(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106941326 B
(45)授权公告日 2019.01.01

(21)申请号 201611147919.9

(22)申请日 2016.12.13

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106941326 A

(43)申请公布日 2017.07.11

(73)专利权人 西北工业大学
地址 710072 陕西省西安市友谊西路127号

(72)发明人 唐炜 王波 郑晓珂

(74)专利代理机构 陕西增瑞律师事务所 61219
代理人 刘艳霞

(51)Int.Cl.
H02N 2/18(2006.01)

(56)对比文件
US 9793830 B2,2017.10.17,全文.
JP 2003534704 A,2003.11.18,全文.
DE 19843245 A1,1999.08.12,全文.
唐炜,黄伯达,曹景军等."一种自感知型电感同步开关能量采集电路".《传感技术学报》.2014,第27卷(第11期),第1469-1476段.

审查员 段佳

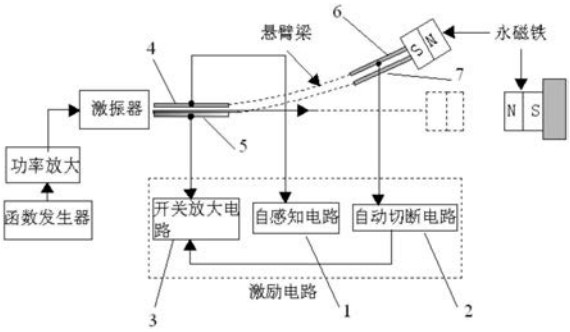
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路

(57)摘要

本发明公开了一种用于触发双稳态能量采集系统高能量运动轨道的自感知激励电路,包括自感知电路、自动切断电路和开关放大电路,所述自感知电路和自动切断电路均与开关放大电路相连接,所述自感知电路、自动切断电路和开关放大电路均用于与双稳态能量采集系统相连接;该一种用于触发双稳态能量采集系统高能量运动轨道的自感知激励电路能量消耗极低,不依赖任何辅助设备。



CN 106941326 B

1.一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路,其特征在于,包括自感知电路(1)、自动切断电路(2)和开关放大电路(3),所述自感知电路(1)和自动切断电路(2)均与开关放大电路(3)相连接,所述自感知电路(1)、自动切断电路(2)和开关放大电路(3)均用于与双稳态能量采集系统相连接;

所述自感知电路(1)用于产生开关放大电路(3)所需的开关驱动信号,还用于收集双稳态能量采集系统振动过程中产生的能量;

所述自动切断电路(2)用于:当双稳态能量采集系统运行在低能量轨道时,所述自动切断电路(2)使该自感知激励电路导通并自动激励;当双稳态能量采集系统运行在高能量轨道时,所述自动切断电路(2)使该自感知激励电路断开并停止激励。

2.按照权利要求1所述的一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路,其特征在于,所述自感知电路(1)包括依次相连接的极值电子开关电路(1-1)、能量存储电路(1-2)和整流电路(1-3),所述极值电子开关电路(1-1)包括相连接的极大值电子开关(1-11)和极小值电子开关(1-12),所述极大值电子开关(1-11)的输入端用于与第一压电元件(4)相连接,所述极小值电子开关(1-12)的输出端与整流电路(1-3)相连接;

所述极大值电子开关(1-11)包括第一二极管(D1)、第一电容(C1)、第一三极管(Q1)和第三三极管(Q3),所述第一二极管(D1)的阳极用于通过第一电阻(R1)与第一压电元件(4)的一端连接于点a,所述第一二极管(D1)的阴极用于通过第一电容(C1)与第一压电元件(4)的另一端连接于点b;所述第一二极管(D1)的阴极还与第一三极管(Q1)的发射极相连接,所述第一三极管(Q1)的基极与点a连接,所述第一三极管(Q1)的集电极与第三二极管(D3)的阳极相连接,第三二极管(D3)的阴极与第三三极管(Q3)的基极相连接,第三三极管(Q3)的集电极与第五二极管(D5)的阴极相连接,所述第五二极管(D5)的阳极与点a连接;所述第三三极管(Q3)的发射极与第七二极管(D7)的阴极连接于点c;所述第七二极管(D7)的阳极与电感(L)的输入端相连接,所述与电感(L)的输出端连接于点b;所述点c和点d间连接有负载电阻(Rload);

所述极小值电子开关(1-12)包括第六二极管(D6)、第四三极管(Q4)、第四二极管(D4)、第二三极管(Q2)、第二二极管(D2)和第八二极管(D8);所述第六二极管(D6)的阴极与点a连接;所述第六二极管(D6)的阳极与第四三极管(Q4)的集电极相连接;所述第四三极管(Q4)的发射极与第八二极管(D8)的阳极相连接于点d,所述第八二极管(D8)的阴极与电感(L)的输入端相连接;所述第四三极管(Q4)的基极与第四二极管(D4)的阳极相连接,所述第四二极管(D4)的阴极与第二三极管(Q2)的集电极相连接,所述第二三极管(Q2)的基极与点a连接;所述第二三极管(Q2)的发射极与第二二极管(D2)的阳极连接于点e,所述第二二极管(D2)的阴极与第二电阻(R2)的一端相连接,所述第二电阻(R2)的另一端连接于点a;点e与第二电容(C2)的输入端相连接,所述第二电容(C2)的输出端与点b连接;

所述整流电路(1-3)包括第九二极管(D9)和第十二极管(D10),所述第九二极管(D9)的阴极与点a连接,所述第九二极管(D9)的阳极与开关放大电路(3)相连接;所述第十二极管(D10)的阳极与点b连接,所述第十二极管(D10)的阴极与开关放大电路(3)相连接。

