



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 211956163 U

(45) 授权公告日 2020.11.17

(21) 申请号 202020018239.2

(22) 申请日 2020.01.06

(73) 专利权人 中国人民解放军国防科技大学
地址 211101 江苏省南京市江宁区双龙街
60号国防科大气象海洋学院

(72) 发明人 张阳春 周树道 王敏 叶松
盛峥 龙智勇 杜华栋 关吉平
宋海润

(74) 专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所
(普通合伙) 32249
代理人 陈建和

(51) Int. Cl.
G05B 19/042 (2006.01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

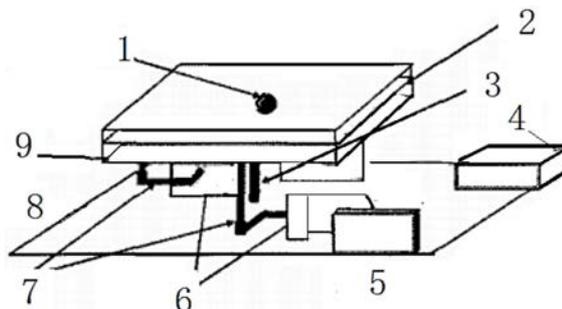
权利要求书1页 说明书6页 附图7页

(54) 实用新型名称

一种基于电阻屏位置检测的板球控制实验系统

(57) 摘要

一种基于电阻屏位置检测的板球控制实验系统,包括电阻屏、底盘与二维舵机控制机械结构;电阻屏固定在底盘上方水平位置,板球在电阻屏平面上运动;二维舵机机械控制结构包括球关节、两个导轨、两个连杆和两个舵机,底盘中央设有球关节;底盘为矩形,横边与竖边分别设有两个导轨,二个连杆受驱动一端分别由二个独立的舵机驱动,二个连杆输出端凸部分别在两个导轨内滑动;另包括单片机、电源;单片机先与AD转换芯片相连再与电阻屏相连,从电阻屏获取小球位置信息;单片机和舵机相连,对舵机直接控制;单片机还与键盘和显示屏相连接,通过键盘对系统进行认为设置,显示屏显示小球位置等信息,实现人机交互功能。



1. 一种基于电阻屏位置检测的板球控制实验系统,其特征是,包括电阻屏、底盘与二维舵机控制机械结构;电阻屏固定在底盘上方水平位置,板球在电阻屏平面上运动;二维舵机机械控制结构包括球关节、两个导轨、两个连杆和两个舵机,底盘中央设有球关节;底盘为矩形,横边与竖边分别设有两个导轨,二个连杆受驱动一端分别由二个独立的舵机驱动,二个连杆输出端凸部分别在两个导轨内滑动;另包括单片机、电源;单片机先与AD转换芯片相连再与电阻屏相连,从电阻屏获取小球位置信息;单片机和舵机相连,对舵机直接控制;单片机还与键盘和显示屏相连接,通过键盘对系统进行设置,显示屏显示小球位置信息,实现人机交互功能。

2. 根据权利要求1所述基于电阻屏位置检测的板球控制实验系统,其特征是,电阻屏附于托盘上共同组成小球的支撑平台,电阻屏用于获取小球的位置数据;二个连杆输出端在舵机摆动驱动时,舵机驱动轴在摆动的垂线时,连杆输出端凸部分别在两个导轨的中央位置,即相对固定在托盘相邻横边与竖边两边的中点,二个连杆分别由各自独立的舵机驱动,舵机运行时经连杆传动,控制托盘平面在东西与南北二维方向上的倾斜角。

3. 一种基于电阻屏位置检测的板球控制实验系统,其特征是,包括电阻屏、底盘与二维舵机控制机械结构;电阻屏固定在底盘上方水平位置,板球在电阻屏平面上运动;二维舵机机械控制结构包括球关节、两个关节连杆和两个舵机,底盘中央设有球关节;底盘为矩形,横边与竖边分别设有两个平条,两个关节连杆为二个带中间关节的连杆,受舵机驱动,带中间关节的下端连杆分别由二个独立的舵机驱动,二个带中间关节的上端连杆的输出端分别固定在两个平条的位置设定的固定销轴,并分别在两个平条方向摆动;另包括单片机、电源;单片机先与AD转换芯片相连再与电阻屏相连,从电阻屏获取小球位置信息;单片机和舵机相连,对舵机直接控制;单片机还与键盘和显示屏相连接,通过键盘对系统进行认为设置,显示屏显示小球位置信息,实现人机交互功能。

一种基于电阻屏位置检测的板球控制实验系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种实验系统,尤其是基于电阻屏位置检测的板球控制系统。

背景技术

[0002] 板球控制与实验系统是一个典型的多变量、非线性控制对象,它是杆球系统的二维扩展,控制的目的是通过改变三座标体系角度,最终使一个自由滚动体(球)能够停止在板上特定的位置或者沿一定的轨迹运动。

[0003] 板球控制系统作为自动化领域的一个非常重要的基础研究,其研究内容涉及智能控制,运动控制等,工程应用中许多平衡与寻迹都会用到类似系统.本实用新型是一种基于电阻屏位置检测的板球控制系统实验平台。

