



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204087034 U

(45) 授权公告日 2015. 01. 07

(21) 申请号 201420445426. 3

(22) 申请日 2014. 08. 07

(73) 专利权人 广州海格通信集团股份有限公司
地址 510663 广东省广州市科学城海云路
88 号

(72) 发明人 陈斌 牛绍伍 胡晓东 孙旭其

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

代理人 黄磊

(51) Int. Cl.

G05F 1/569 (2006. 01)

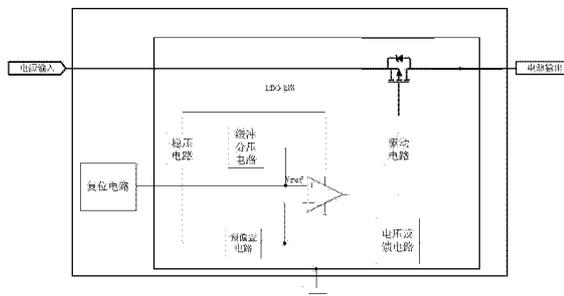
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 实用新型名称

具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路

(57) 摘要

本实用新型公开了一种具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路,包括 LDO 电路和复位电路;LDO 电路包括第一 P 沟道功率开关管、误差放大器、驱动电路、缓冲分压电路和电压反馈电路;第一 P 沟道功率开关管的源极连接用电设备电源输入端,栅极通过驱动电路与误差放大器的输出端连接,漏极作为用电设备电源输出端并且通过电压反馈电路连接误差放大器的反相输入端;误差放大器的同相输入端通过缓冲分压电路和复位电路分别与用电设备电源输入端连接。本实用新型具有过压保护和降低设备在开机瞬间的浪涌电流的功能,并且在开关断电后能够快速复位,在用拨动机械开关的方式对设备进行连续多次频繁快速开关机操作时,依然能有效保护开关及相关电路。



1. 一种具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路,其特征在于,包括LDO电路和复位电路;

所述LDO电路包括第一P沟道功率开关管、误差放大器、驱动电路、缓冲分压电路和电压反馈电路;第一P沟道功率开关管的源极连接用电设备电源输入端,栅极通过驱动电路与误差放大器的输出端连接,漏极作为用电设备电源输出端并且通过电压反馈电路连接误差放大器的反相输入端;用电设备电源输入端通过复位电路和缓冲分压电路分别连接至误差放大器的同相输入端,其中用电设备电源输入端通过稳压电路连接至缓冲分压电路。

2. 根据权利要求1所述的具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路,其特征在于,所述缓冲分压电路包括电阻R9、电阻R11和电容C2,与用电设备电源输入端连接的稳压电路输出端通过电阻R9分别与电阻R11和电容C2连接后接地,所述电阻R9与电阻R11和电容C2连接的一端与误差放大器的同相输入端连接。

3. 根据权利要求1所述的具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路,其特征在于,所述复位电路包括稳压二极管V4、NPN三极管V6、NPN三极管V7、电阻R4以及电阻R8;用电设备电源输入端通过电阻R4和稳压二极管V4连接至NPN三极管V6的基极,通过电阻R4和电阻R8连接至NPN三极管V7的基极,其中稳压二极管V4负极与电阻R4连接,正极与NPN三极管V6的基极连接,NPN三极管V6的集电极连接NPN三极管V7的基极,NPN三极管V7的集电极连接误差放大器的同相输入端,NPN三极管V6和NPN三极管V7的发射极接地。

4. 根据权利要求1所述的具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路,其特征在于,所述驱动电路包括稳压二极管V2、电阻R2、电阻R5以及第二P沟道功率开关管,所述稳压二极管V2和电阻R2并联后连接在第一P沟道功率开关管的栅极和源极之间,其中稳压二极管V2的负极与第一P沟道功率开关管的源极连接;所述第一P沟道功率开关管的栅极通过电阻R5连接第二P沟道功率开关管的漏极,所述第二P沟道功率开关管的栅极连接误差放大器的输出端,源极接地。

