



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203930517 U

(45) 授权公告日 2014. 11. 05

(21) 申请号 201420312557. 4

(22) 申请日 2014. 06. 12

(73) 专利权人 杭州电子科技大学

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区 2 号大街

(72) 发明人 余善恩 陆建锋 熊伟鹏 董亦明

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司 33200

代理人 杜军

(51) Int. Cl.

G05D 3/12(2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

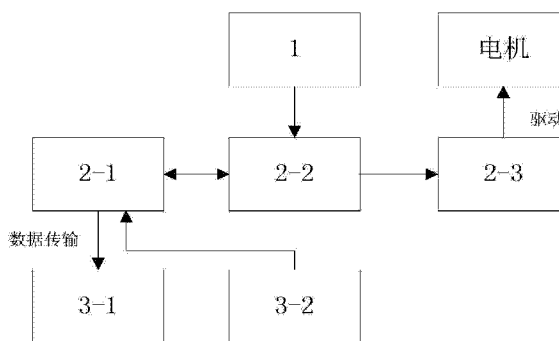
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 实用新型名称

一种旋转倒立摆控制实验系统

(57) 摘要

本实用新型涉及一种旋转倒立摆控制实验系统。现有倒立摆控制系统价格昂贵,且多为老师所用,学生使用率低。本实用新型包括控制器、电机驱动模块、角度测量模块、PC 机串口通信接口、电源模块和 PC 机,主控制器通过 CH341 串口接口与 PC 机连接,主控制器包括 CH341 串口接口、MCU 模块、直流电机、LM298 驱动模块、高精度电位器、LM3150 电源芯片,主控制器中的 MCU 模块的 I/O 接口与 CH341 串口接口、直流电机、PC 机、LM298 驱动模块和高精度电位器连接。本实用新型具有可操作性、操作简单、安全性高、成本低的优点。



1. 一种旋转倒立摆控制实验系统,包括电位器测角度模块、控制驱动模块、角度监控模块;其特征在于:

电位器测角度模块使用型号为 WDD35D-1 的测角度模块,系统工作时将摆杆的角度通过电位器测角度模块转换为电压值得变化,然后传送给控制驱动模块进行处理;

控制驱动模块包括串口通信电路、MCU 控制电路、功率放大电路;角度监控模块包括角度显示单元和参数设定单元;

电位器测角度模块的 1 脚与 MCU 控制电路的 GND 相连,2 脚与 MCU 控制电路的 PA4 脚相连,3 脚与 MCU 控制电路的 VCC 相连;串口通信电路的 RXD 脚与 MCU 控制电路的 PA9 脚相连,串口通信电路的 TXD 脚与 MCU 控制电路的 PA10 脚相连;功率放大电路的 ENA 脚与 MCU 控制电路的 PBO 脚相连,功率放大电路的 IN1 脚与 MCU 控制电路的 PD4 脚相连,功率放大电路的 IN2 脚与 MCU 控制电路的 PD5 脚相连;功率放大电路的 OUT1 和 OUT2 与电机的正负端相连;角度显示单元和参数设定单元通过一根 USB 串口线与串口通信电路的 USB 接口相连;

串口通信电路包括第一 USB 转串口芯片 U1、USB 接口、第一晶振 Y1、第一电容 C1、第二电容 C2、第三电容 C3、第四电容 C4;所述的第一 USB 转串口芯片 U1 型号为 CH341;

第一 USB 转串口芯片 U1 的 6 脚与第一电容 C1 的一端相连接,第一电容 C1 的另一端接地;第一 USB 转串口芯片 U1 的 7 脚与 USB 接口的 D+ 脚相连接,8 脚与 USB 接口的 D- 脚相连接;第一 USB 转串口芯片 U1 的 9 脚同时与第四电容 C4 的一端、第一晶振 Y1 的一端相连接,第四电容 C4 的另一端与第一 USB 转串口芯片 U1 的 19 脚相连接并接地;第一 USB 转串口芯片 U1 的 10 脚同时与第一晶振 Y1 的另一端、第三电容 C3 的一端相连接,第三电容 C3 的另一端接地;第一 USB 转串口芯片 U1 的 13 脚与第一 USB 转串口芯片 U1 的 20 引脚、第二电容 C2 的一端相连接并同时接 5V 电压;第一 USB 转串口芯片 U1 的 11 脚与第一 USB 转串口芯片 U1 的 12 脚、第二电容 C2 的另一端相连接并接地;USB 接口的 VCC 脚接 5V 电压,两个 SHELL 脚相互连接,GND 脚接地;第一 USB 转串口芯片 U1 的 1 脚、2 脚、5 脚、14 脚、15 脚、16 脚、17 脚、18 脚、19 脚架空;

