



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105024545 B

(45)授权公告日 2018.12.07

(21)申请号 201410172812.4

H02M 1/14(2006.01)

(22)申请日 2014.04.25

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105024545 A

WO 9743876 A1,1997.11.20,
US 7253593 B1,2007.08.07,
CN 102291104 A,2011.12.21,
CN 103746694 A,2014.04.23,
CN 101764515 A,2010.06.30,

(43)申请公布日 2015.11.04

(73)专利权人 深圳市中兴微电子技术有限公司
地址 518085 广东省深圳市盐田区大梅沙1号厂房

审查员 姜丽

(72)发明人 韦东 耿玮生

(74)专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270

代理人 张颖玲 王黎延

(51)Int.Cl.

H02M 3/155(2006.01)

H02M 1/088(2006.01)

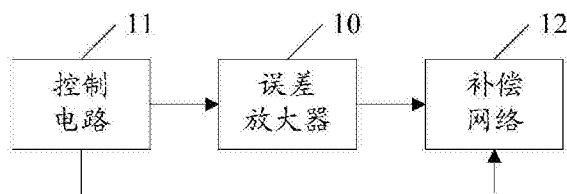
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种开关控制方法、开关控制电路及调控器

(57)摘要

本发明提供了一种开关控制电路,包括误差放大器、补偿网络,以及控制电路;其中,所述补偿网络连接于所述误差放大器的输出端;所述控制电路包括第一开关至第五开关,用于通过控制第一开关至第五开关的开闭状态来控制所述误差放大器和补偿网络的工作状态。本发明还提供了一种开关控制方法及调控器。



1. 一种开关控制电路,包括误差放大器、补偿网络、以及控制电路;所述补偿网络连接于所述误差放大器的输出端;其中,

所述控制电路包括第一开关至第五开关,用于通过同一使能信号控制第一开关至第五开关的开闭状态来控制所述误差放大器和补偿网络的工作状态;所述补偿网络包括电阻和电容;

所述通过同一使能信号控制第一开关至第五开关的开闭状态来控制所述误差放大器和补偿网络的工作状态,包括:

所述控制电路控制第一开关和第二开关处于闭合状态,且第三开关至第五开关处于断开状态时,所述误差放大器工作在放大状态,所述补偿网络工作在电阻和电容的互补状态;

所述控制电路控制第一开关和第二开关处于断开状态,且第三开关至第五开关处于闭合状态时,所述误差放大器工作在电压跟随状态,所述补偿网络工作在电容自补偿状态;

所述开关控制电路的第一开关至第五开关采用采用PMOS或NMOS;

第一开关至第五开关采用PMOS或NMOS时,第一开关的源极和漏极,一极连接输出采样电压,另一极连接误差放大器的反相输入端;第二开关的源极和漏极,一极连接参考电压,另一极连接误差放大器的同相输入端;第三开关的源极和漏极,一极连接电路输出电压,另一极连接误差放大器的同相输入端;第四开关的源极和漏极,一极连接误差放大器的反相输入端,另一极连接误差放大器的输出端;第五开关的源极和漏极分别连接所述补偿网络中电阻的两端。

2. 一种开关控制电路,包括误差放大器、补偿网络、以及控制电路;所述补偿网络连接于所述误差放大器的输出端;其中,

所述控制电路包括第一开关至第五开关,用于通过同一使能信号控制第一开关至第五开关的开闭状态来控制所述误差放大器和补偿网络的工作状态;所述补偿网络包括电阻和电容;

所述通过同一使能信号控制第一开关至第五开关的开闭状态,包括:

所述控制电路控制第一开关和第二开关处于闭合状态,且第三开关至第五开关处于断开状态时,所述误差放大器工作在放大状态,所述补偿网络工作在电阻和电容的互补状态;

所述控制电路控制第一开关和第二开关处于断开状态,且第三开关至第五开关处于闭合状态时,所述误差放大器工作在电压跟随状态,所述补偿网络工作在电容自补偿状态;

所述开关控制电路的第一开关至第五开关采用三极管;

第一开关至第五开关采用三极管时,第一开关的发射极和集电极,一极连接输出采样电压,另一极连接误差放大器的反相输入端;第二开关的发射极和集电极,一极连接参考电压,另一极连接误差放大器的同相输入端;第三开关的发射极和集电极,一极连接电路输出电压,另一极连接误差放大器的同相输入端;第四开关的发射极和集电极,一极连接误差放大器的反相输入端,另一极连接误差放大器的输出端;第五开关的发射极和集电极分别连接所述补偿网络中电阻的两端。

