(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107733031 B
(45)授权公告日 2024.06.04

(21)申请号 201711050115.1
(22)申请日 2017.10.31
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107733031 A
(43)申请公布日 2018.02.23
(73)专利权人 福建省福芯电子科技有限公司
地址 350001 福建省福州市鼓楼区软件大道89号福州软件园F区5号楼22层C、D单元
(72)发明人 陈崴 陈然斌 李云峰 徐栋
(74)专利代理机构 福州市景弘专利代理事务所(普通合伙) 35219
专利代理师 林祥翔 徐剑兵
(51)Int.Cl.
H02J 7/00(2006.01)
H02H 3/06(2006.01)
(56)对比文件
CN 204794046 U,2015.11.18
CN 207304102 U,2018.05.01
JP 2005287141 A,2005.10.13
JP 2016154409 A,2016.08.25
JP H06105458 A,1994.04.15
JP H11215716 A,1999.08.06
US 2005237118 A1,2005.10.27
审查员 方超

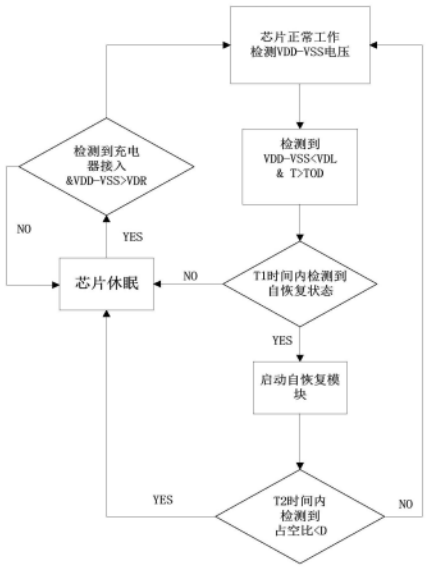
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种自恢复保护电路及过放电保护电路

(57)摘要

一种自恢复保护电路及过放电保护电路,其中电路包括使能输入端、放电输入端、电荷泵、比较器、输出电压端;所述使能输入端用于接收使能信号;所述放电输入端用于接收过放电保护控制电路放电控制管脚的输出信号;所述电荷泵包括电荷泵开关电路和充放电容,所述使能输入端与电荷泵开关电路连接,放电输入端与电荷泵开关电路连接,电荷泵开关电路与充放电容连接,所述充放电容还与比较器一输入端连接,比较器另一输入端与参考电压连接,比较器输出端与输出电压端连接。通过设计电荷泵电路稳定OD输出管脚的波动,起到了在电池放电直到电压不足过程中稳定OD管脚输出波动,降低无谓的能耗,并在电池放电电压不足后切断反馈信号Vout,达到了提升电路设计安全性的效果。



CN 107733031 B

1.一种自恢复保护电路,其特征在于,包括使能输入端、放电输入端、电荷泵、比较器、输出电压端;

所述使能输入端用于接收使能信号;所述放电输入端用于接收过放电保护控制电路放电控制管脚的输出信号;所述电荷泵包括电荷泵开关电路和充放电容,所述使能输入端与电荷泵开关电路连接,放电输入端与电荷泵开关电路连接,电荷泵开关电路与充放电容连接,所述充放电容还与比较器一输入端连接,比较器另一输入端与参考电压连接,比较器输出端与输出电压端连接;所述输出电压端与所述过放电保护控制电路连接;

自恢复保护电路接收使能信号,所述使能信号为判断进入过放电保护状态时生成的信号,开启电荷泵开关电路,为充放电容充能;所述自恢复保护电路用于在预设时间段内检测放电控制管脚波形的占空比。

2.根据权利要求1所述的自恢复保护电路,其特征在于,所述比较器输出端通过第四反相器、第五反相器与输出电压端连接。

3.根据权利要求1所述的自恢复保护电路,其特征在于,所述电荷泵开关电路包括电流源、开关管;所述电流源用于给电容供电,所述开关管为多个三极管或场效应管,设置于电流源给电容的供电通路上,开关管的控制端与使能输入端或放电输入端连接。

4.根据权利要求1所述的自恢复保护电路,其特征在于,所述电荷泵开关电路包括第一输入端、第二输入端、第三输入端、P型场效应管MP2,MP3,MP4,MP5、N型场效应管MN2,MN3,MN4;

所述第一输入端与MP4和MP5的栅极连接,MP4、MP2和MP5的源极与电压源VDD连接,MP5的漏极与充放电容连接,MP4的漏极与MP2的栅极连接,MP2的漏极与MP3的源极连接,MP3的栅极接第二输入端,漏极与MN3的源极连接;

所述第三输入端还与MN4的栅极连接,MN4的源极与MN2的栅极连接,漏极接地,所述MN2的漏极接地,源极与MN3的漏极连接;

第一输入端通过第三、第四反相器与使能信号连接,第三输入端通过第三反相器与使能信号连接;使能信号与放电控制管脚经过与非门和二级反相器后输出为第二输入端。

5.根据权利要求4所述的自恢复保护电路,其特征在于,所述电荷泵开关电路还包括电流源I1、电流源I2、P型场效应管MP1;所述电流源I1与MP1的漏极连接,MP1的源极与电压源VDD连接,栅极与MP2栅极连接;

所述电流源I2与MN1的源极和栅极连接,MN1的漏极接地。

6.一种过放电保护电路,包括第二比较器、过放电保护控制电路,其特征在于,包括权利要求1-5任一项所述的自恢复保护电路;

所述第二比较器输出端与自恢复保护电路的使能输入端连接,所述过放电保护控制电路放电控制端与自恢复保护电路的放电输入端连接,所述自恢复保护电路的输出电压端还与过放电保护控制电路连接;所述第二比较器的输入端分别与锂电池电压和过放电保护电压连接。

