

基于自由摆的平板控制系统设计

杨苗军, 胡佳文, 金华园, 熊 雕
(浙江海洋学院, 浙江 舟山 316000)

摘要: 采用重力加速度传感器及线性电阻角度传感器来检测摆动时平板及摆杆角度的变化, 利用拨码开关可控制预设功能, 单片机根据摆杆与重垂线之间的摆角计算出平板的旋转方向及角度, 从而控制步进电机实现对平板运动状态的精确控制, 很好地实现了硬币在摆杆摆动过程中保持稳定叠放状态及激光笔对靶纸预设位置的动态跟踪照射等设计功能。

关键词: 重力加速度传感器; 角度传感器; 单片机; 控制

中图分类号: TP275

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)18-0072-03

Design of control system of platform based on free pendulum

Yang Miaojun, Hu Jiawen, Jin Huayuan, Xiong Diao
(Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316000, China)

Abstract: This design mainly adopts gravity acceleration sensor and linear resistance angle sensor to detect the change of platform and oscillating bar. Utilizing can control the preset function of dip switch, according to the angle between oscillating bar and gravity line, the single-chip microcomputer will compute the rotary direction and angle of platform. Thus, it can make stepper motor precisely control the state of motion of platform. It also make the functions of the coin remaining the state of stacked stable when oscillating bar is swaying and the trend of the site where the laser pen is towards the preset position of target sheet.

Key words: gravity acceleration sensor; angle sensor; single-chip microcomputer; control

1 系统方案

1.1 系统设计总方案

为了实现运动摆的控制功能, 采用了如图 1 所示的设计方案。通过对平板上的重力加速度传感器及摆杆上线性角度传感器的检测, 利用高速单片机运算, 计算出摆的摆角及平板的当前状态, 根据控制的要求对步进电机进行精密调整控制, 从而实现对运动状态中的平板上的硬币的平衡控制及激光笔对靶纸的瞄准控制。

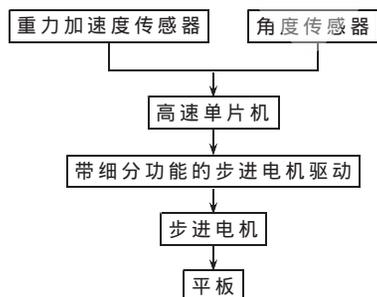


图 1 系统总体设计方案框图

1.2 系统组成模块方案

1.2.1 电机驱动模块方案

分析可知, 系统设计的关键在于实现步进电机的精确控制, 故选择正确的步进电机驱动电路是成功实现功能的关键。一般步进电机驱动电路方案如下:

方案 1: 采用分立元件组成平衡式 H 桥驱动电路, 可由单片机直接对其进行操作, 但由于分立元件占用空间较大, 考虑到摆杆的承重问题和模块固定问题, 安装焊接复杂、调试费时, 故此方案不够理想。

方案 2: 利用集成电路芯片组成 H 桥驱动电路, 避免了分立元件带来的过重、体积过大问题, 调试方便。一般采用此方案较多。具体实现方案有以下几种:

(1) 采用单片 L298N 芯片组成驱动电路^[1], 由单片机产生四相驱动信号输送至 L298N 驱动电机转动。此方案占用体积较小、自重较小, 但占用单片机 I/O 口较多, 加重了单片机的运算负担, 不利于功能拓展。

(2) 采用 L298N+L297 组成步进电机驱动电路。利用 L297 芯片产生的四相驱动信号, 用半步 (8 拍) 和全步

技术与方法 Technique and Method

(4拍)等方式驱动单片机控制两相双极或四相单极步进电机^[2]。该芯片内部的PWM斩波器允许在关模式下控制步进电机绕组电流。只需要时钟、方向和模式信号就能控制步进电机,可减轻处理器和程序设计的负担。但占用体积较L298单芯片大。经实际测试,步进电机在调整平板角度过程中引起的震动较大,硬币容易震落,无法达到既定要求。