3. 一种应用于权利要求1或2所述的开关控制电路的开关控制方法,其特征在于,所述方法包括:控制电路通过控制第一开关至第五开关的开闭状态,来控制误差放大器和补偿

网络的工作状态,包括:

通过同一使能信号控制第一开关和第二开关处于闭合状态,且第三开关至第五开关处于断开状态,使所述误差放大器工作在放大状态,所述补偿网络工作在电阻和电容的互补状态;

通过所述同一使能信号控制第一开关和第二开关处于断开状态,且第三开关至第五开关处于闭合状态,使所述误差放大器工作在电压跟随状态,所述补偿网络工作在电容自补偿状态。

4.一种调控器,包括权利要求1或2所述的开关控制电路。

一种开关控制方法、开关控制电路及调控器

技术领域

[0001] 本发明涉及电路控制技术,尤其涉及一种开关控制方法、开关控制电路及调控器。

背景技术

[0002] 误差放大器是降压式变换电路(BUCK)中电压控制环路的核心部分,误差放大器的工作方式将会直接影响整个BUCK电路的稳定性。图1为BUCK电路的组成结构示意图,如图1所示,在电压控制环路中,误差放大器的反相输入端连接输出采样电压 V_{FB} ,同相输入端连接参考电压 V_{REF} ;当BUCK电路工作在脉冲宽度调制(Pulse Width Modulation,PWM)模式时,误差放大器的输出电压 V_e 和锯齿波相互比较,通过PWM电压比较器来影响SR锁存器置位端的状态,从而达到改变开关占空比的目的,并最终来稳定电路的输出电压。

[0003] 当BUCK电路处在轻载模式的情况下,电路会通过PWM_PSM控制电路在脉冲跳跃调制(Pulse Skip Modulation,PSM)模式和PWM模式之间相互切换。为了降低功耗,在PSM模式时,利用使能信号PWM_PSM将误差放大器关闭,使得误差放大器的输出端置为一个很低的电平,这样在BUCK电路从PSM模式切换到PWM模式时,由于开关占空比过小,会使得电路输出电压继续下降造成很大且无法确定的纹波。如果在PSM模式时,不关闭误差放大器,这样会使负载的输出电压逐渐降低,从而误差放大器的输出电压不断升高,这样在BUCK电路从PSM模式切换到PWM模式时,误差放大器的输出电平很高,PWM调整输出电压时会造成很大的纹波,如图2所示,为现有的BUCK电路中误差放大器工作时的电路输出电压 V_{out} 及部分工作点的波形图。

[0004] 因此,如果不能很好的设计误差放大器和补偿网络的控制电路,则在轻载情况下,BUCK电路从PSM模式和PWM模式之间相互切换时,电路输出电压将会产生较大的纹波。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明实施例期望提供一种基于误差放大器的开关控制方法、开关控制电路及调控器,能在PSM模式和PWM模式相互切换时很好地控制误差放大器和补偿网络,有效地减小电路输出电压的纹波。

[0006] 为达到上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:

[0007] 本发明实施例提供一种开关控制电路,包括误差放大器、补偿网络、以及控制电路;所述补偿网络连接于所述误差放大器的输出端;其中,

[0008] 所述控制电路包括第一开关至第五开关,用于通过控制第一开关至第五开关的开闭状态来控制所述误差放大器和补偿网络的工作状态。

[0009] 上述方案中,所述控制电路通过同一使能信号控制第一开关至第五开关的开闭状态;所述补偿网络包括电阻和电容;

[0010] 所述控制电路控制第一开关和第二开关处于闭合状态,且第三开关至第五开关处于断开状态时,所述误差放大器工作在放大状态,所述补偿网络工作在电阻和电容的互补状态;

[0011] 所述控制电路控制第一开关和第二开关处于断开状态,且第三开关至第五开关处于闭合状态时,所述误差放大器工作在电压跟随状态,所述补偿网络工作在电容自补偿状态。