MCU 控制电路包括第二芯片 U2,所述的第二芯片 U2 的第 68 脚和 69 脚分别与第一 USB 转串口芯片 U1 的 4 脚和 3 脚相连接;第二芯片 U2 的 6 脚、11 脚、21 脚、22 脚、28 脚、50 脚、75 脚和 100 脚接 3.3V 电压;第二芯片 U2 的 10 脚、19 脚、20 脚、27 脚、49 脚、74 脚和 99 脚均接地;第二芯片 U2 文中未提到的其他引脚皆架空;

所述的第二芯片 U2 是整个控制驱动模块的核心控制芯片,是基于 32 位的 ARM Cortex-M3 处理器 STM32F103VBT6,

功率放大电路包括的电机驱动芯片 U3、第一二极管 D1、第二二极管 D2、第三二极管 D3、第四二极管 D4、第五二极管 D5、第六二极管 D6、第七二极管 D7、第八二极管 D8、第一接口器 J1;

电机驱动芯片 U3 的 1 脚接地,2 脚同时与第一二极管 D1 的正端和第五二极管 D5 的负端相连并与第一接口器 J1 的一个引脚连接,3 脚同时与第二二极管 D2 的正端和第六二极管 D6 的负端相连并与第一接口器 J1 的另一个引脚连接,第 13 引脚同时与第三二极管 D3 的正端和第七二极管 D7 的负端相连,第 14 引脚同时与第四二极管 D4 的正端和第八二极管 D8 的负端相连,8 脚、15 脚同时与第五二极管 D5、第六二极管 D6、第七二极管 D7、第八二极管 D8 的正端相连并接地;4 脚与第一二极管 D1、第二二极管 D2、第三二极管 D3、第四二极管 D4

的负端连接并接 12V 电源,9 脚与 5V 电源相连,5 脚与第二芯片的 85 脚相连,7 脚与第二芯片的 86 脚相连,6 脚与第二芯片的 35 相连,6 脚与第二芯片 U2 的 35 脚相连接 ;其余的引脚均浮空 ;

所述的电机驱动芯片 U3 型号为 LM298 ;第一接口器 J1 型号为 301-2P 接线端子。

一种旋转倒立摆控制实验系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及自动控制领域,主要是一种旋转倒立摆控制实验系统及控制方法。

背景技术

[0002] 倒立摆由于其自身是一个绝对不稳定、多变量、强耦合的高阶—非线性系统而被广泛研究,其控制方法多种多样,在半学体及精密仪器加工、机器人控制技术、人工智能、针弹拦截控制系统、航空对接控制技术、火箭发射、卫星飞行等工程技术领域有着广阔的利用开发前景。例如,机器人直立行走过程中的平衡控制、火箭发射中的垂直的控制和卫星飞行中姿态控制等问题,和倒立摆系统大同小异,均涉及到倒置问题。而且,倒立摆的控制方法对于我们处理一般工业工程,也有很大的借鉴。自动化类专业的自动控制原理实验一般基于 MATLAB 仿真平台实现,未能很好地和控制对象结合起来。并且没有将经典控制理论具体运用到实际对象上,不仅让学生不易理解其原理,而且易使学生失去学习兴趣。本课题将旋转倒立摆作为实验对象,更适合本科学生的课程教学实验,研究具有一定的创新性。

发明内容

[0003] 本实用新型的目的是针对现今大学生理论性偏强,动手实践能力弱的现状,为学生提供经典控制理论的学习实践平台,加深其对自动化经典控制理论的理解,提高其理论性和实践动手能力,提出一种旋转倒立摆控制实验系统及控制方法。

[0004] 一种旋转倒立摆控制实验系统,包括电位器测角度模块、控制驱动模块、角度监控模块;

[0005] 电位器测角度模块使用型号为 WDD35D-1 的测角度模块,系统工作时将摆杆的角度通过电位器测角度模块转换为电压值得变化,然后传送给控制驱动模块进行处理;

[0006] 控制驱动模块包括串口通信电路、MCU 控制电路、功率放大电路;角度监控模块包括角度显示单元和参数设定单元;

[0007] 电位器测角度模块的 1 脚与 MCU 控制电路的 GND 相连,2 脚与 MCU 控制电路的 PA4 脚相连,3 脚与 MCU 控制电路的 VCC 相连;串口通信电路的 RXD 脚与 MCU 控制电路的 PA9 脚相连,串口通信电路的 TXD 脚与 MCU 控制电路的 PA10 脚相连;功率放大电路的 ENA 脚与 MCU 控制电路的 PB0 脚相连,功率放大电路的 IN1 脚与 MCU 控制电路的 PD4 脚相连,功率放大电路的 IN2 脚与 MCU 控制电路的 PD5 脚相连;功率放大电路的 OUT1 和 OUT2 与电机的正负端相连;角度显示单元和参数设定单元通过一根 USB 串口线与串口通信电路的 USB 接口相连;

