



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108429445 A

(43)申请公布日 2018.08.21

(21)申请号 201710076197.0

(22)申请日 2017.02.13

(71)申请人 珠海全志科技股份有限公司
地址 519085 广东省珠海市高新区唐家湾镇科技二路9号

(72)发明人 杨昀 王蒙 陈钢

(74)专利代理机构 广东深宏盾律师事务所
44364

代理人 赵琼花

(51) Int. Cl.
H02M 1/36(2007.01)
H02M 3/07(2006.01)

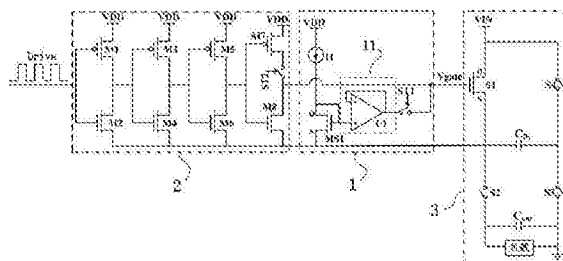
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种应用于电荷泵的软启动电路

(57)摘要

本发明公开了一种应用于电荷泵的软启动电路,包括电流源、缓冲驱动单元、第一控制开关、第二控制开关、晶体管。晶体管的栅极与漏极相互连接。在电荷泵的软启动阶段,第二控制开关关断驱动模块的上拉功能,驱动模块用于驱动电荷泵的功率管的栅极。在第一控制开关处于开启状态下,电流源的电流流入晶体管,晶体管的栅极产生栅极电压,栅极电压通过缓冲驱动单元送到功率管的栅极,开启功率管。在第一控制开关处于关断状态下,晶体管的栅极产生栅极电压被截止,驱动模块将功率管的栅极电位拉至低电位,关断功率管。该电路的晶体管采用二极管连接形式接收电流源的电流,产生栅极电压,在电流源电流过小的状态下,可有效软启动电荷泵。



1. 一种应用于电荷泵的软启动电路,其特征在于:

包括电流源、缓冲驱动单元、第一控制开关、第二控制开关、晶体管;

所述晶体管的栅极与漏极相互连接;

在电荷泵的软启动阶段,所述第二控制开关关断驱动模块的上拉功能,所述驱动模块用于驱动电荷泵的功率管的栅极;所述第一控制开关接收一开关控制信号,所述开关控制信号用于控制所述第一控制开关的开启或关断;

在所述第一控制开关处于开启状态下,所述电流源的电流流入所述晶体管,所述晶体管的栅极产生栅极电压,所述栅极电压通过所述缓冲驱动单元送到所述功率管的栅极,开启所述功率管;

在所述第一控制开关处于关断状态下,所述晶体管的栅极产生的栅极电压被截止,所述驱动模块将所述功率管的栅极电压拉至低电位,关断所述功率管。

2. 根据权利要求1所述的应用于电荷泵的软启动电路,其特征在于:

所述晶体管、功率管均为N型MOS管;

所述晶体管、功率管的源极分别与自身的衬底相连接。

3. 根据权利要求1所述的应用于电荷泵的软启动电路,其特征在于:

所述驱动模块包括若干级反相器;

每个反相器包括用于上拉控制的P型MOS管、用于下拉控制的N型MOS管;

每个反相器中,P型MOS管的源极与电源相连接;N型MOS管的源极与所述功率管的源极相连接;P型MOS管的栅极与N型MOS管的栅极相连接,连接节点作为该反相器的输入端;P型MOS管的漏极与N型MOS管的漏极相连接,连接节点作为该反相器的输出端;

所述驱动模块的输出级的反相器中P型MOS管的漏极通过所述第二控制开关与所述功率管的栅极相连接。

4. 根据权利要求1所述的应用于电荷泵的软启动电路,其特征在于:

所述缓冲驱动单元包含单位增益缓冲器U1;

所述晶体管的栅极与所述单位增益缓冲器U1的正相输入端相连接;

所述单位增益缓冲器U1的输出端通过所述第一控制开关与所述功率管的栅极相连接;

所述单位增益缓冲器U1的输出端并且与单位增益缓冲器U1的反相输入端相连接。

5. 一种应用于电荷泵的软启动电路,其特征在于:

包括电流源、缓冲驱动单元、第一控制开关、第二控制开关、晶体管;

所述晶体管的栅极与漏极相互连接;

电源通过所述电流源连接所述晶体管的漏极和栅极;

所述晶体管的栅极依次通过所述缓冲驱动单元、第一控制开关与电荷泵的所述功率管的栅极相连接;

所述晶体管的源极与所述功率管的源极相连接;

所述功率管的栅极接收一驱动模块的驱动信号;

所述第二控制开关用于在电荷泵的软启动阶段关断所述驱动模块的上拉功能。

6. 根据权利要求5所述的应用于电荷泵的软启动电路,其特征在于:

所述晶体管、功率管均为N型MOS管;

所述晶体管、功率管的源极分别与自身的衬底相连接。

7. 一种应用于电荷泵的软启动电路,其特征在于:

包括电流源、缓冲驱动单元、第一控制开关、第二控制开关、晶体管;

所述晶体管的栅极与漏极相互连接;

在电荷泵的软启动阶段,所述第二控制开关关断驱动模块的下拉功能,所述驱动模块用于驱动电荷泵功率管的栅极;所述第一控制开关接收一开关控制信号,所述开关控制信号用于控制所述第一控制开关的开启或关断;