[0012] 上述方案中,所述第一开关至第五开关采用PMOS、NMOS、以及三极管中的一种。

[0013] 上述方案中,所述第一开关至第五开关采用PMOS或NMOS时,所述第一开关的源极和漏极,一极连接输出采样电压,另一极连接误差放大器的反相输入端;所述第二开关的源极和漏极,一极连接参考电压,另一极连接误差放大器的同相输入端;所述第三开关的源极和漏极,一极连接电路输出电压,另一极连接误差放大器的同相输入端;所述第四开关的源极和漏极,一极连接误差放大器的反相输入端,另一极连接误差放大器的输出端;所述第五开关的源极和漏极分别连接所述补偿网络中电阻的两端。

[0014] 上述方案中,所述第一开关和第五开关采用三极管时,所述第一开关的发射极和集电极,一极连接输出采样电压,另一极连接误差放大器的反相输入端;所述第二开关的发射极和集电极,一极连接参考电压,另一极连接误差放大器的同相输入端;所述第三开关的发射极和集电极,一极连接电路输出电压,另一极连接误差放大器的同相输入端;所述第四开关的发射极和集电极,一极连接误差放大器的反相输入端,另一极连接误差放大器的输出端;所述第五开关的发射极和集电极分别连接所述补偿网络中电阻的两端。

[0015] 本发明实施例还提供一种开关控制方法,该方法包括:控制电路通过控制第一开关至第五开关的开闭状态,来控制误差放大器和补偿网络的工作状态。

[0016] 上述方案中,所述控制电路通过控制第一开关至第五开关的开闭状态,来控制误差放大器和补偿网络的工作状态包括:

[0017] 通过同一使能信号控制第一开关和第二开关处于闭合状态,且第三开关至第五开关处于断开状态,使所述误差放大器工作在放大状态,所述补偿网络工作在电阻和电容的互补状态;

[0018] 通过所述同一使能信号控制第一开关和第二开关处于断开状态,且第三开关至第五开关处于闭合状态,使所述误差放大器工作在电压跟随状态,所述补偿网络工作在电容自补偿状态。

[0019] 本发明实施例又提供一种调控器,包括上述开关控制电路。

[0020] 本发明实施例所提供的开关控制方法、开关控制电路及调控器,由控制电路通过控制第一开关至第五开关的开闭状态,来控制所述误差放大器和补偿网络的工作状态;第一开关和第二开关处于闭合状态,且第三开关至第五开关处于断开状态,使所述误差放大器工作在放大状态,所述补偿网络工作在电阻和电容的互补状态;第一开关和第二开关处于断开状态,且第三开关至第五开关处于闭合状态,使所述误差放大器工作在电压跟随状态,所述补偿网络工作在电容自补偿状态。如此,通过控制误差放大器和补偿网络,当负载较轻的情况下,BUCK电路在PSM模式和PWM模式相互切换时,能够有效控制误差放大器的输出,从而减小电路输出电压的纹波。

[0021] 另外,本发明实施例通过控制连接于所述误差放大器的输出端的补偿网络,能有效地提高误差放大器和BUCK电路的稳定性;而且,本发明实施例中,所述开关控制电路,实现方案简单、方便,易于实现。

附图说明

[0022] 图1为BUCK电路的组成结构示意图；

[0023] 图2为现有的BUCK电路中误差放大器工作时的电路输出电压及部分工作点的波形图；

[0024] 图3为本发明实施例开关控制电路的组成结构示意图；

[0025] 图4为本发明实施例实际应用中开关控制电路的组成结构示意图；

[0026] 图5为本发明实施例在轻载时BUCK电路的电路输出电压的波形图及其对应的五个开关的工作情况示意图；

[0027] 图6为本发明实施例BUCK电路中误差放大器工作时的电路输出电压及部分工作点的波形图。

具体实施方式

[0028] 在本发明实施例中，由控制电路通过控制第一开关至第五开关的开闭状态，来控制所述误差放大器和补偿网络的工作状态。

[0029] 具体的，所述控制电路通过同一使能信号控制第一开关和第二开关处于闭合状态，第三开关至第五开关处于断开状态，使所述误差放大器工作在放大状态，所述补偿网络工作在电阻和电容的互补状态；所述控制电路通过所述同一使能信号控制第一开关和第二开关处于断开状态，且第三开关至第五开关处于闭合状态，使所述误差放大器工作在电压跟随状态，所述补偿网络工作在电容自补偿状态。