[0008] 控制驱动模块接收来自电位器测角度模块的摆杆角度信息,再通过串口通信电路将摆杆角度信息发送给角度监控模块中的角度显示单元,用于显示摆杆角度信息;同时控制驱动模块接收来自角度监控模块中参数设定单元输入摆杆目标角度和控制参数信息,并将该信息与电位器测角度模块的摆杆角度信息做比较,并采用模糊控制算法,计算出当前的电机驱动量后调节电机转速,最终实现将摆杆控制到目标角度;

[0009] 角度监控模块中的角度设定单元输入摆杆目标角度信息,角度监控模块将输入的目标角度信息发送给控制驱动模块中的 MCU 控制电路,MCU 控制电路根据摆杆目标角度和当前角度计算出 PWM 波的占空比并产生相应占空比的 PWM 波,通过 PWM 波驱动功率放大电路控制电机转速;角度显示单元接收来自控制驱动模块的摆杆信息,用于显示摆杆的角度或运动轨迹;

[0010] 串口通信电路包括第一 USB 转串口芯片 U1、USB 接口、第一晶振 Y1、第一电容 C1、第二电容 C2、第三电容 C3、第四电容 C4;所述的第一 USB 转串口芯片 U1 型号为 CH341;

[0011] 第一 USB 转串口芯片 U1 的 6 脚与第一电容 C1 的一端相连接,第一电容 C1 的另一端接地;第一 USB 转串口芯片 U1 的 7 脚与 USB 接口的 D+ 脚相连接,8 脚与 USB 接口的 D- 脚相连接;第一 USB 转串口芯片 U1 的 9 脚同时与第四电容 C4 的一端、第一晶振 Y1 的一端相连接,第四电容 C4 的另一端与第一 USB 转串口芯片 U1 的 19 脚相连接并接地;第一 USB 转串口芯片 U1 的 10 脚同时与第一晶振 Y1 的另一端、第三电容 C3 的一端相连接,第三电容 C3 的另一端接地;第一 USB 转串口芯片 U1 的 13 脚与第一 USB 转串口芯片 U1 的 20 引脚、第二电容 C2 的一端相连接并同时接 5V 电压;第一 USB 转串口芯片 U1 的 11 脚与第一 USB 转串口芯片 U1 的 12 脚、第二电容 C2 的另一端相连接并接地;USB 接口的 VCC 脚接 5V 电压,两个 SHELL 脚相互连接,GND 脚接地;第一 USB 转串口芯片 U1 的 1 脚、2 脚、5 脚、14 脚、15 脚、16 脚、17 脚、18 脚、19 脚架空;

[0012] MCU 控制电路包括第二芯片 U2,所述的第二芯片 U2 的第 68 脚和 69 脚分别与第一 USB 转串口芯片 U1 的 4 脚和 3 脚相连接;第二芯片 U2 的 6 脚、11 脚、21 脚、22 脚、28 脚、50 脚、75 脚和 100 脚接 3.3V 电压;第二芯片 U2 的 10 脚、19 脚、20 脚、27 脚、49 脚、74 脚和 99 脚均接地;第二芯片 U2 文中未提到的其他引脚皆架空;

[0013] 所述的第二芯片 U2 是整个控制驱动模块的核心控制芯片,是基于 32 位的 ARM Cortex-M3 处理器 STM32F103VBT6,

[0014] 功率放大电路包括的电机驱动芯片 U3、第一二极管 D1、第二二极管 D2、第三二极管 D3、第四二极管 D4、第五二极管 D5、第六二极管 D6、第七二极管 D7、第八二极管 D8、第一接口器 J1;

[0015] 电机驱动芯片 U3 的 1 脚接地,2 脚同时与第一二极管 D1 的正端和第五二极管 D5 的负端相连并与第一接口器 J1 的一个引脚连接,3 脚同时与第二二极管 D2 的正端和第六二极管 D6 的负端相连并与第一接口器 J1 的另一个引脚连接,第 13 引脚同时与第三二极管 D3 的正端和第七二极管 D7 的负端相连,第 14 引脚同时与第四二极管 D4 的正端和第八二极管 D8 的负端相连,8 脚、15 脚同时与第五二极管 D5、第六二极管 D6、第七二极管 D7、第八二极管 D8 的正端相连并接地;4 脚与第一二极管 D1、第二二极管 D2、第三二极管 D3、第四二极管 D4 的负端连接并接 12V 电源,9 脚与 5V 电源相连,5 脚与第二芯片的 85 脚相连,7 脚与第二芯片的 86 脚相连,6 脚与第二芯片的 35 脚相连,6 脚与第二芯片 U2 的 35 脚相连接;其余的引脚均浮空;

[0016] 所述的电机驱动芯片 U3 型号为 LM298;第一接口器 J1 型号为 301-2P 接线端子。

[0017] 本实用新型所具有的有益效果:

[0018] (1) 传统经验了解到现有的倒立摆实验器材贵重,作为本科实验教学并不合适。本课题参照倒立摆实验系统,根据现有的材料,开发出控制简单,更加直观,更适合于本科学

生教学的旋转倒立摆实验系统。

[0019] (2) 此平台可以有机地将自动控制原理、单片机等课程结合起来,给学生一个学以致用用的实验平台,可以有效引导学生学会如何将所学知识相互融合,有利于学生培养解决实际问题的能力。

附图说明

[0020] 图 1 是本实用新型的硬件连接框图;

[0021] 图 2 是本实用新型的串口通信电路图;

[0022] 图 3 是本实用新型的 MCU 控制电路图;

[0023] 图 4 是本实用新型的功率放大电路图;

[0024] 图 5 是本实用新型的工作流程图。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图对本实用新型进一步说明。

[0026] 如图 1 所示,一种旋转倒立摆控制实验系统,包括电位器测角度模块 1、控制驱动模块、角度监控模块。

[0027] 电位器测角度模块 1 使用型号为 WDD35D-1 的测角度模块,系统工作时将摆杆的角度通过电位器测角度模块 1 转换为电压值得变化,然后传送给控制驱动模块进行处理。

[0028] 控制驱动模块包括串口通信电路 2-1、MCU 控制电路 2-2、功率放大电路 2-3。角度监控模块包括角度显示单元 3-1 和参数设定单元 3-2。

[0029] 电位器测角度模块 1 的 1 脚与 MCU 控制电路 2-2 的 GND 相连,2 号脚与 MCU 控制电路 2-2 的 PA4 脚相连,3 号脚与 MCU 控制电路 2-2 的 VCC 相连;串口通信电路 2-1 的 RXD 脚与 MCU 控制电路 2-2 的 PA9 脚相连,串口通信电路 2-1 的 TXD 脚与 MCU 控制电路 2-2 的 PA10 脚相连;功率放大电路 2-3 的 ENA 脚与 MCU 控制电路 2-2 的 PB0 脚相连,功率放大电路 2-3 的 IN1 脚与 MCU 控制电路 2-2 的 PD4 脚相连,功率放大电路 2-3 的 IN2 脚与 MCU 控制电路 2-2 的 PD5 脚相连;功率放大电路 2-3 的 OUT1 和 OUT2 与电机的正负端相连;角度显示单元 3-1 和参数设定单元 3-2 通过一根 USB 串口线与串口通信电路 2-1 的 USB 接口相连。

[0030] 控制驱动模块接收来自电位器测角度模块的摆杆角度信息,再通过串口通信电路 2-1 将摆杆角度信息发送给角度监控模块中的角度显示单元 3-1,用于显示摆杆角度信息;同时控制驱动模块接收来自角度监控模块中参数设定单元 3-2 输入摆杆目标角度和控制参数信息,并将该信息与电位器测角度模块的摆杆角度信息做比较,并采用模糊控制算法,计算出当前的电机驱动量后调节电机转速,最终实现将摆杆控制到目标角度。

[0031] 角度监控模块中的角度设定单元 3-2 输入摆杆目标角度信息,角度监控模块将输入的目标角度信息发送给控制驱动模块中的 MCU 控制电路 2-2,MCU 控制电路 2-2 根据摆杆目标角度和当前角度计算出 PWM 波的占空比并产生相应占空比的 PWM 波,通过 PWM 波驱动功率放大电路控制电机转速;角度显示单元 3-1 接收来自控制驱动模块的摆杆信息,用于显示摆杆的角度或运动轨迹;

[0032] 如图 2 所示,串口通信电路 2-1 包括第一 USB 转串口芯片 U1、USB 接口、第一晶振

Y1、第一电容 C1、第二电容 C2、第三电容 C3、第四电容 C4。所述的第一 USB 转串口芯片 U1 型号为 CH341；

[0033] 第一 USB 转串口芯片 U1 的 6 脚与第一电容 C1 的一端相连接，第一电容 C1 的另一端接地；第一 USB 转串口芯片 U1 的 7 脚与 USB 接口的 D+ 脚相连接，8 脚与 USB 接口的 D- 脚相连接；第一 USB 转串口芯片 U1 的 9 脚同时与第四电容 C4 的一端、第一晶振 Y1 的一端相连接，第四电容 C4 的另一端与第一 USB 转串口芯片 U1 的 19 脚相连接并接地；第一 USB 转串口芯片 U1 的 10 脚同时与第一晶振 Y1 的另一端、第三电容 C3 的一端相连接，第三电容 C3 的另一端接地；第一 USB 转串口芯片 U1 的 13 脚与第一 USB 转串口芯片 U1 的 20 引脚、第二电容 C2 的一端相连接并同时接 5V 电压；第一 USB 转串口芯片 U1 的 11 脚与第一 USB 转串口芯片 U1 的 12 脚、第二电容 C2 的另一端相连接并接地；USB 接口的 VCC 脚接 5V 电压，两个 SHELL 脚相互连接，GND 脚接地。第一 USB 转串口芯片 U1 的 1 脚、2 脚、5 脚、14 脚、15 脚、16 脚、17 脚、18 脚、19 脚架空。

