



(21) 申请号 202011613881.6

(22) 申请日 2020.12.30

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112843473 A

(43) 申请公布日 2021.05.28

(73) 专利权人 创领心律管理医疗器械(上海)有限公司

地址 201203 上海市浦东新区中国(上海)
自由贸易试验区芳春路400号3幢3楼
和4楼401室

(72) 发明人 刘刚

(74) 专利代理机构 上海思微知识产权代理事务
所(普通合伙) 31237

专利代理师 曹廷廷

(51) Int.Cl.

A61N 1/362 (2006.01)

A61N 1/37 (2006.01)

A61N 1/378 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 2004304527 A, 2004.10.28

US 2004130364 A1, 2004.07.08

JP 2007306708 A, 2007.11.22

US 2003130699 A1, 2003.07.10

US 2020188681 A1, 2020.06.18

US 2012277830 A1, 2012.11.01

US 2010211132 A1, 2010.08.19

US 2008157734 A1, 2008.07.03

US 5591209 A, 1997.01.07

US 5917346 A, 1999.06.29

US 5948004 A, 1999.09.07

US 4481950 A, 1984.11.13

CN 111053975 A, 2020.04.24

CN 110051929 A, 2019.07.26

US 2010100149 A1, 2010.04.22

US 6075403 A, 2000.06.13

审查员 孙玉梅

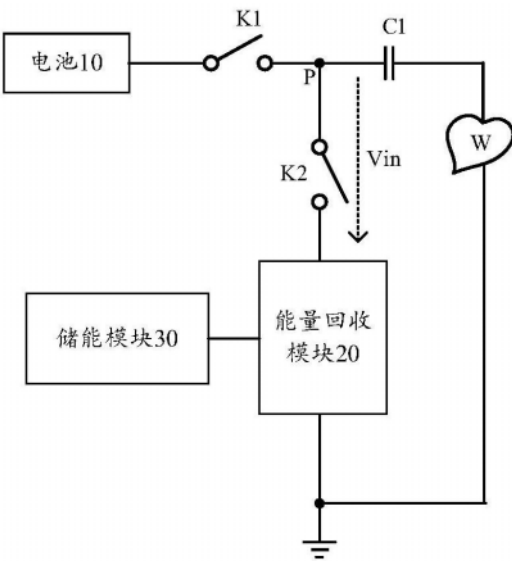
权利要求书3页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

心脏起搏系统

(57) 摘要

本发明提供了一种心脏起搏系统,将能量回收模块与第二通断切换单元连接后连接在第一通断切换单元与隔直电容之间的节点与电学地之间,将储能模块与能量回收模块连接,当第一通断切换单元闭合且第二通断切换单元关断时,电池正常向心肌组织释放起搏脉冲,当第一通断切换单元关断且第二通断切换单元闭合时,能量回收模块回收隔直电容中的能量并存储在储能模块中,回收的能量可用于后续的起搏或心脏起搏系统中的其他模块的正常工作,减少了能量浪费,同时不增加额外的功耗,节省了心脏起搏系统中的电池的能量,提高了心脏起搏系统的寿命。



1. 一种心脏起搏系统,其特征在于,包括依次连接在电池及电学地之间的第一通断切换单元、隔直电容及能量回收电路,所述隔直电容连接心肌组织,且所述心肌组织连接所述电学地,所述能量回收电路包括能量回收模块、第二通断切换单元及储能模块;

所述能量回收模块与所述第二通断切换单元连接后连接在所述第一通断切换单元与所述第二通断切换单元之间的节点与所述电学地之间,所述储能模块与所述能量回收模块连接;以及,

当所述第一通断切换单元闭合且所述第二通断切换单元关断时,所述电池向所述心肌组织释放起搏脉冲,当所述第一通断切换单元关断且所述第二通断切换单元闭合时,所述能量回收模块回收所述隔直电容中的能量并存储在所述储能模块中;

所述能量回收模块包括低压振荡单元及低压电荷泵单元,所述低压电荷泵单元的输出端连接所述储能模块,所述低压电荷泵单元用于在时钟信号的驱动下向所述储能模块输出电压,所述低压振荡单元包括低压振荡电路及低压缓冲电路,所述低压振荡电路的电源端与所述低压缓冲电路的电源端均作为所述低压振荡单元的电源端,所述低压振荡电路的接地端与所述低压缓冲电路的接地端均作为所述低压振荡单元的接地端;以及,

所述低压振荡电路的输出端连接所述低压缓冲电路的输入端,所述低压振荡电路用于向所述低压缓冲电路输出两个不交叠的初始时钟信号,所述低压缓冲电路的输出端与所述低压电荷泵单元的输入端连接,所述低压缓冲电路用于分别将两个所述初始时钟信号的驱动能力增强后向所述低压电荷泵单元输出两个所述时钟信号;

所述电学地为电路模块为运行需要而设置的工作接地。

2. 如权利要求1所述的心脏起搏系统,其特征在于,所述低压振荡单元的电源端与所述低压电荷泵单元的电源端均用于输入所述节点上的电压,所述低压振荡单元的接地端与所述低压电荷泵单元的接地端均连接所述电学地;以及,

所述低压振荡单元的输出端连接所述低压电荷泵单元的输入端,所述低压振荡单元用于向所述低压电荷泵单元输入两个不交叠的时钟信号。

3. 如权利要求2所述的心脏起搏系统,其特征在于,所述低压振荡电路包括 m 级第一反相器,其中, m 为大于或等于3的奇数;

m 级第一反相器的电源端相连后作为所述低压振荡电路的电源端, m 级第一反相器的接地端相连后作为所述低压振荡电路的接地端,第 m 级第一反相器的输出端连接第1级第一反相器的输入端,第 i 级第一反相器的输出端连接第 $i+1$ 级第一反相器的输入端,其中, $1 < i \leq m-1$;以及,

两个所述初始时钟信号分别从任一奇数级的第一反相器和任一偶数级的第一反相器的输出端输出。

4. 如权利要求3所述的心脏起搏系统,其特征在于,所述第一反相器包括第一PMOS晶体管及第一NMOS晶体管;

所述第一PMOS晶体管的源极作为所述第一反相器的电源端,所述第一PMOS晶体管的栅极与所述第一NMOS晶体管的栅极相连后作为所述第一反相器的输入端,所述第一PMOS晶体管的漏极与所述第一NMOS晶体管的漏极相连后作为所述第一反相器的输出端;所述第一NMOS晶体管的源极作为所述第一反相器的接地端,所述第一NMOS晶体管的衬底与所述第一PMOS晶体管的衬底相连后作为所述第一反相器的反馈端;以及,

第 m 级第一反相器的反馈端连接第1级第一反相器的输出端,第 j 级第一反相器的反馈端连接第 $j+1$ 级第一反相器的输出端,其中, $1 \leq j \leq m-1$ 。

5.如权利要求4所述的的心脏起搏系统,其特征在于,所述低压缓冲电路包括两个缓冲器,每个所述缓冲器均包括 n 级第二反相器,其中 $n \geq 2$;

n 级第二反相器的电源端相连后作为所述低压缓冲电路的电源端, n 级第二反相器的接地端相连后作为所述低压缓冲电路的接地端,第 r 级第二反相器的输出端连接第 $r+1$ 级第二反相器的输入端,第1级第二反相器的输入端和第 n 级第二反相器的输出端分别作为所述缓冲器的输入端和输出端,其中, $1 \leq r \leq n-1$;以及,