3.按照权利要求2所述的一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路,其特征在于,所述开关放大电路(3)包括相连接的泄电回路(3-1)和升压电路(3-2),所述泄电回路(3-1)包括第一mos管(T1),所述第一mos管(T1)的栅极和源极间并联有第七电阻(Rd),所

述第一mos管(T1)的栅极与第九二极管(D9)的阳极相连接,所述第一mos管(T1)的源极与第十二极管(D10)的阴极相连接;所述第一mos管(T1)的源极还用于与第二压电元件(5)相连接,所述第一mos管(T1)的栅极与升压电路(3-2)的正极相连接,所述升压电路(3-2)的负极用于与第二压电元件(5)相连接。

4.按照权利要求3所述的一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路,其特征在于,所述自动切断电路(2)包括相连接的标准采能电路(2-1)和两个级联的mos管(2-2),所述标准采能电路(2-1)的输入端用于与第三压电元件(6)相连接;所述两个级联的mos管(2-2)包括第二mos管(T2)和第三mos管(T3),所述第二mos管(T2)的漏极与第三mos管(T3)的栅极相连接,所述第三mos管(T3)的漏极与升压电路(3-2)的正极相连接;所述第三mos管(T3)的源极与f点连接;所述第二mos管(T2)的源极与f点连接;所述第二mos管(T2)的栅极与第六电阻(R6)的一端相连接,所述第六电阻(R6)的一端还与第五电阻(R5)的一端相连接,所述第五电阻(R5)的另一端与标准采能电路(2-1)连接于点g,点g与第三电阻(R3)的一端相连接,第三电阻(R3)的另一端与第四电阻(R4)相连接,所述第四电阻(R4)的另一端连接于点f,点f与标准采能电路(2-1)相连接。

5.按照权利要求4所述的一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路,其特征在于,所述标准采能电路(2-1)包括并联连接的两组二极管组,并联连接后,其连接点分别与点g和点f连接,点g和点f间还并联有第三电容(C3)。

6.按照权利要求5所述的一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路,其特征在于,所述两组二极管组包括第十一二极管(D11)、第十二二极管(D12)、第十三二极管(D13)和第十四二极管(D14),所述第十二二极管(D12)的阴极与第十一二极管(D11)的阳极连接于点h,所述第十一二极管(D11)的阴极与第十四二极管(D14)的阴极连接于点g,所述第十四二极管(D14)的阳极与第十三二极管(D13)的阴极连接于点i,所述第十三二极管(D13)的阳极与第十二二极管(D12)的阳极连接于点f;点h用于与第三压电元件(6)的一端相连接,点i用于与第三压电元件(6)的另一端相连接。

7.按照权利要求5所述的一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路,其特征在于,所述双稳态能量采集系统为磁式悬臂梁能量采集装置,悬臂梁的根部通过对应的第一压电元件(4)和第二压电元件(5)与自感知电路(1)和自动切断电路(2)相连接,悬臂梁的自由端通过第三压电元件(6)与开关放大电路(3)相连接;悬臂梁的自由端还设置有第四压电元件(7),所述第四压电元件(7)用于通过其产生的电压来反映该双稳态系统振动的强弱。

8.按照权利要求1-7中任一项所述的一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路的工作方法,其特征在于,该工作方法如下:自感知电路(1)产生开关放大电路(3)所需的开关驱动信号,开关放大电路(3)接收所述开关驱动信号,提供第二压电元件(5)所需的激励电压信号,促使双稳态系统运行在高能量轨道;同时自感知电路(1)收集双稳态系统振动过程中产生的能量;当双稳态系统运行在高能量轨道时,自动切断电路;当双稳态系统运行在高能量轨道时,自动导通。

一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路

技术领域

[0001] 本发明属于电路技术领域，具体涉及一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路。

背景技术

[0002] 近年来，能源需求的增长与能源短缺之间的矛盾日益突出，人们将视野逐步转变到对新能源的寻找。同时，随着科技的发展，无线传感网络、微电子系统以及便携式电子设备等技术日益发展成熟，逐步向着微型化、低功耗方向发展，而这些应用都需要电能供给，传统的方法是采用电池供电或者有线供电。众所周知，电池的使用寿命有限，且更换不方便；而有线供电技术则需要辅线，工程复杂，成本较高，且需要不间断的维修和维护。为克服旧能源的弊端，充分利用新能源技术来实现电能的供给就显得格外有意义。

[0003] 随着低功耗大规模集成电路(LSIC)技术和先进电源管理技术的发展进步，使得微型传感器和低功耗数字信号处理器(DSP)的功率可以被控制在1mW以下，如此低的功耗使的收集周围环境中的能量为微型传感器或其他电子器件进行供电(即自供能技术)成为可能，利用环境能量采集技术为无线传感网络进行能量供给，已逐渐成为一项目前研究的前沿课题。振动能作为一种广泛存在于自然界中的能量形式，如何有效的采集和利用振动能量成为了研究热点。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术的不足，提供一种能量消耗极低，不依赖任何辅助设备的用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路。

[0005] 为解决上述技术问题，本发明采用的技术方案是，一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路，包括自感知电路、自动切断电路和开关放大电路，所述自感知电路和自动切断电路均与开关放大电路相连接，所述自感知电路、自动切断电路和开关放大电路均用于与双稳态能量采集系统相连接。

[0006] 该自感知电路用于产生开关放大电路所需的开关驱动信号，还用于收集双稳态能量采集系统振动过程中产生的能量；该自动切断电路用于：当双稳态能量采集系统运行在低能量轨道时，该自动切断电路使该自感知激励电路导通并自动激励；当双稳态能量采集系统运行在高能量轨道时，所述自动切断电路使该自感知激励电路断开并停止激励。