在所述第一控制开关处于开启状态下,所述晶体管内的电流通过的所述电流源流出,所述晶体管的栅极产生低电位的栅极电压,所述低电位的栅极电压通过所述缓冲驱动单元送到所述功率管的栅极,开启所述功率管;

在所述第一控制开关处于关断状态下,所述晶体管的栅极产生的低电位的栅极电压被截止,所述驱动模块将所述功率管的栅极电压拉至高电位,关断所述功率管。

8. 根据权利要求7所述的应用于电荷泵的软启动电路,其特征在于:

所述晶体管、功率管均为P型MOS管;

所述晶体管、功率管的源极分别与自身的衬底相连接。

9. 根据权利要求7所述的应用于电荷泵的软启动电路,其特征在于:

所述驱动模块包括若干级反相器;

每个反相器包括用于上拉控制的P型MOS管、用于下拉控制的N型MOS管;

每个反相器中,P型MOS管的源极与电源相连接;N型MOS管的源极接地;P型MOS管的栅极与N型MOS管的栅极相连接,连接节点作为该反相器的输入端;P型MOS管的漏极与N型MOS管的漏极相连接,连接节点作为该反相器的输出端;

所述驱动模块的输出级的反相器中N型MOS管的漏极通过所述第二控制开关与所述功率管的栅极相连接。

10. 一种应用于电荷泵的软启动电路,其特征在于:

包括电流源、缓冲驱动单元、第一控制开关、第二控制开关、晶体管;

所述晶体管的栅极与漏极相互连接;

所述晶体管的源极连接电源;

所述晶体管的漏极通过所述电流源接地;

所述晶体管的栅极依次通过所述缓冲驱动单元、第一控制开关与电荷泵的所述功率管的栅极相连接;

所述晶体管的源极与所述功率管的源极相连接;

所述功率管的栅极接收一驱动模块的驱动信号;

所述第二控制开关用于在电荷泵的软启动阶段关断所述驱动模块的下拉功能。

一种应用于电荷泵的软启动电路

技术领域

[0001] 本发明涉及电荷泵驱动技术领域,尤其涉及一种应用于电荷泵的软启动电路。

背景技术

[0002] 电荷泵也称为开关电容式电压变换器,是一种利用自举电容来储能的DC-DC变换器。电荷泵能使输入电压升高或降低,也可以用于产生负电压。

[0003] 参见图1,其中电荷泵3为现有技术中电荷泵的结构示意图,包含S1、S2、S3和S4为四个功率管(开关管),及电容Cf1y、电容Cout。

[0004] Q1和Q2为两相互不交叠时钟信号,其中,时钟信号Q1控制功率管S1和S3的导通和关断;时钟信号Q2控制功率管S2和S4的导通和关断。

[0005] 当时钟信号Q1为高时,即Q2为低时,功率管S1和S3导通,功率管S2和S4关断。此时,电源VIN给电容Cf1y充电。

[0006] 当时钟信号Q2为高时,即Q1为低时,功率管S2和S4导通,功率管S1和S3关断,此时,电容Cf1y给电容Cout充电。

[0007] 电容Cout两端并联负载,负载两端的电压就是电容Cout两端的电压VO。

[0008] 软启动电路广泛运用于电荷泵等开关电容式电压变换器中,用以限制上电过程中的充电电流,减小浪涌电流,避免了对电荷泵中的元器件造成损害,因此如何设计软启动电路使其能有效并可控地限制上电过程中的浪涌电流变得至关重要。

[0009] 常见的运用于电荷泵中的软启动电路是通过在充电路径增加可变电阻或控制功率管的导通电阻实现的,在充电路径中增加可变电阻的方法原理是在系统启动时,可变电阻的阻抗较大,限制了电源对自举电容的充电电流,从而减小了浪涌电流。随着输出电压的增大,可变电阻的阻抗逐渐减少,在系统正常工作以后,可变电阻的阻抗最终稳定在一个最小值上。这种软启动方式,虽然可以很好的起抑制浪涌电流的效果,但是由于可变电阻处在自举电容的充电路径上,即使在系统正常工作以后,可变电阻上仍要消耗一定的功率,从而降低了系统的效率。

[0010] 为了解决自举电容的充电路径上可变电阻对系统效率的影响,现有的电荷泵软启动电路如图1所示。当电荷泵软启动时,控制开关ST1断开,功率管S1的栅极通过驱动模块和电流源I1连接电源。电源以电流源I1的电流为功率管S1的栅极充电。此时,功率管S1的导通电阻由高阻态逐渐减少,这样可以抑制软启动时的浪涌电流。当电荷泵软启动结束后,控制开关ST1闭合,功率管S1的栅极通过驱动模块的晶体管M7进行充电。因此,功率管S1的栅极又恢复为驱动模块的驱动信号方波。

[0011] 电流源的电流受功率管的栅极电容的导通时间和阈值电压的影响较大,无法达到对浪涌电流的有效限制。若电流源电流较小,可能在功率管导通阶段内功率管的栅极电压没有充到其阈值电压或放电到其阈值电压,则功率管无法开启;若电流源电流较大,则在功率管导通阶段内功率管的栅极电压被充到很高电压或放电到很低电压,使功率管进入低阻态,则无法有效限制充电电流。

发明内容

[0012] 针对现有技术的不足,本发明提出了一种应用于电荷泵的软启动电路,该电路的晶体管采用二极管连接形式接收电流源的电流,然后产生用于控制电荷泵中功率管S1栅极的栅极电压,栅极电压仅与晶体管内的电流相关,解决了现有软启动电路在电流源电流过小的状态下,无法有效启动功率管的问题。