两个所述初始时钟信号分别输入一个所述缓冲器的输入端,两个所述缓冲器的输出端分别输出一个所述时钟信号。

6.如权利要求5所述的的心脏起搏系统,其特征在于,所述第二反相器包括第二PMOS晶体管及第二NMOS晶体管;

所述第二PMOS晶体管的源极作为所述第二反相器的电源端,所述第二PMOS晶体管的栅极与所述第二NMOS晶体管的栅极相连后作为所述第二反相器的输入端,所述第二PMOS晶体管的漏极与所述第二NMOS晶体管的漏极相连后作为所述第二反相器的输出端;所述第二NMOS晶体管的源极作为所述第二反相器的接地端,所述第二NMOS晶体管的衬底与所述第二PMOS晶体管的衬底相连后作为所述第二反相器的反馈端;

当所述缓冲器输入的初始时钟信号为奇数级的第一反相器输出的初始时钟信号时,所述缓冲器的奇数级的第二反相器的反馈端连接任一偶数级的第一反相器的反馈端,所述缓冲器的偶数级的第二反相器的反馈端连接任一奇数级的第一反相器的反馈端;以及,

当所述缓冲器输入的初始时钟信号为偶数级的第一反相器输出的初始时钟信号时,所述缓冲器的奇数级的第二反相器的反馈端连接任一奇数级的第一反相器的反馈端,所述缓冲器的偶数级的第二反相器的反馈端连接任一偶数级的第一反相器的反馈端。

7.如权利要求2所述的的心脏起搏系统,其特征在于,所述低压电荷泵单元包括 q 级电荷泵子单元,其中, $q \geq 2$;

所述电荷泵子单元包括第三NMOS晶体管及耦合电容,所述第三NMOS晶体管的栅极、漏极及衬底连接后作为所述电荷泵子单元的电源端,所述第三NMOS晶体管的源极与所述耦合电容的一端连接后作为所述电荷泵子单元的输出端,所述耦合电容的另一端作为所述电荷泵子单元的输入端;

第 s 级电荷泵子单元的输出端连接第 $s+1$ 级电荷泵子单元的电源端,第1级电荷泵子单元的电源端和第 q 级电荷泵子单元的输出端分别作为所述低压电荷泵单元的电源端和输出端,其中, $1 \leq s \leq q-1$;以及,

奇数级的电荷泵子单元的输入端相连后作为所述低压电荷泵单元的一个输入端,奇数级的电荷泵子单元的输入端用于输入一个所述时钟信号,偶数级的电荷泵子单元的输入端相连后作为所述低压电荷泵单元的另一个输入端,偶数级的电荷泵子单元的输入端用于输入另一个所述时钟信号。

8.如权利要求1所述的的心脏起搏系统,其特征在于,所述能量回收电路还包括第三通断切换单元,所述第三通断切换单元连接在所述能量回收模块与所述第二通断切换单元之间。

9. 如权利要求1所述的心脏起搏系统,其特征在于,所述能量回收电路还包括第三通断切换单元,所述第三通断切换单元连接在所述节点与所述第二通断切换单元之间。

10. 如权利要求8或9所述的心脏起搏系统,其特征在于,当所述电池向所述心肌组织释放起搏脉冲以及所述能量回收模块回收所述隔直电容中的能量并存储在所述储能模块中时,所述第三通断切换单元关断。

11. 如权利要求8所述的心脏起搏系统,其特征在于,所述能量回收模块回收所述隔直电容中的能量一预定时间之后,所述第三通断切换单元及所述第二通断切换单元均闭合,以释放所述隔直电容中剩余的能量。

12. 如权利要求9所述的心脏起搏系统,其特征在于,所述能量回收模块回收所述隔直电容中的能量一预定时间之后,所述第三通断切换单元闭合,所述第二通断切换单元关断,以释放所述隔直电容中剩余的能量。

心脏起搏系统

技术领域

[0001] 本发明涉及植入式医疗器械技术领域,尤其涉及一种心脏起搏系统。

背景技术

[0002] 心脏起搏系统自上世纪五十年代发明至今无论是其治疗的适应症还是功能均有了很大发展,除起搏功能外,心脏起搏系统也被用来进行与心律失常相关的各种诊断技术。

[0003] 公知的心脏起搏系统包括起搏器(cardiac pacemaker)和电极导线,起搏器和电极导线在植入手术中被植入人体,起搏器由电池供电,可以在需要的时候向心肌组织发放由电池提供能量的微小的电脉冲(即起搏脉冲),通过电极导线的传导,起搏脉冲经由隔直电容后被传递到心肌组织(心脏不允许直流电流通过),刺激电极导线的电极所接触的心肌组织,使心脏激动和收缩,从而达到治疗由于某些心律失常所致的心脏功能障碍的目的。

[0004] 然而,传统的心脏起搏系统在每次提供起搏脉冲后,根据起搏脉冲幅值、脉冲脉宽和不同病患的心肌组织的阻抗的不同,隔直电容上都会有不同程度的剩余电荷存在。为了保证下一次能够对心脏进行有效起搏,每次提供起搏脉冲后要对隔直电容进行放电,传统的方式是通过开关直接将隔直电容上的剩余电荷释放到电学地,这种方式造成了电池的能量浪费,对心脏起搏系统的寿命影响非常大。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种心脏起搏系统,以解决现有的心脏起搏系统的电池的能量浪费严重,导致心脏起搏系统的寿命降低的问题。

[0006] 为了达到上述目的,本发明提供了一种心脏起搏系统,包括依次连接在电池及电学地之间的第一通断切换单元、隔直电容及能量回收电路,所述隔直电容连接心肌组织,且所述心肌组织连接所述电学地,所述能量回收电路包括能量回收模块、第二通断切换单元及储能模块;

[0007] 所述能量回收模块与所述第二通断切换单元连接后连接在所述第一通断切换单元与所述第二通断切换单元之间的节点与所述电学地之间,所述储能模块与所述能量回收模块连接;以及,

[0008] 当所述第一通断切换单元闭合且所述第二通断切换单元关断时,所述电池向所述心肌组织释放起搏脉冲,当所述第一通断切换单元关断且所述第二通断切换单元闭合时,所述能量回收模块回收所述隔直电容中的能量并存储在所述储能模块中。

[0009] 可选的,所述能量回收模块包括低压振荡单元及低压电荷泵单元,所述低压振荡单元的电源端与所述低压电荷泵单元的电源端均用于输入所述节点上的电压,所述低压振荡单元的接地端与所述低压电荷泵单元的接地端均连接所述电学地;以及,

[0010] 所述低压振荡单元的输出端连接所述低压电荷泵单元的输入端,所述低压振荡单元用于向所述低压电荷泵单元输入两个不交叠的时钟信号,所述低压电荷泵单元的输出端连接所述储能模块,所述低压电荷泵单元用于在所述时钟信号的驱动下向所述储能模块输

出电压。

[0011] 可选的,所述低压振荡单元包括低压振荡电路及低压缓冲电路,所述低压振荡电路的电源端与所述低压缓冲电路的电源端均作为所述低压振荡单元的电源端,所述低压振荡电路的接地端与所述低压缓冲电路的接地端均作为所述低压振荡单元的接地端;以及,

[0012] 所述低压振荡电路的输出端连接所述低压缓冲电路的输入端,所述低压振荡电路用于向所述低压缓冲电路输出两个不交叠的初始时钟信号,所述低压缓冲电路的输出端与所述低压电荷泵单元的输入端连接,所述低压缓冲电路用于分别将两个所述初始时钟信号的驱动能力增强后向所述低压电荷泵单元输出两个所述时钟信号。