[0007] 进一步地，该自感知电路包括依次相连接的极值电子开关电路、能量存储电路和整流电路，所述极值电子开关电路包括相连接的极大值电子开关和极小值电子开关，所述极大值电子开关的输入端用于与第一压电元件相连接，所述极小值电子开关的输出端与整流电路相连接；

[0008] 该极大值电子开关包括第一二极管、第一电容、第一三极管和第三三极管，第一二极管的阳极用于通过第一电阻与第一压电元件的一端连接于点a，所述第一二极管的阴极用于通过第一电容与第一压电元件的另一端连接于点b；第一二极管的阴极还与第一三极

管的发射极相连接，第一三极管的基极与点a连接，第一三极管的集电极与第三二极管的阳极相连接，第三二极管的阴极与第三三极管的基极相连接，第三三极管的集电极与第五二极管的阴极相连接，第五二极管的阳极与点a连接；第三三极管的发射极与第七二极管的阴极连接于点c；第七二极管的阳极与电感的输入端相连接，与电感的输出端连接于点b；点c和点d间连接有负载电阻。

[0009] 该极小值电子开关包括第六二极管、第四三极管、第三二极管、第二三极管、第二二极管和第八二极管；第六二极管的阴极与点a连接；第六二极管的阳极与第四三极管的集电极相连接；第四三极管的发射极与第八二极管的阳极相连接于点d，第八二极管的阴极与电感的输入端相连接；第四三极管的基极与第三二极管的阳极相连接，第三二极管的阴极与第二三极管的集电极相连接，第二三极管的基极与点a连接；第二三极管的发射极与第二二极管的阳极连接于点e，第二二极管的阴极与第二电阻的一端相连接，第二电阻的另一端连接于点a；点e与第二电容的输入端相连接，第二电容的输出端与点b连接。

[0010] 该储能电路包括储能电容，储能电容的正极连接于点c，储能电容的负极连接于点d，点c和点d间连接有负载电阻；

[0011] 该整流电路包括第九二极管和第十二极管，第九二极管的阴极与点a连接，第九二极管的阳极与开关放大电路相连接；第十二极管的阳极与点b连接，第十二极管的阴极与开关放大电路相连接。

[0012] 进一步地，该开关放大电路包括相连接的泄电回路和升压电路，泄电回路包括第一mos管，第一mos管的栅极和源极间并联有第七电阻，第一mos管的栅极与第九二极管的阳极相连接，第一mos管的源极与第十二极管的阴极相连接；第一mos管的源极还用于与第二压电元件相连接，第一mos管的栅极与升压电路的正极相连接，升压电路的负极用于与第二压电元件相连接。

[0013] 进一步地，该自动切断电路包括相连接的标准采能电路和两个级联的mos管，所述标准采能电路的输入端用于与第三压电元件相连接；所述两个级联的mos管包括第二mos管和第三mos管，所述第二mos管的漏极与第三mos管的栅极相连接，所述第三mos管的漏极与升压电路的正极相连接；所述第三mos管的源极与f点连接；所述第二mos管的源极与f点连接；所述第二mos管的栅极与第六电阻的一端相连接，第六电阻的一端还与第五电阻的一端相连接，第五电阻的另一端与标准采能电路连接于点g，点g与第三电阻的一端相连接，第三电阻的另一端与第四电阻相连接，第四电阻的另一端连接于点f，点f与标准采能电路相连接。

[0014] 进一步地，该述标准采能电路包括并联连接的两组二极管组，并联连接后，其连接点分别与点g和点f连接，点g和点f间还并联有第三电容。

[0015] 进一步地，该两组二极管组包括第十一二极管、第十二二极管、第十三二极管和第十四二极管，第十二二极管的阴极与第十一二极管的阳极连接于点h，第十一二极管的阴极与第十四二极管的阴极连接于点g，第十四二极管的阳极与第十三二极管的阴极连接于点i，第十三二极管的阳极与第十二二极管的阳极连接于点f；点h用于与第三压电元件的一端相连接，点i用于与第三压电元件的另一端相连接。

[0016] 进一步地，该双稳态能量采集系统为磁式悬臂梁能量采集装置，悬臂梁的根部通过对应的第一压电元件和第二压电元件与自感知电路和自动切断电路相连接，悬臂梁的自

由端通过第三压电元件与开关放大电路相连接;悬臂梁的自由端还设置有第四压电元件,第四压电元件用于通过其产生的电压来反映该双稳态系统振动的强弱。

[0017] 本发明还公开了上述一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路的工作方法,该工作方法如下:自感知电路产生开关放大电路所需的开关驱动信号,开关放大电路接收所述开关驱动信号,提供第二压电元件所需的激励电压信号,促使双稳态系统运行在高能量轨道;同时自感知电路收集双稳态系统振动过程中产生的能量;当双稳态系统运行在高能量轨道时,自动切断电路;当双稳态系统运行在高能量轨道时,自动导通。

[0018] 本发明一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路具有如下优点:(1)能量消耗极低,不依赖任何辅助设备。(2)采用自动切断电路,在高能量轨道后,自动切断电路,在低能量轨道时,自动导通,节约了系统的能耗。

附图说明

[0019] 图1是本发明一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路的系统结构示意图;

[0020] 图2是本发明一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路的结构示意图;

[0021] 图3是本发明中自感知电路的结构示意图;

[0022] 图4是本发明中开关放大电路的结构示意图;

[0023] 图5是本发明中自动切断电路的结构示意图;

[0024] 图6自感知电路产生的开关驱动信号与双稳态系统悬臂梁位移关系图;

[0025] 图7激励信号实验波形图;

[0026] 图8激励历程中双稳态系统输出电压波形图;

[0027] 图9激励历程中加载在升压电路的电压波形图;

