



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108733198 A

(43)申请公布日 2018.11.02

(21)申请号 201710247454.2

(22)申请日 2017.04.17

(71)申请人 中国科学院沈阳自动化研究所

地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街
114号

(72)发明人 刘连庆 赵亮 贺凯 于鹏 杨铁
杨洋

(74)专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限
公司 21002

代理人 王倩

(51)Int.Cl.

G06F 3/01(2006.01)

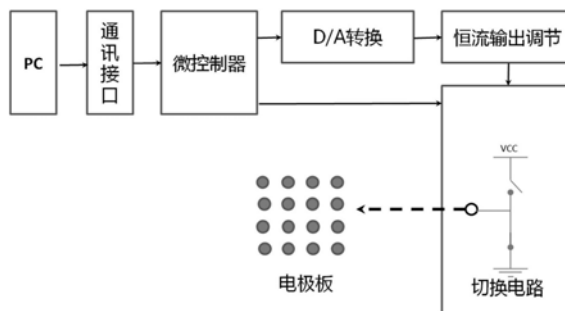
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

用于产生人工触觉的电刺激器系统及人工
触觉产生方法

(57)摘要

本发明涉及用于产生人工触觉的电刺激器系统
及人工触觉产生方法,系统包括顺序连接的
微控制器、恒流输出调节电路、切换电路和电
极板;所述微控制器与切换电路连接,还通过
通讯接口电路与上位机连接。方法包括:微
控制器电路接收来自上位机的触觉强度二维
分布信息和触觉种类信息,调节恒流输出调
节电路的电流输出强度,根据触觉种类信息,
通过分时改变刺激信号切换电路中各个开
关的状态,实现不同的刺激模式。本发明以
高压光电开关阵列方案为基础,通过改变开
关状态组合实现多重模式的电刺激。本发
明能够在皮肤上产生真实的震动、压迫体
验,并具有良好的位置分辨能力。



1. 用于产生人工触觉的电刺激器系统,其特征在于,包括顺序连接的微控制器、恒流输出调节电路、切换电路和电极板;所述微控制器与切换电路连接,还通过通讯接口电路与上位机连接。

2. 根据权利要求1所述的用于产生人工触觉的电刺激器系统,其特征在于所述切换电路包括多个开关单元。

3. 根据权利要求2所述的用于产生人工触觉的电刺激器系统,其特征在于所述开关单元包括两个高压光电开关;两个高压光电开关的阳极与微控制器连接,两个高压光电开关的阴极接地;第一高压光电开关的集电极与恒流输出调节电路的输出端连接,第一高压光电开关的发射极、第二高压光电开关的集电极连接并作为输出端与电极板连接;第二高压光电开关的发射极接地。

4. 根据权利要求1所述的用于产生人工触觉的电刺激器系统,其特征在于所述电极板为柔性电极板。

5. 根据权利要求4所述的用于产生人工触觉的电刺激器系统,其特征在于所述电极板基材为聚酰亚胺薄膜。

6. 根据权利要求1所述的用于产生人工触觉的电刺激器系统,其特征在于所述电极板为采用FPC工艺制造的电极板。

7. 根据权利要求1所述的用于产生人工触觉的电刺激器系统,其特征在于所述电极板上分布多个电极点,每个电极点通过引线与开关单元连接。

8. 根据权利要求1所述的用于产生人工触觉的电刺激器系统,其特征在于所述电极点成方形阵列均匀分布。

9. 人工触觉产生方法,其特征包括以下步骤:

将电极板固定于皮肤表面,使皮肤与电极点接触;

微控制器根据来自上位机的触觉强度二维分布信息和触觉种类信息,调节恒流输出调节电路的电流输出强度,并根据触觉种类信息,通过分时改变切换电路中各个开关的状态,实现不同的刺激模式;

电极板上的各电极点在不同时刻输出电流或回收电流,与人体皮下触觉感受器形成回路,刺激相应神经元产生动作电位,从而产生人工触觉。

10. 根据权利要求9所述的人工触觉产生方法,其特征在于所述通过分时改变切换电路中各个开关的状态,实现不同的刺激模式包括:

RA模式:电极板中某个电极输出正电流,其对应的触觉种类为低频震动;

正电流输出电极对应的开关单元第一高压光电开关导通,第二高压光电开关截止;其相邻电极对应的开关单元第一高压光电开关与第二高压光电开关均为截止状态;正电流输出电极的非相邻电极对应的开关单元第一高压光电开关截止,第二高压光电开关导通;

PC模式:电极板中多个电极输出负电流,其对应的触觉种类为高频振动;

负电流输出电极对应的开关单元第一高压光电开关截止,第二高压光电开关导通;其他电极对应的开关单元第一高压光电开关导通,第二高压光电开关截止;

SAI模式:电极板中相邻电极交替输出正负电流,其对应的触觉种类为压感;

正电流输出电极对应的开关单元第一高压光电开关导通,第二高压光电开关截止;与之相邻的负电流输出电极对应的开关单元第一高压光电开关截止,第二高压光电开关导

通。

用于产生人工触觉的电刺激器系统及人工触觉产生方法

技术领域

[0001] 本发明涉及虚拟现实领域。具体地说是用于帮助增强临场感的触觉虚拟现实系统和虚拟触觉产生方法。

背景技术

[0002] 视觉、触觉、听觉是生物最主要的感觉组成。虽然有研究表明人和动物感知外界世界的信息80%来源于视觉,但涉及精细、灵巧型的操作,触觉仍然是最可靠的感知方式。

[0003] 虚拟现实技术是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统,它利用计算机生成一种模拟环境,是一种多源信息融合的、交互式的三维动态视景和实体行为的系统仿真使用户沉浸到该环境中。当前的虚拟现实技术,主要利用双目视觉原理,通过VR眼镜、VR头盔等方式,配合环绕立体声音响系统,创造一个有立体感的虚拟环境。未来,虚拟现实不仅仅会涉及视觉、听觉,还会涉及嗅觉、触觉、味觉,构造一个与真实环境相似的世界。

[0004] 在各种人工产生虚拟触觉的技术手段中,电触觉由于刺激灵活、实现装置简单、刺激脉冲幅值、频率等精确可控等特点而受到广泛关注。电触觉是模拟皮肤感受器对于物理刺激产生感受电位原理,通过刺激脉冲直接作用于分布有机械感受器的皮肤表面,并在刺激过程中通过改变施加刺激脉冲的幅值、频率等参数并考虑电极分布、电流极性等因素而使人产生如振动感、压力感等感觉的一种触觉再现方法。

[0005] 现有技术主要通过单点或线性分布的电极对皮肤感受器进行刺激产生触觉。此类方法仅适合进行用于电触觉机理研究的实验,而不能在二维分布的平面上产生复杂的触觉模式,因而不能应用于产生虚拟现实环境中实时变化的真实触觉体验。

发明内容

[0006] 针对上述技术不足,本发明提供了一种在二维平面皮肤上产生人工触觉的电刺激器系统及人工触觉产生方法,能够在皮肤上产生真实的震动、压迫体验,并具有良好的位置分辨能力。

[0007] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:用于产生人工触觉的电刺激器系统,包括顺序连接的微控制器、恒流输出调节电路、切换电路和电极板;所述微控制器与切换电路连接,还通过通讯接口电路与上位机连接。

[0008] 所述切换电路包括多个开关单元。

[0009] 所述开关单元包括两个高压光电开关;两个高压光电开关的阳极与微控制器连接,两个高压光电开关的阴极接地;第一高压光电开关的集电极与恒流输出调节电路的输出端连接,第一高压光电开关的发射极、第二高压光电开关的集电极连接并作为输出端与电极板连接;第二高压光电开关的发射极接地。