[0030] 这里，所述同一使能信号为图1所示的BUCK电路中的使能信号PWM_PSM。

[0031] 下面结合附图及具体实施例对本发明再作进一步详细的说明。

[0032] 图3为本发明实施例开关控制电路的组成结构示意图，如图3所示，所述开关控制电路包括：误差放大器10、补偿网络11、以及控制电路12；其中，

[0033] 所述补偿网络11连接于所述误差放大器10的输出端；

[0034] 所述控制电路12包括第一开关至第五开关，用于通过控制第一开关至第五开关的开闭状态，来控制所述误差放大器10和补偿网络11的工作状态。

[0035] 进一步的，所述控制电路通过同一使能信号控制第一开关至第五开关的开闭状态；所述补偿网络包括电阻和电容。

[0036] 在实际应用中，如图4所示，所述补偿网络11包括电阻 R_1 和电容 C_1 ，所述控制电路12包括第一开关 K_1 、第二开关 K_2 、第三开关 K_3 、第四开关 K_4 、第五开关 K_5 ；所述控制电路12通过同一使能信号控制第一开关 K_1 至第五开关 K_5 的开闭状态，来控制所述误差放大器(EA) 10和补偿网络11的工作状态。

[0037] 具体地，所述控制电路12通过同一使能信号控制第一开关 K_1 和第二开关 K_2 处于闭合状态，且第三开关 K_3 、第四开关 K_4 、以及第五开关 K_5 处于断开状态，使得所述EA10工作在放大状态，所述补偿网11工作在电阻和电容的互补状态；所述控制电路12通过所述同一使能信号控制第一开关 K_1 和第二开关 K_2 处于断开状态，且第三开关 K_3 、第四开关 K_4 、以及第五开关 K_5 处于闭合状态，使得所述EA10工作在电压跟随状态，所述补偿网络11工作在电容自补偿状态。

[0038] 这里,所述第一开关 K_1 至第五开关 K_5 采用PMOS、NMOS、以及三极管中的一种。

[0039] 当所述第一开关 K_1 至第五开关 K_5 采用PMOS或NMOS时,所述第一开关 K_1 的源极和漏极,一极连接输出采样电压 V_{FB} ,另一极连接EA10的反相输入端;所述第二开关 K_2 的源极和漏极,一极连接参考电压 V_{REF} ,另一极连接EA10的同相输入端;所述第三开关 K_3 的源极和漏极,一极连接电路输出电压 V_{out} ,另一极连接误差放大器10的同相输入端;所述第四开关 K_4 的源极和漏极,一极连接EA10的反相输入端,另一极连接EA10的输出端;所述第五开关 K_5 的源极和漏极分别连接所述补偿网络11中电阻 R_1 的两端。

[0040] 当所述第一开关 K_1 至第五开关 K_5 采用三极管时,所述第一开关 K_1 的发射极和集电极,一极连接输出采样电压 V_{FB} ,另一极连接EA10的反相输入端;所述第二开关 K_2 的发射极和集电极,一极连接参考电压 V_{REF} ,另一极连接EA10的同相输入端;所述第三开关 K_3 的发射极和集电极,一极连接电路输出电压 V_{out} ,另一极连接EA10的同相输入端,所述第四开关 K_4 的发射极和集电极,一极连接EA10的反相输入端,另一极连接EA10的输出端;所述第五开关 K_5 的发射极和集电极分别连接所述补偿网络11中电阻 R_1 的两端。

[0041] 这里,需要说明的是,针对第一开关 K_1 至第五开关 K_5 所采用的器件类型的选择,可以通过增加反相器的方式将使能信号反相,从而保证第一开关 K_1 和第二开关 K_2 同时开启或者关断,第三开关 K_3 至第五开关 K_5 同时开启或者关断,以及第一开关 K_1 和第二开关 K_2 与第三开关 K_3 至第五开关 K_5 的开启或者关断状态刚好相反。

[0042] 如此,在负载较轻时,为了提高电源效率,BUCK电路会在PWM模式和PSM模式相互切换。在这两种不同模式下,所述EA10的工作状态和补偿网络11是不相同的。

[0043] 当BUCK电路工作在PSM模式时,通过同一使能信号PWM_PSM控制第一开关 K_1 和第二开关 K_2 断开,而第三开关 K_3 、第四开关 K_4 、以及第五开关 K_5 闭合,误差放大器工作在闭环模式下,其输出电压 V_c 跟随输入电压的变化, $V_c = V_{out}$,即误差放大器作为单位增益运算放大器工作,其输出跟随输入电压的变化。同时,补偿网络11工作在电容自补偿状态,电阻 R_1 被第五开关 K_5 短路,此时电容 C_1 作为误差放大器的自补偿电容,可以很好得提高误差放大器的闭环稳定性。

