为高电平,第二控制信号PWMB时钟为低电平,功率开关Q1导通,功率开关Q4关断,降压-升压变换器工作在降压-升压模式,输出电压 $V_{out}$ 保持直流输出,纹波为零。

[0089] 在时刻 $t_6-t_{10}$ ,误差放大信号曲线501位于第二波形信号曲线区域,即误差放大信号的电压值始终大于第二波形信号的最小电压,小于第二波形信号的最大电压,此时斩波比较电路输出第一控制信号PWMA始终为高电平,导通功率开关Q4,根据误差放大信号和第二波形信号之间的关系调节第二控制信号PWMB的占空比,控制功率开关Q4的导通和关断,降压-升压变换器工作在升压模式。

[0090] 优选地,误差放大信号 $V_{TH}$ 用于表征反馈信号 $V_{fb}$ 和参考电压信号 $V_{ref}$ 的差值参量的变化,误差放大信号 $V_{TH}$ 随着反馈信号 $V_{fb}$ 和参考电压信号 $V_{ref}$ 的差值变化。当反馈电压 $V_{fb}$ 与参考电压信号 $V_{ref}$ 之间的差值变大,误差放大信号 $V_{TH}$ 上升,使得每个周期内三角波信号位于误差放大信号 $V_{TH}$ 的下方的时间区间变大,则斩波比较电路输出的第一控制信号PWMA和第二输出信号PWMB的占空比变大,即功率开关Q1和功率开关Q4的导通时间 $T_{on}$ 增大。

[0091] 具体地,如图5所示,时刻 $t_1-t_2$ ,误差放大信号曲线501位于第一波形信号曲线上方,位于第二波形信号曲线下方,第一计时信号 $V_{sp1}$ 变为高电平,第一控制信号PWMA为高电平,功率开关Q1导通;时刻 $t_2-t_3$ ,第一波形信号曲线位于误差放大信号曲线501上方,第一计时信号 $V_{sp1}$ 变为低电平,则第一控制信号PWMA变为低电平,功率开关Q1关断,结束一个开关周期。以此类推,在时刻 $t_3$ ,功率开关Q1进入下一个开关周期。在时刻 $t_3-t_4$ ,第一波形信

号曲线位于误差放大信号曲线501下方的时间区间增大,第一计时信号Vsp1的高电平时间增大,则第一控制信号PWMA的占空比增大,功率开关Q1的导通时间Ton增大。

[0092] 同样的,在时刻t6-t7,第二波形信号曲线位于误差放大信号曲线501下方,第二计时信号Vsp2由低电平变为高电平,第二控制信号PWMB由低电平变为高电平,功率开关Q4导通;时刻t7-t8,第二波形信号曲线位于误差放大信号曲线501上方,第二计时信号Vsp2由高电平变为低电平,第二控制信号PWMB由高电平变为低电平,功率开关Q4关断,结束一个开关周期。以此类推,在时刻t8,功率开关Q4进入下一个开关周期。在时刻t8-t9,第二波形信号曲线位于误差放大信号曲线501下方的时间区间增大,第二计时信号Vsp2的高电平时间增大,则第二控制信号PWMB的占空比增大,功率开关Q4的导通时间Ton增大。

[0093] 综上所述,本发明提供的降压-升压变换器根据误差放大信号与两个三角波信号之间的关系建立降压-升压变换器的操作模式,不需要检测输入电压,因此模式之间的切换更加平滑。

[0094] 在优选地实施例中,第一波形信号和第二波形信号相位和频率相等,第一波形信号和第二波形信号互不重叠,之间相差预定电压值,当误差放大信号曲线位于第一波形信号曲线和第二波形信号曲线的中间区域时,控制电路控制功率开关Q1导通,控制功率开关Q4关断,输出电压Vout保持直流输出,纹波为零。

[0095] 在优选地实施例中,本发明的降压-升压变换器在每个操作模式下只需要控制一个功率开关的导通和关断,电感电流是最简单的两相控制,控制方式简单;同时减少了操作模式中控制开关的数量,有利于降低损耗。