5. 根据权利要求1所述的具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路,其特征在于,所述电压反馈电路包括电阻R3和电阻R10,所述第一P沟道功率开关管的漏极与电阻R3和电阻R10串联后接地,其中电阻R3和电阻R10连接的一端与误差放大器的反相输入端连接。

6. 根据权利要求5所述的具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路,其特征在于,所述用电设备电源输入端通过预偏置电路连接误差放大器反相输入端,其中用电设备电源输入端通过稳压电路连接至预偏置电路。

7. 根据权利要求6所述的具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路,其特征在于,电阻R5和电压反馈电路中的电阻R10构成预偏置电路,其中用电设备电源输入端通过电阻R5连接至误差放大器反相输入端。

8. 根据权利要求1所述的具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路,其特征在于,所述误差放大器输出端还通过电阻R7连接至反相输入端。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路,其特征在于,所述稳压电路包括电阻R1、电容C1和稳压二极管V3,用电设备电源输入端通过电阻R1分别与电容C1和稳压二极管V3连接后接地,其中稳压二极管V3的正极接地,负极与电阻R1连接;所述稳压电路的稳压二极管V3负极作为稳压电路的输出端连接缓冲

分压电路。

10. 根据权利要求 1 至 8 中任一项所述的具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路,其特征在于,所述 LDO 电路中的第一 P 沟道功率开关管的数量为多个,并且为并联关系。

具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路

技术领域

[0001] 本实用新型属于电源开关保护技术领域,特别涉及一种具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路。

背景技术

[0002] 大功率的直流用电设备内部的电源模块往往有较大容量的滤波电容。在设备加电的瞬间,这些大容量的滤波电容会带来非常大的充电电流,也就是通电浪涌电流。这个电流的强度可达到设备正常工作所需电流强度的几倍甚至几十倍。经测量,如果设备内有4700 μ F的电容,通过2米电缆连接到+24V直流电源上,在设备开机瞬间可产生高达150A的浪涌电流。如果不作处理,浪涌电流极易对设备或者电源带来破坏性的冲击。如在用机械开关作为通断电切换的设备中,经常发生机械开关触点被通电瞬间的大电流烧蚀而最终失效的现象。

[0003] 目前常用两种方式减缓浪涌电流的冲击。第一种是利用热敏电阻的负温度特性来限制浪涌电流,因实现方式简单且成本低而获得了大量的应用。但是在温度变化范围大(如 $-40^{\circ}\text{C}\sim+65^{\circ}\text{C}$)的场合,热敏电阻因其温度效应而难以应用。第二种是设计限流电路控制浪涌电流。这类电路的核心思想是用各种各样的控制电路去控制电阻可变的器件,如功率开关管等,达到限流目的。这类电路经过多年的发展,目前甚至出现了集成电路,使得电路体积进一步缩小,在高端产品中得到了广泛应用。

[0004] 在一些供电环境比较恶劣的场合,还会出现较高的浪涌电压使原本正常工作的设备因瞬时的过压而频繁保护甚至直接烧毁器件的现象,严重影响了设备的正常使用。目前常用的防浪涌器件如TVS管、压敏电阻等,对微秒级别的浪涌具有很好的限制作用,但对毫秒级别的浪涌则往往因浪涌持续时间过长而导致自身过热而烧毁。真空玻璃管器件可承受较长时间的浪涌电压,不过也存在两个问题,即保护启动电压过高(100V以上),以及保护时电压被短接导致设备掉电而关机,因而在低电压场合或者要求设备长期高可靠工作的场合显得不太适用。

[0005] 此外,一般的开关浪涌保护电路由于时间控制电路的滞后性,在设备频繁开关机时,因控制电路来不及复位,可能导致浪涌保护电路一直处于导通状态,达不到抑制开机时的浪涌电流的作用。

实用新型内容

[0006] 本实用新型的目的在于克服现有技术的缺点与不足,提供一种具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路;该电源开关保护电路具有过压保护和有效降低设备在开机瞬间的浪涌电流的功能,并且在开关断电后能够快速复位,在用拨动机械开关的方式对设备进行连续多次频繁快速开关机操作时,依然能有效保护开关及相关电路。