[0013] 为了实现上述目的,本发明技术方案如下:

一种应用于电荷泵的软启动电路,包括电流源、缓冲驱动单元、第一控制开关、第二控制开关、晶体管。晶体管的栅极与漏极相互连接。

[0014] 在电荷泵的软启动阶段,第二控制开关关断驱动模块的上拉功能,驱动模块用于驱动电荷泵的功率管的栅极;第一控制开关接收一开关控制信号,开关控制信号用于控制第一控制开关的开启或关断。

[0015] 在第一控制开关处于开启状态下,电流源的电流流入晶体管,晶体管的栅极产生栅极电压,栅极电压通过缓冲驱动单元送到功率管的栅极,开启功率管。

[0016] 在第一控制开关处于关断状态下,晶体管的栅极产生栅极电压被截止,驱动模块将功率管的栅极电位拉至低电位,关断功率管。

[0017] 进一步地,晶体管、功率管均为N型MOS管。晶体管、功率管的源极分别与自身的衬底相连接。

[0018] 进一步地,驱动模块包括若干级反相器。每个反相器包括用于上拉控制的P型MOS管、用于下拉控制的N型MOS管。每个反相器中,P型MOS管的源极与电源相连接;N型MOS管的源极与功率管的源极相连接;P型MOS管的栅极与N型MOS管的栅极相连接,连接节点作为该反相器的输入端;P型MOS管的漏极与N型MOS管的漏极相连接,连接节点作为该反相器的输出端。驱动模块的输出级的反相器中P型MOS管的漏极通过第二控制开关与功率管的栅极相连接。

[0019] 进一步地,缓冲驱动单元包含单位增益缓冲器U1。晶体管的栅极与单位增益缓冲器U1的正相输入端相连接。单位增益缓冲器U1的输出端通过第一控制开关与功率管的栅极相连接。并且单位增益缓冲器U1的输出端与单位增益缓冲器U1的反相输入端相连接。

[0020] 一种应用于电荷泵的软启动电路,包括电流源、缓冲驱动单元、第一控制开关、第二控制开关、晶体管。晶体管的栅极与漏极相互连接。电源通过电流源连接晶体管的漏极和栅极。晶体管的栅极依次通过缓冲驱动单元、第一控制开关与电荷泵的功率管的栅极相连接。晶体管的源极与功率管的源极相连接。功率管的栅极接收一驱动模块的驱动信号。第二控制开关用于在电荷泵的软启动阶段关断驱动模块的上拉功能。

[0021] 进一步地,晶体管、功率管均为N型MOS管。晶体管、功率管的源极分别与自身的衬底相连接。

[0022] 一种应用于电荷泵的软启动电路,包括电流源、缓冲驱动单元、第一控制开关、第二控制开关、晶体管。晶体管的栅极与漏极相互连接。

[0023] 在电荷泵的软启动阶段,第二控制开关关断驱动模块的下拉功能,驱动模块用于驱动电荷泵的功率管的栅极;第一控制开关接收一开关控制信号,开关控制信号用于控制第一控制开关的开启或关断。

[0024] 在第一控制开关处于开启状态下,晶体管内的电流通过的电流源流出,晶体管的栅极产生低电位的栅极电压,低电位的栅极电压通过缓冲驱动单元送到功率管的栅极,开启功率管。

[0025] 在第一控制开关处于关断状态下,晶体管的栅极产生的低电位的栅极电压被截止,驱动模块将功率管的栅极电位拉至高电位,关断功率管。

[0026] 进一步地,晶体管、功率管均为P型MOS管。晶体管、功率管的源极分别与自身的衬底相连接。

[0027] 进一步地,驱动模块包括若干级反相器。每个反相器包括用于上拉控制的P型MOS管、用于下拉控制的N型MOS管。每个反相器中,P型MOS管的源极与电源相连接;N型MOS管的源极接地;P型MOS管的栅极与N型MOS管的栅极相连接,连接节点作为该反相器的输入端;P型MOS管的漏极与N型MOS管的漏极相连接,连接节点作为该反相器的输出端。驱动模块的输出级的反相器中N型MOS管的漏极通过第二控制开关与功率管的栅极相连接。

[0028] 一种应用于电荷泵的软启动电路,包括电流源、缓冲驱动单元、第一控制开关、第二控制开关、晶体管。晶体管的栅极与漏极相互连接。晶体管的源极连接电源。晶体管的漏极通过电流源接地。晶体管的栅极依次通过缓冲驱动单元、第一控制开关与电荷泵的功率管的栅极相连接。晶体管的源极与功率管的源极相连接。功率管的栅极接收一驱动模块的驱动信号。第二控制开关用于在电荷泵的软启动阶段关断驱动模块的下拉功能。

[0029] 本发明的有益效果:

该电路的晶体管采用二极管连接形式接收电流源的电流,然后产生用于控制电荷泵中功率管栅极的栅极电压,栅极电压仅与晶体管内的电流相关,在电流源电流过小的状态下,即可有效的软启动电荷泵;并且通过控制晶体管的宽长比和电流源的电流大小可以有效地控制功率管的栅压,使功率管的开启的导通电阻在软启动阶段稳定保持在相对较大的值,从而能很好地限制软启动阶段的充电电流。