[0028] 图10激励历程中电容Crect两端电压波形图。

具体实施方式

[0029] 本发明一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路,如图1和图2所示,包括自感知电路1、自动切断电路2和开关放大电路3,自感知电路1和自动切断电路2均与开关放大电路3相连接,自感知电路1、自动切断电路2和开关放大电路3均用于与双稳态能量采集系统相连接。

[0030] 该自感知电路1用于产生开关放大电路3所需的开关驱动信号,还用于收集双稳态能量采集系统振动过程中产生的能量。

[0031] 该自动切断电路2用于:当双稳态能量采集系统运行在低能量轨道时,自动切断电路2使该自感知激励电路导通并自动激励;当双稳态能量采集系统运行在高能量轨道时,自动切断电路2使该自感知激励电路断开并停止激励。

[0032] 如图3所示,自感知电路1包括依次相连接的极值电子开关电路1-1、能量存储电路1-2和整流电路1-3,极值电子开关电路1-1包括相连接的极大值电子开关1-11和极小值电子开关1-12,极大值电子开关1-11的输入端用于与第一压电元件4相连接,极小值电子开关1-12的输出端与整流电路1-3相连接。

[0033] 该极大值电子开关1-11包括第一二极管D1、第一电容C1、第一三极管Q1和第三三极管Q3，第一二极管D1的阳极用于通过第一电阻R1与第一压电元件4的一端连接于点a，第一二极管D1的阴极用于通过第一电容C1与第一压电元件4的另一端连接于点b；第一二极管D1的阴极还与第一三极管Q1的发射极相连接，第一三极管Q1的基极与点a连接，第一三极管Q1的集电极与第三二极管D4的阳极相连接，第三二极管D4的阴极与第三三极管Q3的基极相连接，第三三极管Q3的集电极与第五二极管D5的阴极相连接，第五二极管D5的阳极与点a连接；第三三极管Q3的发射极与第七二极管D7的阴极连接于点c；第七二极管D7的阳极与电感L的输入端相连接，与电感L的输出端连接于点b；点c和点d间连接有负载电阻Rload。

[0034] 该极小值电子开关1-12包括第六二极管D6、第四三极管Q4、第四二极管D4、第二三极管Q2、第二二极管D2和第八二极管D8；第六二极管D6的阴极与点a连接；第六二极管D6的阳极与第四三极管Q4的集电极相连接；第四三极管Q4的发射极与第八二极管D8的阳极相连接于点d，第八二极管D8的阴极与电感L的输入端相连接；第四三极管Q4的基极与第四二极管D4的阳极相连接，第四二极管D4的阴极与第二三极管Q2的集电极相连接，第二三极管Q2的基极与点a连接；第二三极管Q2的发射极与第二二极管D2的阳极连接于点e，第二二极管D2的阴极与第二电阻R2的一端相连接，第二电阻R2的另一端连接于点a；点e与第二电容C2的输入端相连接，第二电容C2的输出端与点b连接。

[0035] 该储能电路1-4包括储能电容Crect，储能电容Crect的正极连接于点c，储能电容Crect的负极连接于点d，点c和点d间连接有负载电阻Rload。该整流电路1-3包括第九二极管D9和第十二极管D10，第九二极管D9的阴极与点a连接，第九二极管D9的阳极与开关放大电路3相连接；第十二极管D10的阳极与点b连接，第十二极管D10的阴极与开关放大电路3相连接。

[0036] 该第一压电元件4包括并联的电阻Rs、电荷源和电容C_0。在自感知电路中随着第一压电元件4两端的电压V_1的增加，正向电流开始向电容C_0、第一电容C_1、第二电容C_2开始充电，因而电压V_1、V_{C1}、V_{C2}不断增加。当第一压电元件4两端的电压达到最大值V_0时，V_{C1}的电压为V_0-V_d，V_d为第一二极管D1的导通电压。当第一压电片4两端的电压下降了V_d+V_{be}时V_{be}为NPN型第一三极管Q1的导通电压，第一三极管Q1导通，第一电容C_1沿着第一三极管Q_1(be)，第三二极管D_3，第二三极管Q_2(ce)，储能电容C_{rect}，第八二极管D_8，电感L放电，最终导致第三三极管Q3导通，从而电容C_0，第五二极管D_5，第三三极管Q_3(ce)，储能电容C_{rect}，第八二极管D_8，电感L构成回路，储存在第一压电元件4中的电荷通过L-C谐振充分释放。以上为自感知电路极大值检测过程，极小值检测过程与极大值检测过程一致，只有晶体管的方向是反向的。

[0037] 如图4所示，该开关放大电路3包括相连接的泄电回路3-1和升压电路3-2，该泄电回路3-1包括第一mos管T1，所述第一mos管T1的栅极和源极间并联有第七电阻Rd，所述第一mos管T1的栅极与第九二极管D9的阳极相连接，所述第一mos管T1的源极与第十二极管D10的阴极相连接；所述第一mos管T1的源极还用于与第二压电元件5相连接，所述第一mos管T1的栅极与升压电路3-2的正极相连接，所述升压电路3-2的负极用于与第二压电元件5相连接。该第一mos管T1在开关驱动信号的控制下工作，升压电路2-2将5V电压放大到105V，当第一mos管T1导通时将会为第二压电元件5提供105V的激励电压。

[0038] 如图5所示，自动切断电路2包括相连接的标准采能电路2-1和两个级联的mos管2-2，所述标准采能电路2-1的输入端用于与第三压电元件6相连接；所述两个级联的mos管2-2