[0013] 可选的,所述低压振荡电路包括 m 级第一反相器,其中, m 为大于等于3的奇数;

[0014] m 级第一反相器的电源端相连后作为所述低压振荡电路的电源端, m 级第一反相器的接地端相连后作为所述低压振荡电路的接地端,第 m 级第一反相器的输出端连接第1级第一反相器的输入端,第 i 级第一反相器的输出端连接第 $i+1$ 级第一反相器的输入端,其中, $1 < i \leq m-1$;以及,

[0015] 两个所述初始时钟信号分别从任一奇数级的第一反相器和任一偶数级的第一反相器的输出端输出。

[0016] 可选的,所述第一反相器包括第一PMOS晶体管及第一NMOS晶体管;

[0017] 所述第一PMOS晶体管的源极作为所述第一反相器的电源端,所述第一PMOS晶体管的栅极与所述第一NMOS晶体管的栅极相连后作为所述第一反相器的输入端,所述第一PMOS晶体管的漏极与所述第一NMOS晶体管的漏极相连后作为所述第一反相器的输出端;所述第一NMOS晶体管的源极作为所述第一反相器的接地端,所述第一NMOS晶体管的衬底与所述第一PMOS晶体管的衬底相连后作为所述第一反相器的反馈端;以及,

[0018] 第 m 级第一反相器的反馈端连接第1级第一反相器的输出端,第 j 级第一反相器的反馈端连接第 $j+1$ 级第一反相器的输出端,其中, $1 \leq j \leq m-1$ 。

[0019] 可选的,所述低压缓冲电路包括两个缓冲器,每个所述缓冲器均包括 n 级第二反相器,其中 $n \geq 2$;

[0020] n 级第二反相器的电源端相连后作为所述低压缓冲电路的电源端, n 级第二反相器的接地端相连后作为所述低压缓冲电路的接地端,第 r 级第二反相器的输出端连接第 $r+1$ 级第二反相器的输入端,第1级第二反相器的输入端和第 n 级第二反相器的输出端分别作为所述缓冲器的输入端和输出端,其中, $1 \leq r \leq n-1$;以及,

[0021] 两个所述初始时钟信号分别输入一个所述缓冲器的输入端,两个所述缓冲器的输出端分别输出一个所述时钟信号。

[0022] 可选的,所述第二反相器包括第二PMOS晶体管及第二NMOS晶体管;

[0023] 所述第二PMOS晶体管的源极作为所述第二反相器的电源端,所述第二PMOS晶体管的栅极与所述第二NMOS晶体管的栅极相连后作为所述第二反相器的输入端,所述第二PMOS晶体管的漏极与所述第二NMOS晶体管的漏极相连后作为所述第二反相器的输出端;所述第二NMOS晶体管的源极作为所述第二反相器的接地端,所述第二NMOS晶体管的衬底与所述第二PMOS晶体管的衬底相连后作为所述第二反相器的反馈端;

[0024] 当所述缓冲器输入的初始时钟信号为奇数级的第一反相器输出的初始时钟信号时,所述缓冲器的奇数级的第二反相器的反馈端连接任一偶数级的第一反相器的反馈端,

所述缓冲器的偶数级的第二反相器的反馈端连接任一奇数级的第一反相器的反馈端；以及，

[0025] 当所述缓冲器输入的初始时钟信号为偶数级的第一反相器输出的初始时钟信号时，所述缓冲器的奇数级的第二反相器的反馈端连接任一奇数级的第一反相器的反馈端，所述缓冲器的偶数级的第二反相器的反馈端连接任一偶数级的第一反相器的反馈端。

[0026] 可选的，所述低压电荷泵单元包括 q 级电荷泵子单元，其中， $q \geq 2$ ；

[0027] 所述电荷泵子单元包括第三NMOS晶体管及耦合电容，所述第三NMOS晶体管的栅极、漏极及衬底连接后作为所述电荷泵子单元电源端，所述第三NMOS晶体管的源极与所述耦合电容的一端连接后作为所述电荷泵子单元的输出端，所述耦合电容的另一端作为所述电荷泵子单元的输入端；

[0028] 第 s 级电荷泵子单元的输出端连接第 $s+1$ 级电荷泵子单元电源端，第1级电荷泵子单元电源端和第 q 级电荷泵子单元的输出端分别作为所述低压电荷泵单元电源端和输出端，其中， $1 \leq s \leq q-1$ ；以及，

[0029] 奇数级的电荷泵子单元输入端相连后作为所述低压电荷泵单元的一个输入端，奇数级的电荷泵子单元输入端用于输入一个所述时钟信号，偶数级的电荷泵子单元输入端相连后作为所述低压电荷泵单元的另一个输入端，偶数级的电荷泵子单元输入端用于输入另一个所述时钟信号。

[0030] 可选的，所述能量回收电路还包括第三通断切换单元，所述第三通断切换单元的一端连接在所述能量回收模块与第二通断切换单元之间。

[0031] 可选的，所述能量回收电路还包括第三通断切换单元，所述第三通断切换单元的一端连接在所述节点与第二通断切换单元之间。

[0032] 可选的，当所述电池向所述心肌组织释放起搏脉冲以及所述能量回收模块回收所述隔直电容中的能量并存储在所述储能模块中时，所述第三通断切换单元关断。

[0033] 可选的，所述能量回收模块回收所述隔直电容中的能量一预定时间之后，所述第三通断切换单元及第二通断切换单元均闭合，以释放所述隔直电容中剩余的能量。

[0034] 可选的，所述能量回收模块回收所述隔直电容中的能量一预定时间之后，所述第三通断切换单元闭合，第二通断切换单元关断，以释放所述隔直电容中剩余的能量。

[0035] 在本发明提供的心脏起搏系统中，将能量回收模块与第二通断切换单元连接后连接在第一通断切换单元与隔直电容之间的节点与电学地之间，将储能模块与能量回收模块连接，当第一通断切换单元闭合且第二通断切换单元关断时，电池正常向心肌组织释放起搏脉冲，当第一通断切换单元关断且第二通断切换单元闭合时，能量回收模块回收隔直电容中的能量并存储在储能模块中，回收的能量可用于后续的起搏或心脏起搏系统中的其他模块的正常工作，减少了能量浪费，同时不增加额外的功耗，节省了心脏起搏系统中的电池的能量，提高了心脏起搏系统的寿命。

附图说明

[0036] 图1a为本发明实施例一提供的心脏起搏系统的电路图；

[0037] 图1b为本发明实施例一提供的起搏开关和能量回收开关的控制信号的示意图；

[0038] 图2为本发明实施例一提供的能量回收模块的等效电路图；

- [0039] 图3为本发明实施例一提供的低压振荡单元的等效电路图；
- [0040] 图4为本发明实施例一提供的低压振荡电路及低压缓冲电路的电路图；
- [0041] 图5为本发明实施例一提供的低压电荷泵单元的电路图；
- [0042] 图6为本发明实施例一提供的所述能量回收电路的仿真图；
- [0043] 图7a为本发明实施例二提供的心脏起搏系统的电路图；
- [0044] 图7b为本发明实施例二提供的起搏开关、能量回收开关和放电开关的控制信号的示意图；
- [0045] 图8a为本发明实施例三提供的心脏起搏系统的电路图；
- [0046] 图8b为本发明实施例三提供的起搏开关、能量回收开关和放电开关的控制信号的示意图；
- [0047] 其中，附图标记为：
- [0048] K1-起搏开关；K2-能量回收开关；K3-放电开关；P-节点；C1-隔直电容；C2-耦合电容；W-心肌组织；CLK-第一时钟信号；CLKN-第二时钟信号；CLK_F-第一初始时钟信号；CLKN_F-第二初始时钟信号；Q11-第一PMOS晶体管；Q12-第一NMOS晶体管；Q21-第二PMOS晶体管；Q22-第二NMOS晶体管；Q31-第三NMOS晶体管；Vin-电压；
- [0049] 10-电池；20-能量回收模块；21-低压振荡单元；211-低压振荡电路；212-低压缓冲电路；212a-第一缓冲器；212b-第二缓冲器；22-低压电荷泵单元；30-储能模块。