[0034] 图 3 为 MCU 控制电路 2-2，包括第二芯片 U2，所述的第二芯片 U2 的第 68 脚和 69 脚分别与第一 USB 转串口芯片 U1 的 4 脚和 3 脚相连接；第二芯片 U2 的 6 脚、11 脚、21 脚、22 脚、28 脚、50 脚、75 脚和 100 脚接 3.3V 电压；第二芯片 U2 的 10 脚、19 脚、20 脚、27 脚、49 脚、74 脚和 99 脚均接地；第二芯片 U2 文中未提到的其他引脚皆架空。

[0035] 所述的第二芯片 U2 是整个控制驱动模块的核心控制芯片，是基于 32 位的 ARM Cortex-M3 处理器 STM32F103VBT6，负责协调整个系统的工作，包括电机驱动信号的输出、串口通信的实现和信号采集处理等。

[0036] 如图 4 所示是功率放大电路 2-3，包括的电机驱动芯片 U3、第一二极管 D1、第二二极管 D2、第三二极管 D3、第四二极管 D4、第五二极管 D5、第六二极管 D6、第七二极管 D7、第八二极管 D8、第一接口器 J1；

[0037] 电机驱动芯片 U3 的 1 脚接地，2 脚同时与第一二极管 D1 的正端和第五二极管 D5 的负端相连并与第一接口器 J1 的一个引脚连接，3 脚同时与第二二极管 D2 的正端和第六二极管 D6 的负端相连并与第一接口器 J1 的另一个引脚连接，第 13 引脚同时与第三二极管 D3 的正端和第七二极管 D7 的负端相连，第 14 引脚同时与第四二极管 D4 的正端和第八二极管 D8 的负端相连，8 脚、15 脚同时与第五二极管 D5、第六二极管 D6、第七二极管 D7、第八二极管 D8 的正端相连并接地；4 脚与第一二极管 D1、第二二极管 D2、第三二极管 D3、第四二极管 D4 的负端连接并接 12V 电源，9 脚与 5V 电源相连，5 脚与第二芯片的 85 脚相连，7 脚与第二芯片的 86 脚相连，6 脚与第二芯片的 35 脚相连，6 脚与第二芯片 U2 的 35 脚相连接；其余的引脚均浮空。

[0038] 所述的电机驱动芯片 U3 型号为 LM298，可以实现用单片机通过 PWM 信号控制电机转速的目的；

[0039] 第一接口器 J1 型号为 301-2P 接线端子。

[0040] 如图 5 所示，旋转倒立摆的控制方法，具体包括如下步骤：

[0041] 步骤 1. 对电位器测角度模块 1、控制驱动模块、角度监控模块进行初始化；

[0042] 步骤 2. 角度监控模块中的参数设定单元 3-2 输入摆杆目标角度信息和控制参数，角度监控模块将输入的目标角度信息发送给控制驱动模块中的 MCU 控制电路 2-2，MCU 控制电路 2-2 根据摆杆目标角度和当前角度计算出 PWM 波的占空比并产生相应占空比的 PWM

波,通过 PWM 波驱动功率放大电路控制电机转速;

[0043] 其中 MCU 控制电路 2-2 具体工作如下:

[0044] 打开 MCU 控制电路 2-2 中的 MCU 的定时器和中断,输出设定的 PWM 波,通过功率放大电路 2-3 驱动电机,使摆臂和摆杆摆动。同时电位器测角度模块 1 开始测量摆杆的角度,并实时将数据传送给 MCU 控制电路 2-2。同时 MCU 控制电路 2-2 通过串口读取角度监控模块发送的摆杆目标角度信息,并对摆杆目标角度信息与摆杆当前角度进行比较,使用模糊 PID 算法对摆杆进行稳定控制。MCU 控制电路 2-2 实时检测角度监控模块发送的摆杆目标角度信息,并根据收到的摆杆目标角度信息随时更改模糊 PID 控制算法数据和控制摆臂的摆动。

[0045] 步骤 3. 电位器测量度模块 1 时刻检测摆杆角度信息,并将摆杆角度信息发送给控制驱动模块,控制驱动模块再通过串口通信电路 2-1 将摆杆角度信息发送给角度监控模块;角度监控模块中的角度显示单元显示摆杆角度信息。

[0046] 所述的角度监控模块包括角度显示单元 3-1 和参数设定单元 3-2。

[0047] 角度显示单元 3-1 接收来自控制驱动模块的摆杆信息,用于显示摆杆的角度或运动轨迹;参数设定单元 3-2 用于设定摆杆的目标角度,并将摆杆目标角度信息发送给控制驱动模块。