[0010] 所述电极板为柔性电极板。

[0011] 所述电极板基材为聚酰亚胺薄膜。

[0012] 所述电极板为采用FPC工艺制造的电极板。

- [0013] 所述电极板上分布多个电极点,每个电极点通过引线与开关单元连接。
- [0014] 所述电极点成方形阵列均匀分布。
- [0015] 人工触觉产生方法,包括以下步骤:
- [0016] 将电极板固定于皮肤表面,使皮肤与电极点接触;
- [0017] 微控制器根据来自上位机的触觉强度二维分布信息和触觉种类信息,调节恒流输出调节电路的电流输出强度,并根据触觉种类信息,通过分时改变切换电路中各个开关的状态,实现不同的刺激模式;
- [0018] 电极板上的各电极点在不同时刻输出电流或回收电流,与人体皮下触觉感受器形成回路,刺激相应神经元产生动作电位,从而产生人工触觉。
- [0019] 所述通过分时改变切换电路中各个开关的状态,实现不同的刺激模式包括:
- [0020] RA模式:电极板中某个电极输出正电流,其对应的触觉种类为低频震动;
- [0021] 正电流输出电极对应的开关单元第一高压光电开关导通,第二高压光电开关截止;其相邻电极对应的开关单元第一高压光电开关与第二高压光电开关均为截止状态;正电流输出电极的非相邻电极对应的开关单元第一高压光电开关截止,第二高压光电开关导通;
- [0022] PC模式:电极板中多个电极输出负电流,其对应的触觉种类为高频振动;
- [0023] 负电流输出电极对应的开关单元第一高压光电开关截止,第二高压光电开关导通;其他电极对应的开关单元第一高压光电开关导通,第二高压光电开关截止;
- [0024] SAI模式:电极板中相邻电极交替输出正负电流,其对应的触觉种类为压感;
- [0025] 正电流输出电极对应的开关单元第一高压光电开关导通,第二高压光电开关截止;与之相邻的负电流输出电极对应的开关单元第一高压光电开关截止,第二高压光电开关导通。
- [0026] 本发明的有益效果及优点:
- [0027] 1.本发明具有结构简单、操作方便、能够不改变电路结构条件下实现多种模式的刺激,与现有技术相比,本发明能够实现更为灵活多样的电刺激模式。
- [0028] 2.本发明的开关单元采用两个晶体管输出型高压光电开关,可以构成可编程的单刀双掷开关阵列,通过开关状态实现不同的触觉。
- [0029] 3.本发明采用的电路板为聚酰亚胺薄膜基材的柔性电路板,能够良好贴合人体皮肤。
- [0030] 4.本发明以高压光电开关阵列方案为基础,通过改变开关状态组合实现多重模式的电刺激。能够在皮肤上产生真实的震动、压迫体验,并具有良好的位置分辨能力。

附图说明

- [0031] 图1为本发明的结构示意图;
- [0032] 图2为图1中恒流输出调节电路;
- [0033] 图3为图1中切换电路中单个开关单元结构示意图;
- [0034] 图4a为开关单元高边导通低边截止的状态示意图;
- [0035] 图4b为开关单元高边截止低边截止的状态示意图;
- [0036] 图4c为开关单元高边截止低边导通的状态示意图;

- [0037] 图5a为RA刺激模式示意图；
[0038] 图5b为PC刺激模式示意图；
[0039] 图5c为SAI刺激模式示意图；
[0040] 图6为图1中刺激电极板结构示意图。

具体实施方式

[0041] 下面结合实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0042] 本发明将刺激电极板固定在需要产生人工触觉的皮肤表面,使皮肤与电极点充分接触。微控制器电路通过通讯接口电路接收来自上位机的触觉强度二维分布信息和触觉种类信息,根据触觉强度信息调节恒流输出调节电路的电流输出强度,根据触觉种类信息,通过分时改变刺激信号切换电路中各个开关的状态,实现不同的刺激模式。各电极点在不同时刻输出电流或回收电流,与人体皮下触觉感受器形成回路,刺激相应神经元产生动作电位,从而产生期望的人工触觉。

[0043] 一种用于产生人工触觉的电刺激器系统,包括恒流输出调节电路、微控制器电路、通讯接口电路、刺激信号切换电路和多点刺激电极板;所述通讯接口电路、刺激信号切换电路与微控制器电路连接。微控制器通过DA转换与恒流输出调节电路连接。