包括第二mos管T2和第三mos管T3，所述第二mos管T2的漏极与第三mos管T3的栅极相连接，所述第三mos管T3的漏极与升压电路3-2的正极相连接；所述第三mos管T3的源极与f点连接；所述第二mos管T2的源极与f点连接；所述第二mos管T2的栅极与第六电阻R6的一端相连接，所述第六电阻R6的一端还与第五电阻R5的一端相连接，所述第五电阻R5的另一端与标准采能电路2-1连接于点g，点g与第三电阻R3的一端相连接，第三电阻R3的另一端与第四电阻R4相连接，所述第四电阻R4的另一端连接于点f，点f与标准采能电路2-1相连接。

[0039] 该标准采能电路2-1电路可以将第三压电元件6产生的交流电压信号转变为直流电压。当双稳态系统工作在低能量轨道时，通过分压使得$V_{AB}>V_{g2s2}$，$V_{CD}<V_{g3s3}V_{g2s2}$，V_{g3s3}为第二mos管T2，第三mos管T3导通压降，此时第三mos管T3导通，第二mos管T2关闭，第三mos管T3导通使得电源为升压电路2-2供电，激励电路工作；当双稳态系统在高能量轨道时，$V_{CD}>V_{g3s3}$，此时第二mos管T2导通，第二mos管T2的导通使得$V_{AB}=0$，因而第三mos管T3将会关闭，激励电路与电源断开，激励电路停止工作。自动切断电路会使得激励电路在双稳态处于低能量轨道时自动激励，处于高能量轨道时自动断开。

[0040] 该标准采能电路2-1包括并联连接的两组二极管组，并联连接后，其连接点分别与点g和点f连接，点g和点f间还并联有第三电容C3。所述两组二极管组包括第十一二极管D11、第十二二极管D12、第十三二极管D13和第十四二极管D14，所述第十二二极管D12的阴极与第十一二极管D11的阳极连接于点h，所述第十一二极管D11的阴极与第十四二极管D14的阴极连接于点g，所述第十四二极管D14的阳极与第十三二极管D13的阴极连接于点i，所述第十三二极管D13的阳极与第十二二极管D12的阳极连接于点f；点h用于与第三压电元件6的一端相连接，点i用于与第三压电元件6的另一端相连接。

[0041] 该双稳态能量采集系统为磁式悬臂梁能量采集装置，悬臂梁的根部通过对应的第一压电元件4和第二压电元件5与自感知电路1和自动切断电路2相连接，悬臂梁的自由端通过第三压电元件6与开关放大电路3相连接；悬臂梁的自由端还设置有第四压电元件7，所述第四压电元件7用于通过其产生的电压来反映该双稳态系统振动的强弱。

[0042] 上述的一种用于触发双稳态能量采集系统的自感知激励电路的工作方法如下：该自感知电路1产生开关放大电路3所需的开关驱动信号，开关放大电路3接收开关驱动信号，提供第二压电元件5所需的激励电压信号，促使双稳态系统运行在高能量轨道；同时自感知电路1收集双稳态系统振动过程中产生的能量；当双稳态系统运行在高能量轨道时，自动切断电路；当双稳态系统运行在高能量轨道时，自动导通选取激振器的激振频率为9.5hz，激励加速度为2.8。。

[0043] 图6所示为自感知电路产生的开关驱动信号与双稳态系统悬臂梁位移关系图，其中波峰在上的为自感知电路产生的开关驱动信号，波峰在下的为第一压电元件4测得反应悬臂梁位移大小的电压信号。该开关驱动信号将用来驱动开关放大电路。

[0044] 图7为激励信号实验波形图；在开关驱动信号控制下开关放大电路所产生的激励信号，该激励信号加载到第二压电元件5后，会将双稳态系统从低能量轨道激励到高能量轨道。在整个激励过程中第四压电元件7的电压如图8所示。由图9可知，双稳态系统通过该自感知激励电路成功的实现了由低能量轨道到高能量轨道的能量跃迁。

[0045] 自动切断电路会使激励电路在双稳态系统处于低能量轨道时工作，处于高能量轨道时自动关断。图9为激励历程中加载在升压电路的电压波形图，由图可知当双稳态系统被