[0004] CN109976188A提出了一种基于时间自动机的板球控制方法,包括如下步骤:S10、采用拉格朗日动力学方程方法,构建板球物理系统连续过程数学模型;S20、利用时间自动机模态模型,将反映板球物理系统和板球嵌入式控制系统的连续、离散过程以及控制逻辑,运行规则构建数学建模,获得基于时间自动机的板球控制系统混合系统模型;S30、采集小球位置反馈数据,小球位移差分为小球速度;S40、根据在先构建的基于时间自动机的板球控制系统混合系统模型,获得控制量控制舵机运动,从而改变小球的运动状态,以实现平板上小球的定位以及轨迹跟踪。这是一种基于时间自动机的板球控制系统,包括:电阻式平板传感器、控制器及舵机,其中,所述的电阻式平板传感器,用于采集板球位于电阻式平板的位置,并发送至控制器中;所述的控制器,采用拉格朗日动力学方程方法,用于构建板球物理系统连续过程数学模型;并利用时间自动机模态模型,将反映板球物理系统和板球嵌入式控制系统的连续、离散过程以及控制逻辑,运行规则构建数学建模,获得基于时间自动机的板球控制系统混合系统模型;根据在先构建的基于时间自动机的板球控制系统混合系统模型及板球位于电阻式平板的位置数据,获得舵机控制量发送至舵机;所述的舵机,用于改变电阻式平板上小球的运动状态,以实现电阻式平板上小球的定位以及轨迹跟踪。

[0005] 二维舵机控制的机械系统结构可针对具体应用场景改进,控制方式也是如此。

实用新型内容

[0006] 本实用新型要解决的技术问题是,提供一种改进二维舵机控制的机械系统,基于电阻屏位置检测的板球控制系统,系统控制方便,控制精度高。

[0007] 本实用新型技术方案是:一种基于电阻屏位置检测的板球控制实验系统,包括电阻屏、底盘与二维舵机控制机械结构;电阻屏固定在底盘上方水平位置,板球在电阻屏平面上运动;二维舵机机械控制结构包括球关节、两个导轨、两个连杆和两个舵机,底盘中央设有球关节;底盘为矩形,横边与竖边分别设有两个导轨,二个连杆受驱动一端分别由二个独立的舵机驱动,二个连杆输出端凸部分别在两个导轨内滑动;另包括单片机、电源;单片机先与AD转换芯片相连再与电阻屏相连,从电阻屏获取小球位置信息;单片机和舵机相连,对舵机直接控制;单片机还与键盘和显示屏相连接,通过键盘对系统进行参数设置,显示屏显

示小球位置等信息,实现人机交互功能。电阻屏附于托盘上共同组成小球的支撑平台,电阻屏用于获取小球的位置数据;二个连杆输出端在舵机摆动驱动时,舵机驱动轴在摆动的垂线时,连杆输出端凸部分别在两个导轨的中央位置,即相对固定在托盘相邻横边与竖边两边的中点,二个连杆分别由各自独立的舵机驱动,舵机运行时经连杆传动,控制托盘平面在东西与南北二维方向上的倾斜角。

[0008] 另一种基于电阻屏位置检测的板球控制实验系统,包括电阻屏、底盘与二维舵机控制机械结构;电阻屏固定在底盘上方水平位置,板球在电阻屏平面上运动;二维舵机机械控制结构包括球关节、两个关节连杆和两个舵机,底盘中央设有球关节;底盘为矩形,横边与竖边分别设有两个平条,两个关节连杆为二个带中间关节的连杆,受舵机驱动,带中间关节的下端连杆分别由二个独立的舵机驱动,二个带中间关节的上端连杆的输出端分别固定在两个平条的位置设定的固定销轴,并分别在两个平条方向摆动;另包括单片机、电源;单片机先与AD转换芯片相连再与电阻屏相连,从电阻屏获取小球位置信息;单片机和舵机相连,对舵机直接控制;单片机还与键盘和显示屏相连接,通过键盘对系统进行人为设置,显示屏显示小球位置等信息,实现人机交互功能。电阻屏附于托盘上共同组成小球的支撑平台,电阻屏用于获取小球的位置数据;二个关节连杆输出端在舵机摆动驱动时,舵机驱动轴在摆动的垂线时,二个关节连杆输出端分别在纵与横的最高位置,即相对固定在托盘相邻横边与竖边两边的中点,二个关节连杆分别由各自独立的舵机驱动,舵机运行时经二个关节连杆传动,控制托盘平面在东西与南北二维方向上的倾斜角。

[0009] 电气部分如图3所示,单片机先与AD转换芯片相连再与电阻屏相连,从电阻屏获取小球位置信息;

[0010] 单片机和舵机相连,可通过输出PWM波对舵机直接控制。

[0011] 单片机还与键盘和显示屏相连接,可通过键盘对系统进行人为设置,显示屏可显示小球位置等信息,实现人机交互功能。

[0012] 板球系统的基本工作原理如图4所示,单片机控制舵机运行使平台产生倾角,小球由于自身重力和惯性作用在平板上滚动。同时,小球位置信息经电阻屏发送给单片机,形成反馈系统。单片机获取小球位置后由事先编译的程序进行运算,将运算结果输出到舵机,舵机运行时由连杆带动平台一起运动,平台在X、Y方向产生倾角。在单片机的控制下舵机摆动电阻屏角度,使小球按照指定的轨迹在电阻屏平台上运动。