7.根据权利要求6所述的过放电保护电路,其特征在于,所述过放电保护控制电路的放电控制端与过放电保护电路的放电控制管脚连接,所述过放电保护控制电路的电流检测端与过放电保护电路的电流检测管脚连接。

一种自恢复保护电路及过放电保护电路

技术领域

[0001] 本发明涉及电子电路设计领域,尤其涉及一种新颖的自恢复保护电路及应用了该自恢复保护电路的过放电保护电路。

背景技术

[0002] 锂电池具有体积小、能量密度高、无记忆效应、循环寿命高、高电压电池和自放电率低等优点,因而广泛的应用于手机、数码相机、平板电脑等电子产品中。与镍镉、镍氢电池不太一样,锂电池必须考虑充电、放电时的安全性,以防止特性劣化:锂电池充电时,一定要设定电压上限,才可以同时兼顾到电池的寿命、容量、和安全性;而锂电池放电时也要有电压下限,当电芯电压过低时,部分材料会开始被破坏。锂电池充放电时,除了电压的限制,电流的限制也有其必要。电流过大时,锂离子来不及进入储存格,会聚集于材料表面。因此,针对锂电池的过度充电、过度放电、过电流及短路保护很重要,所以通常都会在电池包内使用锂电池保护IC来保护锂电池。一种典型的锂电池包中锂电池保护IC及其外围应用电路如图1所示:包括锂电池保护IC和两颗作为开关管使用的功率MOS管M1、M2,VDD和VSS之间的电压即为锂电池的电压,电容C0对VDD和VSS之间的电压起到稳定作用,电阻R1和R2起到限流的作用。

[0003] 图1中,PB+管脚连接锂电池的正极,同时在锂电池充电时接充电器的正极;PB-管脚在充电时与充电器负极相连。PB+与PB-之间连接负载电路。CS管脚是芯片的电流检测端子,通过电阻R2与PB-管脚相连。OC和OD管脚分别是芯片的充电控制管脚和放电控制管脚,在不同公司的产品中,可能会有不同的命名方式,本文以下部分将放电控制管脚统称为OD。OC和OD管脚分别控制开关管M1和M2,当锂电池正常充放电时,OD和OC管脚输出高电平,开启M1和M2,与锂电池和负载形成充放电回路。在锂电池保护IC的内部,可以将起到过放电保护功能的电路模块划分为过放电保护电路。一种典型的锂电池保护IC内部过放电保护电路如图2所示:包括2选1MUX电路,比较器1,振荡器、计数器和过放电保护控制电路。MUX电路的选择信号sel_od由过放电保护控制电路产生,锂电池IC在正常状态下,sel_od选择MUX输出VDL(过放电保护电压),芯片正常状态下,VDD-VSS>VDL,因此比较器1输出低电平,过放电保护控制电路控制OD管脚输出高电平,功率MOS管M1开启。VDD-VSS之间的电压小于VDL,且持续时间大于过放电保护延迟时间td_od,过放电保护电路控制锂电池保护IC进入过放电保护状态,逻辑电路控制OD管脚输出低电平关断功率MOS管M1,切断了锂电池与负载之间的放电回路,防止过度放电对电池造成损坏。芯片的过放电保护状态必须满足一定的条件才能解除,而根据过放电保护状态的解除方式,锂电池IC内部的过放电保护电路可分为两种主要的类型:1.休眠型2.自恢复型。

[0004] 休眠型过放电保护电路的工作原理是:休眠型过过放电保护电路在芯片进入过放电保护状态后,如图2所示,sel_od信号选择MUX电路输出过放电释放电压VDR,CS管脚由内部电路上拉到高电平,过放电保护控制电路一直保持使OD输出低电平。过放电保护状态的解除条件是:过放电保护电路检测到PB+和PB-端之间接入充电器,CS被下拉到低电平,并且

充电器将锂电池电压VDD-VSS充电到大于过放电释放电压VDR的情况下,芯片才能解除过放电保护状态。此时由于VDD-VSS>VDR,图2中比较器输出低电平,过放电保护控制电路电路令OD输出高电平,打开M1。

[0005] 自恢复型过过放电保护电路的工作原理是:当电池电压低于VDL后,CS管脚由内芯片内部上拉到高电平,芯片进入过放电保护状态,OD脚输出低电平,关断M1。由于锂电池电压存在自恢复特性,并且电量越充足的电池,自恢复速度越快。当锂电池与负载之间的放电回路切断后,锂电池电压开始自恢复,一旦电池电压恢复到大于过放电释放电压VDR,比较器1输出低电平,过放电保护控制电路令OD管脚输出高电平,此时无论PB+与PB-之间是否接入充电器,即CS管脚是否检测到低电平,过放电保护状态都可解除。自恢复型锂电池保护IC又可分为两大类,第一类自恢复型锂电保护IC的过放电恢复电压VDR大于VDL;第二类的自恢复型锂电池保护IC的VDR等于VDL。

[0006] 休眠型过放电保护电路的特点是,芯片一旦进入过放电保护状态后,OD管脚始终输出低电平,切断放电回路,能够有效的防止锂电池过度放电造成的损坏。然而休眠型过放电保护电路使得芯片过放电保护状态的解除,必须通过电池包外接充电器来实现,因此,它的应用缺乏灵活性,常用于对于功耗极其敏感的仪器设备、军工产品等。而对于数码相机,手机,MP3、平板电脑等便携式电子产品,由于不方便携带充电器,带有休眠型过放电保护电路的锂电池保护IC的应用还是有局限性。