具体实施方式

[0050] 下面将结合示意图对本发明的具体实施方式进行更详细的描述。根据下列描述，本发明的优点和特征将更清楚。需说明的是，附图均采用非常简化的形式且均使用非精准的比例，仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施例的目的。

[0051] 实施例一

[0052] 图1a为本实施例提供的心脏起搏系统的电路图。如图1a所示，本实施例提供了一种心脏起搏系统。所述心脏起搏系统包括依次连接在电池10及电学地之间的第一通断切换单元、隔直电容C1及能量回收电路，所述隔直电容C1连接心肌组织W，且所述心肌组织W连接所述电学地，所述能量回收电路包括能量回收模块20、第二通断切换单元及储能模块30；所述能量回收模块20与所述第二通断切换单元连接后连接所述第一通断切换单元与所述第二通断切换单元之间的节点P与所述电学地之间，所述储能模块30与所述能量回收模块20连接。

[0053] 本实施例中的“电学地”是指为电路模块为运行需要而设置的工作接地（中性点接地）。

[0054] 本实施例中，所述第一通断切换单元及所述第二通断切换单元通过开关来实现。具体而言，所述第一通断切换单元为起搏开关K1，所述第二通断切换单元为能量回收开关K2。应理解，所述第一通断切换单元及所述第二通断切换单元不限于通过开关来实现，还可以通过任何能够控制电路通断的器件或器件的组合来实现，例如，所述第一通断切换单元及所述第二通断切换单元也可以通过诸如继电器或多个开关的组合来实现，此处不再一一解释说明。

[0055] 具体而言，如图1a所示，本实施例中，所述电池10连接所述起搏开关K1的一端，所

述起搏开关K1的另一端连接至所述节点P,所述节点P连接至所述能量回收开关K2的一端,所述能量回收开关K2的另一端连接至所述能量回收模块20的电源端,所述能量回收模块20的接地端连接所述电学地。所述节点P同时也连接至所述隔直电容C1的一端,所述隔直电容C1的另一端连接所述心肌组织W的一端,所述心肌组织W的另一端连接所述电学地。

[0056] 图1b为本实施例提供的起搏开关K1和能量回收开关K2的控制信号的示意图。如图1b所示,在 t_1 时间段,所述起搏开关K1闭合且所述能量回收开关K2关断,所述能量回收模块20被断开,所述电池10输出起搏脉冲,所述起搏脉冲通过所述隔直电容C1后,被所述隔直电容C1滤除了直流成分随后输入所述心肌组织W中,刺激所述心肌组织W,使心脏激动和收缩。继续参阅图1b,在 t_2 时间段,所述起搏开关K1关断且所述能量回收开关K2闭合,所述电池10被断开,所述隔直电容C1中的电荷流入所述能量回收模块20中(体现为所述节点P上的电压 V_{in} 施加至所述能量回收模块20上),所述能量回收模块20接收所述电荷并为所述储能模块30充电,如此,所述能量回收模块20即可回收所述隔直电容C1中的能量并存储在所述储能模块30中。

[0057] 进一步地,所述储能模块30是能够存储电荷的模块或器件,例如是电容等,所述储能模块30回收的能量例如可以通过额外的充放电电路为所述电池10充电(此时,所述电池10为可充电的电池),增加所述电池10的电量,用于后续的起搏。此外,所述储能模块30也可以与所述心脏起搏系统中的其他模块(例如传感模块或采样模块等)连接,用于为这些模块提供正常工作所需的能量。可见,本发明可减少所述电池10的能量浪费,同时不增加额外的功耗,节省了所述电池10的能量,提高了所述心脏起搏系统的寿命。

[0058] 图2为本实施例提供的能量回收模块20的等效电路图。结合图1及图2所示,所述能量回收模块20包括低压振荡单元21及低压电荷泵单元22。所述低压振荡单元21的电源端及所述低压电荷泵单元22的电源端均与所述能量回收开关K2的另一端连接,如此一来,所述低压振荡单元21的电源端与所述低压电荷泵单元22的电源端均可输入电压 V_{in} ,所述低压振荡单元21的接地端与所述低压电荷泵单元22的接地端均连接所述电学地。

[0059] 请继续参阅图2,所述低压振荡单元21的输出端连接所述低压电荷泵单元22的输入端,用于向所述低压电荷泵单元22输入两个不交叠的时钟信号,为了便于区分,将两个时钟信号分别称为第一时钟信号CLK和第二时钟信号CLKN。进一步地,所述低压电荷泵单元22的输出端连接所述储能模块30并在所述第一时钟信号CLK和所述第二时钟信号CLKN的驱动下向所述储能模块30输出电压。如此一来,所述低压电荷泵单元22相当于在所述低压振荡单元21的驱动下,为所述储能模块30充电,所述储能模块30即可将所述隔直电容C1上的电荷存储下来,并且不增加额外的功耗。

[0060] 图3为本实施例提供的低压振荡单元21的等效电路图。结合图2及图3所示,所述低压振荡单元21包括低压振荡电路211及低压缓冲电路212。所述低压振荡电路211的电源端及所述低压缓冲电路212的电源端均与所述能量回收开关K2的另一端连接,如此一来,所述低压振荡电路211的电源端与所述低压缓冲电路212的电源端均作为所述低压振荡单元21的电源端,用于输入电压 V_{in} ,所述低压振荡电路211的接地端与所述低压缓冲电路212的接地端均作为所述低压振荡单元21的接地端,用于连接所述电学地。

[0061] 请继续参阅图3,所述低压振荡电路211的输出端连接所述低压缓冲电路212的输入端,用于向所述低压缓冲电路212输出两个不交叠的初始时钟信号,为了便于区分,将两

个初始时钟信号分别称为第一初始时钟信号CLK_F和第二初始时钟信号CLKN_F。进一步地,所述低压缓冲电路212的输出端与所述低压电荷泵单元22的输入端连接,用于增强所述第一初始时钟信号CLK_F和第二初始时钟信号CLKN_F的驱动能力以分别形成所述第一时钟信号CLK和所述第二时钟信号CLKN,将所述第一时钟信号CLK和所述第二时钟信号CLKN向所述低压电荷泵单元22输出。

[0062] 由于电压 V_{in} 通常较低,使得所述低压振荡电路211输出的第一初始时钟信号CLK_F和第二初始时钟信号CLKN_F的驱动能力较低,导致驱动所述低压电荷泵单元22较为困难。本实施例中,所述低压缓冲电路212实际上是为了提高时钟信号的驱动能力,使得所述第一时钟信号CLK和所述第二时钟信号CLKN能够更容易驱动所述低压电荷泵单元22。作为可选的实施例,为了节约成本,所述低压缓冲电路212也可以省略,将所述低压振荡电路211输出的第一初始时钟信号CLK_F和第二初始时钟信号CLKN_F作为时钟信号输入所述低压电荷泵单元22中。