[0048] 参数设定单元 3-2 可以将角度和控制参数来设定摆杆的目标角度。设定时,可以直接在角度输入框内输入需要设定的角度,在控制参数栏中输入设定的控制参数,点击确认按键即可。参数设定单元 3-2 在检测到确认按键后,会读取角度输入框内的数字和参数设定栏的数字,产生相应的控制指令发送给控制驱动模块。

[0049] 本实用新型主要是角度设定单元 3-2 设定摆杆的的角度和控制参数数据,通过串口得到其当前信息并显示在角度显示单元 3-1。电位器测量度模块 1 将摆杆的角度信息通过控制驱动模块传给角度显示单元 3-1,控制驱动模块通过模糊 PID 算法和其模块内的功率放大电路控制摆杆的运动,使其按目标角度信息规定进行相应的运动。

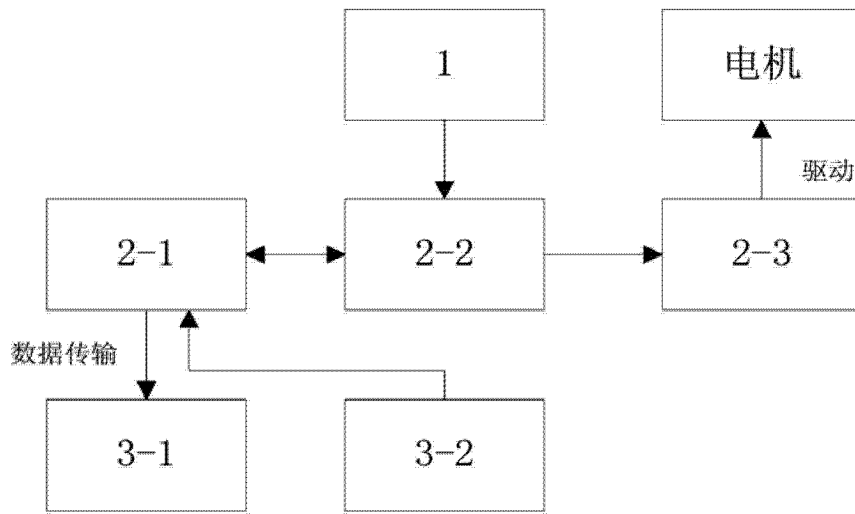


图 1