附图说明

[0030] 图1为现有的电荷泵软启动电路原理图。

[0031] 图2为本发明的第一实施例的电路原理图。

[0032] 图3为本发明的第一实施例的时序图。

[0033] 图4为本发明的第二实施例的电路原理图。

[0034] 图5为本发明的第二实施例的时序图。

[0035] 其中,图1至图5的附图标记为:软启动电路1、驱动模块2、电荷泵3;缓冲驱动单元11。

具体实施方式

[0036] 下面结合附图和实施例,进一步阐述本发明。

[0037] 实施例1:

如图2所示,一种应用于电荷泵的软启动电路1,包括电流源I1、缓冲驱动单元11、第一控制开关ST1、第二控制开关ST2、晶体管MS1。

[0038] 晶体管MS1采用二极管连接形式,即晶体管MS1的栅极(G极)与其漏极(D极)相连

接。电源VDD通过电流源I1连接晶体管MS1的漏极和栅极。晶体管MS1的栅极依次通过缓冲驱动单元11、第一控制开关ST1与电荷泵3的功率管S1的栅极相连接。晶体管MS1的源极(S极)与功率管S1的源极相连接,用于保持晶体管MS1的栅极与源极的压降与功率管S1的栅极与源极的压降相同或近似相同(在下文和权利要求书中,术语“相同”是包括相同和近似相同的两种情况)。功率管S1漏极上的电源VIN与电源VDD相等。晶体管MS1、功率管S1均为N型MOS管。晶体管MS1、功率管S1的源极与自身的衬底相连接。功率管S1的栅极并且接收一驱动模块2的驱动信号。

[0039] 在电荷泵3的软启动阶段,即电荷泵3开始上电时,第二控制开关ST2关断驱动模块2的上拉功能;并且,第一控制开关ST1接收一开关控制信号,开关控制信号控制第一控制开关ST1的开启或关断。

[0040] 在第一控制开关ST1处于开启状态下,电流源I1的电流流入晶体管MS1,晶体管MS1的栅极产生栅极电压,栅极电压通过具有一定驱动能力的缓冲驱动单元11缓冲后送到功率管S1的栅极,开启功率管S1。在第一控制开关ST1处于关断状态下,晶体管MS1的栅极产生栅极电压被截止,驱动模块2将功率管S1的栅极电位拉至低电位,关断功率管S1。

[0041] 当电荷泵3的软启动结束后,第一控制开关ST1关断,第二控制开关ST2开启,此时,功率管S1的栅极通过驱动模块2充电,其充电速度快,并且功率管S1栅极电压为驱动模块2的电源VDD电压,功率管S1处于低阻态。

[0042] 通过控制晶体管MS1的宽长比和电流源I1的电流大小可以有效地控制功率管S1的栅压,使功率管S1的开启的导通电阻在软启动阶段稳定保持在相对较大的值,从而能很好地限制软启动阶段的充电电流。

[0043] 如图2所示,缓冲驱动单元11包含具有一定驱动能力的单位增益缓冲器U1。晶体管MS1的栅极与单位增益缓冲器U1的正相输入端相连接。单位增益缓冲器U1的输出端通过第一控制开关ST1与功率管S1的栅极相连接。并且单位增益缓冲器U1的输出端与单位增益缓冲器U1的反相输入端相连接。

[0044] 电流源I1的电流流入晶体管MS1中,晶体管MS1的栅极产生栅极电压,栅极电压通过单位增益缓冲器U1缓冲后,由第一控制开关ST1控制并送到功率管S1的栅极。

[0045] 如图2所示,驱动模块2包括若干级反相器;反相器有偶数个。驱动信号Drive通过反相器逐级反相放大后输出到功率管S1的栅极上。

[0046] 每个反相器包括用于上拉控制的P型MOS管、用于下拉控制的N型MOS管。每个反相器中,P型MOS管的源极与电源VDD相连接;N型MOS管的源极与功率管S1的源极相连接;P型MOS管的栅极与N型MOS管的栅极相连接,连接后的节点作为该反相器的输入端;P型MOS管的漏极与N型MOS管的漏极相连接,连接后的节点作为该反相器的输出端。

[0047] 驱动模块2的输出级的反相器中P型MOS管的漏极通过第二控制开关ST2与功率管S1的栅极相连接。

[0048] 具体地,如图2所示,驱动模块2有四个反相器。P型MOS管M1、N型MOS管M2构成输入级的反相器;P型MOS管M3、N型MOS管M4构成第二级的反相器;P型MOS管M5、N型MOS管M6构成第三级的反相器;P型MOS管M7、N型MOS管M8构成输出级的反相器。

[0049] 软启动阶段,在第一控制开关ST1处于关断状态下,N型MOS管M8处于开启状态,N型MOS管M8将功率管S1的栅极电位拉至低电位,从而关断功率管S1。

[0050] 当电荷泵3软启动结束后,第一控制开关ST1关断,第二控制开关ST2开启,此时,功率管S1的栅极通过驱动模块2的晶体管M7充电,其充电速度快,并且功率管S1栅极电压为驱动模块2的电源VDD电压,功率管S1处于低阻态。

[0051] 如图3所示,为本实施例的电荷泵软启动的时序图。Drive是驱动模块2的输入信号,为方波。st1相应的是第一控制开关ST1的开关控制信号,st2相应的是第二控制开关ST2的开关控制信号,虚线所指的是软启动阶段。可以看出,第一控制开关ST1和第二控制开关ST2在开关控制信号高电平时开启,低电平时关断。在软启动阶段,st2对应的是低电平;当软启动结束后,st2对应的是高电平。

