

基于 MSP430 的直线导轨定位装置的设计与实现

张晓燕, 卢照新, 刘学君, 张凯, 杨嗣源

(北京石油化工学院 信息工程学院, 北京 102617)

摘要: 直线导轨是数控技术的重要组成部分, 它的精确程度非常重要; 以 MSP430 单片机为核心, 设计了一个直线导轨精确定位装置; 此装置采用两相四线的 ST57 型步进电机和 60CM 的螺纹丝杆组成一个直线导轨组, 选用 M7128 驱动器驱动步进电机, 使用 PWM 波精确定位算法程序精确控制电机转速; MSP430 的 IO 端口控制步进电机的正反转, 使得步进电机带动螺纹丝杆转动, 让滚动丝杠上的物体往复移动, 并在电脑上显示当前位移值; 试验证明, 其定位精度为 0.01 cm, 具有较高的可靠性和准确性, 低成本, 稳定性好。

关键词: 直线导轨; 螺纹丝杆; 步进电机; MSP430

Design and Realization of Linear Guide Rail Positioning Device Based on MSP430

Zhang Xiaoyan, Lu Zhaoxin, Liu Xuejun, Zhang Kai, Yang Siyuan

(College of Information Engineering, Beijing Institute of Petrochemical Technology (BIPT), Beijing 102617, China)

Abstract: Linear guide rail is an important component of the numerical control technology which is very important to the degree of accuracy. With the core of MSP430 single chip microcomputer, a precise positioning device for linear guide rail is designed. The device adopts two phase four wire ST57 type step motor and 60CM screw thread rod to form a linear guide rail group which use M7128 driver to drive the stepper motor, using the program of PWM positioning algorithm to precisely control motor speed. MSP430 IO port control stepper motor positive inversion, making the stepper motor driven screw thread rod rotation, so that the object on the rolling screw to move back and forth, and the computer shows the value of the current displacement. Experiments show that the positioning accuracy is 0.01 cm, which has high reliability and accuracy, low cost and good stability.

Keywords: linear guide; thread screw rod; stepper motor; MSP430

0 引言

数控技术水平影响一个国家的先进制造技术的发展, 体现了国家综合国力和工业战略地位, 推动了国家经济发展和社会进步。直线导轨作为数控技术、机电一体化和工业机器人重要部件, 它的精确程度关系到这些领域内产品的优良程度, 所以近年来现代科学对精确定位的要求也越来越高, 从测量精度上, 使用寿命上, 还是从噪声上, 都要求非常高。一个直线导轨若能精确定位, 对于整个产品的运行操作的失误, 将会大大减少^[1]。

步进电机作为直线导轨装置的主要部件, 它定位的精确度就关系到直线导轨的精确度, 这在科学领域上同样具有很大的发展空间。因其涉及行业较多, 具有一定的现实意义和较高的

使用价值^[2]。步进电机, 一般有两种控制方式: 第一, 通过控制脉冲的数量来控制角位移量^[3]; 第二, 通过控制脉冲频率来控制电机转动的速度和加速度^[4]。因为没有积累误差(精度为 100%), 所以步进电机被广泛应用于各种开环控制^[5]。

1 总体设计

设计的装置系统采用上述第一种控制方式来达到准确定位。此系统由硬件和软件两部分组成, 具有准确性、实用性及可靠性的特点。其中, 硬件主要是步进电机, MSP430, M7128 步进电机驱动器, CH340 串口通讯模块、PC 机实现的信号。输入及其显示部分。软件包括串口通信模块、PWM 波步进电机定位脉冲算法等程序。编程采用在 IAR for MSP430 软件环境下编写的 C 语言。

2 硬件设计

2.1 硬件结构

硬件结构以单片机 MSP430 为核心作为控制单元, 通过串口通信传送数据到 MSP430, 然后将收到的数据再通过串口通信返回, 在电脑上显示发送的数据是否正确; 通过发的数据给出对应的脉冲数量, 控制步进电机转动的圈数(转速)和方向, 来对直线导轨上的物体进行位移, 结构如图 1 所示。

对应原理总图如下图 2 所示。

收稿日期: 2016-12-20; 修回日期: 2017-02-27。

基金项目: 2015 年北京市大学生科研训练计划深化项目(16032082003/005); 2015 年北京高校高水平人才交叉培养项目(16032021003/029); 2017 年北京市大学生 URT 项目(2017J00017)。