(3)采用TB6560AHQ单芯片组成步进电机驱动电路。与方案(2)L297+L298N相比,解决了步进电机精细控制的问题,具有整步、1/2细分、1/8细分、1/16细分运行方式可供选择。且内置温度保护及过流保护,外围电路更为简单,集成度较高,能基本满足控制要求,故本次设计采用此方案。

1.2.2 角度传感器方案

采用角位移传感器获取代表摆杆与竖直线之间的夹角 α 量的电压值,送单片机运算得出水平线与平板之间的夹角 θ 。此方案对单片机运算速度要求较高,但电路简单、数据稳定。

2 理论分析与计算

2.1 平板状态测量方法

设摆杆长度= l ;电机轴半径+底板厚度+激光笔轴半径= h ;摆杆与垂线夹角为 α ;激光与水平线夹角为 θ 。经运动分析可得图2所示几何关系。

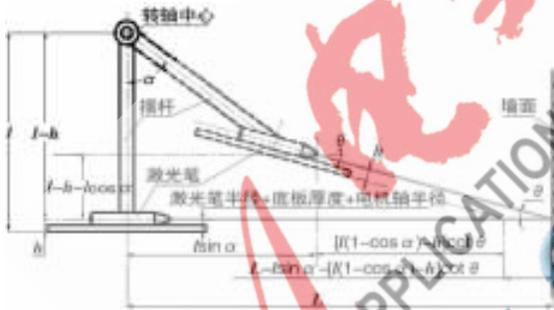


图2 激光照射系统控制分析图

2.2 建模与控制方法

2.2.1 激光角度控制系统建模

分析图2得到如下计算式:

$$\sin\theta = \frac{h}{L - l\sin\alpha - [l(1 - \cos\alpha) - h]\cot\theta}$$

$$\text{即: } \sin\theta = \frac{h}{l(\frac{L}{l} - \sin\alpha - [(1 - \cos\alpha) - \frac{h}{l}])\cot\theta}$$

因为 $h \approx 1 \text{ cm}$, $l = 100 \text{ cm}$

所以 $\frac{h}{l} \approx 0.01 \leq 1$

忽略 h/l , 可得 α 与 θ 之间的关系为:

$$\theta = \arctan \frac{l(1 - \cos\alpha)}{L - l\sin\alpha}$$

利用 Matlab 仿真,观察 α 与 γ ($\gamma = \alpha + \theta + 90^\circ$, 即平板与轴的夹角)的函数关系,作函数图如图3所示。

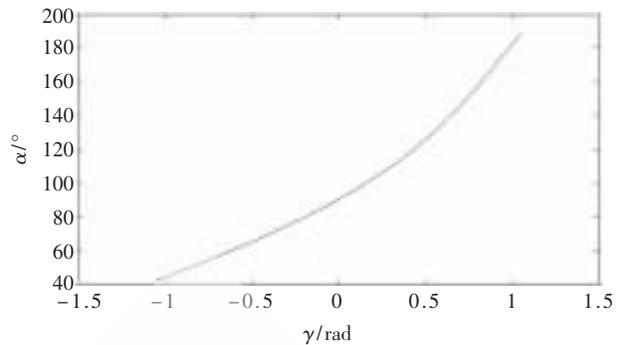


图3 α 与 γ 的函数关系图

由图3可知,此函数关系在一定范围内可近似认为呈线性关系。由此可知,应用中应控制平板与轴的夹角 γ 以满足此函数关系。

2.2.2 硬币状态保持建模

硬币叠放受力分析如图4所示,分析知本系统为非惯性系统。

3 系统硬件电路设计

3.1 系统主控电路

主控板 MCU 采用 STC12C5A16S2, 带有片上 ADC 模块,减小了硬件电路的体积,精度能满足一般要求。采用八位拨码开关实现不同功能程序的切换,并利用数码管显示功能编号,板载 3 位 LED 灯,实现人机交互^[3]。如图5所示。