[0052] Vgate是功率管S1的栅极电压,可以看出,在软启动阶段,栅极电压的高电平一直保持在较低的值,这样功率管S1的导通电阻保持在相对高态,可以很好抑制浪涌电流。在软启动结束后,功率管S1的栅极电压恢复为驱动模块2的方波电压,功率管S1的栅极电压的高电平为驱动模块2的电源VDD电压。

[0053] 由于晶体管MS1的源极与功率管S1的源极相连接,晶体管MS1的栅极与源极的压降V_{gs}与功率管S1的栅极与源极的压降V_{gs}相同;功率管S1的V_{gs}由晶体管MS1的V_{gs}决定。可认为晶体管MS1的阈值电压与功率管S1的阈值电压相同。本发明的软启动电路1在软启动阶段,功率管S1导通时的V_{gs}的表达式如式(1)所示:

$$V_{gs} = \sqrt{\frac{2I_1}{K(W/L)_{MS1}}} + V_{th} \quad (1)$$

由式(1)可以看出,在软启动阶段,功率管S1导通时的V_{gs}由电流源I1电流和晶体管MS1的宽长比(W/L)决定,并且功率管S1和晶体管MS1各自的衬底和源极均相连,没有体效应的影响,可以认为功率管S1和晶体管MS1的阈值电压相等,则只要电流源I1有电流,功率管S1就能够开启。也就是说,在软启动阶段,电流源I1的电流可以做的很小,只要该电流流入二极管连接的晶体管MS1,晶体管MS1的栅极电压就会相应地建立。并且,通过调节电流源I1的电流和晶体管MS1的宽长比就能够控制功率管S1的导通时的V_{gs},进而能够有效地控制功率管S1的导通电阻。

[0054] 实施例2:

如图4所示,一种应用于电荷泵的软启动电路1,包括电流源I1、缓冲驱动单元11、第一控制开关ST1、第二控制开关ST2、晶体管MS1。

[0055] 晶体管MS1采用二极管连接形式,即晶体管MS1的栅极与其漏极相连接。晶体管MS1的源极连接电源VDD。晶体管MS1的漏极通过电流源I1接地。晶体管MS1的栅极依次通过缓冲驱动单元11、第一控制开关ST1与电荷泵3的功率管S1的栅极相连接。功率管S1的源极连接至晶体管MS1的源极,即功率管S1的源极的电源VIN与晶体管MS1的源极的电源VDD相同,用于保持晶体管MS1的栅极与源极的压降与功率管S1的栅极与源极的压降相同。晶体管MS1、功率管S1均为P型MOS管。晶体管MS1、功率管S1的源极与自身的衬底相连接。功率管S1的栅极并且接收一驱动模块2的驱动信号。

[0056] 在电荷泵3的软启动阶段,即电荷泵3开始上电时,第二控制开关ST2关断驱动模块2的下拉功能;并且,第一控制开关ST1接收一开关控制信号,开关控制信号控制第一控制开关ST1的开启或关断。

[0057] 在第一控制开关ST1处于开启状态下,晶体管MS1内的电流通过电流源I1流出,晶

晶体管MS1的栅极产生低电位的栅极电压,栅极电压通过具有一定驱动能力的缓冲驱动单元11缓冲后送到功率管S1的栅极,开启功率管S1。在第一控制开关ST1处于关断状态下,晶体管MS1的栅极产生的低电位的栅极电压被截止,驱动模块2将功率管S1的栅极电位拉至高电位,关断功率管S1。

[0058] 当电荷泵3的软启动结束后,第一控制开关ST1关断,第二控制开关ST2开启,此时,功率管S1的栅极通过驱动模块2放电,其放电速度快,并且将功率管S1栅极电压降为0电位,功率管S1处于低阻态。

[0059] 通过控制晶体管MS1的宽长比和电流源I1的电流大小可以有效地控制功率管S1的栅压,使功率管S1的开启的导通电阻在软启动阶段稳定保持在相对较大的值,从而能很好地限制软启动阶段的放电电流。

[0060] 如图4所示,缓冲驱动单元11包含具有一定驱动能力的单位增益缓冲器U1。晶体管MS1的栅极与单位增益缓冲器U1的正相输入端相连接。单位增益缓冲器U1的输出端通过第一控制开关ST1与功率管S1的栅极相连接。并且单位增益缓冲器U1的输出端与单位增益缓冲器U1的反相输入端相连接。

[0061] 晶体管MS1中的电流通过电流源I1流出,晶体管MS1的栅极产生栅极电压降低,栅极电压通过单位增益缓冲器U1缓冲后,由第一控制开关ST1控制并送到功率管S1的栅极。

[0062] 如图4所示,驱动模块2包括若干级反相器;反相器有偶数个。驱动信号Drive通过反相器逐级反相放大后输出到功率管S1的栅极上。

[0063] 每个反相器包括用于上拉控制的P型MOS管、用于下拉控制的N型MOS管。每个反相器中,P型MOS管的源极与电源VDD相连接;N型MOS管的源极接地;P型MOS管的栅极与N型MOS管的栅极相连接,连接后的节点作为该反相器的输入端;P型MOS管的漏极与N型MOS管的漏极相连接,连接后的节点作为该反相器的输出端。

[0064] 驱动模块2的输出级的反相器中N型MOS管的漏极通过第二控制开关ST2与功率管S1的栅极相连接。

[0065] 具体地,如图4所示,驱动模块2有四个反相器。P型MOS管M1、N型MOS管M2构成输入级的反相器;P型MOS管M3、N型MOS管M4构成第二级的反相器;P型MOS管M5、N型MOS管M6构成第三级的反相器;P型MOS管M7、N型MOS管M8构成输出级的反相器。