[0007] 本实用新型的目的通过下述技术方案实现:一种具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路,包括LDO(低压差稳压器)电路和复位电路;

[0008] 所述 LDO 电路包括第一 P 沟道功率开关管、误差放大器、驱动电路、缓冲分压电路和电压反馈电路；第一 P 沟道功率开关管的源极连接用电设备电源输入端，栅极通过驱动电路与误差放大器的输出端连接，漏极作为用电设备电源输出端并且通过电压反馈电路连接误差放大器的反相输入端；用电设备电源输入端通过复位电路和缓冲分压电路分别连接至误差放大器的同相输入端，其中用电设备电源输入端通过稳压电路连接至缓冲分压电路。

[0009] 优选的，所述缓冲分压电路包括电阻 R9、电阻 R11 和电容 C2，与用电设备电源输入端连接的稳压电路输出端通过电阻 R9 分别与电阻 R11 和电容 C2 连接后接地，所述电阻 R9 与电阻 R11 和电容 C2 连接的一端与误差放大器的同相输入端连接。

[0010] 优选的，所述复位电路包括稳压二极管 V4、NPN 三极管 V6、NPN 三极管 V7、电阻 R4 以及电阻 R8；用电设备电源输入端通过电阻 R4 和稳压二极管 V4 连接至 NPN 三极管 V6 的基极，通过电阻 R4 和电阻 R8 连接至 NPN 三极管 V7 的基极，其中稳压二极管 V4 负极与电阻 R4 连接，正极与 NPN 三极管 V6 的基极连接，NPN 三极管 V6 的集电极连接 NPN 三极管 V7 的基极，NPN 三极管 V7 的集电极连接误差放大器的同相输入端，NPN 三极管 V6 和 NPN 三极管 V7 的发射极接地。

[0011] 优选的，所述驱动电路包括稳压二极管 V2、电阻 R2、电阻 R5 以及第二 P 沟道功率开关管，所述稳压二极管 V2 和电阻 R2 并联后连接在第一 P 沟道功率开关管的栅极和源极之间，其中稳压二极管 V2 的负极与第一 P 沟道功率开关管的源极连接；所述第一 P 沟道功率开关管的栅极通过电阻 R5 连接第二 P 沟道功率开关管的漏极，所述第二 P 沟道功率开关管的栅极连接误差放大器的输出端，源极接地。

[0012] 优选的，所述电压反馈电路包括电阻 R3 和电阻 R10，所述第一 P 沟道功率开关管的漏极与电阻 R3 和电阻 R10 串联后接地，其中电阻 R3 和电阻 R10 连接的一端与误差放大器的反相输入端连接。

[0013] 更进一步的，所述用电设备电源输入端通过预偏置电路连接误差放大器反相输入端，其中用电设备电源输入端通过稳压电路连接至预偏置电路。

[0014] 更进一步的，电阻 R5 和电压反馈电路中的电阻 R10 构成预偏置电路，其中用电设备电源输入端通过电阻 R5 连接至误差放大器反相输入端。

[0015] 优选的，所述误差放大器输出端还通过电阻 R7 连接至反相输入端。

[0016] 优选的，所述稳压电路包括电阻 R1、电容 C1 和稳压二极管 V3，用电设备电源输入端通过电阻 R1 分别与电容 C1 和稳压二极管 V3 连接后接地，其中稳压二极管 V3 的正极接地，负极与电阻 R1 连接；所述稳压电路的稳压二极管 V3 负极作为稳压电路的输出端连接缓冲分压电路。

[0017] 优选的，所述 LDO 电路中的第一 P 沟道功率开关管的数量为多个，并且为并联关系。

[0018] 本实用新型相对于现有技术具有如下的优点及效果：

[0019] (1) 本实用新型 LDO 电路通过误差放大器输入端的缓冲分压电路控制第一 P 沟道功率开关管的栅极电压，使得第一 P 沟道功率开关管的沟道电阻根据栅极电压从大到小进行缓慢的变化，从而使得 LDO 电路输出电压在用电设备电源开关闭合瞬间从小缓慢的增大，有效降低了设备在开机瞬间的浪涌电流。另外本实用新型 LDO 电路能够将最大输出电