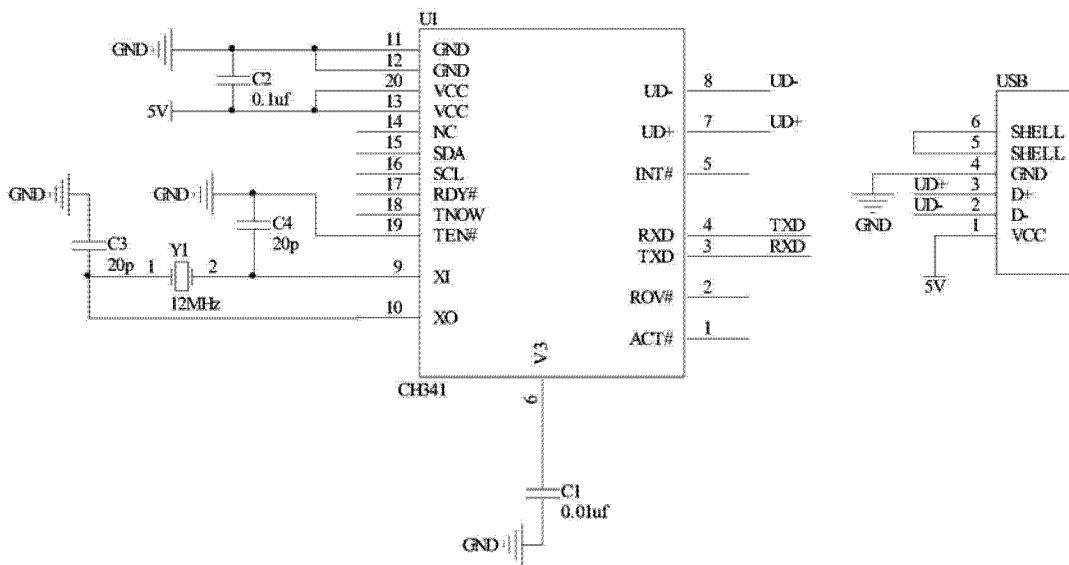


图 2

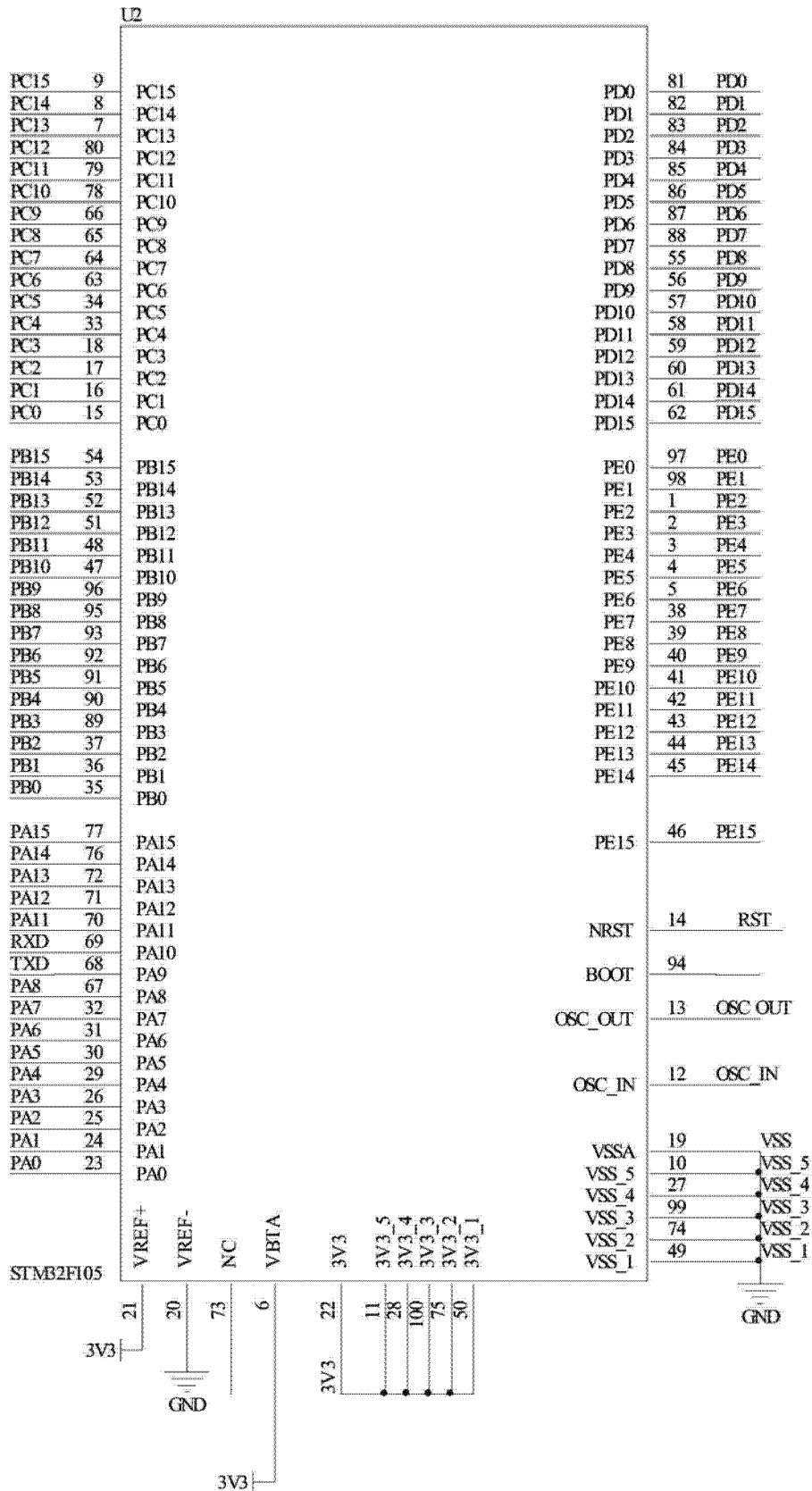


图 3

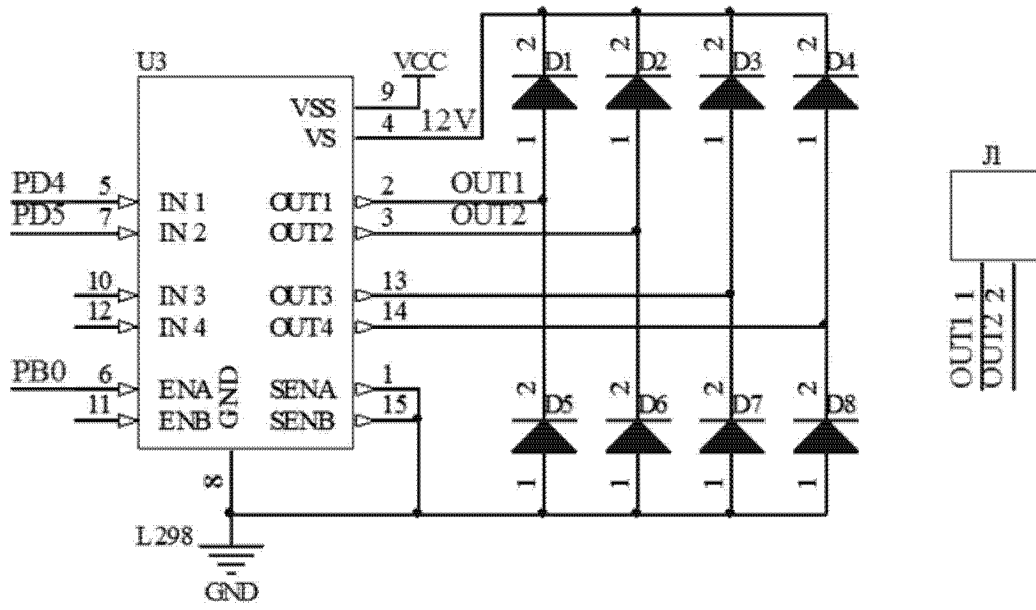


图 4

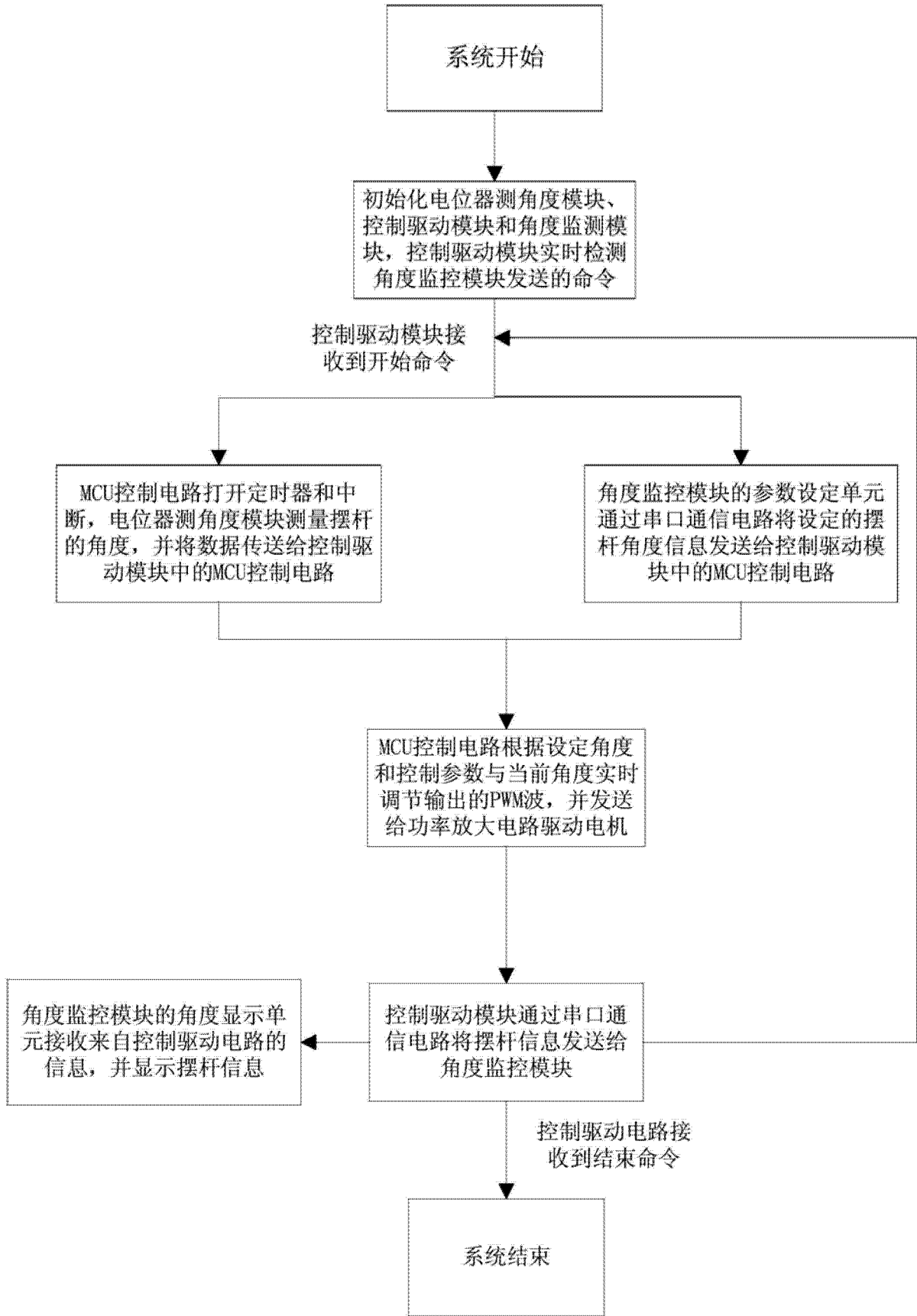


图 5