[0066] 软启动阶段,在第一控制开关ST1处于关断状态下,P型MOS管M7处于开启状态,P型MOS管M7将功率管S1的栅极电位拉至高电位,从而关断功率管S1。

[0067] 当电荷泵3软启动结束后,第一控制开关ST1关断,第二控制开关ST2开启,此时,功率管S1的栅极通过驱动模块2的晶体管M8放电,其放电速度快,并且功率管S1栅极电压降为0电位,功率管S1处于低阻态。

[0068] 如图5所示,为本实施例的电荷泵软启动的时序图。Drive是驱动模块2的输入信号,为方波。st1相应的是第一控制开关ST1的开关控制信号,st2相应的是第二控制开关ST2的开关控制信号,虚线所指的是软启动阶段。可以看出,第一控制开关ST1和第二控制开关ST2在开关控制信号为高电平时开启,低电平时关断。在软启动阶段,st2对应的是低电平;当软启动结束后,st2对应的是高电平。

[0069] Vgate是功率管S1的栅极电压,可以看出,在软启动阶段,栅极电压的低电平一直保持在较高的值,这样功率管S1的导通电阻保持在相对高态,可以很好抑制浪涌电流。在软

启动结束后,功率管S1的栅极电压恢复为驱动模块2的方波电压,功率管S1的栅极电压的高电平为驱动模块2的电源VDD电压。

[0070] 由于晶体管MS1的源极与功率管S1的源极相连接,晶体管MS1的栅极与源极的压降 V_{gs} 与功率管S1的栅极与源极的压降 V_{gs} 相同;功率管S1的 V_{gs} 由晶体管MS1的 V_{gs} 决定。可认为晶体管MS1的阈值电压与功率管S1的阈值电压相同。本发明的软启动电路1在软启动阶段,功率管S1导通时的 V_{gs} 的表达式如式(1)所示:

$$V_{gs} = \sqrt{\frac{2I_1}{K(W/L)_{MS1}}} + V_{th} \quad (1)$$

由式(1)可以看出,在软启动阶段,功率管S1导通时的 V_{gs} 由电流源I1电流和晶体管MS1的宽长比(W/L)决定,并且功率管S1和晶体管MS1各自的衬底和源极均相连,没有体效应的影响,可以认为功率管S1和晶体管MS1的阈值电压相等,则只要电流源I1有电流,功率管S1就能够开启。也就是说,在软启动阶段,电流源I1的电流可以做的很小,只要该电流流入二极管连接的晶体管MS1,晶体管MS1的栅极电压就会相应地建立。并且,通过调节电流源I1的电流和晶体管MS1的宽长比就能够控制功率管S1的导通时的 V_{gs} ,进而能够有效地控制功率管S1的导通电阻。

[0071] 以上所述的仅是本发明的优选实施方式,本发明不限于以上实施例。可以理解,本领域技术人员在不脱离本发明的基本构思的前提下直接导出或联想到的其它改进和变化均应认为包含在本发明的保护范围之内。