压控制在小于等于设备能承受的最高工作电压 V_{max} 范围内,并且通过误差电压自动调整第一 P 沟道功率开关管的栅极电压实现稳压功能,在设备正常工作状态下,对供电电源突发的高过用电设备最高电压限制的浪涌电压具有吸收作用,避免浪涌电压对设备的破坏。

[0020] (2) 本实用新型在用电设备电源开关从闭合状态切换为断开状态瞬间,通过复位电路能够很快的将缓冲分压电路中的残余电荷消耗掉,使得误差放大器同相输入端的基准电压小于反相输入端的电压,导致误差放大器反偏,第一 P 沟道功率开关管恢复到截止状态,以实现复位。使得用电设备电源开关在断开后再次快速闭合时,LDO 电路能够再次发挥保护作用,因此本实用新型实现了在设备频繁开关机时,能够达到每一次开关机的浪涌保护,支持设备连续多次快速拨动开关机的极端操作方式,延长了电源以及用电设备的使用寿命。

[0021] (3) 本实用新型复位电路在用电设备电源开关闭合瞬间是处于截止状态的,不会影响 LDO 电路。

[0022] (4) 本实用新型保护电路的结构组成非常简单,由常用分立器件组成即可,具有成本低廉、占用空间小、工作环境适应能力强以及可靠性高等特点,并且能够实现多个保护功能。

[0023] (5) 本实用新型中设置的预偏置电路为误差放大器提供了一个正向电压,此时本实用新型中的基准电压信号需要超过这个正向预偏置电压值时,误差放大器才输出电平给驱动电路,去调节功率开关管的栅极电压,使沟道缓缓打开。因此,用电设备加电瞬间至基准电压超过预偏置电压值之前,P 沟道功率开关管是截止的,整个直流通路没有电流,这样就彻底避免了电源开关在闭合瞬间被电弧烧蚀的现象。

[0024] (6) 本实用新型 LDO 电路中可以通过并联多个第一 P 沟道功率开关管或者选用内阻更小的第一 P 沟道功率开关管有效增加保护电路的电流容量。

附图说明

[0025] 图 1 是电源开关保护电路模块在直流用电设备内的连接关系图。

[0026] 图 2 是本实用新型电源开关保护电路的组成框图。

[0027] 图 3 是本实用新型电源开关保护电路的原理图。

具体实施方式

[0028] 下面结合实施例及附图对本实用新型作进一步详细的描述,但本实用新型的实施方式不限于此。

[0029] 实施例

[0030] 本实施例公开了一种具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路,如图 1 所示,本实施例的电源开关保护电路设置在设备内的电源开关和用电单元之间。如图 2 所示,本实施例的一种具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路,包括 LDO 电路和复位电路;其中本实施例的 LDO 电路包括第一 P 沟道功率开关管 V1、误差放大器、驱动电路、缓冲分压电路和电压反馈电路;第一 P 沟道功率开关管 V1 的源极连接用电设备电源输入正端,栅极通过驱动电路与误差放大器的输出端连接,漏极作为用电设备电源输出端即 LDO 电路的输出端,并且通过电压反馈电路连接误差放大器的反相输入端,在误差放大器的反相输

入端输入反馈电压；用电设备电源输入端通过复位电路和缓冲分压电路分别连接至误差放大器的同相输入端，其中用电设备电源输入端通过稳压电路连接至缓冲分压电路。缓冲分压电路为误差放大器的同相输入端输入基准电压。

[0031] 如图 3 所示，本实施例 LDO 电路 1 中缓冲分压电路由 RC 延时电路组成，为误差放大器的同相输入端提供基准电压，其中该 RC 延时电路包括电阻 R9、电阻 R11 和电容 C2，用电设备电源输入端通过稳压电路与电阻 R9 连接，然后通过电阻 R9 分别与电阻 R11 和电容 C2 连接后接地，电阻 R9 与电阻 R11 和电容 C2 连接的一端与误差放大器的同相输入端连接。在用电设备的电源开关闭合瞬间，由于电容 C2 的充电作用，缓冲分压电路给出的基准电压缓慢的上升。因此 LDO 的输出电压随着基准电压的上升而按比例缓慢升高，而不是瞬间就升高到稳定值，这样就有效降低了设备在开机瞬间的浪涌电流。