[0007] 而自恢复型过放电保护电路的特点是,一旦其检测到电池电压大于VDR,就是驱使芯片解除过放电保护状态,控制OD管脚输出高电平,打开M1。上文中提到,自恢复型锂电池保护IC又可分为两大类,第一类自恢复型锂电保护IC的过放电恢复电压VDR大于VDL;第二类的自恢复型锂电池保护IC的VDR等于VDL。对于上述第二类的锂电池保护IC,在实际应用中很容易产生以下现象:正常工作情况下,某个时刻由于负载电流突然增大,电池电压短时间内快速下降到VDL以下,由于电池电压的自恢复效应又升高到VDR以上,芯片立即解除过放电保护状态,OD管脚变成高电平打开M1,此时若锂电池的负载电路未移除且保持上述异常大电流状态(但不触发放电过流保护),锂电池将继续以相同的电流放电,电池电压将再次下降到VDL以下,触发过放电保护状态,由于电池的自恢复效应,芯片再次解除过放电状态,M1导通继续对负载放电。以上状态将在短时间内将不断重复发生,对应的电池电压与OD管脚的波形如图3所示:在开始阶段,由于电池电量充足,恢复能力强,OD管脚短时间关端后立即恢复高电平,其波形表现为占空比高的方波信号。随着电池对负载的连续放电,电池的电量下降,恢复能力减弱,OD脚一个开关周期内高电平的时间将不断减小,OD波形表现为占空比不断减小的方波信号。当锂电池的电量下降到一定程度后,池电压将无法自行恢复到VDR以上,OD管脚将一直保持低电平。上述现象的危害是:1.锂电池会不断对负载进行放电,消耗电量,当锂电池保护IC的VDR值设置较低时,甚至有可能引起锂电池过度放电造成的损坏。2.功率MOS管短时间的连续频繁开关动作会导致器件发热,影响其性能。3.电池由于连续放电而无法自恢复后,芯片还会继续消耗电池的电量,因为自恢复型锂电池保护IC一般需要在电池电量下降到2V左右才能启动休眠模式,远低于芯片的VDL值。

发明内容

[0008] 为此,需要提供一种能够防止电池过度放电,并且在电池电压过低无法自行恢复

后减少电路能耗的创新过放电保护电路。

[0009] 为实现上述目的,发明人提供了一种自恢复保护电路,包括使能输入端、放电输入端、电荷泵、比较器、输出电压端;

[0010] 所述使能输入端用于接收使能信号;所述放电输入端用于接收过放电保护控制电路放电控制管脚的输出信号;所述电荷泵包括电荷泵开关电路和充放电容,所述使能输入端与电荷泵开关电路连接,放电输入端与电荷泵开关电路连接,电荷泵开关电路与充放电容连接,所述充放电容还与比较器一输入端连接,比较器另一输入端与参考电压连接,比较器输出端与输出电压端连接。

[0011] 进一步地,所述比较器输出端通过第四反相器、第五反相器与输出电压端连接。

[0012] 具体地,所述电荷泵开关电路包括电流源、开关管;所述电流源用于给电容供电,所述开关管为多个三极管或场效应管,设置于电流源给电容的供电通路上,开关管的控制端与使能输入端或放电输入端连接。

[0013] 优选地,所述电荷泵开关电路包括第一输入端、第二输入端、第三输入端、P型场效应管MP2,MP3,MP4,MP5、N型场效应管MN2,MN3,MN4;

[0014] 所述第一输入端与MP4和MP5的栅极连接,MP4、MP2和MP5的源极与电压源VDD连接,MP5的漏极与充放电容连接,MP4的漏极与MP2的栅极连接,MP2的漏极与MP3的源极连接,MP3的栅极接第二输入端,漏极与MN3的源极连接;

[0015] 所述第一输入端还与MN4的栅极连接,MN4的源极与MN2的栅极连接,漏极接地,所述MN2的漏极接地,源极与MN3的漏极连接,所述第二输入端还与MN3的栅极连接。

[0016] 优选地,所述电荷泵开关电路还包括电流源、P型场效应管MP1、N型场效应管MN2;所述电流源与MP1的漏极连接,MP1的源极与电压源VDD连接,栅极与MP2栅极连接;

[0017] 所述电流源还与MN1的源极和栅极连接,MN1的漏极接地。

[0018] 一种过放电保护电路,包括第二比较器、过放电保护控制电路,包括上述的自恢复保护电路;

[0019] 所述第二比较器输出端与自恢复保护电路的使能输入端连接,所述过放电保护控制电路放电控制端与自恢复保护电路的放电输入端连接,所述自恢复保护电路的输出电压端还与过放电保护控制电路连接。

[0020] 具体地,所述过放电保护控制电路的放电控制端与过放电保护电路的放电控制管脚连接,所述过放电保护控制电路的电流检测端与过放电保护电路的电流检测管脚连接。

[0021] 区别于现有技术,上述技术方案通过设计自恢复保护电路,通过采样放电控制输出及第二比较器比较锂电池电压及VDL之后输出的高电平,通过电荷泵来调整控制信号,稳定控制输出,随即将自恢复保护电路的输出反馈出去,防止了OD输出信号占空比降低导致的电池电压不稳定的情况发生,并在电池电压无法自行恢复的时候触发休眠模式,保证了电池电压的稳定降低,并不至发生危险。

附图说明

[0022] 图1为背景技术所述的锂电池保护IC及IC外围应用电路示意图;

[0023] 图2为背景技术所述的锂电池过放电保护电流结构图;

[0024] 图3为背景技术所述的锂电池电压在VDR附近时OD管脚的波形示意图;