[0013] 电阻屏附于托盘上共同组成小球的支撑平台,电阻屏用于获取小球的位置数据;连杆有2个,分别固定在托盘相邻两边的中点,由2个独立的舵机驱动;单片机先与AD转换芯片相连再与电阻屏相连,从电阻屏获取小球位置信息;单片机和舵机相连,可对舵机直接控制;单片机还与键盘和显示屏相连接,可通过键盘对系统进行人为设置,显示屏可显示小球位置等信息,实现人机交互功能。

[0014] 有益效果:板球控制系统的机械过程准确且可控性更好,可以具有连续、离散过程以及控制逻辑,运行规则。相比已有的连续或离散控制模型,本实用新型可以得到精确的系统运动控制轨迹或控制模型,可以准确描述建模对象的作用,板球控制系采用可编程的单片机控制舵机运行使平台产生倾角,小球由于自身重力和惯性作用在平板上滚动。同时,小球位置信息经电阻屏发送给单片机,形成反馈系统。单片机获取小球位置后由事先编译的程序进行运算,将运算结果输出到舵机,舵机运行时由连杆带动平台一起运动,平台在X、Y

方向产生倾角。在单片机的控制下小球按照指定的轨迹在平台上运动。本系统实现了仅在平板自身角度调整控制下快速寻位,回复静止的功能,并且能准确按照规定路线达到目标位置,且受到不大于0.3N的水平外力后能在5秒内恢复平衡状态,具有很高的适应性。

附图说明

- [0015] 图1是本实用新型所述基于电阻屏位置检测的板球系统的整体示意图;
- [0016] 图2是本实用新型机械部分的结构示意图;
- [0017] 图3是电气部分系统框图;
- [0018] 图4工作原理图;
- [0019] 图5 STC15W4K单片机;
- [0020] 图6四线电阻屏;
- [0021] 图7四线电阻屏内部结构图;
- [0022] 图8 XPT2046芯片;
- [0023] 图9位置采集单元电路图;
- [0024] 图10执行单元示意图;
- [0025] 图11 1MG996R舵机;
- [0026] 图12舵机电路图;
- [0027] 图13人机交互单元电路图;
- [0028] 图14主程序流程图;
- [0029] 图15串级PID控制示意图。

具体实施方式

[0030] 本实用新型所述基于电阻屏位置检测的板球控制系统如图1所示,小球(板球)1、电阻屏2、支架3、电源4、微处理器(单片机)5、舵机6、连杆7、底盘8、托盘9。板球系统实验平台按功能可分为控制器、位置采集单元、执行单元使用MG996R舵机及其驱动电路、人机交互单元和程序设计。

[0031] 电气部分如图3所示,单片机先与AD转换芯片相连,单片机亦与电阻屏的电输出端相连,从电阻屏获取小球位置信息;单片机和舵机控制器相连,可通过输出PWM波对舵机直接控制。

[0032] 单片机还与键盘和显示屏相连接,可通过键盘对系统进行人为设置,显示屏可显示小球位置等信息,实现人机交互功能。

[0033] 控制器(单片机):控制器作为电机的控制核对电机的运行起到至关重要的作用,本系统采用如图5所示的宏晶科技公司开发的STC15W4K单片机作为控制器。在板球控制系统中它的主要任务是接受XPT2046芯片发过来的数据,输出PWM信号到舵机。

[0034] 它采用8位增强型MCS-51内核,工作频率最高可达30MHZ,它内部有5个16位可重载初值的定时器T0~T4,还有4个全双工一步串行口,自带8通道高速10位ADC,8路 PWM(带死区控制),6通道15位专用高精度PWM等,此处主要使用的是STC15单片机的定时器、硬件SPI和15位高精度PWM。通过配置硬件SPI参数,使处理器可以很方便地实现与XPT2046芯片间的通讯,接收小球位置信息。STC15定时功能强大,通过对其进行设置可使单片机每间隔一定

的时间产生一次中断,在中断中读取数据进行计算并配置PWM 占空比。STC15单片机的6路高精度PWM可产生6个频率相同但是占空比不同的输出信号,本系统的执行单元有两个舵机,因此要用到两个高精度PWM通道。在电机的控制过程中,单片机通过执行PID算法,计算出控制每一个电机的占空比,计算结束后改变相应PWM 通道的占空比,并输出到舵机。

[0035] 位置采集单元:四线电阻屏和AD转换芯片作为位置采集单元,小球在电阻屏上滚动时由于自身重量对电阻屏产生压力,使电阻屏X轴、Y轴电压发生变化,AD转换芯片将电压转换为数字量,作为小球位置数据发送给单片机。

[0036] 本系统使用如图6所示的17寸4线电阻屏,外围尺寸355mm×288mm,可视尺寸341mm×275mm,分辨率为1280×1024,完全满足本系统对位置检测精度的要求。4线电阻屏的结构如图7所示,X电极和Y电极的正负端由“导电条”(图中黑色条形部分)分别从两端引出,且X电极和Y电极导电条的位置相互垂直,引出来的X-,X+,Y-,Y+一共四条线与AD转换芯片相连。