激励到高能量轨道后，自断切断电路将升压电路电源切断。图10为激励历程中电容Crect两端电压波形图，由图可知通过激励电容两端电压可以有效的提高。

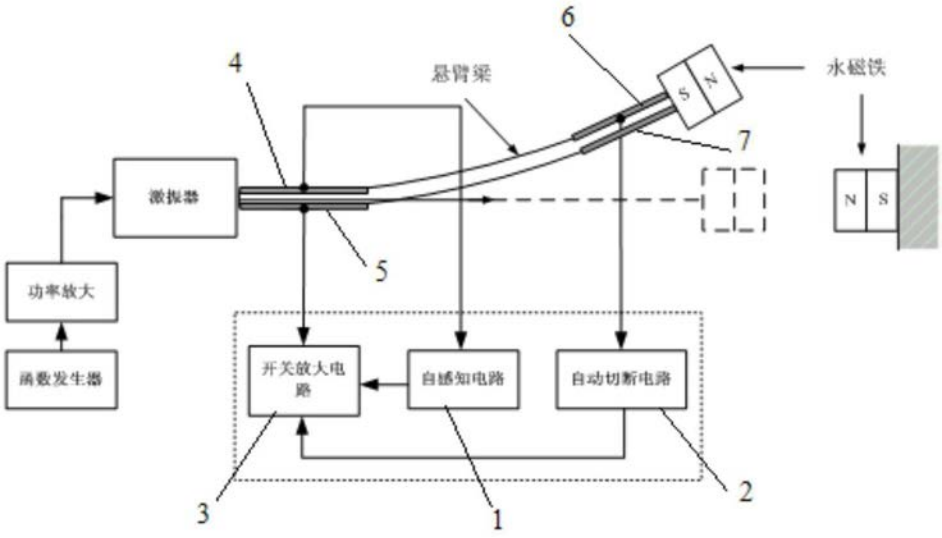

6
4
悬臂梁
水磁铁
S
N
7
激振器
N
S
5
功率放大
函数发生器
开关放大电路
自感知电路
自动切断电路
3
1
2

图1

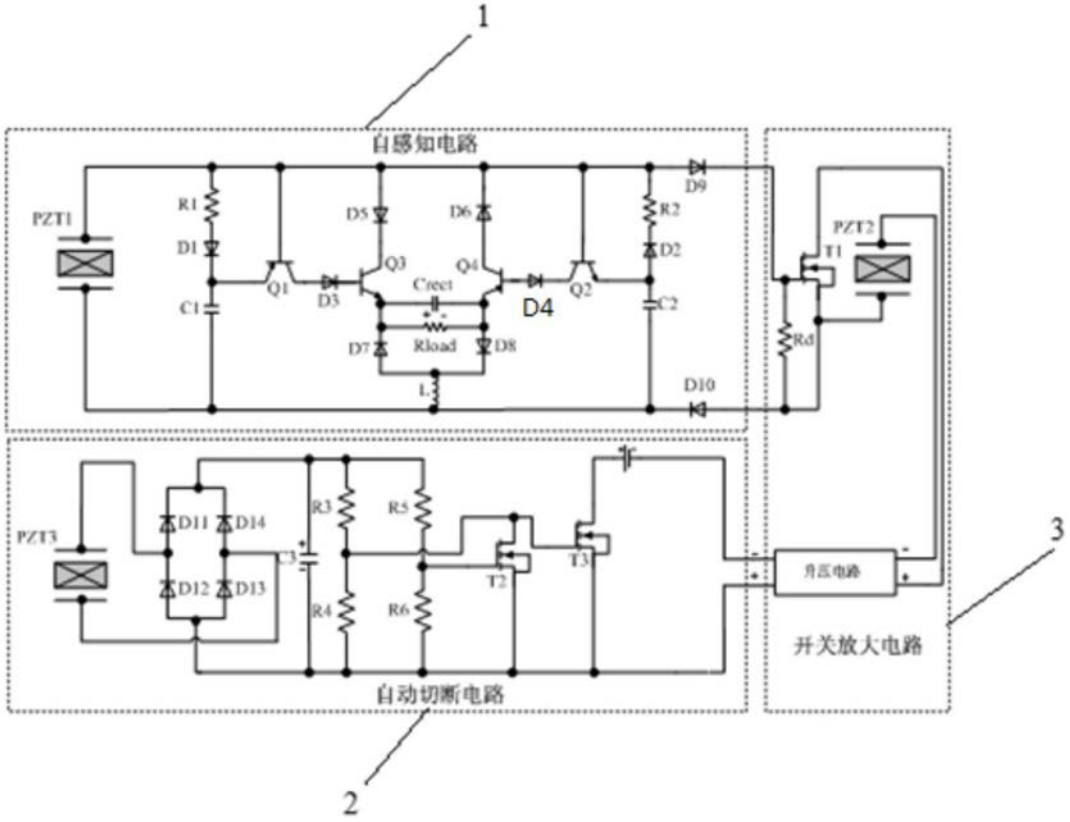

1
自感知电路
PZT1
R1
D1
C1
Q1
D5
D6
Q3
Q4
D3
Cfeet
D4
Q2
D9
R2
D2
C2
D7
Rload
D8
L
D10
PZT2
T1
Rd
PZT3
D11
D14
D12
D13
C3
R3
R5
R4
R6
T2
T3
月压电路
3
开关放大电路
自动切断电路
2

图2

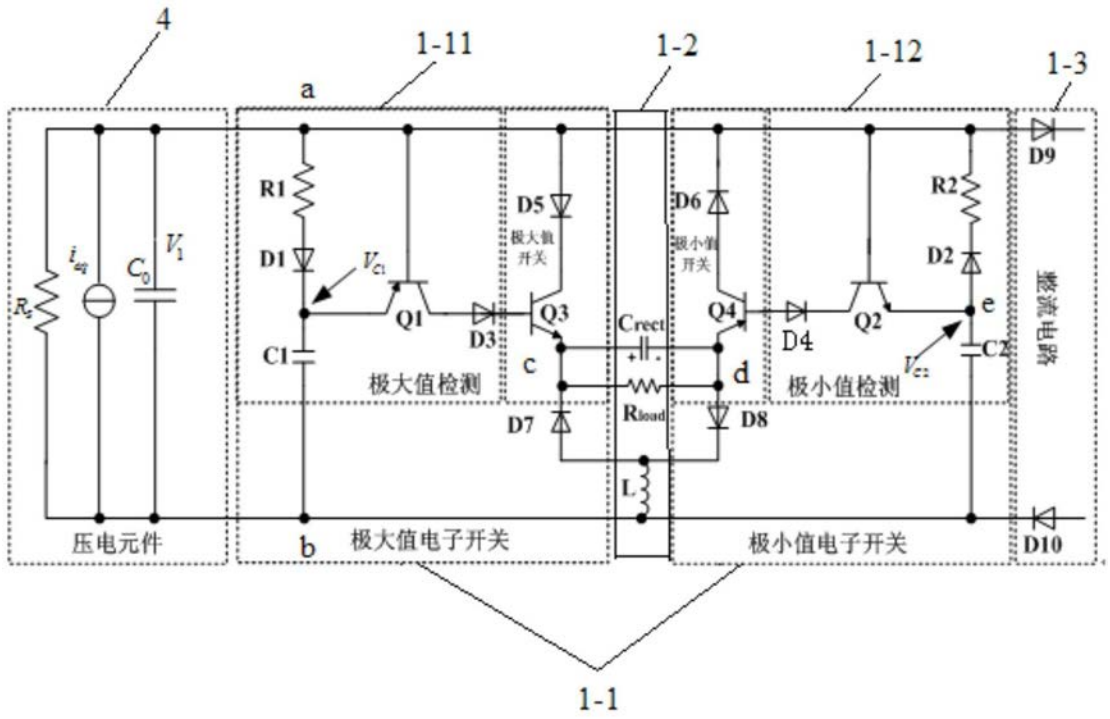

4
1-11
1-2
1-12
1-3
a
R1
D1
V_{C1}
Q1
D5
极大值开关
D3
Q3
Crect
D6
极小值开关
Q4
D4
Q2
R2
D2
D9
i_{eq}
C_0
V_1
R_s
C1
c
d
e
V_{C2}
C2
极大值检测
极小值检测
D7
R_{load}
D8
L
压电元件
b
极大值电子开关
极小值电子开关
D10
能量收集电路
1-1