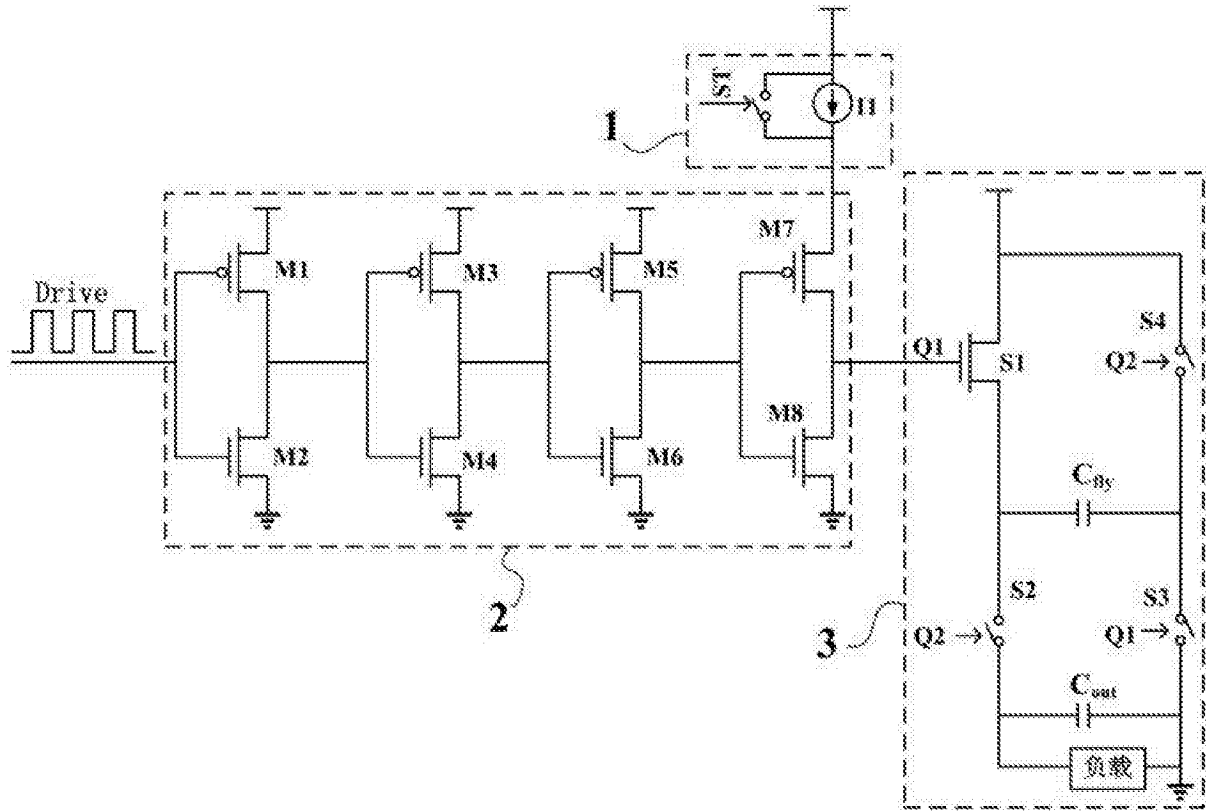


图1

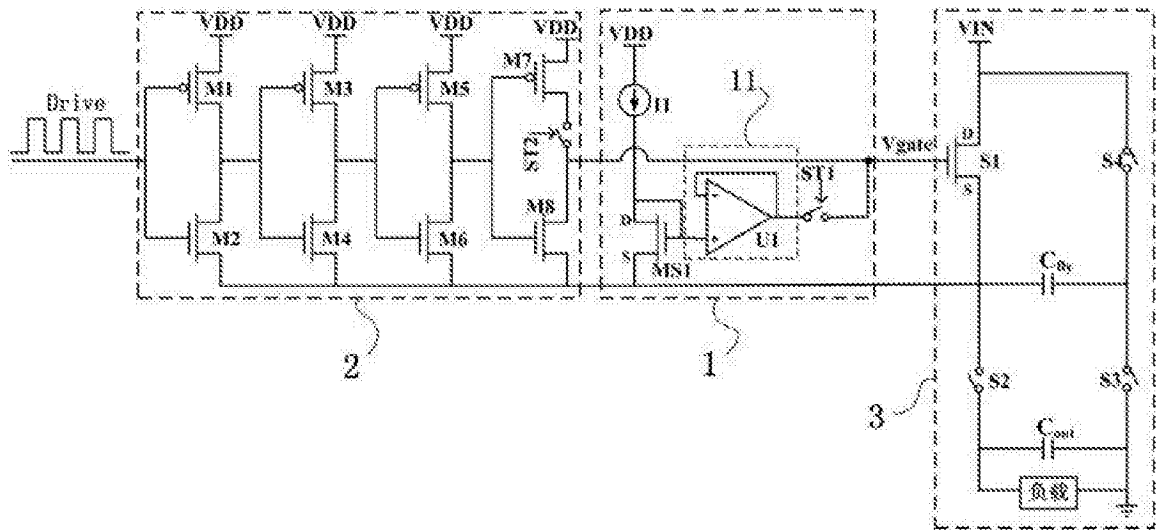


图2

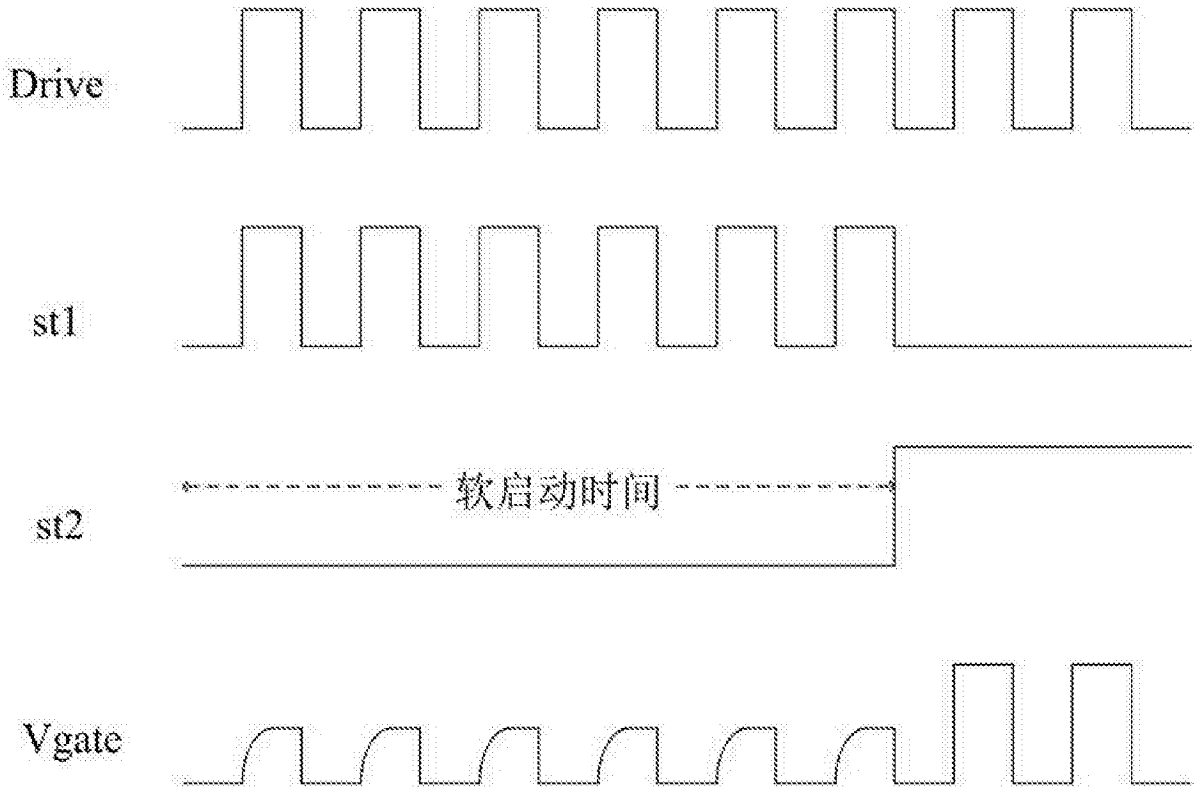