[0037] AD转换芯片使用如图8所示的XPT2046芯片,XPT2046是一款四线制电阻电阻屏控制芯片,支持1.5V~5.5V的低压I/O接口。XPT2046具有内置2.5V电压源,可用于辅助输入、电池检测和温度检测模式的测量。在不使用时,也可将内置电压源关闭以节约电力。内置电压源最低可工作于2.7V电源电压,同时可检测0V~6V的电池电压。XPT2046 有着低功耗(在电源电压为2.7V时小于0.75mW)、高速度(最高采样率可到125KHz)、高精度(12位AD转换)和内置芯片驱动等特点,使其成位电阻式电阻屏控制芯片的最佳选择。

[0038] 单片机、XPT2046和电阻屏之间的电路连接如图9所示,使用SPI通讯协议传输数据。这种模式通常有一个主设备和一个或多个从设备,需要至少4根线。也是所有基于 SPI通讯协议的设备共有的4根线,它们是MISO(主设备数据输入)、MOSI(主设备数据输出)、SCLK(时钟)、CS(片选)。

[0039] (1) MISO-MasterInputSlaveOutput,主设备数据输入(从设备数据输出);

[0040] (2) MOSI-MasterOutputSlaveInput,主设备数据输出(从设备数据输入);

[0041] (3) SCLK-SerialClock,时钟信号,由主设备产生;

[0042] (4) CS-ChipSelect,从设备使能信号,由主设备控制。

[0043] 其中,CS是从设备(XPT2046芯片)是否被主设备(单片机)选中的控制信号,只有当片选信号为预先规定的使能信号时(高电位或低电位),主设备对此从设备的操作才能有效。选中之后,MISO、MOSI、SCLK线负责完成数据传输。主从设备间的通讯是通过数据交换完成的,SPI是一种串行通讯协议,数据在一根线上按位传输。SCLK提供时钟脉冲,MISO,MOSI则基于此脉冲完成数据传输。数据在时钟上升沿或下降沿时改变,在紧接着的下降沿或上升沿被读取,完成一位数据传输。所以,至少需要8次时钟信号的改变(上沿和下沿为一次),才能一次8位数据的传输。只有主设备才可以控制SCLK 信号线,从设备不可以控制信号线。这种传输方式的优点是:与普通的串行通讯不同,普通的串行通讯一次连续传送至少8位数据,而SPI允许数据一位一位的传送,甚至允许暂停,因为SCLK时钟线由主控设备控制,当没有时钟跳变时,从设备不采集或传送数据。

[0044] 执行单元:如图10所示的舵机、托盘和连杆组成执行单元,通过控制舵机运行可使平板达到任意偏转角度。

[0045] 如图11所示的MG996R舵机是一种位置伺服的驱动器,适用于那些需要角度不断变

化并可以保持的控制系统。其工作原理是：控制信号由接收机的通道进入信号调制芯片，获得直流偏置电压。它内部有一个基准电路，产生周期为20ms，宽度为1.5ms的基准信号，将获得的直流偏置电压与电位器的电压比较，获得电压差输出。最后，电压差的正负输出到电机驱动芯片决定电机的正反转。当电机转速一定时，通过级联减速齿轮带动电位器旋转，使得电压差为0，电机停止转动。

[0046] 舵机与单片机的电路连接如图12所示，舵机的控制信号是PWM信号，利用占空比的变化改变舵机的转角。在实际应用中，采用STC15W4K单片机简单方便地实现了舵机控制需要的PWM信号。对MG996R舵机控制的测试表明，舵机控制系统工作稳定，PWM占空比(0.5~2.5ms的正脉冲宽度)和舵机的转角(-90°~90°)线性度较好。

[0047] 人机交互单元：人机交互模块主要由128×64分辨率的OLED屏幕和4×4矩阵键盘组成。屏幕、键盘和单片机电路连接图如图13，OLED屏幕与单片机通过串行接口通信，配合4×4矩阵键盘，可进行菜单中动态图形显示、参数修改、数据保存等多种操作，实现友好的人机界面。

[0048] 主程序：主程序流程图如图14所示，体系上电后完成体系各模块的初始化，随后在主循环中扫描矩阵键盘是否被按下并更改小球目标位置，在定时器中检测小球位置，执行算法并输出PWM波。体系初始化包括STC15的定时器、硬件SPI、两路PWM输出和 OLED屏幕的初始化。体系初始化完成之后，进入主循环中经由举证按键决定目标位置，从而执行算法并输出PWM波，对舵机进行调节，同时显示小球坐标及指令执行情况。

[0049] 控制算法：当被控对象的结构和参数不能完全掌握，或得不到精确的数学模型时，控制理论的其它技术难以采用时，系统控制器的结构和参数必须依靠经验和现场调试来确定，这时应用PID控制技术最为方便。即当不完全了解一个系统和被控对象，或不能通过有效的测量手段来获得系统参数时，最适合用PID控制技术。

[0050] PID控制器就是根据系统的误差，利用比例、积分、微分计算出控制量进行控制。基于板球系统的PID控制算法由小球位置误差比例P、小球位置误差微分D、小球位置误差积分I组成。输入量位小球位置误差 $e(t)$ ，输出量为舵机转角。