[0032] 本实施例中复位电路 2 包括稳压二极管 V4、NPN 三极管 V6、NPN 三极管 V7、电阻 R4 以及电阻 R8；用电设备电源输入端通过电阻 R4 和稳压二极管 V4 连接至 NPN 三极管 V6 的基极，通过电阻 R4 和电阻 R8 连接 NPN 三极管 V7 的基极，其中稳压二极管 V4 的负极与电阻 R4 连接，正极与 NPN 三极管 V6 的基极连接，NPN 三极管 V6 的集电极连接 NPN 三极管 V7 的基极，NPN 三极管 V7 的集电极连接误差放大器的同相输入端，NPN 三极管 V6 和 NPN 三极管 V7 的发射极接地。

[0033] 本实施例驱动电路包括稳压二极管 V2、电阻 R2、电阻 R5 以及第二 P 沟道功率开关管，稳压二极管和电阻 R2 并联后连接在第一 P 沟道功率开关管的栅极和源极之间，其中稳压二极管的负极与第一 P 沟道功率开关管的源极连接；第一 P 沟道功率开关管的栅极通过电阻 R5 连接第二 P 沟道功率开关管的漏极，第二 P 沟道功率开关管的栅极连接误差放大器的输出端，源极接地。其中第一 P 沟道功率开关管源极和栅极之间反接的稳压二极管 V2 用于保护第一 P 沟道功率开关管的栅极，防止其被击穿。

[0034] 本实施例第一 P 沟道功率开关管连接的电压反馈电路包括电阻 R3 和电阻 R10，第一 P 沟道功率开关管的漏极与电阻 R3 和电阻 R10 串联后接地，其中电阻 R3 和电阻 R10 连接的一端与误差放大器的反相输入端连接。本实施例中通过电阻 R10 将 LDO 电路的输出电压反馈给误差放大器的反相输入端。在本实施例中通过调整电压反馈电路中电阻 R3 和电阻 R10 的参数值控制 LDO 电路的最大输出电压，将 LDO 电路的最大输出电压控制在小于等于设备能承受的最高工作电压 V_{max} 范围内。其中本实施例中通过误差放大器将反馈电压和基准电压进行比较，产生用于控制第一 P 沟道功率开关管栅极的误差电压，通过误差电压自动调整第一 P 沟道功率开关管的栅极电压实现稳压功能的。另外本实施例中误差放大器的输出端还通过电阻 R7 连接其反相输入端，该电阻 R7 作为误差放大器的反馈电阻，用来控制稳压精度，并且具有提高误差放大器的稳定性的作用。

[0035] 在本实施例的误差放大器反相输入端通过预偏置电路连接用电设备电源输入端。其中用电设备电源输入端通过稳压电路连接预偏置电路。在本实施例中预偏置电路包括电阻 R5 以及电压反馈电路中的电阻 R10，用电设备电源输入端通过电阻 R5 连接至误差放大器反相输入端。本实施例通过预偏置电压中的电阻 R5 和电阻 R10 输出一个正电压至误差放大器的反相输入端，提供一个正的反馈电压，使误差放大器反偏，只有当基准电压信号超过这个预偏置电压值时，误差放大器才输出电平给驱动电路，去调节功率开关管的栅压，使沟道缓缓打开。

[0036] 本实施例中稳压电路包括电阻 R1、电容 C1 和稳压二极管 V3,用电设备电源输入端通过电阻 R1 分别与电容 C1 和稳压二极管 V3 连接后接地,其中稳压二极管 V3 的正极接地,负极与电阻 R1 连接;稳压电路的稳压二极管 V3 负极作为稳压电路的输出端分别连接缓冲分压电路和预偏置电压。