[0044] 当BUCK电路切换为PWM模式工作时,通过PWM_PSM控制第一开关 K_1 和第二开关 K_2 闭合,而第三开关 K_3 、第四开关 K_4 、以及第五开关 K_5 断开,误差放大器工作在开环模式下,将参考电压 V_{REF} 与输出采样电压 V_{FB} 的差值进行放大,其输出电压 V_c 与锯齿波比较,从而达到改变开关占空比的目的。同时,补偿网络11工作在电阻和电容的互补状态,电阻 R_1 和电容 C_1 的共同作用引入一个在 $1/R_1C_1$ 处的零点,用以补偿BUCK电路的LC极点,以得到足够大的相位裕度,从而提高整个BUCK电路的稳定性。

[0045] 基于上述开关控制电路,本发明实施例还提供了一种开关控制方法,该方法包括:控制电路通过控制第一开关至第五开关的开闭状态,来控制所述误差放大器和补偿网络的工作状态。

[0046] 具体的,所述控制电路通过同一使能信号控制第一开关和第二开关处于闭合状态,第三开关、第四开关、以及第五开关处于断开状态,使所述误差放大器工作在放大状态,所述补偿网络工作在电阻和电容的互补状态;所述控制电路通过所述同一使能信号控制第一开关和第二开关处于断开状态,第三开关、第四开关、以及第五开关处于闭合状态,使所述误差放大器工作在电压跟随状态,所述补偿网络工作在电容自补偿状态。

[0047] 基于上述开关控制电路,本发明实施例又提供了一种调控器,包括开关控制电路,所述开关控制电路的具体组成结构、以及各组成结构完成的功能,与图3、图4所示的组成结构和所完成的功能相同。

[0048] 图5为本发明实施例在轻载时BUCK电路的电路输出电压的波形图及其对应的五个开关的工作情况示意图。当BUCK电路切换到PWM时,结合图1和图4所示,在电路输出电压 V_{out} 上升的AB段,电感电流减小,当过零检测电路检测到过零信号时,即 V_{zcd} 变为高电平,则电路转入到PSM工作模式,此时电路输出电压 V_{out} 升高到B点;这时,通过使能信号PWM_PSM控制第一开关 K_1 和第二开关 K_2 断开,而第三开关 K_3 、第四开关 K_4 、以及第五开关 K_5 闭合,结果使得EA的同相输入端与电路输出电压 V_{out} 直接相连,EA的反相输入端与输出端相连,误差放大器工作在闭环模式下,误差放大器的输出电压 V_c 跟随输入电压的变化。

[0049] 如图5所示,在电路输出电压 V_{out} 下降的BC段,BUCK电路工作在PSM模式下,误差放大器作为单位增益放大器一直跟随电路输出电压的变化,由于电路工作在PSM模式下的时间足够长,所以完全能够满足误差放大器的响应时间。此时PWM模式中的其它模块,如SR锁存器,电压比较器等都处于关闭状态。

[0050] 当电路输出电压 V_{out} 降低到C点时,电路输出电压 V_{out} 同预置参考电压 V_{SET} 进行比较,使得图1中所示开关管M1闭合,M2管断开,电感两端电流上升,BUCK电路从PSM模式切换到PWM模式工作。此时,EA的输出电压 V_c 仍等于电路输出电压 V_{out} 。当电路切换到PWM模式时,通过使能信号PWM_PSM控制第一开关 K_1 和第二开关 K_2 闭合,而第三开关 K_3 、第四开关 K_4 、以及第五开关 K_5 断开,EA将输出采样电压 V_{FB} 和参考电压 V_{REF} 的差值进行放大,得到的输出电压 V_c 同锯齿波比较,达到改变开关管占空比的目的。

[0051] 需要说明的是,预设PWM_PSM在低电平时控制BUCK电路转入PWM模式,则当所述第一开关至第五开关 $K_1 \sim K_5$ 同时采用在同一使能信号为低电平时才导通的PMOS或PNP型三极管的情况下,需要在第三开关、第四开关、以及第五开关所采用的PMOS或PNP型三极管上增加一个反向器。