[0025] 图4为具体实施方式一实施例所述的自恢复保护电路示意图；

[0026] 图5为具体实施方式一实施例所述的过放电保护电路模块示意图；

[0027] 图6为具体实施方式一实施例所述的自恢复保护逻辑控制流程图；

[0028] 图7为具体实施方式一实施例所述的过放电保护电路工作波形图。

具体实施方式

[0029] 为详细说明技术方案的技术内容、构造特征、所实现目的及效果，以下结合具体实施例并配合附图详予说明。

[0030] 本文提出了一种创新的一种自恢复保护电路，其具体结构如图4所示，包括使能输入端EN、放电输入端OD、电荷泵电路、比较器3、输出电压端Vout；

[0031] 所述使能输入端EN用于接收使能信号；所述放电输入端OD用于接收过放电保护控制电路放电控制管脚的输出信号；所述电荷泵包括电荷泵开关电路和充放电容，所述使能输入端与电荷泵开关电路连接，放电输入端与电荷泵开关电路连接，电荷泵开关电路与充放电容连接，所述充放电容还与比较器一输入端连接，比较器另一输入端与参考电压连接，比较器输出端与输出电压端连接。如图4所示，使能信号一般为高电平，可以是任意前端电路产生的电信号，放电控制管脚的输出信号一般为说明书背景技术所述的方波信号，这两个信号在经过与非门(图示2NAND)及两级反相器筛选后接入电荷泵开关电路中；在一些简化的实施例中，电荷泵开关电路可以仅包括简单的一个三极管开关或场效应管开关，在接收到EN及OD的处理信号后导通或关闭，进而控制后续电容的充电或放电。在一般的实施例中，所述电荷泵开关电路包括片上电源VDD、开关管；所述电源VDD用于给电容供电，所述开关管为多个三极管或场效应管，设置于电源给电容的供电通路上，开关管的控制端与使能输入端或放电输入端连接。例如在图5本发明过放电保护电路示意图所示的连接关系实施例中，当过放电保护电路IC处于正常工作状态下，过放电保护电路通过MUX与比较器2持续检测电池电压VDD-VSS，当某个工作状态下，锂电池的负载电流突然增大，锂电池持续放电到电压低于VDL，并且持续时间超过过放电保护延迟时间TOD后，过放电保护电路进入过放电保护状态。从而向自恢复保护电路发出EN信号，开启电荷泵开关电路，为电容充能，在电荷泵开关电路受OD的影响关闭后，电容开始放电，通过Vout输出反馈到过放电保护控制电路中，能够有效的防止锂电池的过度放电。为了更好地控制反馈输出的Vout信号，所述第三比较器输出端还可以通过第四反相器、第五反相器与输出电压端连接。通过两级反相器起到更好的稳压效果。

[0032] 其具体的工作过程如图6所示：当芯片进入过放电保护状态后，如果在T1的时间内，系统未检测到电池电压自恢复到VDR以上，则判定电池电量不足，过放电保护控制电路控制芯片进入休眠状态；当T1时间内，系统检测到电池电压VDD-VSS由于自恢复效应升高大于VDR时，启动自恢复保护模块，自恢复保护模块开始检测OD信号的占空比，根据OD的波形和持续时间，产生以下两种情况：(1)自恢复保护电路检测到OD管脚的占空比大于设定值D，且持续时间大于延迟时间T2，则判定芯片处于正常工作状态，(2)自恢复保护电路在T2时间内检测到OD管脚的占空比低于所设定的占空比D，则判定芯片OD管脚处于异常反复开关状态，立即控制芯片进入休眠状态，将芯片的功耗降到最低，减小对锂电池电量的损耗，休眠状态需要自恢复保护电路检测到锂电池接入充电器，且锂电池电压充电到大于VDR才能解

除。通过上述设计方案,达到了通过电荷泵电路进行输出反馈,调整过放电保护控制电路OD输出,解决OD信号产生过度波动进而消耗大量功耗,容易烧坏电路的问题。

[0033] 在图4所示的更加具体的实施例中,优选地,所述电荷泵开关电路包括第一输入端、第二输入端、第三输入端、P型场效应管MP2,MP3,MP4,MP5、N型场效应管MN2,MN3,MN4;第一输入端可以通过两级反相器,即图中的第三、第四反相器与EN使能信号连接,第三输入端可以通过一级反相器即第三反相器与EN输入信号连接;第二输入端可以与上述的第二反相器连接;

[0034] 所述第一输入端与MP4和MP5的栅极连接,MP4、MP2和MP5的源极与电压源VDD连接,MP5的漏极与充放电容连接,MP4的漏极与MP2的栅极连接,MP2的漏极与MP3的源极连接,MP3的栅极接第二输入端,漏极与MN3的源极连接;所述第一输入端还与MN4的栅极连接,MN4的源极与MN2的栅极连接,漏极接地,所述MN2的漏极接地,源极与MN3的漏极连接,所述第二输入端还与MN3的栅极连接。

[0035] 在工作过程中,使能信号进入后电荷泵开关打开,在OD信号为高电平时对C1进行充电,在OD信号变为低电平时控制电容放电,若电容输出电压大于参考电压VREF,则能够产生相对稳定的Vout信号。通过上述设计,电荷泵开关电路能够通过三个输入端的不同输入信号产生反馈信号,更好地实现对电容C1的充放电控制,进而稳定自恢复保护电路的输出。

[0036] 优选的实施例中,所述电荷泵开关电路还包括电流源、P型场效应管MP1、N型场效应管MN2;所述电流源与MP1的漏极连接,MP1的源极与电压源VDD连接,栅极与MP2栅极连接;所述电流源还与MN1的源极和栅极连接,MN1的漏极接地。通过VDD给电容充电,同时通过电流源稳定电路的充电电流,能够使得C1的充电过程更加稳定,提升电路的使用安全性和充电效率。

[0037] 作为优选的自恢复保护IC的一种具体实现形式,如图5所示:由二选一MUX电路、比较器2、振荡器、计数器、自恢复保护模块,过放电保护控制电路1组成。具体地,一种过放电保护电路,包括第二比较器、过放电保护控制电路,还包括上述的自恢复保护电路(下或述为自恢复保护模块,如图5);