[0037] 在本实施例中电容 C1 和 C2 的容值取 1 μ F 至 10 μ F;电阻 R1 的阻值取 3k Ω 至 30k Ω ;电阻 R2、R5 和 R10 的阻值取 1k Ω 至 10k Ω ;电阻 R3、R4、R7、R8、R9 和 R11 的阻值取 10k Ω 至 100k Ω ;电阻 R6 的阻值取 3k Ω 至 100k Ω ;电阻 R7 的阻值取 10k Ω 至 100k Ω 。

[0038] 本实施例中所采用的第一 P 沟道功率开关管 V1 和第二 P 沟道功率开关管 V5 的栅极和源极之间的电压 U_{GS} 在小于等于导通电压后导通,其中导通电压为负的,随着电压 U_{GS} 的减小,即电压 U_{GS} 绝对值的增大,漏极电流增大,因此当本实施例第一 P 沟道功率开关管 V1 的漏极与源极之间电压差 $|U_{GS}|$ 从小到大变化时,本实施例中的第一 P 沟道功率开关管 V1 能够从截止状态过渡到完全导通状态。

[0039] 本实施例具有过压保护功能的防浪涌电源开关保护电路的工作原理如下:

[0040] 在用电设备电源开关由断开切换为闭合状态时,缓冲分压电路中由于电容 C2 的充电,其提供给误差放大器的基准电压随着电容 C2 的充电缓慢的上升,而误差放大器的输出电压也随着基准电压的缓慢上升而升高,使得本实施例驱动电路第二 P 沟道功率开关管 V5 漏极与源极之间电压差 $|U_{GS}|$ 从小到大变化,第二 P 沟道功率开关管的沟道电阻也从大到小进行变化,随着第二 P 沟道功率开关管 V5 沟道电阻的变化;第一 P 沟道功率开关管 V1 的栅极电压越来越小,即其漏极与源极之间电压差 $|U_{GS}|$ 慢慢增大,使得第一 P 沟道功率开关管 V1 的沟道缓缓打开;因此本实施例使得 LDO 电路的输出电压随着基准电压的上升而按比例缓慢升高,而不是瞬间就升高到稳定值,有效降低了设备在开机瞬间的浪涌电流,从而保护开关触点免受电弧的烧蚀。在用电设备电源开关由断开切换为闭合状态时,复位电路中的稳压二极管 V4 反向导通,此时 NPN 三极管 V6 导通,V7 截止,复位电路对 LDO 电路无影响。

[0041] 在用电设备电源开关由断开切换为闭合状态时,本实施例中预偏置电路提供一个正电压到误差放大器的反相输入端,随着缓冲分压电路中电容 C2 的充电,当基准电压信号超过这个预偏置电压值时,误差放大器才输出电平给驱动电路,从而调节第一 P 沟道功率开关管的栅极电压,使得沟道缓缓打开,因此若本实施例在误差放大器的反相端设置一个预偏置电路的话,可以使得用电设备在加电瞬间至基准电压信号超过预偏置电压之前,P 沟道功率开关管均是截止的,整个直流通路没有电流,这样就彻底避免了电源开关在闭合瞬间被电弧烧蚀的现象,进一步保证了本实施例防浪涌保护能力。

[0042] 在用电设备电源开关由断开切换为闭合状态时,本实施中 LDO 电路输出端的电压反馈电路将输出电压反馈到误差放大器的反相输入端,将 LDO 电路最大输出电压控制在设备能承受的最高工作电压 V_{max} 范围内。当外界直流电源供电电压低于 V_{max} 时,LDO 电路相当于一个超低阻抗的直流通路;当外界直流电源供电电压高于 V_{max} 时,LDO 电路将输出电压限制在 V_{max} ,对设备起到过压保护的作用,有效避免过高的电源浪涌电压对设备的破坏。

[0043] 在用电设备电源开关从闭合状态切换为断开状态时,设备内的直流滤波电容上的残余电压迅速降低,当残余电压下降到一定值时,复位电路中的稳压二极管 V4 反向截止,NPN 三极管 V6 截止,NPN 三极管 V7 导通,此时缓冲分压电路的基准电压通过复位电