[0096] 应当说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0097] 依照本发明的实施例如上文所述,这些实施例并没有详尽叙述所有的细节,也不限制该发明仅为所述的具体实施例。显然,根据以上描述,可作很多的修改和变化。本说明书选取并具体描述这些实施例,是为了更好地解释本发明的原理和实际应用,从而使所属技术领域技术人员能很好地利用本发明以及在本发明基础上的修改使用。本发明仅受权利要求书及其全部范围和等效物的限制。

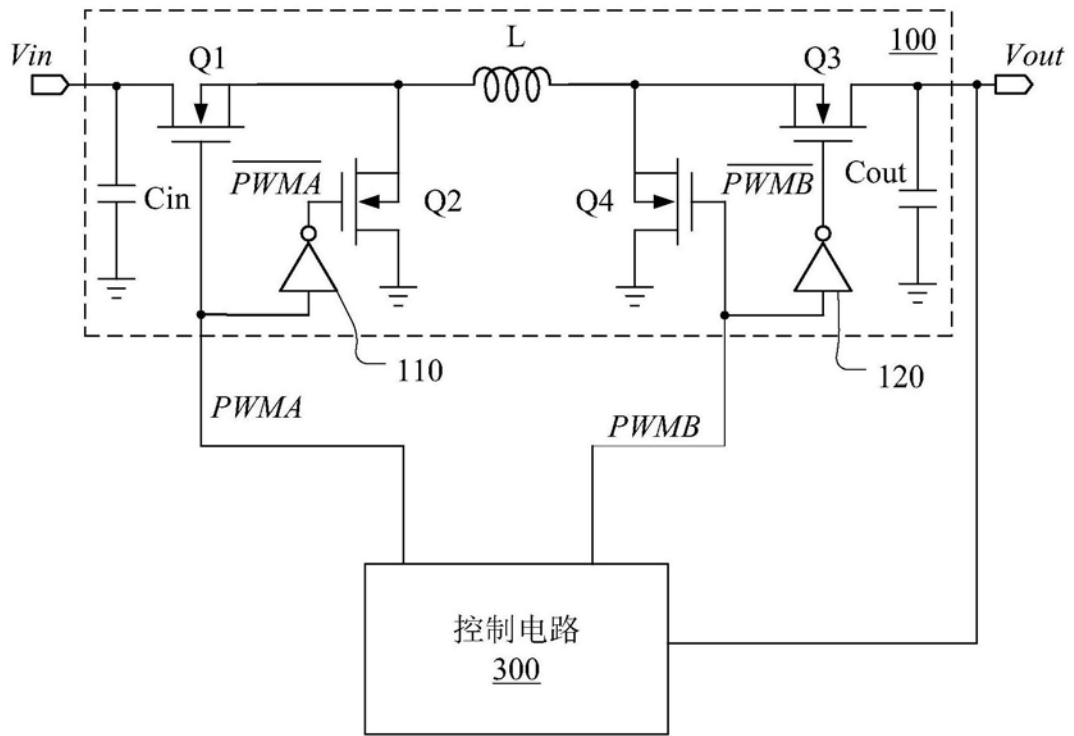


图1

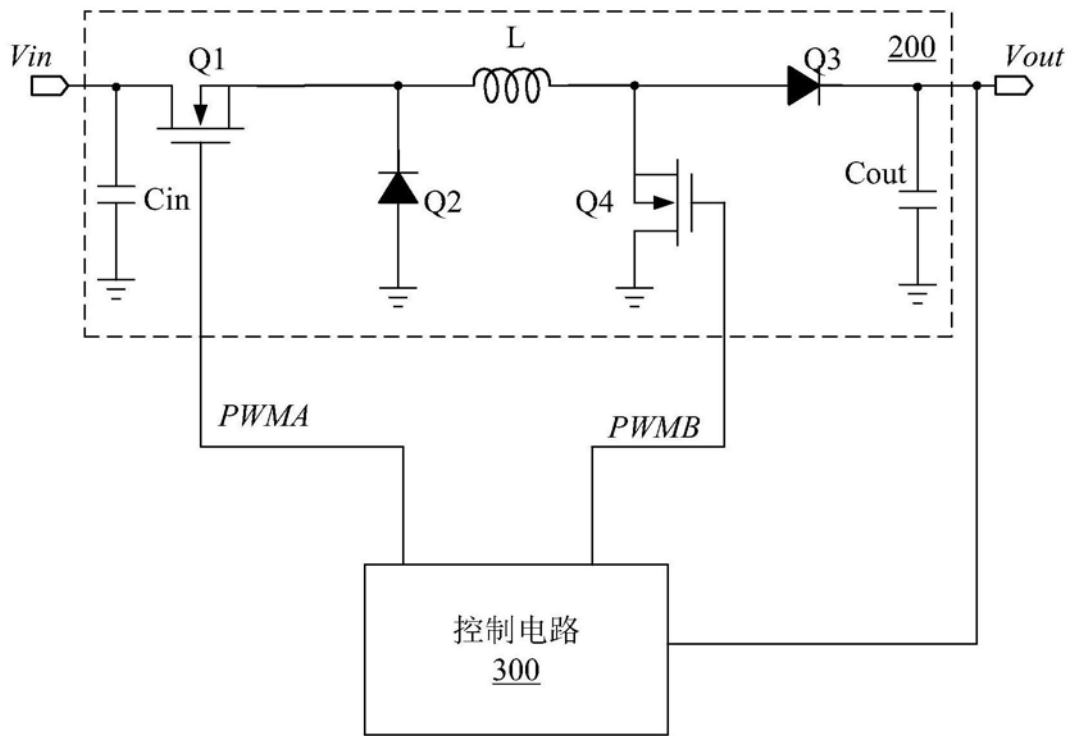


图2

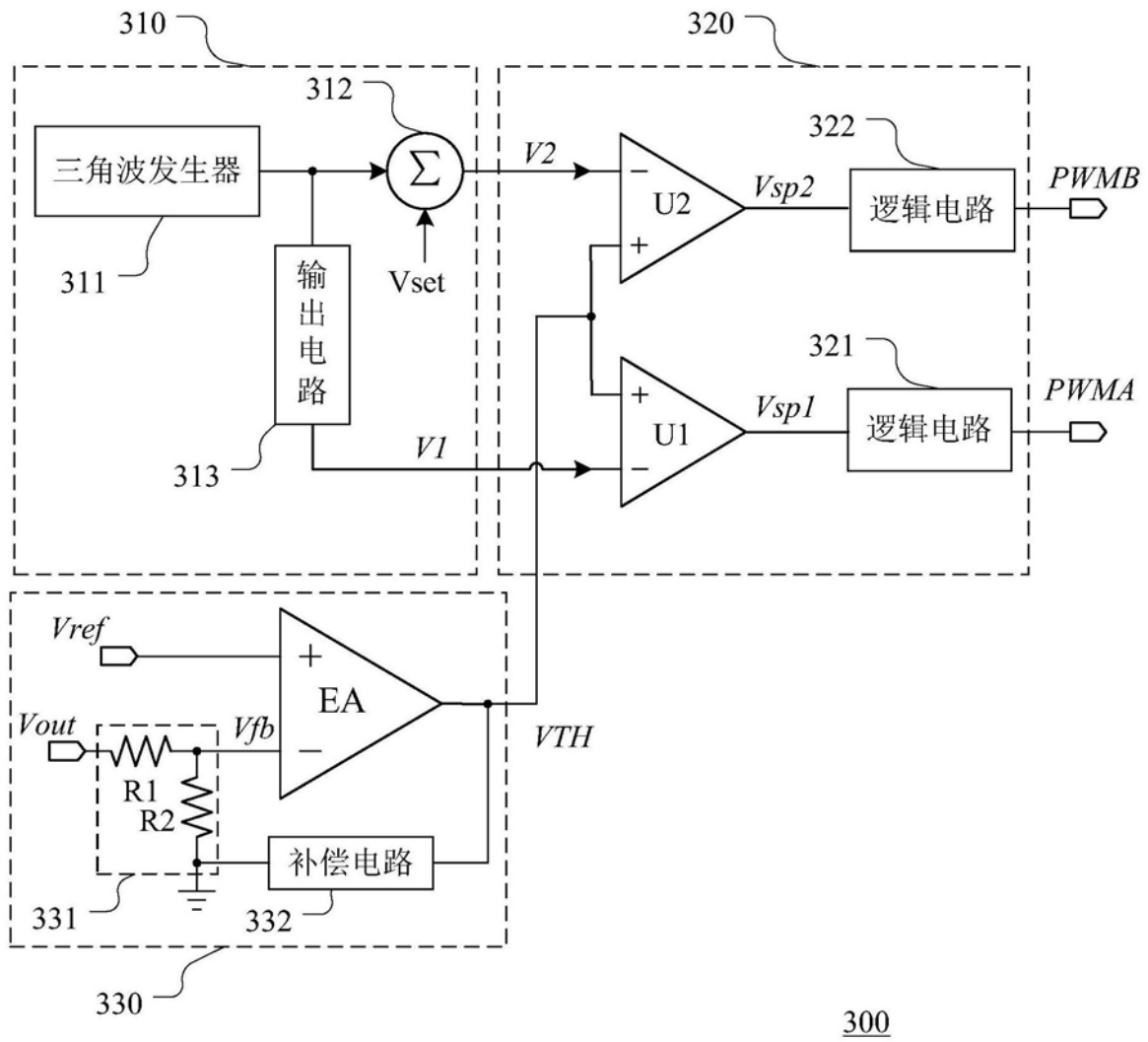