[0044] 恒流输出调节电路由四个晶体管和一个运算放大器组成恒流输出控制电路,当连接负载阻抗不大于40千欧时,输出电流可在0~1mA范围内连续可调。运放的同相输入端与微控制器提供的参考电压 V_{ref} 相连接,晶体管Q2的集电极与切换电路连接。

[0045] 通讯接口电路为RS422接口芯片。

[0046] 刺激信号切换电路由多个开关单元组成,每个开关单元连接一个刺激电极。

[0047] 刺激信号切换电路中的开关单元为两个晶体管输出型高压光电开关按桥式结构连接,处于高边位置的高压光电开关的集电极引脚与恒流输出调节电路的输出端连接,处于低边位置的高压光电开关的发射极引脚与恒流输出调节电路的地连接。高边位置光电开关的发射极引脚与低边位置光电开关的集电极引脚共同连接一个电极点。

[0048] 多点刺激电极板采用FPC工艺制造,材质为聚酰亚胺薄膜,可以贴合任意皮肤曲面,其表面根据需要产生触觉的位置分布多个电极点,每个电极点通过引线与相应的开关单元连接。

[0049] 人工触觉产生方法,包括以下步骤:

[0050] 将刺激电极板固定在需要产生人工触觉的皮肤表面,使皮肤与电极点充分接触。微控制器电路通过通讯接口电路接收来自上位机的触觉强度二维分布信息和触觉种类信息,根据触觉强度信息调节恒流输出调节电路的电流输出强度,根据触觉种类信息,通过分时改变刺激信号切换电路中各个开关的状态,实现不同的刺激模式。各电极点在不同时刻输出电流或回收电流,与人体皮下触觉感受器形成回路,刺激相应神经元产生动作电位,从而产生期望的人工触觉。

[0051] 正电流的产生方法为正电流输出电极对应的开关单元高边部分导通,低边部分截止;其周围电极对应的开关单元高边部分与低边部分均为截止状态;距离正电流输出电极较远的电极对应的开关单元高边部分截止,低边部分导通。

[0052] 多个电极输出负电流的产生方法为负电流输出电极对应的开关单元高边部分截

止,低边部分导通;其他电极对应的开关单元高边部分导通,低边部分截止。

[0053] 相邻电极交替输出正负电流产生方法为正电流输出电极对应的开关单元高边部分导通,低边部分截止;与之相邻的负电流输出电极对应的开关单元高边部分截止,低边部分导通。如图4a-图4c所示。

[0054] 如图1所示,一种用于产生人工触觉的电刺激器系统,包括顺序连接的恒流输出调节电路、微控制器电路、通讯接口电路、刺激信号切换电路和多点刺激电极板;所述通讯接口电路、刺激信号切换电路与微控制器电路连接。

[0055] 所述恒流输出调节电路如图2所示,主要由四个晶体管和一个运算放大器组成恒流输出控制电路。图2左端为参考电压输入端,当连接负载阻抗不大于40千欧时,参考输入端电压在0~1V之间变化时,该电路可输出0~1mA范围内连续可调的电流。参考输入电压可由微控制器电路经D/A转换器输出。优选地,所述晶体管采用P350T05三极管,所述运算放大器采用LM358集成运放芯片。

[0056] 所述通讯接口电路为RS422接口芯片,通讯接口芯片直接与微控制器电路UART接口连接,实现通讯信号电平转换。通讯接口芯片另一端与PC连接,实现接收来自PC机的触觉信息。优选地,采用MAX488通讯接口芯片。

[0057] 所述刺激信号切换电路由多个开关单元组成,每个开关单元连接一个刺激电极。

[0058] 如图3所示,所述刺激信号切换电路中的开关单元为两个晶体管输出型高压光电开关按桥式结构连接,处于高边位置的高压光电开关的集电极引脚与恒流输出调节电路的输出端连接,处于低边位置的高压光电开关的发射极引脚与恒流输出调节电路的地连接。高边位置光电开关的发射极引脚与低边位置光电开关的集电极引脚共同连接一个电极点。每个开关单元中的高边开关和低边开关分别由微控制器电路提供独立的控制信号。优选地,高边开关和低边开关均可采用TLP127高压光电耦合器芯片。