图3

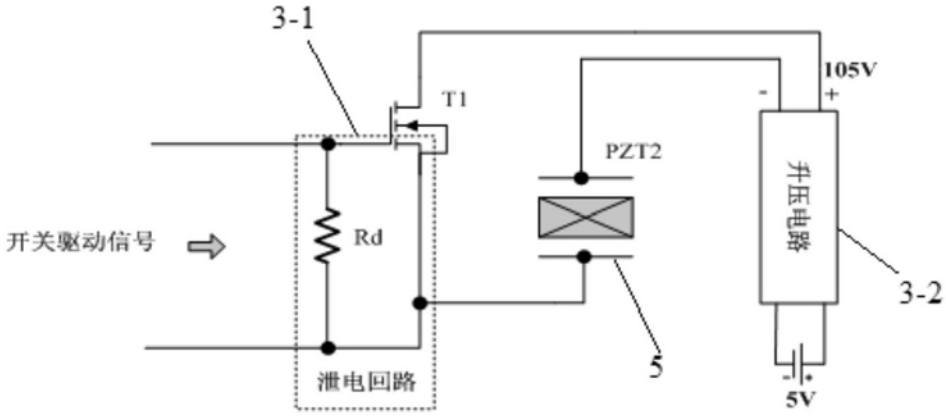

3-1
T1
105V
-
+
PZT2
升压电路
开关驱动信号
Rd
3-2
5
泄电回路
5V

图4

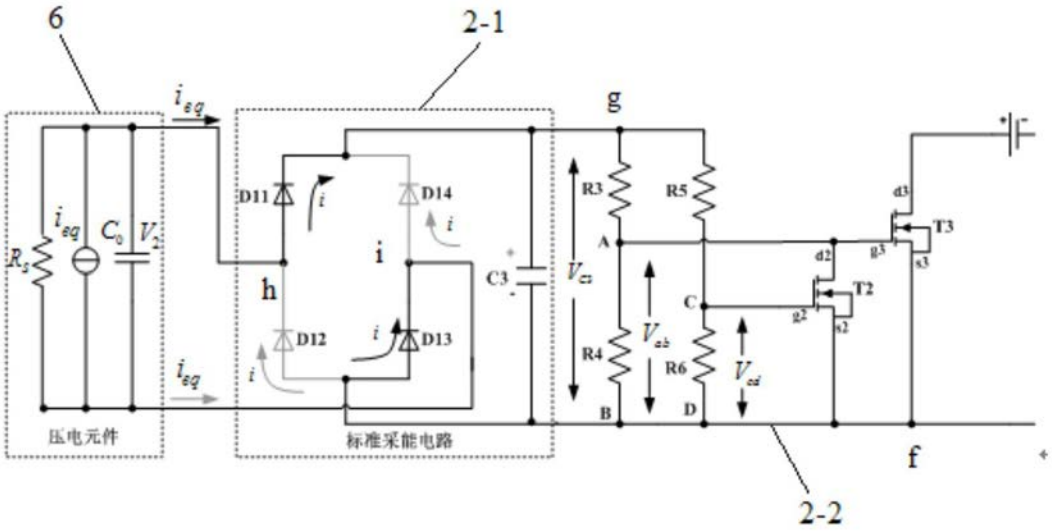

6
2-1
i_{eq}
R_s
C_0
V_2
D11
D14
D12
D13
i
h
C3
g
R3
R5
A
C
R4
R6
B
D
V_{cs}
V_{ab}
V_{cd}
T3
T2
d3
g3
s3
d2
g2
s2
f
2-2
压电元件
标准采能电路

图5

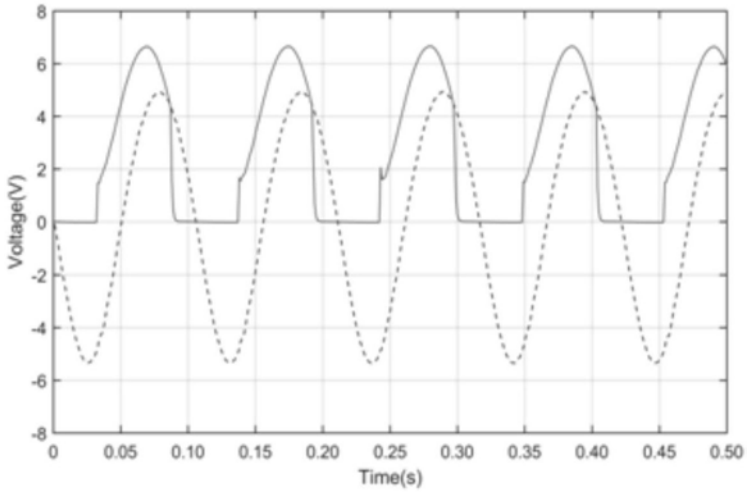

Voltage(V)
Time(s)
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
0
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35
0.40
0.45
0.50