作者简介: 张晓燕(1972-), 女, 山东莱芜人, 硕士, 讲师, 主要从事电子系统设计、EDA 技术应用、单片机开发等方向的研究。

刘学君(1977-), 男, 河北唐山人, 工学博士, 副教授, 主要从事光通信、单片机开发等方向的研究。

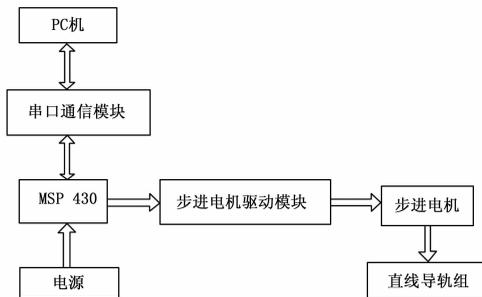


图 1 系统结构图

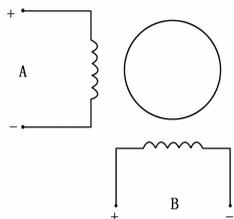


图 2 两相四线步进电机等效电路图

2.2 滚珠丝杆直线导轨滑台组

硬件结构采用的是二相四线混合式步进电机和 1204 型滚珠丝杆直线导轨组, 它是由 60CM 的 12044 型螺纹丝杆, 57 式 56 步进电机, 以及配套的滑台组成。

直线导轨所有方向皆有高刚性、互换性、自动调节、无限滚动循环等特点, 同时, 它还能实现高速进给。在保证会小于滚珠丝杠副转速临界值的前提下, 大导程滚珠丝杠副可以实现 100 m/min 的速度值以上的进给速度^[6-8]。

2.3 步进电机的选型

步进电动机能直接接收数字量的输入, 所以特别适合于微机控制。一台两相四线式步进电机的等效电路图如图 2 所示, 它有四条励磁信号线, 通过这四条励磁信号线给步进电机发出一定顺序的驱动脉冲, 步进电机就可以按相应的电流信号运动。每给一个驱动脉冲信号, 步进电机就运行一个步进角, 各相绕组的通电状态每循环改变一次, 步进电机就运行一个齿距。根据要求, 本设计选用的二相四线混合式步进电机型号是 57H56。

在任意瞬间, 步进电机的绕组只有一相通电, 控制器每发出一个驱动脉冲信号, 步进电机就运行一个步距角 1.8°。

2.4 M7128 步进电机驱动器

根据需要选择了 M7128 步进电机驱动器, 其可实现电压和电流放大, 驱动步进电机的各相绕组驱动器上对应的 DIR 管脚控制电机旋转方向, ENA 端口控制电机启停 (未用), PUL 端口通过脉冲控制步进电机转速。驱动器面板上六位拨码开关中的第 4 位、第 5 位和第 6 位可组合出不同的状态^[9], 选择如图 3 所示共阴极接法。

2.5 串口通讯模块 CH340

为了实现单片机串行接口与计算机 USB 接口之间的通讯功能, 采用了 USB 转串口模块 CH340。P1.1 为串口数据发送端口 (TXD), 高电平; P1.2 为串口数据接收端口 (RXD), 低电平^[10]。

共阴方式:

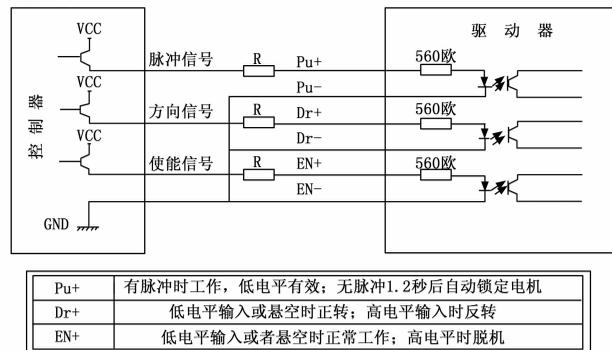


图 3 电机驱动器共阴接线法图

2.6 硬件系统连接

系统总联接图如图 4 所示和 protel 原理图如图 5 所示, 核心控制芯片采用 MSP430G2553, 步进电机驱动器为 M7128, 串口通信的硬件采用 CH340 模块。