[0063] 图4为本实施例提供的低压振荡电路211及低压缓冲电路212的电路图。如图4所示,所述低压振荡电路211包括 m 级第一反相器,如图4中所示的第1级、第2级、第3级...、第 m 级第一反相器,其中, m 为大于等于3的奇数。

[0064] 请继续参阅图4, m 级第一反相器的电源端相连后作为所述低压振荡电路211的电源端,如此一来, m 级第一反相器的电源端均可输入电压 V_{in} ; m 级第一反相器的接地端相连后作为所述低压振荡电路211的接地端,用于连接所述电学地。进一步地,第 m 级第一反相器的输出端连接第1级第一反相器的输入端,第 i 级第一反相器的输出端连接第 $i+1$ 级第一反相器的输入端,其中, $1 < i \leq m-1$,如此一来, m 级第一反相器以环形串联的方式连接了。如此一来,所述低压振荡电路211可以提供两个方向上的电压,且环形串联的方式供电可靠性,当环内任一段线路发生故障时,可通过开关切除该故障段,不会影响供电。

[0065] 所述第一初始时钟信号CLK_F和所述第二初始时钟信号CLKN_F分别从任一奇数级的第一反相器和任一偶数级的第一反相器的输出端输出。本实施例中,所述第一初始时钟信号CLK_F从第1级第一反相器的输出端输出,所述第二初始时钟信号CLKN_F从第2级第一反相器的输出端输出,但不应以此为限。

[0066] 请继续参阅图4,本实施例中,每个所述第一反相器均包括第一PMOS晶体管Q11及第一NMOS晶体管Q12。所述第一PMOS晶体管Q11的源极作为所述第一反相器的电源端,栅极与所述第一NMOS晶体管Q12的栅极相连后作为所述第一反相器的输入端,漏极与所述第一NMOS晶体管Q12的漏极相连后作为所述第一反相器的输出端;所述第一NMOS晶体管Q12的源极作为所述第一反相器的接地端,衬底与所述第一PMOS晶体管Q11的衬底相连后作为所述第一反相器的反馈端。

[0067] 进一步地,本实施例中,第 m 级第一反相器的反馈端连接第1级第一反相器的输出端,第 j 级第一反相器的反馈端连接第 $j+1$ 级第一反相器的输出端,其中, $1 \leq j \leq m-1$ 。也即是说,前一级第一反相器的反馈端连接后一级第一反相器的输出端,由于前一级第一反相器和后一级第一反相器的输出端输出的电平相反,当后一级第一反相器输出高电平时,会提高前一级第一反相器的第一NMOS晶体管Q12的衬底电压以及第一PMOS晶体管Q11的衬底电压,从而使得前一级第一反相器中的第一NMOS晶体管Q12的阈值电压降低以及第一PMOS晶体管Q11的阈值升高,从而更有利于前一级第一反相器的输出端输出低电平。类似的,在后

一级第一反相器的输出端输出低电平时,更有利于前一级第一反相器输出高电平。如此一来,本实施例中的低压振荡电路211可以工作在电压 V_{in} 低于第一NMOS晶体管Q12或第一PMOS晶体管Q11的阈值电压的场景下。

[0068] 请继续参阅图4,所述低压缓冲电路212包括两个缓冲器,分别为第一缓冲器212a和第二缓冲器212b。所述第一初始时钟信号CLK_F和所述第二初始时钟信号CLKN_F分别输入所述第一缓冲器212a和所述第二缓冲器212b中,所述第一缓冲器212a和所述第二缓冲器212b分别将所述第一初始时钟信号CLK_F和所述第二初始时钟信号CLKN_F驱动能力增强,并对应输出所述第一时钟信号CLK和所述第二时钟信号CLKN,由此,所述第一时钟信号CLK和所述第二时钟信号CLKN可以更容易驱动所述低压电荷泵单元22。

[0069] 进一步地,所述第一缓冲器212a和第二缓冲器212b均包括n级第二反相器,其中 $n \geq 2$ 。n级第二反相器的电源端相连后作为所述低压缓冲电路212的电源端,如此一来,n级第二反相器的电源端均可输入电压 V_{in} ;n级第二反相器的接地端相连后作为所述低压缓冲电路212的接地端,用于连接所述电学地。进一步地,第r级第二反相器的输出端连接第r+1级第二反相器的输入端,其中, $1 \leq r \leq n-1$;第1级第二反相器的输入端分别作为所述第一缓冲器212a或所述第二缓冲器212b的输入端,用于输入所述第一初始时钟信号CLK_F或所述第二初始时钟信号CLKN_F,第n级第二反相器的输出端作为所述第一缓冲器212a或所述第二缓冲器212b的输出端,用于输出所述第一时钟信号CLK和所述第二时钟信号CLKN,如此一来,n级第二反相器就以串联的方式连接了。

[0070] 请继续参阅图4,每个所述第二反相器均包括第二PMOS晶体管Q21及第二NMOS晶体管Q22,所述第二PMOS晶体管Q21的源极作为所述第二反相器的电源端,栅极与所述第二NMOS晶体管Q22的栅极相连后作为所述第二反相器的输入端,漏极与所述第二NMOS晶体管Q22的漏极相连后作为所述第二反相器的输出端;所述第二NMOS晶体管Q22的源极作为所述第二反相器的接地端,衬底与所述第二PMOS晶体管Q21的衬底相连后作为所述第二反相器的反馈端。

[0071] 进一步地,由于所述第一初始时钟信号CLK_F是偶数级的第一反相器输出的初始时钟信号,所以所述第一缓冲器212a的奇数级的第二反相器的反馈端连接任一奇数级的第一反相器的反馈端,所述第一缓冲器212a的偶数级的第二反相器的反馈端连接任一偶数级的第一反相器的反馈端。由于所述第二初始时钟信号CLKN_F是奇数级的第一反相器输出的初始时钟信号,所述第二缓冲器212b的奇数级的第二反相器的反馈端连接任一偶数级的第一反相器的反馈端,所述第二缓冲器212b的偶数级的第二反相器的反馈端连接任一奇数级的第一反相器的反馈端。类似的,这种接法可以使得所述低压缓冲电路212可以工作在电压 V_{in} 低于第二NMOS晶体管Q22或第二PMOS晶体管Q21的阈值电压的场景下。为了便于理解,接下来将结合图4再次进行详细描述。

[0072] 如图4所示,由于两级第二反相器即可起到较好的增强驱动能力的效果,也即 $n=2$ 时。本实施例中,所述第一缓冲器212a和所述第二缓冲器212b均包括两级第二反相器,分别为第1级第二反相器和第2级第二反相器。第1级、第2级、第3级...、第m级第一反相器的反馈端分别为bulk1、bulk2、bulk3、...、bulk_m。所述第一缓冲器212a中的第1级第二反相器的反馈端连接第3级第一反相器的反馈端bulk3(奇数级的第一反相器的反馈端),第2级第二反相器的反馈端连接第4级第一反相器的反馈端bulk4(偶数级的第一反相器的反馈端)。所述

第二缓冲器212b中的第1级第二反相器的反馈端连接第2级第一反相器的反馈端bulk2(偶数级的第一反相器的反馈端),第2级第二反相器的反馈端连接第3级第一反相器的反馈端bulk3(奇数级的第一反相器的反馈端)。

[0073] 图5为本实施例提供的低压电荷泵单元22的电路图。如图5所示,所述低压电荷泵单元22包括q级电荷泵子单元,如图5中所示的第1级、第2级...、第q-1级、第q级电荷泵子单元,其中, $q \geq 2$ 。所述低压电荷泵单元22可以工作在电压较低的场合中,即使所述隔直电容C1中残余的电荷较少,所述低压电荷泵单元22也能够正常工作。