3.2 步进电机驱动电路

TB6560AHQ 单芯片步进电机驱动电路如图6所示。因电机采用 24 V 电压,故本模块采用光电耦合器隔离驱动芯片与单片机控制信号^[4],起电气隔离作用,防止高压对单片机控制系统的影响。

3.3 角度传感模块电路

3.3.1 摆杆与竖直线之间的夹角 α 的检测

采用 WDY-32E-1 精密角度传感器与摆杆相连,利用摆杆带动角度传感器转动,引起角度传感器内可变电阻的变化,使得输出端的电压发生变化,经单片机 ADC 端口读入并计算得出角度变化量。图7所示为角度传感器机械结构图。

3.3.2 激光与水平线夹角 θ 的检测

采用 LSM303DLH 三轴电子罗盘模块,利用地磁场角度进行夹角测算,采用 I²C 通信协议,与模块单片机进行通信,处理后输出数字量,实现检测功能。

4 系统主要程序设计

本系统主要由平板转动程序、平板调节防落程序、平板调节激光指向程序等三大程序模块组成,流程框图如图8所示。

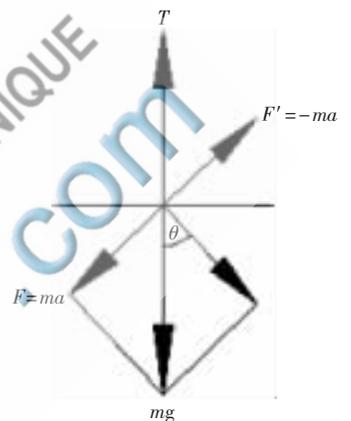


图4 硬币叠放受力分析

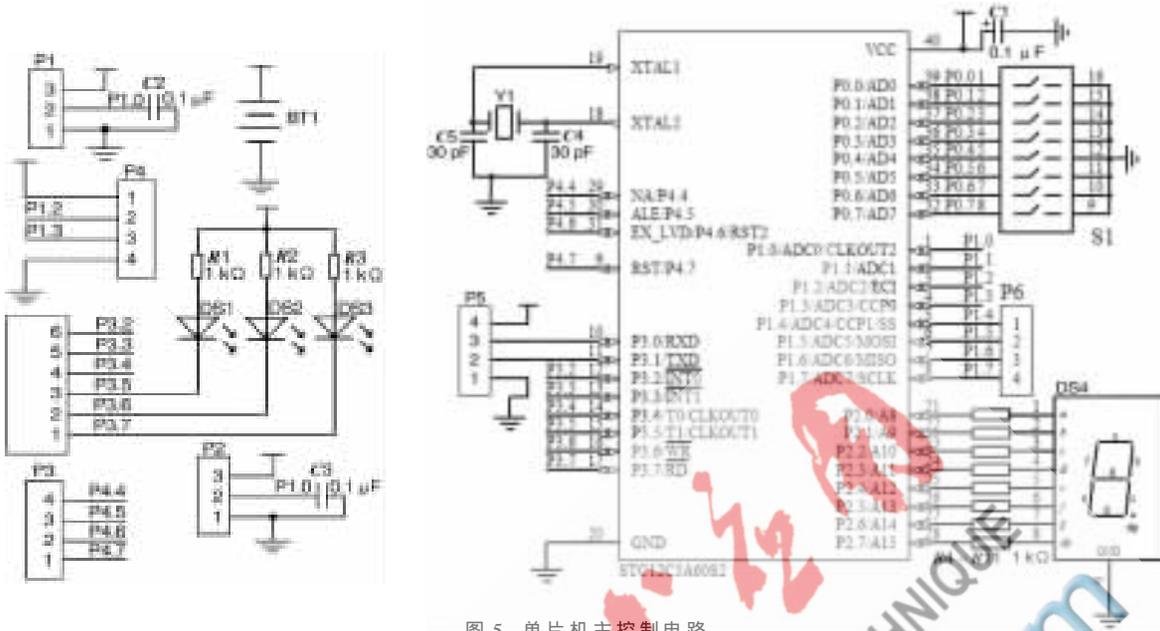


图5 单片机主控制电路

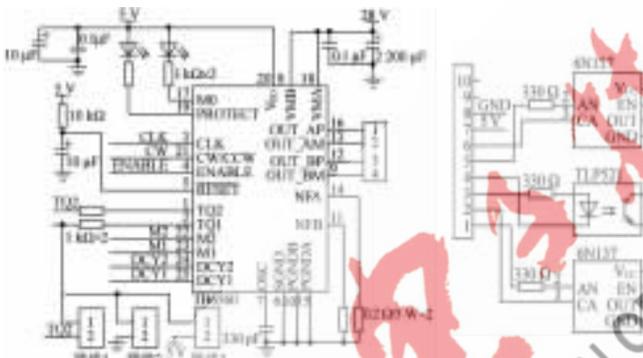


图6 步进电机驱动原理图