[0052] 另外,除上述所述五个开关所采用的器件外,任意输入/输出具有开关逻辑的器件或组合电路均属于本发明的保护范围。

[0053] 本发明实施例BUCK电路中误差放大器工作时的电路输出电压及部分工作点的波形图,如图6所示。通过对比图2和图6中的电路输出电压波形,可以明显地看出电路输出电压的纹波得到了很好地改善。

[0054] 以上所述,仅为本发明的较佳实施例而已,并非用于限定本发明的保护范围。

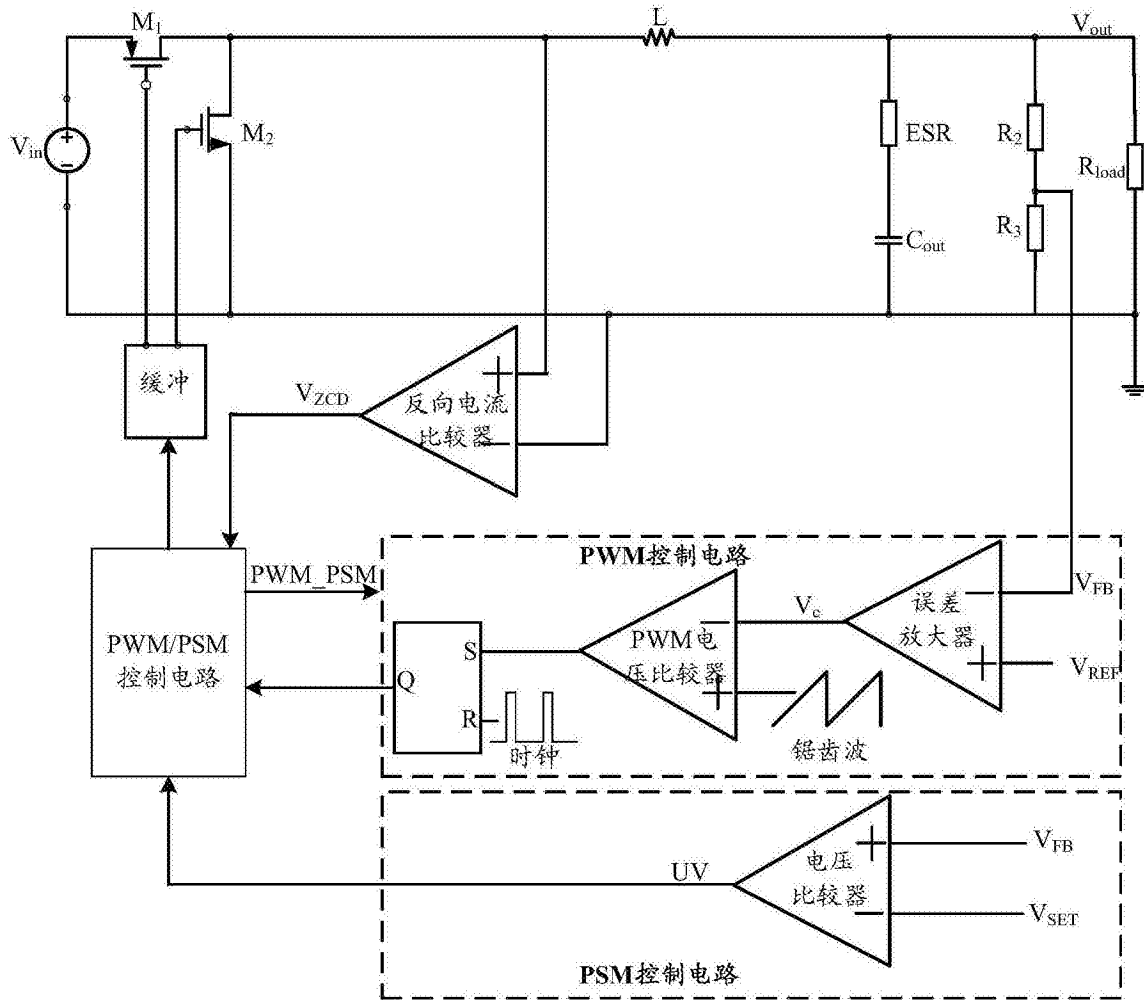


图1

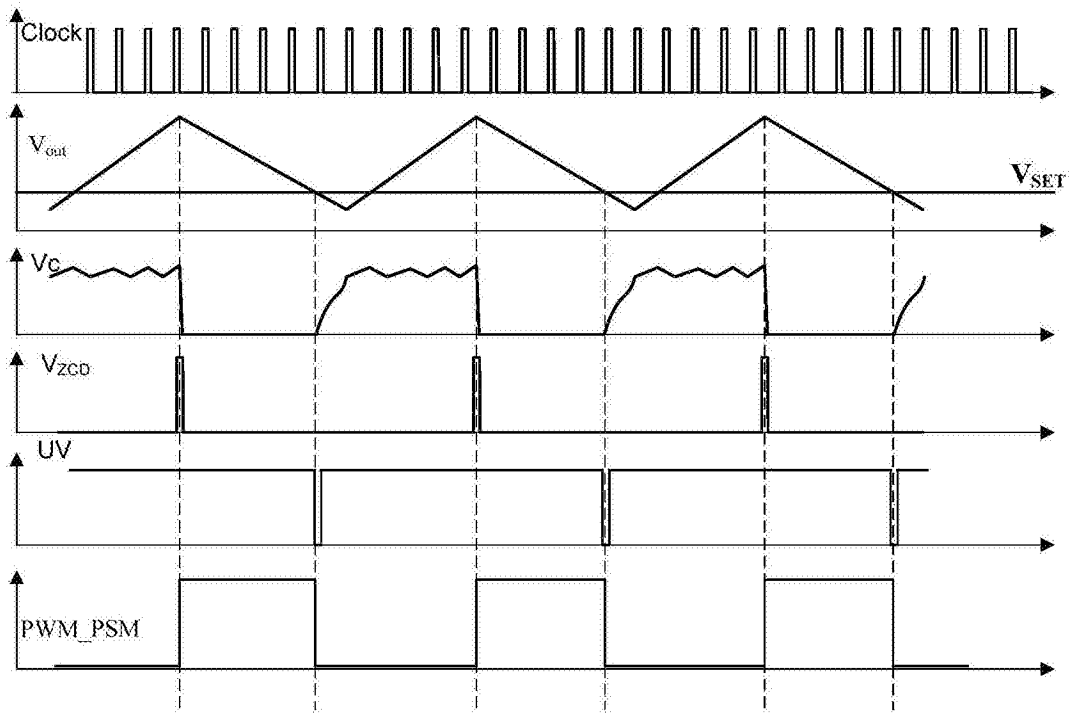


图2

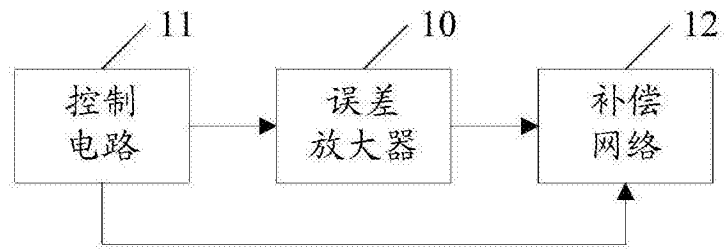