[0038] 这里请参阅图5,所述第二比较器输出端与自恢复保护电路的使能输入端EN连接,所述过放电保护控制电路放电控制端OD端与自恢复保护电路的放电输入端连接,所述自恢复保护电路的输出电压端还与过放电保护控制电路反馈连接。与传统过放电保护电路相比,增加了自恢复保护模块。二选MUX的选择信号sel_od由过放电保护控制电路1产生,芯片正常工作时,输出VDL。当VDD-VSS小于VDL,比较器2翻转输出高电平,且持续时间大TOD,过放电保护电路控制芯片进入过放电保护模式,OD管脚输出低电平,过放电保护控制电路1控制MUX输出VDR。紧接着,再经过时间T1后,未检测到VDD-VSS>VDR,也就是未检测到比较器2的翻转,则过放电保护控制电路控制芯片进入休眠模式;如果T1内检测到比较器2翻转,则自恢复保护模块开始检测OD波形的占空比,如果在T2时间内,未检测到OD的占空比小于指定占空比D,则过放电保护控制电路1,解除芯片的过放电保护状态;如果在T2时间内,自恢复保护模块检测到OD波形小于D,则过放电保护控制电路1控制芯片进入休眠状态。以上休眠状态必须通过电池包外接充电器来解除。

[0039] 自恢复保护模块的作用是检测OD管脚信号的占空比,并对过放电保护控制电路1发出控制信号。本文提出的自恢复保护模块的一种具体实形式,如图6所示:该模块的输入

信号为芯片的OD信号,EN是该模块的使能信号,高电平有效。电流源I1、I2,PMOS管MP1-MP3,NMOS管MN4-MN5以及电容C1构成电荷泵电路,电流源I1、I2由芯片基准电路产生,为电荷泵提供充放电电流。电容C1的上极板与比较器3的同向输入端相连,比较器3的反相输入端与参考电平VREF相连,VREF由芯片内部的参考电路产生。比较器的输出电压经过两级反相器INV4、INV5构成缓冲电路输出;PMOS管MP4、MP5,NMOS管MN4是开关管,其作用将在下文中阐述。

[0040] 芯片正常工作状态下,自恢复保护模块是关闭的,结合图4理解,EN信号为低电平,电荷泵电路MN1-2,MP1-2的栅极分别被MN4管和MP4管上拉和下拉到电源和地电位,处于关闭状态;MP5开启将电容电压上拉到高电平,同时比较器处于掉电状态,输出低电平。当自恢复保护模块启动后,OD电压、电容C1电压VC、输出信号VOUT的波形如图7所示:当芯片在正常工作很长一段时间后,首次进入过放电保护状态并自恢复后,假设锂电池的负载大电流未移除,电池电压开始在VDR附近反复波动。如图7所示,假设自恢复保护模块刚启动时,电池的电量较为充足,恢复能力强,在初始的几个OD开关周期,OD高电平时间远大于低电平时间,占空比很高,因此在一个OD的开关周期内,电荷泵的充电时间远大于放电时间,电容上的电压一直高于参考电平VREF,比较器3输出高电平;当电池经过一段时间的放电后,电量开始下降,电池电压的自恢复能力也开始下降,OD的开关周期中,高电平占比开始下降,因此电荷泵放电时间增加,电容电压便开始下降;当电池的放电继续进行,电池电量进一步下降,电池电压的自恢复能力进一步下降,OD的占空比也进一步减小,一旦电容电压小于比较器3的参考电压VREF,比较器3立即翻转,VOUT输出低电平,当图4中的过放电保护控制电路1检测到VOUT的输出低电平,立即控制OD输出低电平,芯片进入休眠状态。通过上述设计,本发明过放电保护电路通过设计自恢复保护电路的采样对过放电保护控制在电路输出信号进行反馈调节,通过设计电荷泵电路稳定OD输出管脚的波动,起到了在电池放电直到电压不足过程中稳定OD管脚输出波动,降低无谓的能耗,并在电池放电电压不足后切断反馈信号Vout,芯片进入休眠状态,保证电路不再放电,提升电路设计安全性的效果。

[0041] 另一些具体的实施例中,所述过放电保护控制电路的放电控制端与过放电保护电路的放电控制管脚连接,所述过放电保护控制电路的电流检测端与过放电保护电路的电流检测管脚连接。控制电路输出通过芯片管脚对外控制,能够进一步完善本发明芯片结构,提升本发明的实用性。

[0042] 需要说明的是,尽管在本文中已经对上述各实施例进行了描述,但并非因此限制本发明的专利保护范围。因此,基于本发明的创新理念,对本文所述实施例进行的变更和修改,或利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换,直接或间接地将以上技术方案运用在其他相关的技术领域,均包括在本发明的专利保护范围之内。