[0059] 所述多点刺激电极板采用FPC工艺制造,其结构如图6所示,这种柔性电路板可以贴合任意皮肤曲面,其表面根据需要产生触觉的位置分布多个电极点,每个电极点通过引线与相应的开关单元连接。

[0060] 使用时,将刺激电极板固定在需要产生人工触觉的皮肤表面,使皮肤与电极点充分接触。微控制器电路通过通讯接口电路接收来自PC机的触觉强度二维分布信息和触觉种类信息,根据触觉强度信息调节恒流输出调节电路的电流输出强度,根据触觉种类信息,通过分时改变刺激信号切换电路中各个开关的状态,实现不同的刺激模式。各电极点在不同时刻输出电流(即整点流年)或回收电流(即负电流),与人体皮下触觉感受器形成回路,刺激相应神经元产生动作电位,从而产生期望的人工触觉。

[0061] 刺激模式主要包括单电极正电流刺激模式(RA模式),多电极负电流刺激模式(PC模式),以及多电极交替正电流刺激模式(SAI模式)。在本发明中,具体产生方式及其对应的触觉种类为:

[0062] RA模式:刺激电极板中某个电极输出正电流,其对应的触觉种类主要为低频震动;

[0063] PC模式:刺激电极板中多个电极输出负电流,其对应的触觉种类主要为高频振动;

[0064] SAI模式:刺激电极板中相邻电极交替输出正负电流,其对应的触觉种类主要为压感。

[0065] 这三种模式的具体实施方式如图5a-图5c所示:当采用RA模式时,图中黑色圆点代

表正电流输出电极,其对应的开关单元高边部分导通,低边部分截止;白色圆点代表无输出电极,其对应的开关单元高边部分与低边部分均为截止状态;灰色圆点代表负电流输出电极,对应的开关单元高边部分截止,低边部分导通。输出正电流的电极和输出负电流的电极在皮下形成回路,黑色箭头代表刺激电流。类似地,通过改变各个电极对应的开关单元的组合状态组合,可以实现PC模式和SAI模式的电刺激。