图3



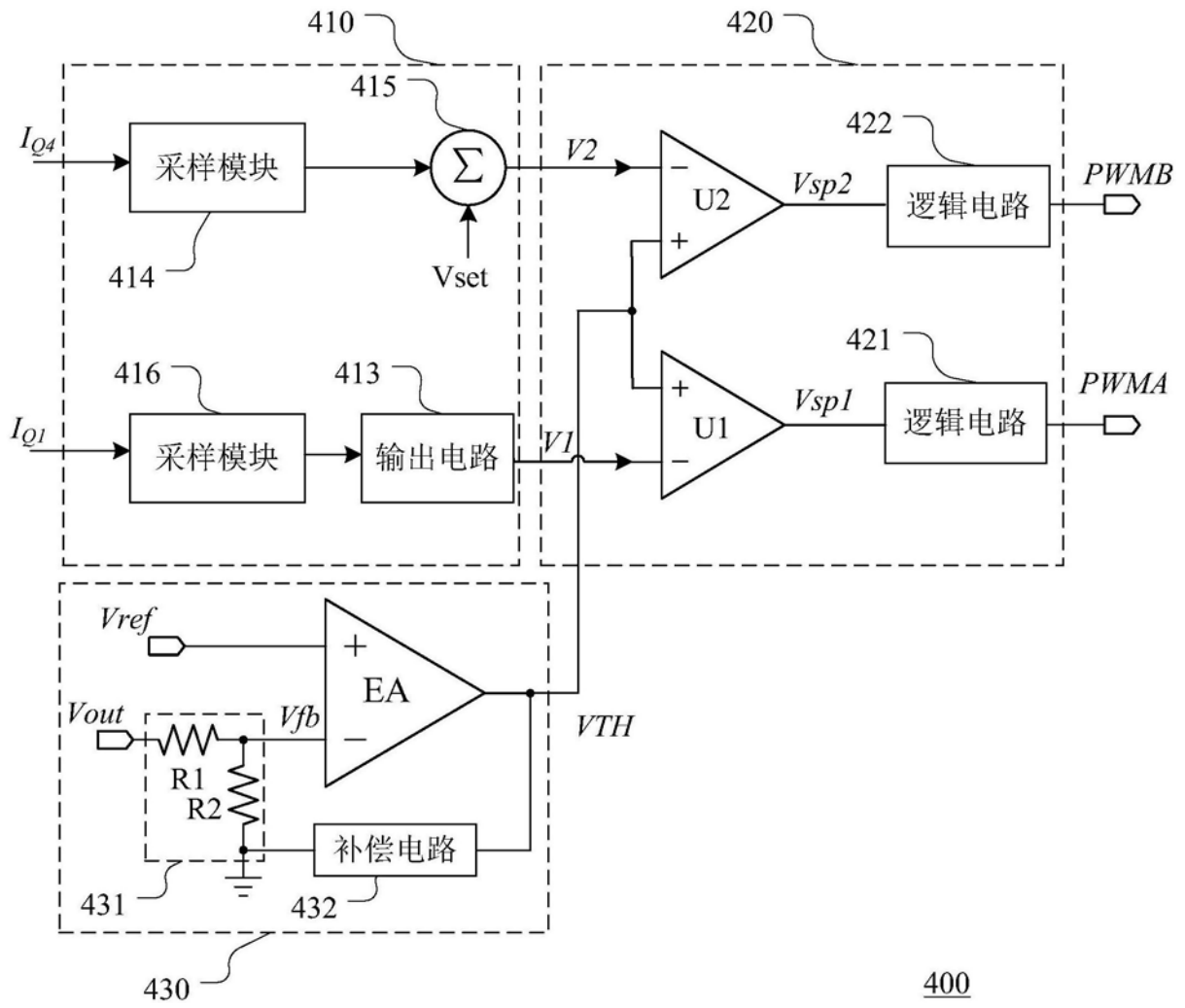


图4

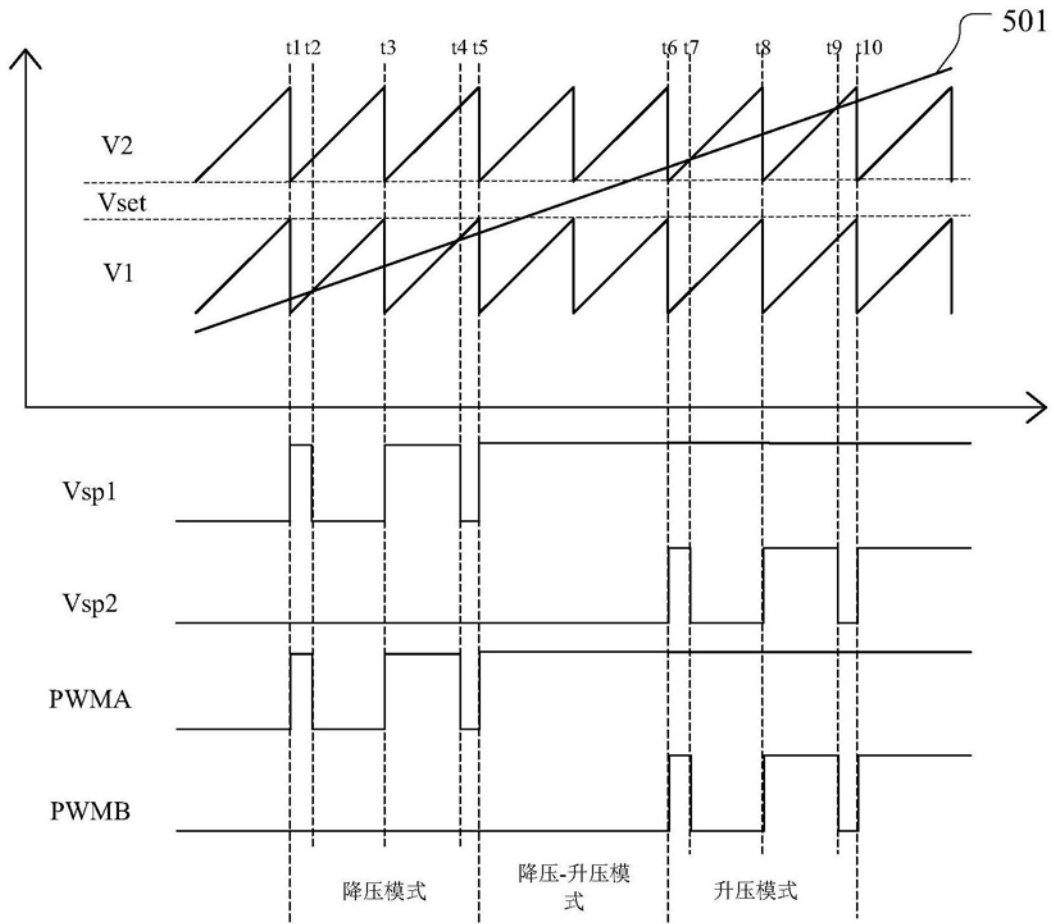


图5