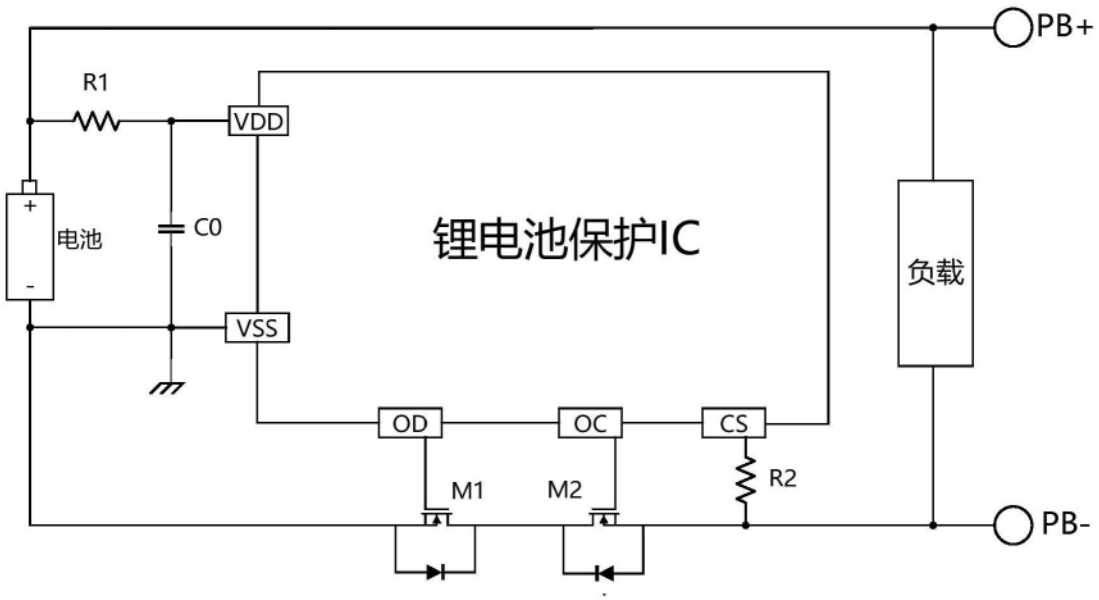

PB+
R1
VDD
电池
C0
锂电池保护IC
负载
VSS
OD
OC
CS
M1
M2
R2
PB-

图1

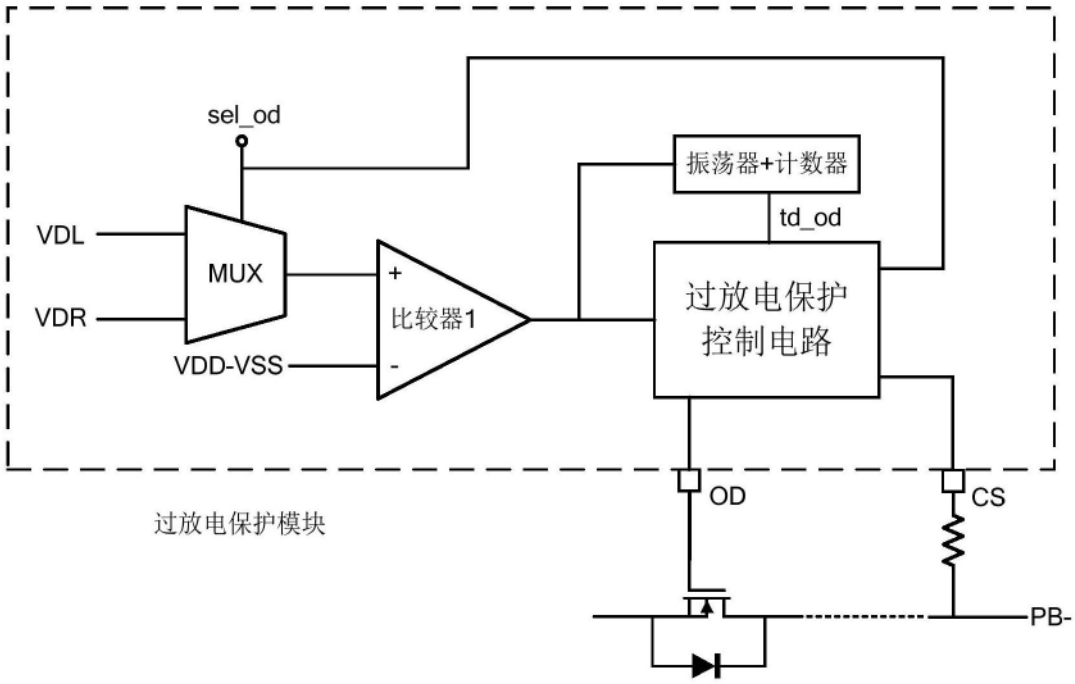

sel_od
振荡器+计数器
td_od
VDL
MUX
VDR
VDD-VSS
比较器1
过放电保护
控制电路
OD
CS
过放电保护模块
PB-

图2

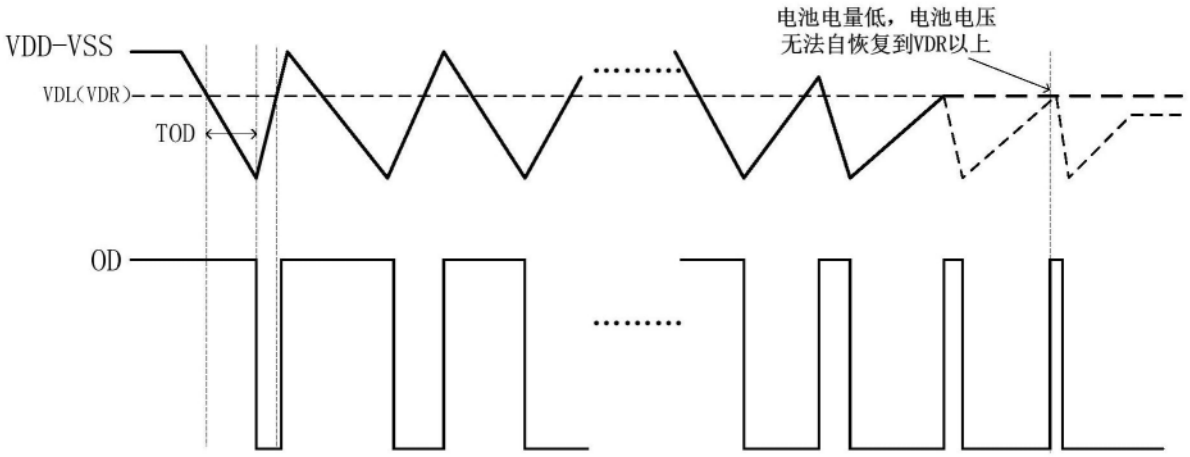

VDD-VSS