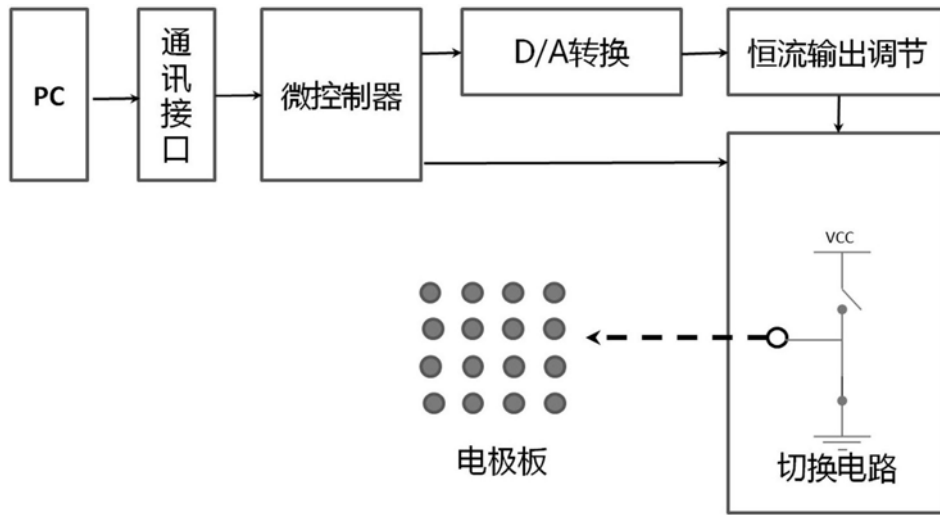


图1

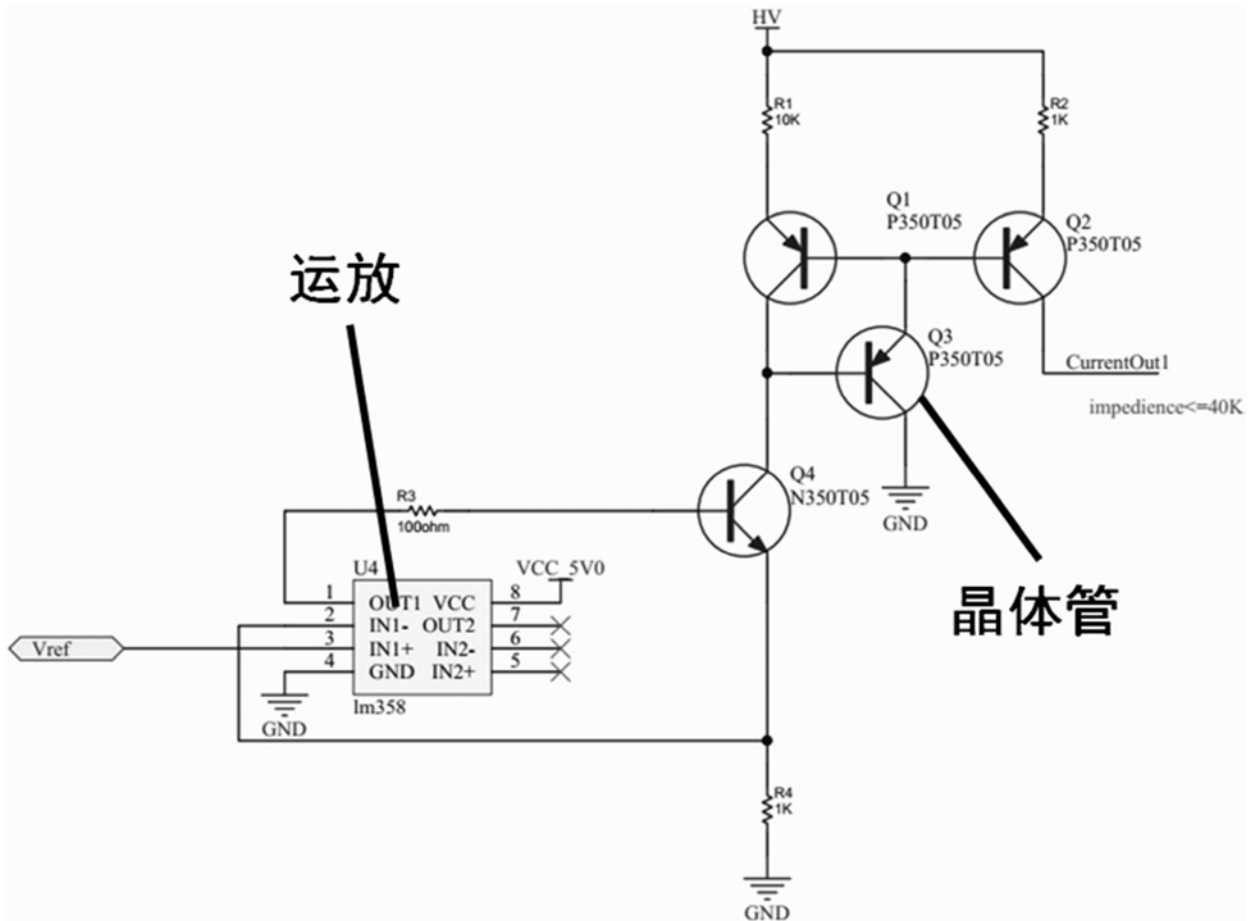


图2

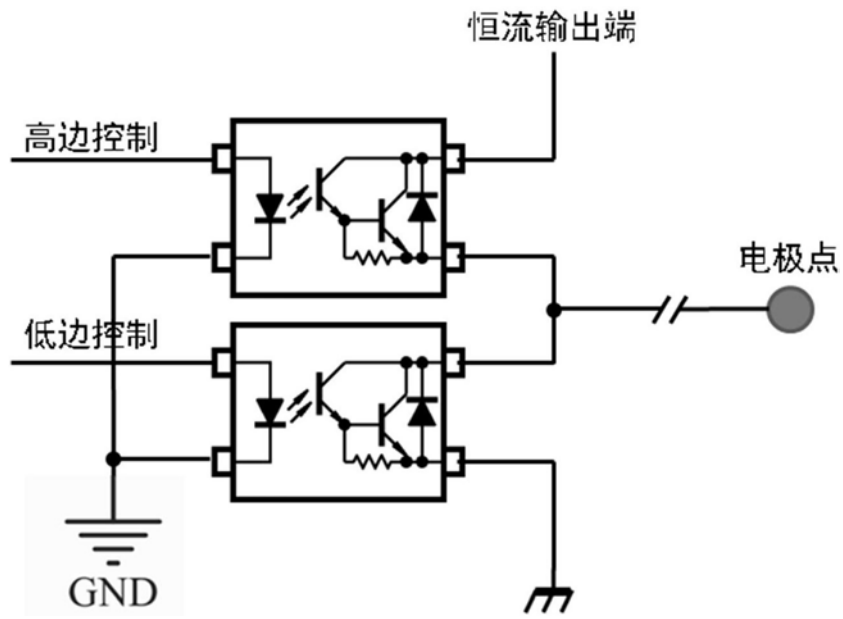
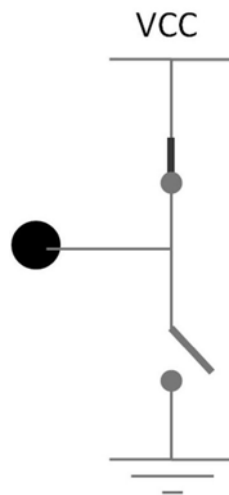
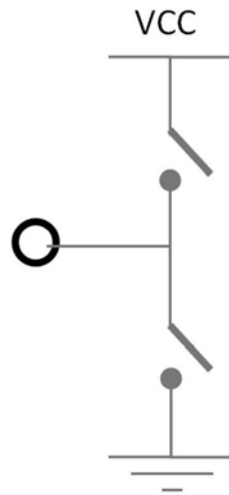


图3



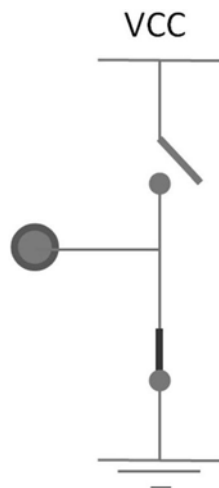
高边导通
低边截止

图4a



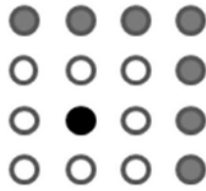