[0074] 请继续参阅图1及图5,每个所述电荷泵子单元均包括第三NMOS晶体管Q31及耦合电容C2。所述第三NMOS晶体管Q31的栅极、漏极及衬底连接后作为所述电荷泵子单元电源端,所述第三NMOS晶体管Q31的源极与所述耦合电容C2的一端连接后作为所述电荷泵子单元的输出端,所述耦合电容C2的另一端作为所述电荷泵子单元的输入端。进一步地,第s级电荷泵子单元的输出端连接第s+1级电荷泵子单元电源端,第1级电荷泵子单元电源端作为所述低压电荷泵单元22的电源端,用于输入电压 V_{in} ;第q级电荷泵子单元的输出端作为所述低压电荷泵单元22的输出端,与所述储能模块30连接,其中, $1 \leq s \leq q-1$ 。如此一来,q级电荷泵子单元就以串联的方式连接了。

[0075] 请继续参阅图5,奇数级的电荷泵子单元的输入端相连后作为所述低压电荷泵单元22的一个输入端,用于输入所述第二时钟信号CLKN,偶数级的电荷泵子单元的输入端相连后作为所述低压电荷泵单元22的另一个输入端,用于输入所述第一时钟信号CLK。对偶数级的电荷泵子单元,当所述第一时钟信号CLK为低电平且所述第二时钟信号CLKN为高电平时,通过所述耦合电容C2在该级的第三NMOS晶体管Q31的漏极和源极形成了2倍于所述时钟信号摆幅的电势差;同时由于所述第三NMOS晶体管Q31的衬底与漏极相连,在漏极电压升高时进一步降低了所述第三NMOS晶体管Q31的阈值电压,有利于所述第三NMOS晶体管Q31的导通。反之,所述第一时钟信号CLK为高电平且所述第二时钟信号CLKN为低电平时,由于所述第三NMOS晶体管Q31的栅极和衬底与低电平相连,使得所述第三NMOS晶体管Q31不会导通,阻止了电荷的倒流,防止所述低压电荷泵单元22为所述隔直电容C1反向充电,避免无法回收所述隔直电容C1中的能量的情况发生。

[0076] 图6为本实施例提供的所述能量回收电路的仿真图。如图6所示,设定所述隔直电容C1的剩余电压为0.1V,所述储能模块30为20pF的电容,经过50毫秒,可以将电容充电至1.27V。可见,本实施例中的能量回收电路能较好的回收所述隔直电容C1中的能量。

[0077] 应理解,此处所述能量回收模块20回收所述隔直电容C1中的能量的时间为50毫秒,但并不以此为限,回收能量的时间可以通过改变所述低压电荷泵单元22的级数q进行灵活调整。

[0078] 实施例二

[0079] 图7a为本实施例提供的心脏起搏系统的电路图。如图7a所示,与实施例一的区别在于,本实施例中,所述能量回收电路还包括第三通断控制单元。具体而言,所述第三通断控制单元为放电开关K3,所述放电开关K3的一端连接在所述能量回收模块20与所述能量回收开关K2之间,另一端连接所述电学地。

[0080] 应理解,所述第三通断切换单元不限于通过开关来实现,还可以通过任何能够控制电路通断的器件或器件的组合来实现,例如,所述第三通断切换单元也可以通过诸如继

电器或多个开关的组合来实现,此处不再一一解释说明。

[0081] 具体而言,如图7a所示,本实施例中,所述电池10连接所述起搏开关K1的一端,所述起搏开关K1的另一端连接所述节点P,所述节点P连接至所述能量回收开关K2的一端,所述能量回收开关K2的另一端连接所述放电开关K3的一端以及所述能量回收模块20的电源端,所述能量回收模块20的接地端以及所述放电开关K3的另一端连接所述电学地。所述节点P同时也连接至所述隔直电容C1的一端,所述隔直电容C1的另一端连接所述心肌组织W的一端,所述心肌组织W的另一端连接所述电学地。

[0082] 图7b为本实施例提供的起搏开关K1、能量回收开关K2及放电开关K3的控制信号的示意图。如图7b所示,在 t_1 时间段,所述起搏开关K1闭合、所述能量回收开关K2及所述放电开关K3关断,所述能量回收模块20被断开,所述电池10输出起搏脉冲,所述起搏脉冲通过所述隔直电容C1后,被所述隔直电容C1滤除了直流成分随后输入所述心肌组织W中,刺激所述心肌组织W,使心脏激动和收缩。继续参阅图7b,在 t_2 时间段,所述起搏开关K1及所述放电开关K3关断,所述能量回收开关K2闭合,所述电池10被断开,所述隔直电容C1中的电荷流入所述能量回收模块20中(体现为所述节点P上的电压 V_{in} 施加至所述能量回收模块20上),所述能量回收模块20接收所述电荷并为所述储能模块30充电,如此,所述能量回收模块20即可回收所述隔直电容C1中的能量并存储在所述储能模块30中。继续参阅图7b,在 t_3 时间段,所述起搏开关K1保持断开,所述放电开关K3及所述能量回收开关K2均闭合,所述隔直电容C1中剩余的电荷被释放到所述电学地。

[0083] 相较于实施例一来说,本实施例中,所述能量回收模块20回收所述隔直电容C1中的能量一预定时间(t_2 时间段)之后,还会将释放所述隔直电容C1中剩余的能量,从而在所述隔直电容C1中的能量能够被完全消耗(回收或释放),保证下一次能够对心脏进行有效起搏;并且,由于增加了将所述隔直电容C1中剩余的电荷释放到所述电学地的步骤,对所述能量回收模块20回收所述隔直电容C1中的能量的预定时间(t_2 时间段)无需设置得过长。

[0084] 实施例三

[0085] 图8a为本实施例提供的心脏起搏系统的电路图。如图8a所示,与实施例二的区别在于,本实施例中,所述放电开关K3的一端连接在所述节点P与所述能量回收开关K2之间,另一端连接所述电学地。

[0086] 具体而言,如图8a所示,本实施例中,所述电池10连接所述起搏开关K1的一端,所述起搏开关K1的另一端连接所述节点P,所述节点P连接至所述能量回收开关K2及所述放电开关K3的一端,所述能量回收开关K2的另一端连接所述能量回收模块20的电源端,所述能量回收模块20的接地端以及所述放电开关K3的另一端连接所述电学地。所述节点P同时也连接至所述隔直电容C1的一端,所述隔直电容C1的另一端连接所述心肌组织W的一端,所述心肌组织W的另一端连接所述电学地。

[0087] 图8b为本实施例提供的起搏开关K1、能量回收开关K2及放电开关K3的控制信号的示意图。如图8b所示,在 t_1 时间段,所述起搏开关K1闭合、所述能量回收开关K2及所述放电开关K3关断,所述能量回收模块20被断开,所述电池10输出起搏脉冲,所述起搏脉冲通过所述隔直电容C1后,被所述隔直电容C1滤除了直流成分随后输入所述心肌组织W中,刺激所述心肌组织W,使心脏激动和收缩。继续参阅图8b,在 t_2 时间段,所述起搏开关K1及所述放电开关K3关断,所述能量回收开关K2闭合,所述电池10被断开,所述隔直电容C1中的电荷流入所

述能量回收模块20中(体现为所述节点P上的电压 V_{in} 施加至所述能量回收模块20上),所述能量回收模块20接收所述电荷并为所述储能模块30充电,如此,所述能量回收模块20即可回收所述隔直电容C1中的能量并存储在所述储能模块30中。继续参阅图8b,在 t_3 时间段,所述起搏开关K1保持断开,所述放电开关K3断开,所述能量回收开关K2闭合,所述隔直电容C1中剩余的电荷被释放到所述电学地。