图6

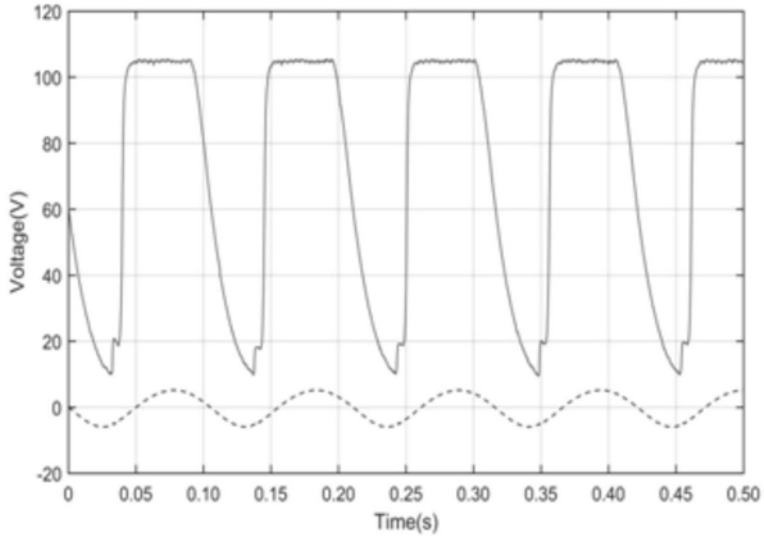

120
100
80
60
40
20
0
-20
Voltage(V)
0
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35
0.40
0.45
0.50
Time(s)

图7

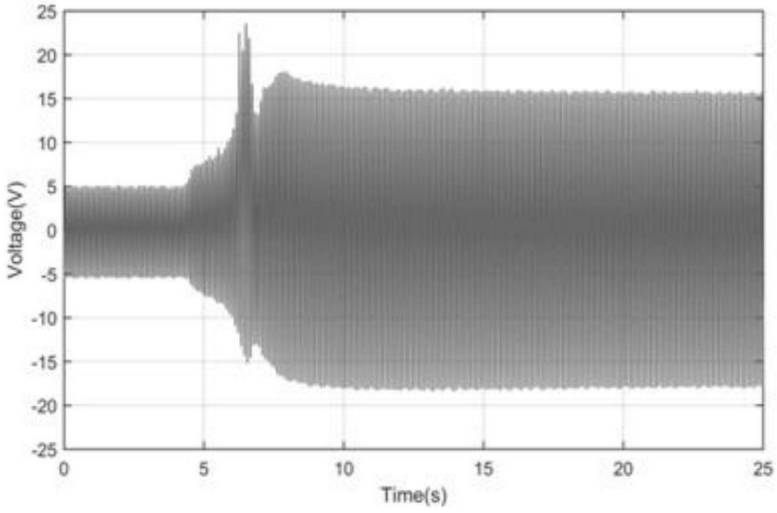

25
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
Voltage(V)
0
5
10
15
20
25
Time(s)

图8

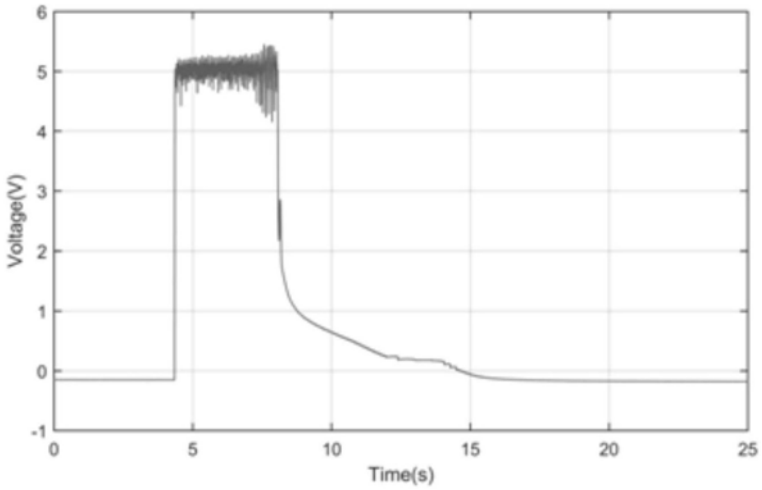

Voltage(V)
Time(s)
6
5
4
3
2
1
0
-1
0
5
10
15
20
25

图9

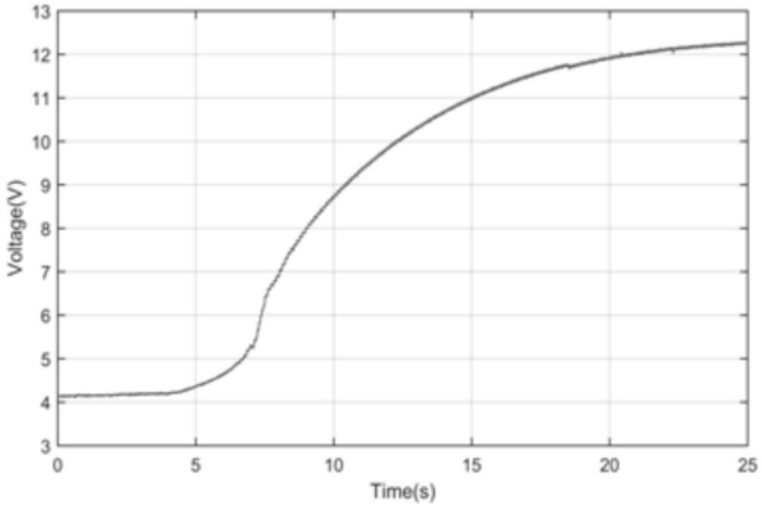

Voltage(V)
Time(s)
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
0
5
10
15
20
25

图10