[0051] $e(t)$ 与输出 $u(t)$ 的关系为：

$$[0052] \quad u(t) = k_p [e(t) + 1/TI \int e(t) dt + TD * de(t) / dt]$$

[0053] 式中积分的上下限分别是 t 和0因此它的传递函数为：

$$[0054] \quad G(s) = U(s) / E(s) = k_p [1 + 1 / (TI * s) + TD * s]$$

[0055] 其中 k_p 为比例系数； TI 为积分时间常数； TD 为微分时间常数。

[0056] 板球系统串级PID控制示意图如图15所示，以 x 方向为例，由内外两环并联调节，这增强了系统的抗干扰性增强稳定性，它会比单个控制器控制更多的变量，使得板球系统的适应能力更强。

[0057] 外环为位置环，输入量为小球设定位置和小球当前位置，输出量为小球设定速度，内环为速度环，输入量为小球设定速度和小球当前速度，输出量为平台角度。最后将角度转换为相应占控比的PWM波来驱动舵机。

[0058] 速度环主要起着限速的作用所以无需积分，比例和微分控制环节负责控制速度，同时加快系统稳定速度，减小超调量。位置环的比例与微分环节控制负责设定小球速度同时减小超调量，定位精度由位置环的积分环节发挥主要作用。

[0059] 位置环的积分环节在减小静态误差,提高定位精度的同时会增大系统超调量,不利于系统的稳定。所以,在实际应用中需要对位置环的积分环节使用积分饱和算法和防止积分过饱和算法,当小球运动到目标位置附近时加入积分环节,同时限制积分范围。

[0060] 由上所述可知:

[0061] x方向速度设定值 $v'(t)$ 与位置误差 $e_x(t)$ 的关系为

$$[0062] \quad v'(t) = P_1 e_x(t) + I_1 \int e_x(t) dt + D_1 de_x(t) / dt$$

$$[0063] \quad e_x(t) = x'(t) - x(t)$$

[0064] 其中 P_1 、 I_1 、 D_1 是位置环的比例、积分、微分系数, $x'(t)$ 是目标位置, $x(t)$ 是当前位置。

[0065] x方向平板角度 $\alpha(t)$ 与速度误差 $e_v(t)$ 的关系为

$$[0066] \quad \alpha(t) = P_2 e_v(t) + D_2 de_v(t) / dt$$

$$[0067] \quad e_v(t) = v'(t) - v(t)$$

[0068] 其中 P_2 、 D_2 是速度环的比例、微分系数, $v(t)$ 是当前速度。

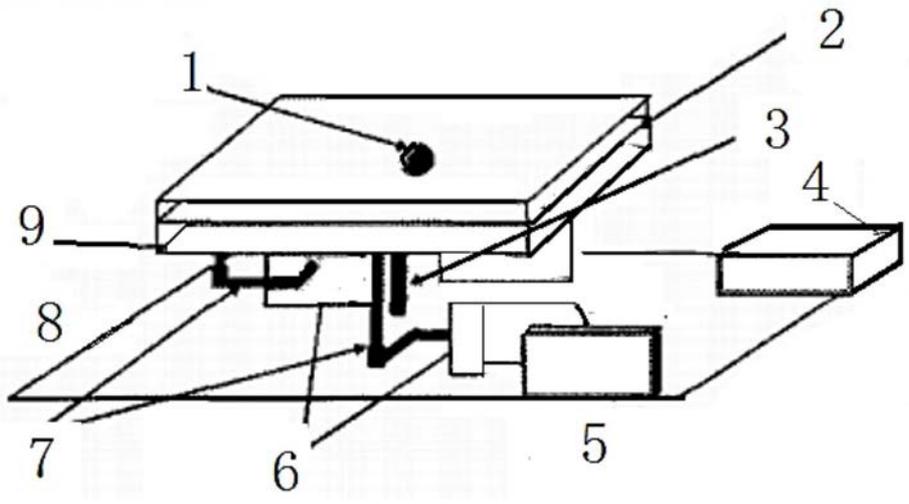


图1

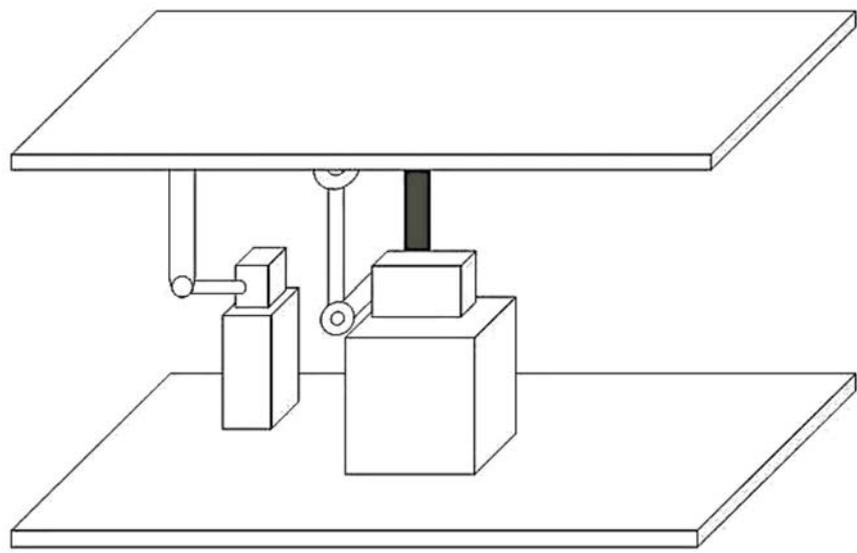


图2

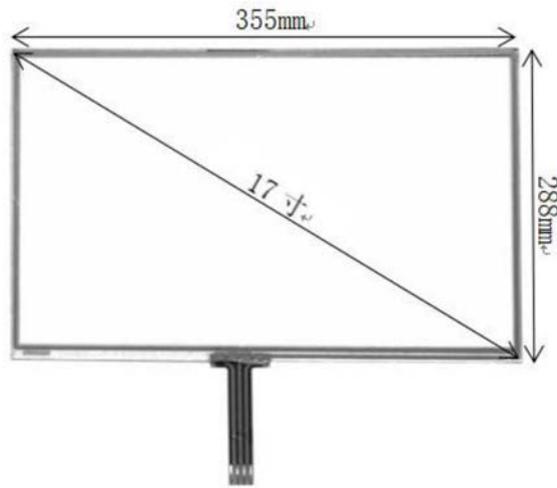


图6

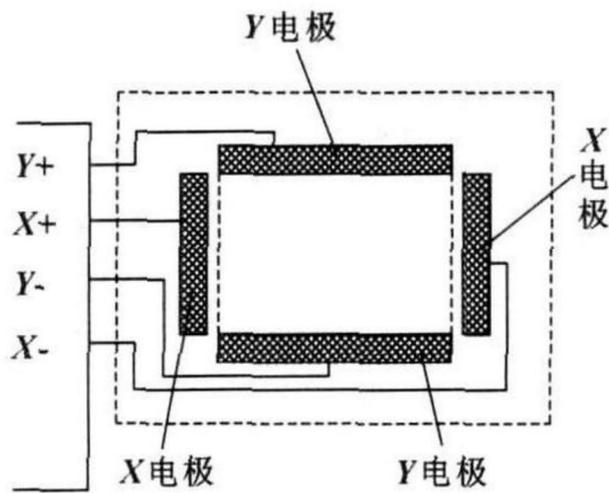


图7

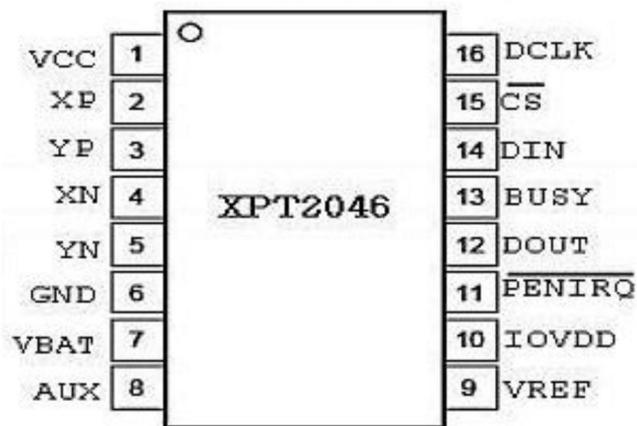


图8