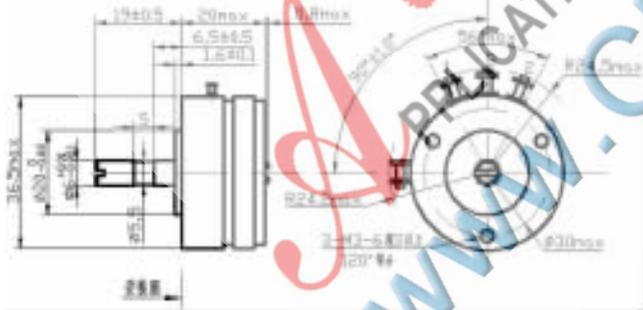


图7 角度传感器机械结构

本设计主要采用重力加速度传感器及线性电阻角度传感器来检测摆动时平板及摆杆角度的变化,利用拨码开关可控制预设功能,单片机根据摆杆与重垂线之间的摆角计算出平板的旋转方向及角度,从而控制步进电机实现对平板运动状态的精确控制。经过多次调试,该系统能很好地实现既定目的,即硬币在摆杆摆动过程中能在平板上保持稳定叠放状态以及平板上的激光笔能对靶纸上的预设位置进行跟踪照射。

参考文献

[1] 黄智伟.全国大学生电子设计竞赛制作实训[M].北京:

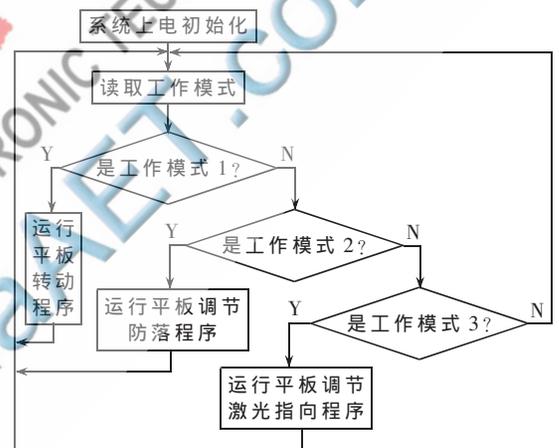


图8 主程序模块流程图

北京航空航天大学出版社,2007.

[2] 郭天祥.51 单片机 C 语言教程—入门、提高、开发、拓展全攻略[M].北京:电子工业出版社,2009.
 [3] 楼然苗.51 系列单片机设计实例[M].北京:航空航天大学出版社,2002.
 [4] 康华光.电子技术基础·模拟部分[M].北京:高等教育出版社,2006.

(收稿日期:2012-04-26)

作者简介:

杨苗军,男,1990年生,在读本科,主要研究方向:电气工程及自动化。

胡佳文,男,1980年生,硕士,实验师,主要研究方向:单片机应用,自动控制技术。

金华园,男,1990年生,在读本科,主要研究方向:电气工程及自动化。