VDL(VDR)
TOD
OD
电池电量低，电池电压
无法自恢复到VDR以上

图3

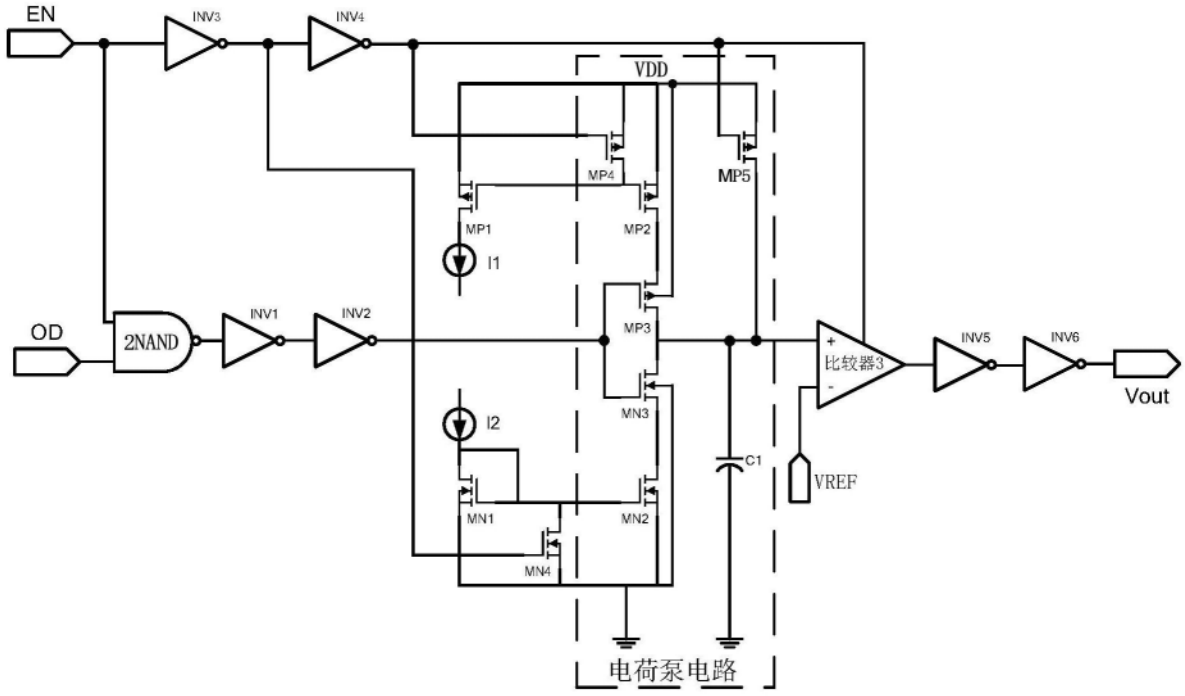

EN
INV3
INV4
VDD
MP4
MP5
MP1
MP2
I1
OD
2NAND
INV1
INV2
MP3
比较器3
INV5
INV6
Vout
MN3
I2
C1
VREF
MN1
MN2
MN4
电荷泵电路

图4

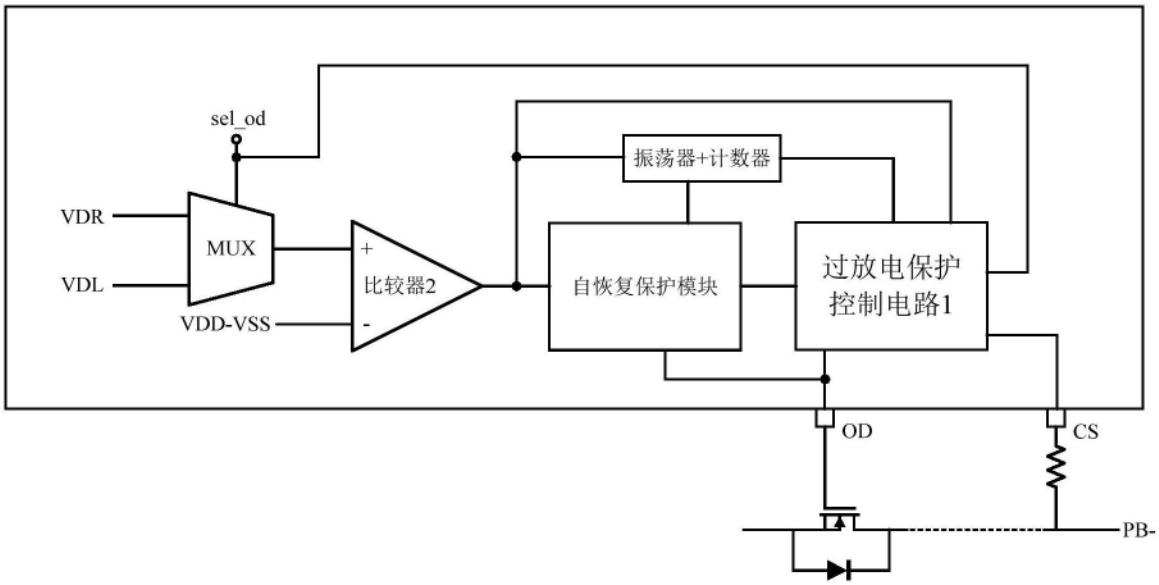

sel_od
VDR
VDL
MUX
VDD-VSS
+