**高边截止
低边截止**

图4b



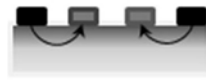
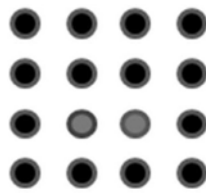
**高边截止
低边导通**

图4c



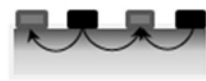
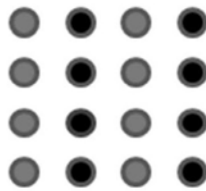
RA模式

图5a



PC模式

图5b



SAI模式

图5c

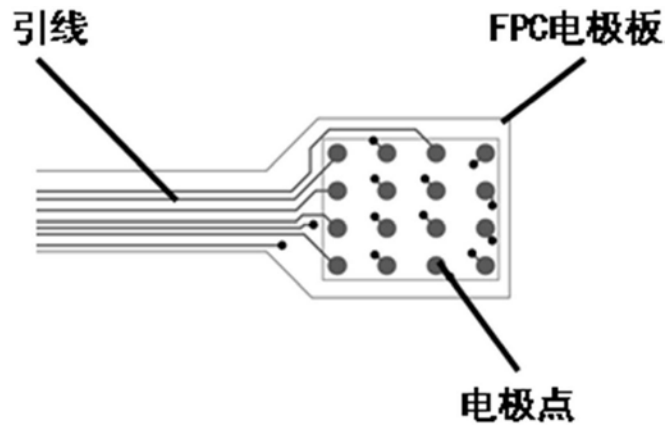


图6