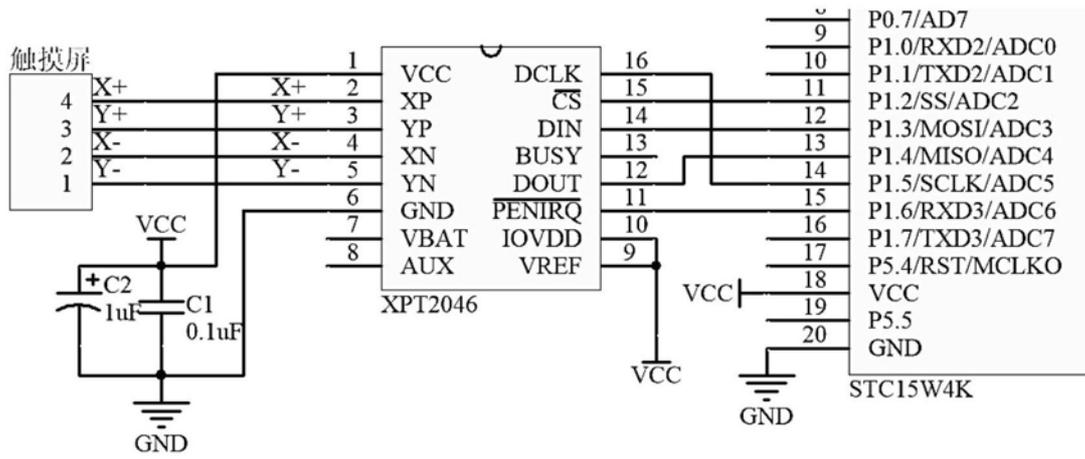


图9

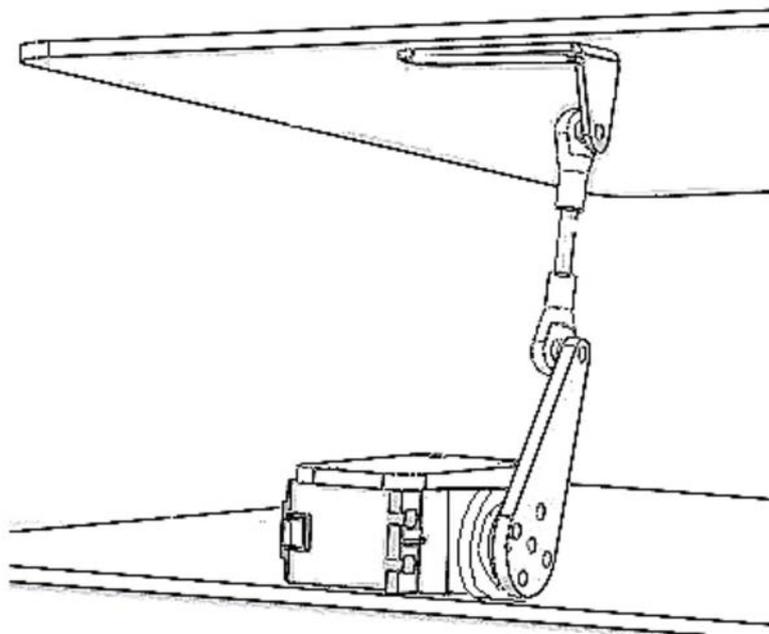


图10

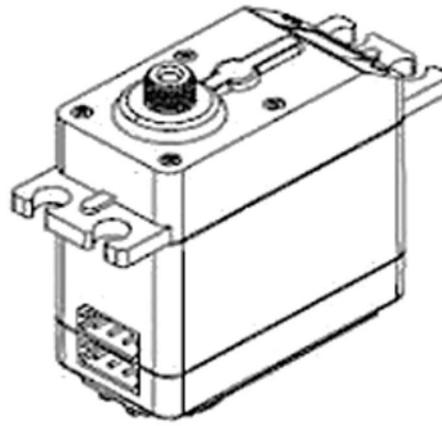


图11

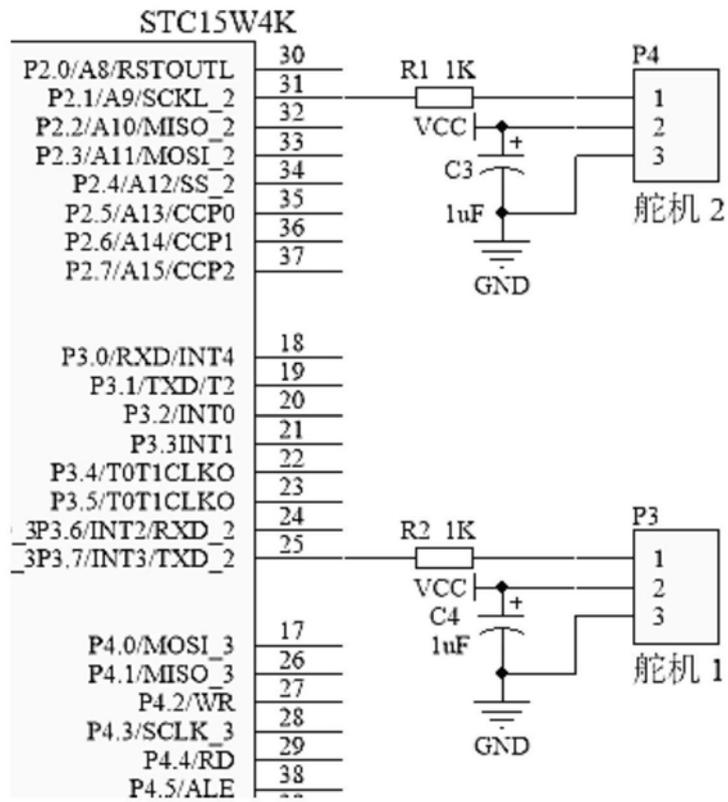


图12

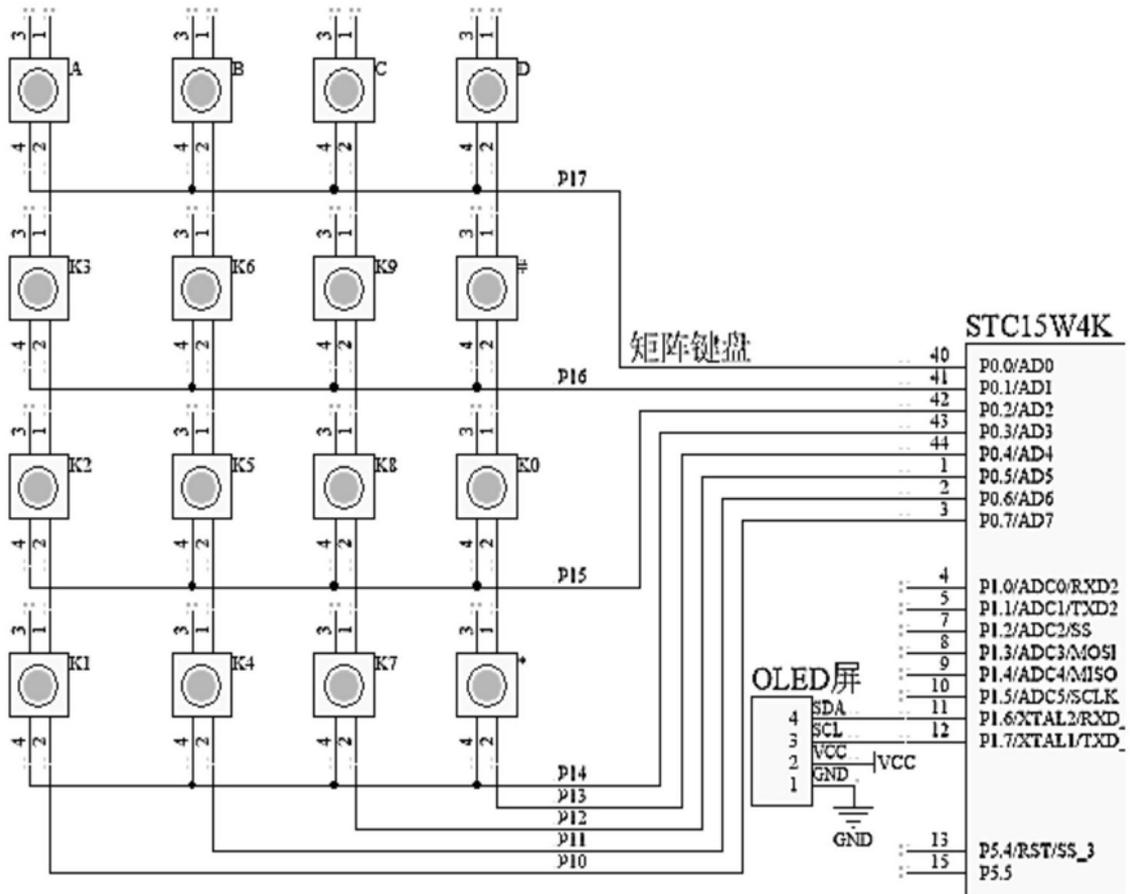


图13

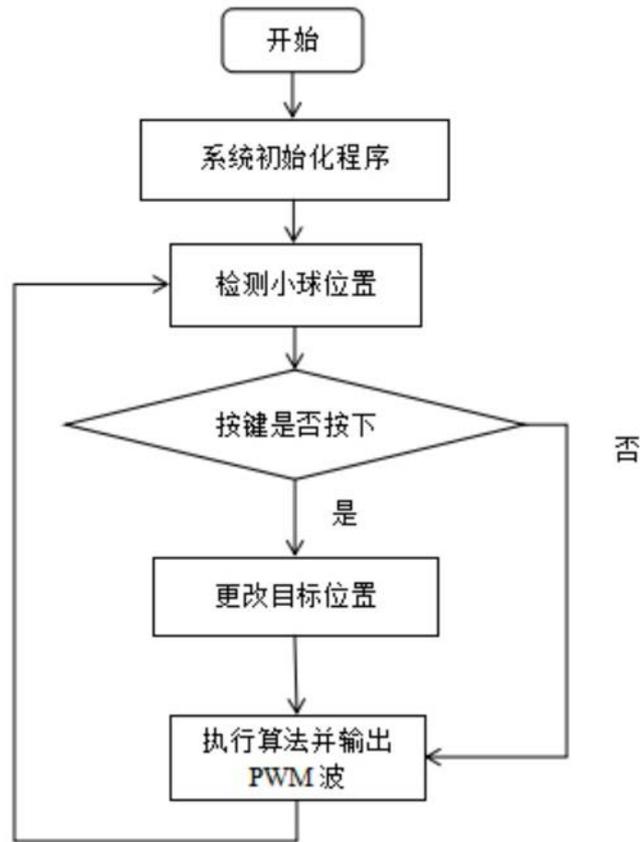


图14

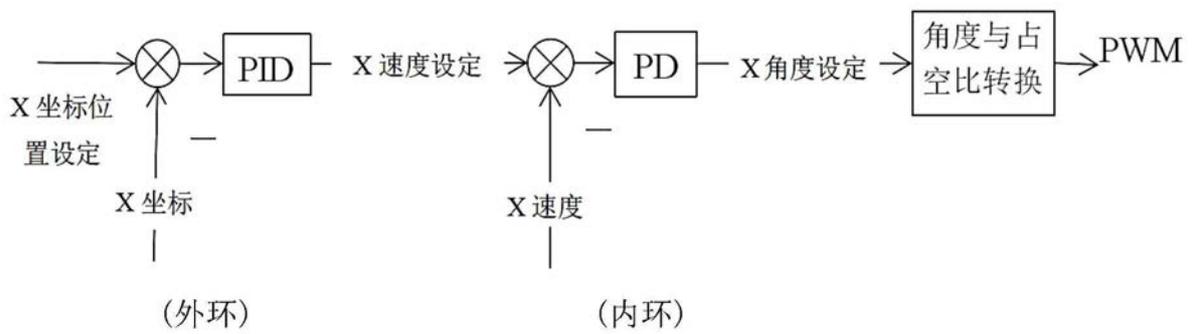


图15