[0088] 综上,在本实施例提供的心脏起搏系统中,将能量回收模块第二通断切换单元连接后连接在第一通断切换单元与隔直电容之间的节点与电学地之间,将储能模块与能量回收模块连接,当第一通断切换单元闭合且第二通断切换单元关断时,电池正常向心肌组织释放起搏脉冲,当第一通断切换单元关断且第二通断切换单元闭合时,能量回收模块回收隔直电容中的能量并存储在储能模块中,回收的能量可用于后续的起搏或心脏起搏系统中的其他模块的正常工作,减少了能量浪费,同时不增加额外的功耗,节省了心脏起搏系统中的电池的能量,提高了心脏起搏系统的寿命。

[0089] 上述仅为本发明的优选实施例而已,并不对本发明起到任何限制作用。任何所属技术领域的技术人员,在不脱离本发明的技术方案的范围内,对本发明揭露的技术方案和技术内容做任何形式的等同替换或修改等变动,均属未脱离本发明的技术方案的内容,仍属于本发明的保护范围之内。

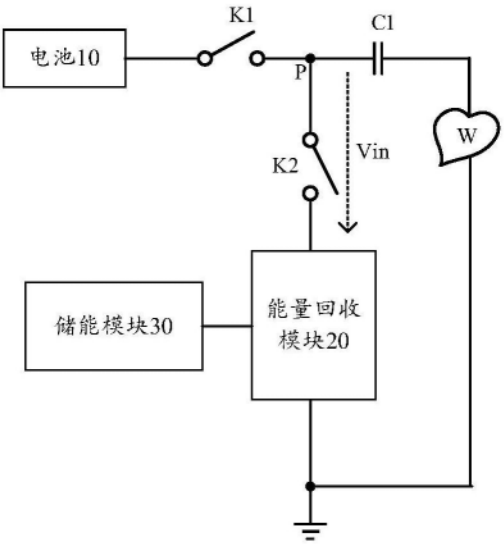


图1a