比较器2
-
振荡器+计数器
自恢复保护模块
过放电保护
控制电路1
OD
CS
PB-

图5

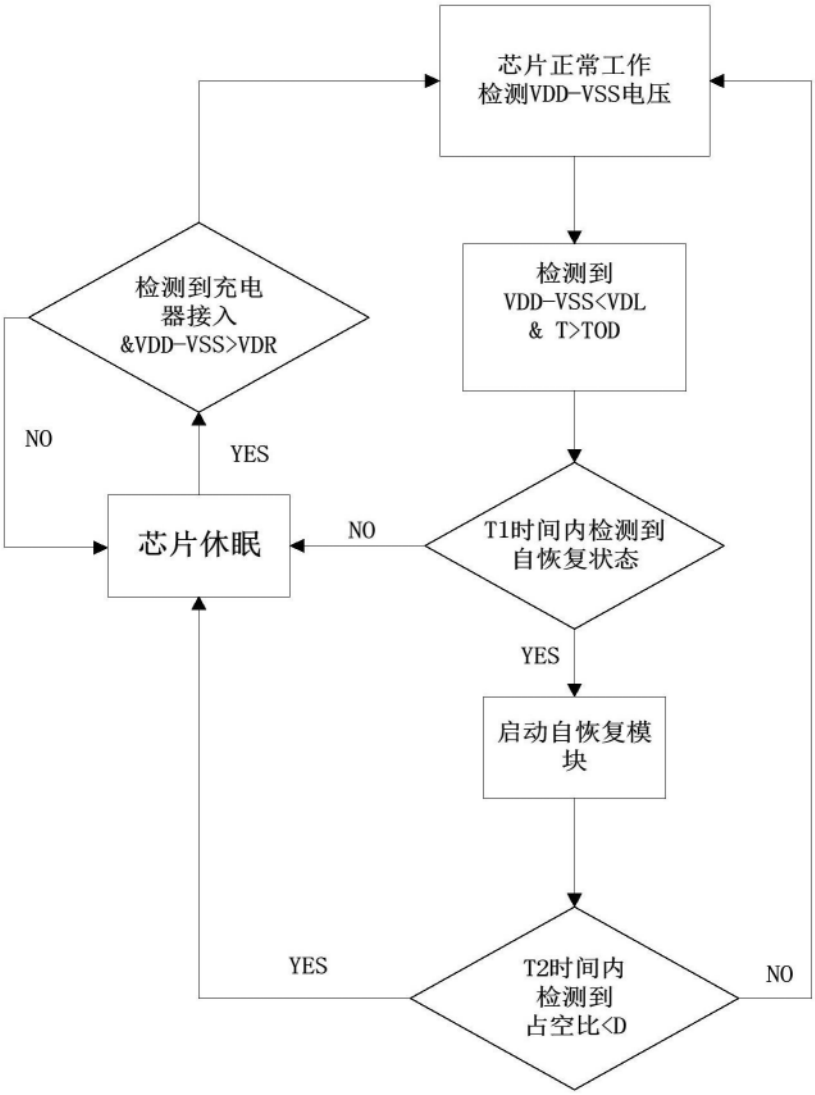

芯片正常工作
检测VDD-VSS电压
检测到
VDD-VSS<VDL
& T>TOD
T1时间内检测到
自恢复状态
NO
YES
启动自恢复模
块
T2时间内
检测到
占空比<D
YES
NO
检测到充电
器接入
&VDD-VSS>VDR
NO
YES
芯片休眠

图6

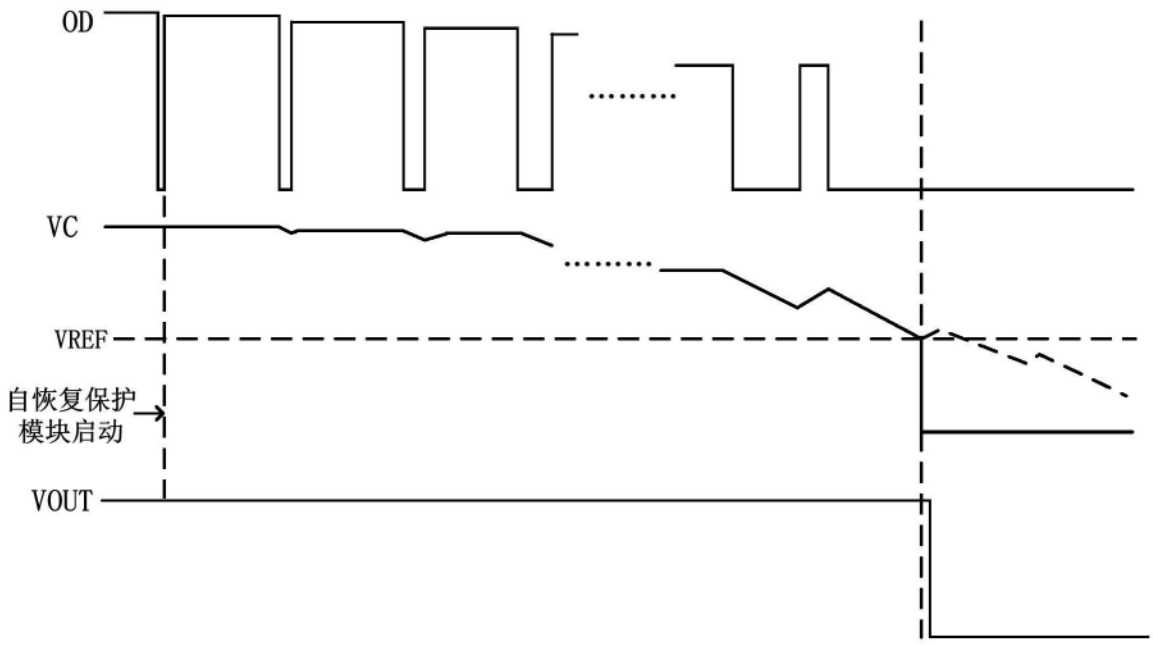


图7