图3

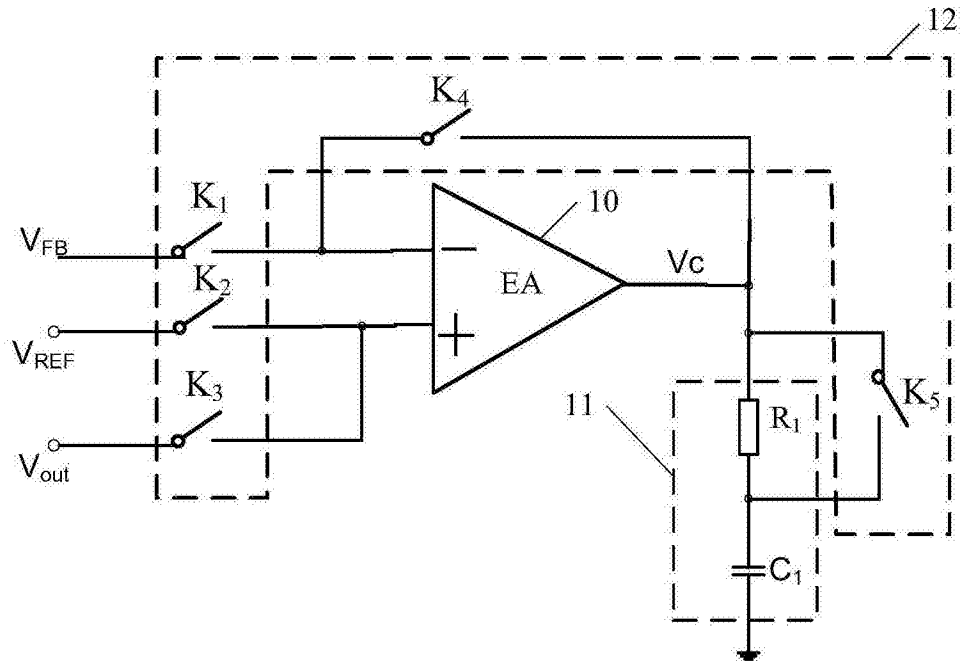


图4

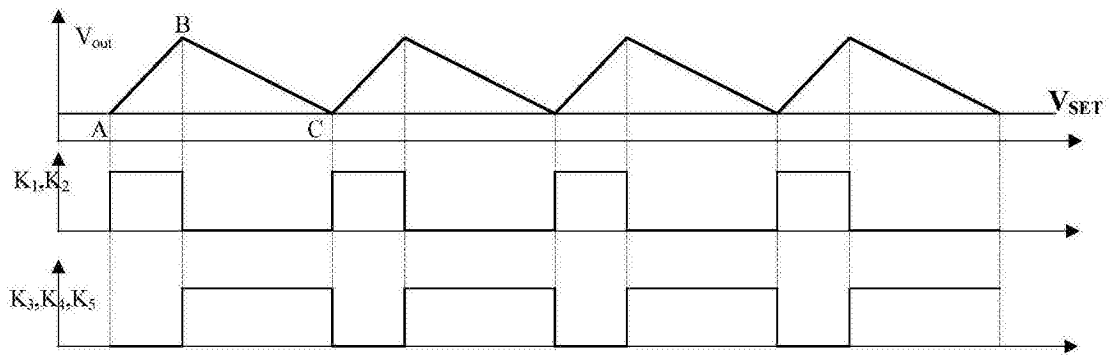


图5

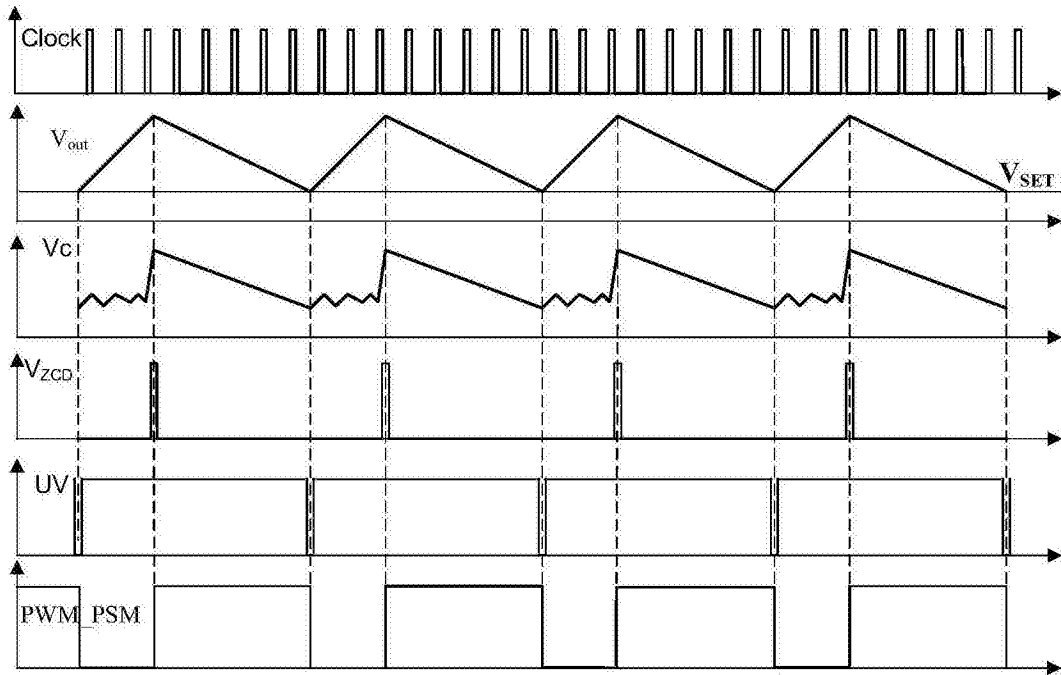


图6