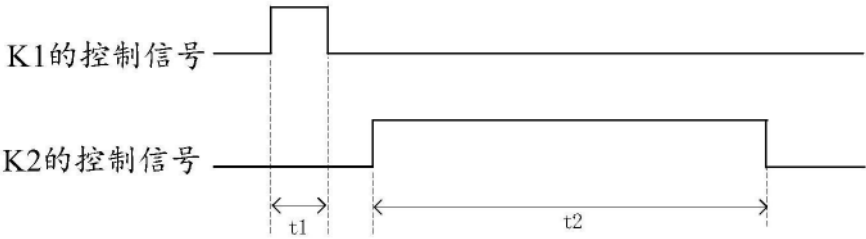


图1b

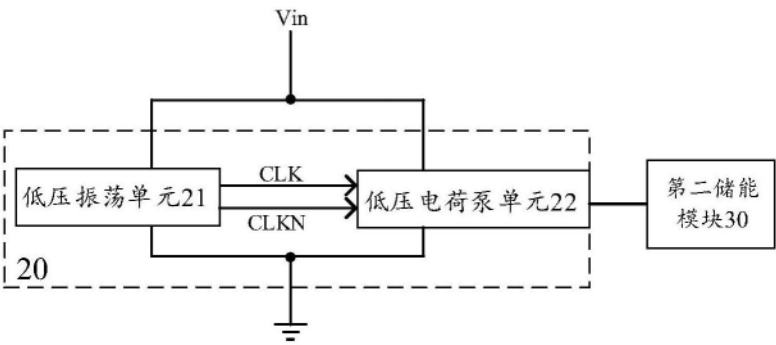


图2

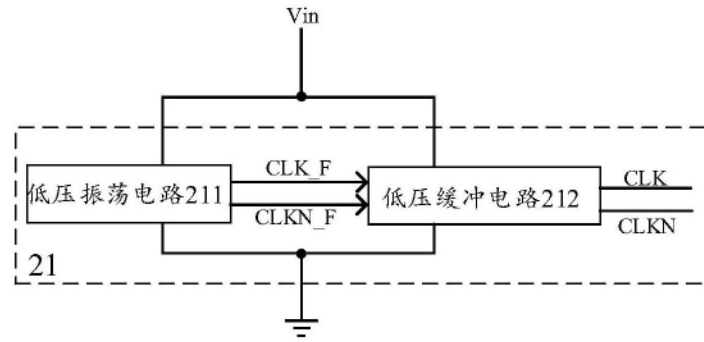


图3

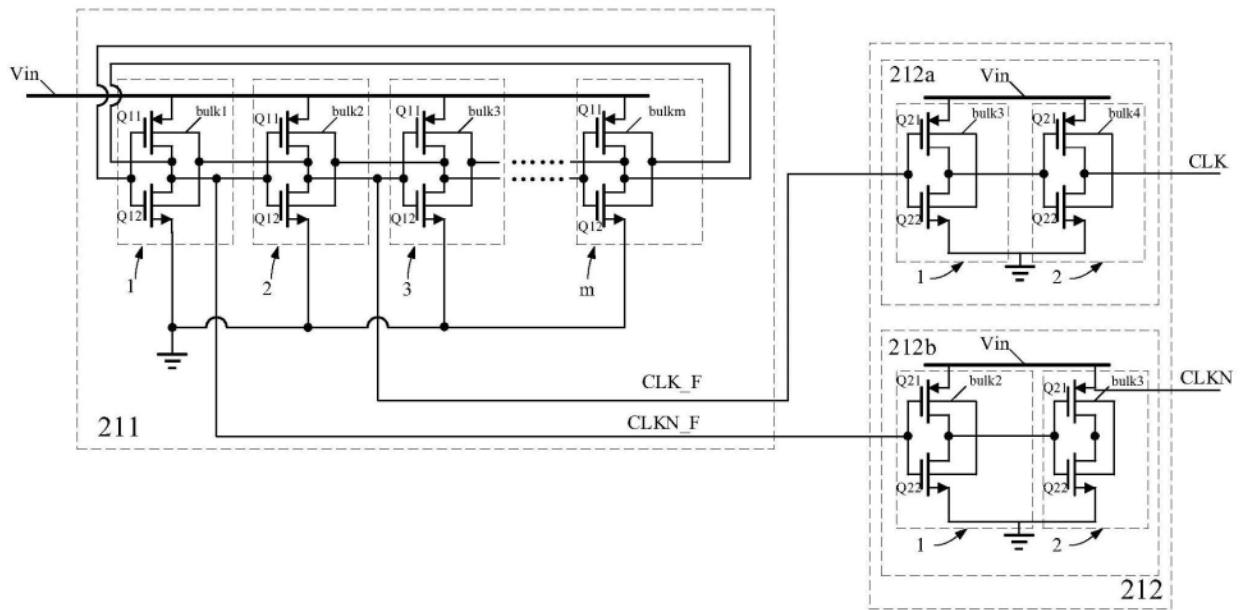


图4

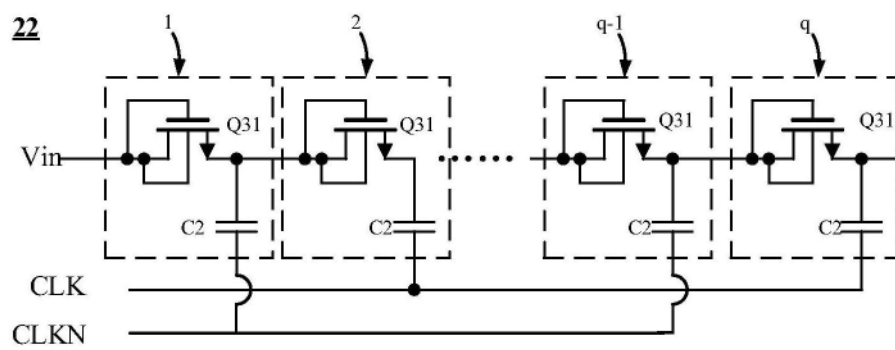


图5

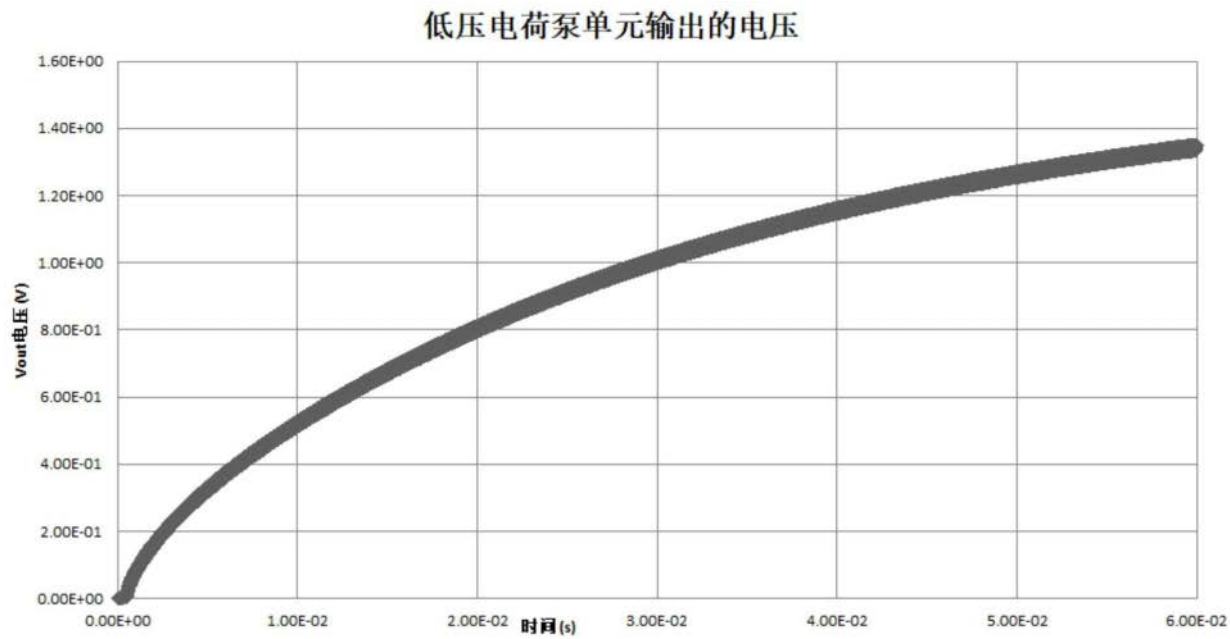


图6

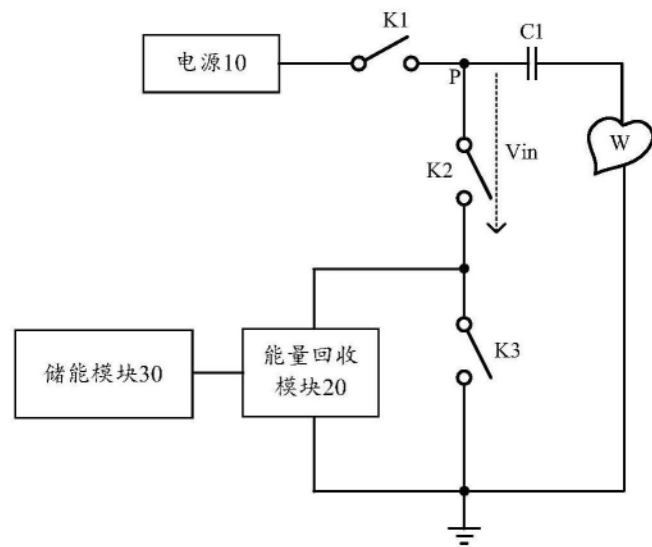


图7a

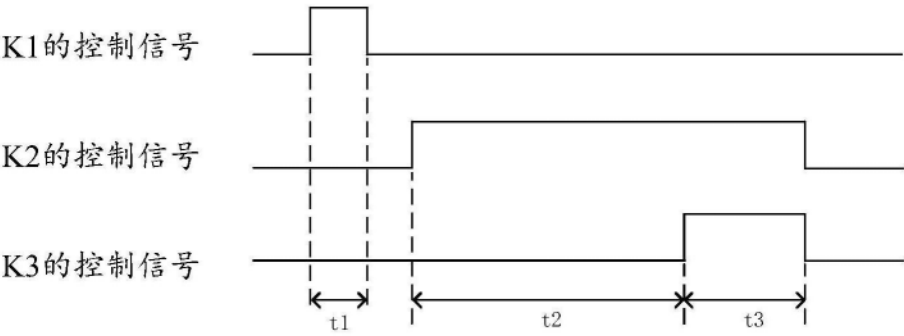


图7b

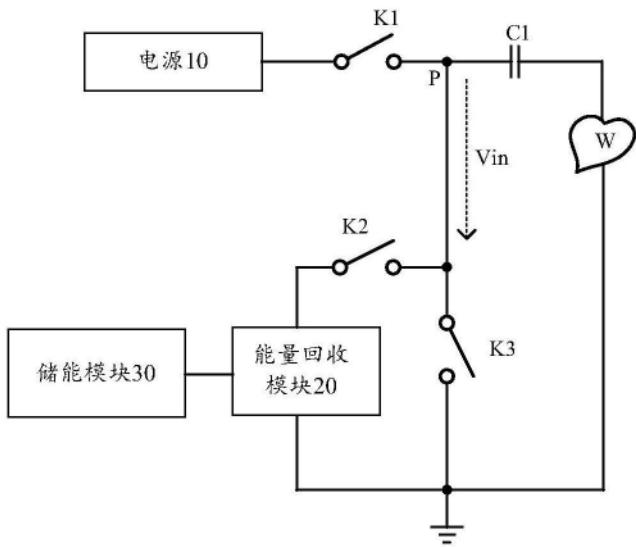


图8a

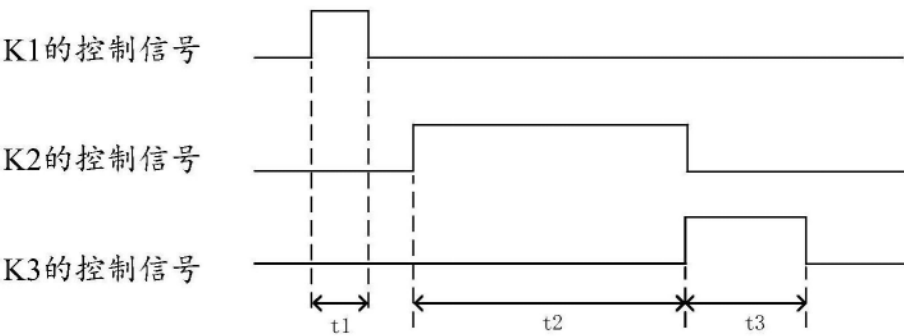


图8b