图3

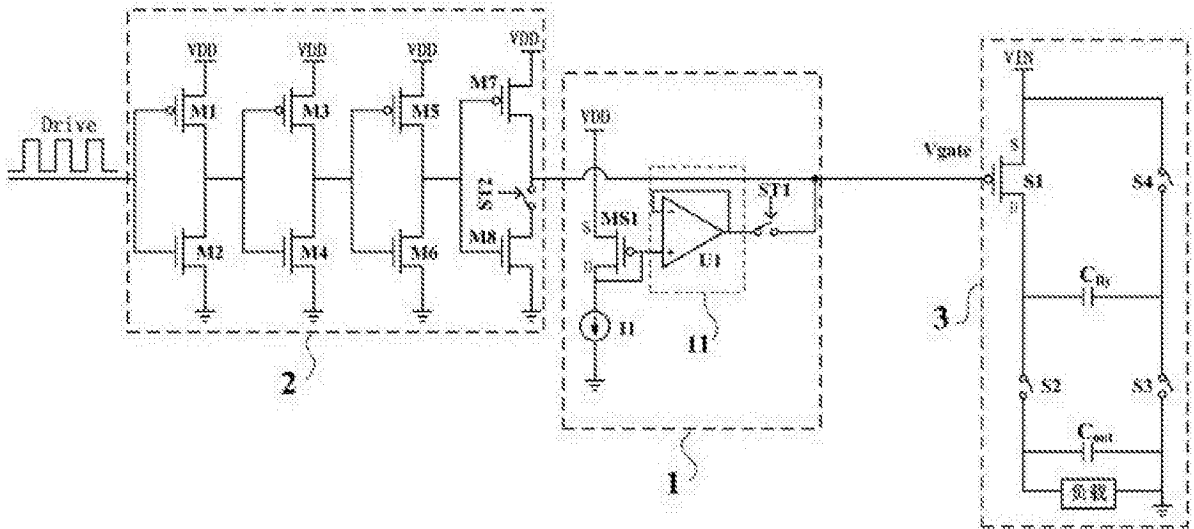


图4

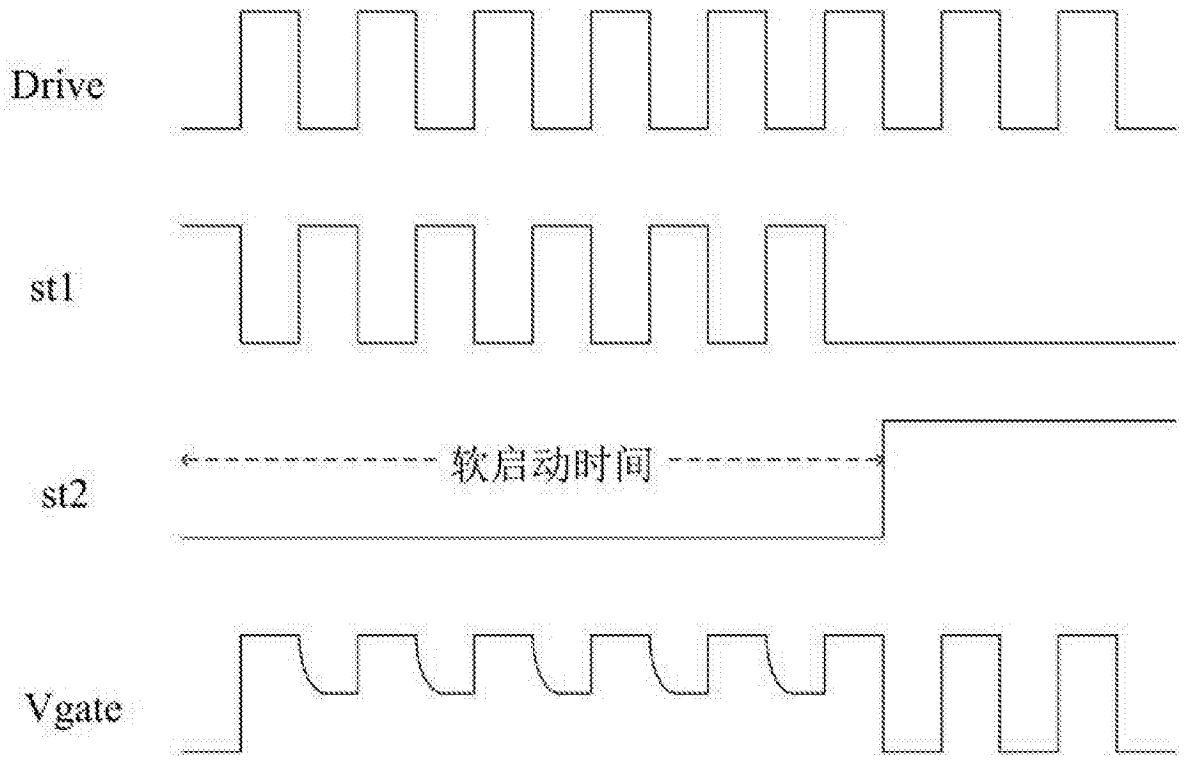


图5