路进行快速的放电,瞬间将基准电压拉低到 NPN 三极管 V7 的集电极和发射极之间的电压 $V_{CEsat} \approx 0V$,此时低于误差放大器反相端的电压,误差放大器反偏,第一 P 沟道功率开关管快速恢复到截止状态,直流通路被断开,此时,若设备再次加电,缓冲分压电路需重新充电,使基准电压缓慢上升。当误差放大器基准电压超过其反相输入端电压时,LDO 电路才有电压输出,且幅度和基准电压成一定比例,随着基准电压的缓慢升高而升高。因此在用拨动开关的方式对设备进行连续多次快速开关机操作时,依然能有效保护开关及相关电路。

[0044] 在本实施例中可根据设备的实际需求调整电路中各个器件的参数,使其性能达到最优。特别是通过选用内阻更小的第一 P 沟道功率开关管或并联更多的第一 P 沟道功率开关管可有效增加电流容量。

[0045] 上述实施例为本实用新型较佳的实施方式,但本实用新型的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本实用新型的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本实用新型的保护范围之内。

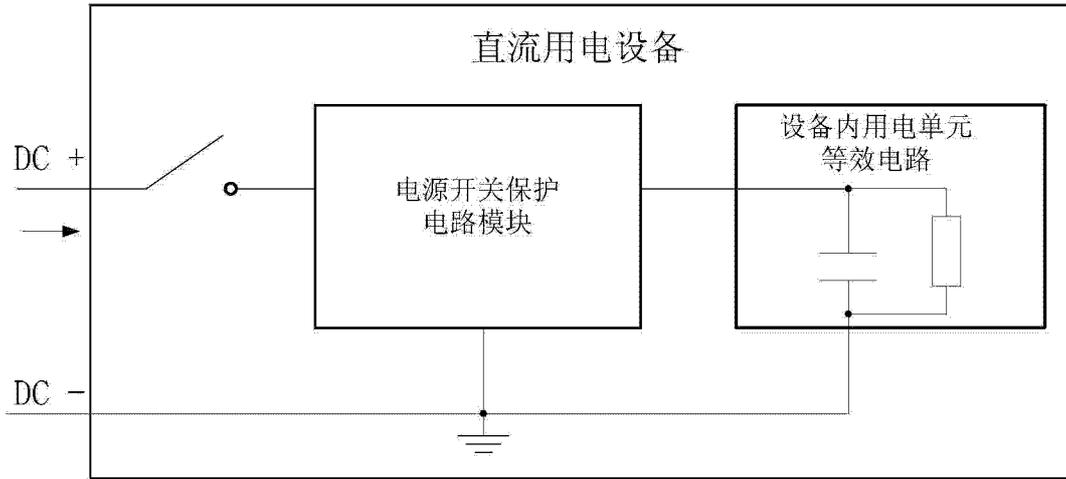


图 1

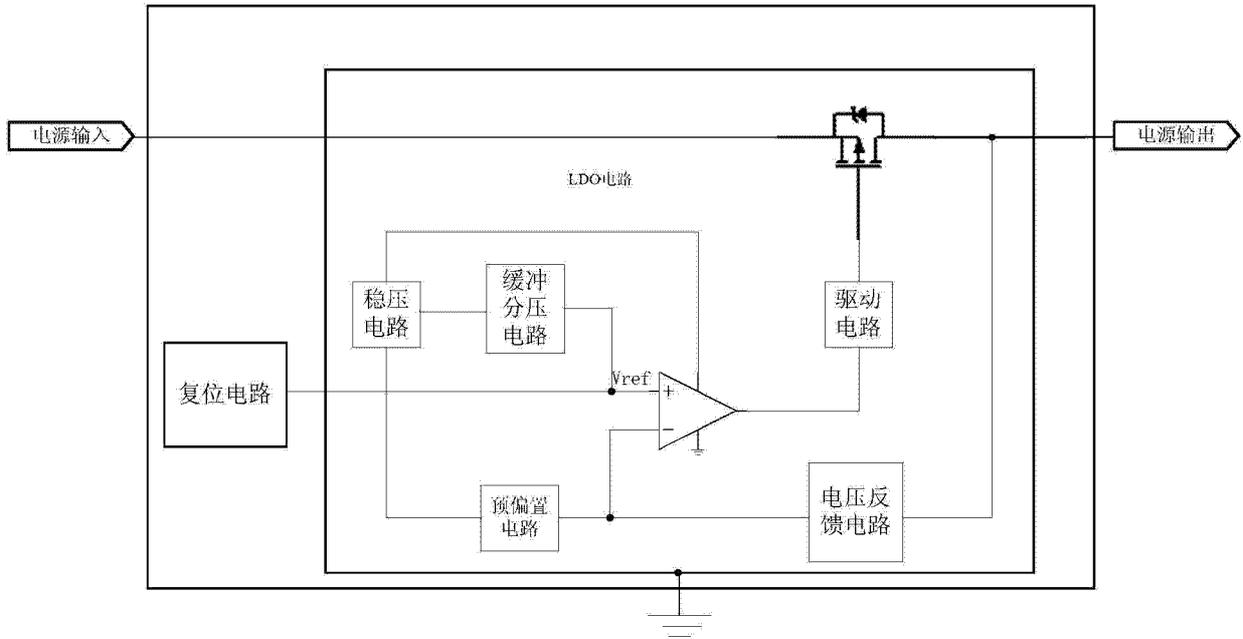


图 2

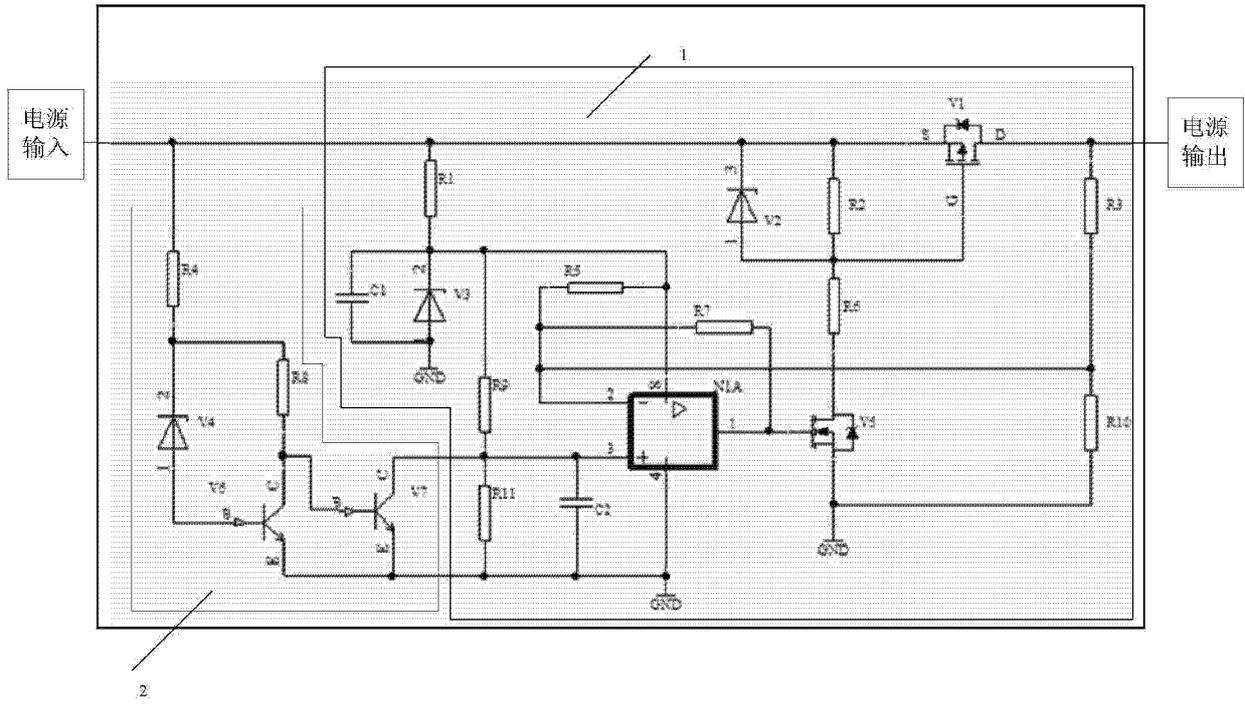


图 3