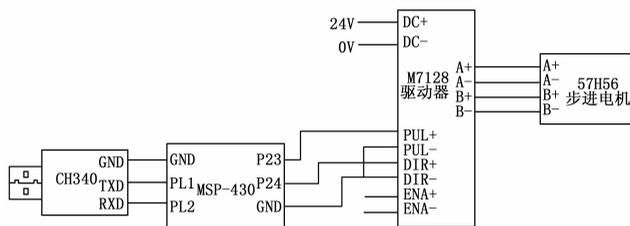


图 4 系统总接线图

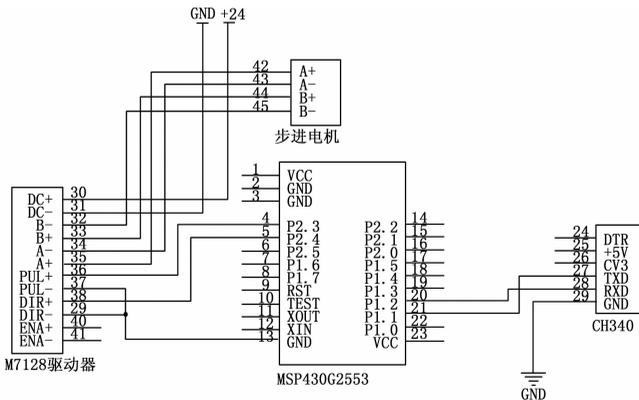


图 5 系统 protel 原理图

3 系统控制软件的原理与设计

3.1 定位控制算法设计

要保证系统的定位精度, 步进电机转动一个步距角所改变的距离不能太大。系统采用的 57 式的二相步进电机步距角是 1.8°, 即走一圈是 360°, 对应 $360^\circ/18^\circ = 200$ 步。对于直径 12 mm 的螺纹丝杆, 给定的导程是 4 mm (丝杆转一圈, 给进量是 4 mm), 假如先定电机正转, 设定电机当前位移量 (即当前位置) 为 X, 则共需走的步数为 $X/4$ mm 为螺纹丝杆转动圈数, 转一圈需要 200 步, 且电机走 1 步需要 1 个脉冲, 则总共需要 $200X/4$ 个脉冲。

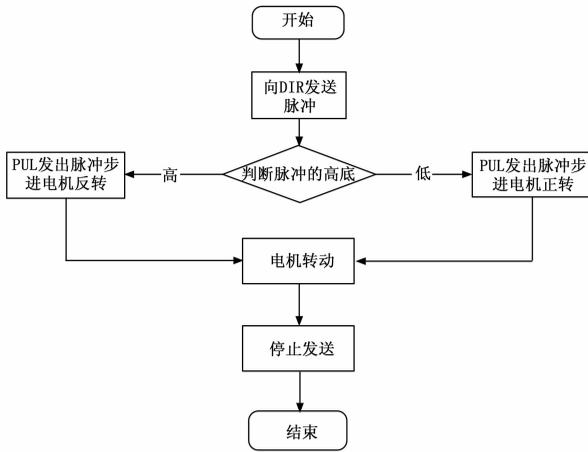


图 8 脉冲输出流程图

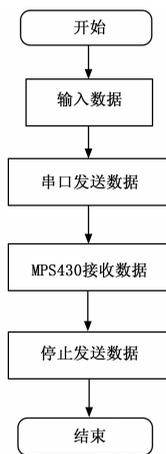


图 9 串口发送接收数据流程图

```

{ UART_sent_char(state_parameter[j]); }
}
#pragma vector=USCIAB0RX_VECTOR
__interrupt void USCI0RX_ISR(void)
{
unsigned char i;
串口接收数据中断子程序:
global_RX_buf[RX_count] = UCA0RXBUF;
RX_count++;
if((RX_count>=8)&&(UCA0RXBUF==0XAA))
{for(i=0;i<8;i++)
{ state_parameter[i]=global_RX_buf[i]; }
RX_count=0;
RX_sign =1;
}
}
  
```

3.4 系统验证

设物体移动 4 mm, 即转 1 圈, 需要 25600 个脉冲, 转换成十六进制 6400H。

又设物体移动 16 mm, 需要 $4 \times 25600 = 102400$ 个脉冲, 再转换成十六进制 19000H。

通过实验可知, 使用开环控制算法, 控制精度在 0.1 mm 左右, 即 0.01 cm, 系统运行稳定, 基本满足直线导轨精确定位的要求, 数据如表 1 所示。

表 1 精确定位控制算法实验结果

对应圈数/圈	设定位移量变化/mm	对应十六进制	对应脉冲数/个	实际的位移量/mm	误差/mm
1	4	6400	25600	4.01	0.01
2	8	C800	51200	8.05	0.05
3	12	12c00	76800	11.94	-0.06
4	16	19000	102400	16.03	0.03
5	20	1f400	128000	20.12	0.12
6	24	25800	153600	23.96	-0.04
7	28	2bc00	179200	28.11	0.11

4 结论

以 MSP430G2553 为核心控制芯片, 实现了整个直线运动导轨精确定位的设计。试验结果表明, 测量误差在允许范围内, 本系统能做到直线运动导轨上的步进电机带动螺纹丝杆转动, 且其能够同时承受上下左右方向的负荷, 并让滚动丝杠上的物体来回移动, 同时在电脑上显示位移值, 精确到 0.01 cm。设计的直线导轨定位装置具有较高的可靠性和准确性, 低成本, 稳定性好, 在数控技术应用方面具有实际意义。

参考文献:

- [1] 姜洪奎, 赵佳佳, 宋现春, 等. 滚动直线导轨副运动精度测控系统设计 [J]. 制造业自动化, 2015 (5): 15-17.
- [2] 金亮. 高刚度滚动直线导轨设计及精度分析 [J]. 山东工业技术, 2015, 10: 207.
- [3] Hwajeong Seo, Kyung-Ah Shim, Howon Kim. Performance enhancement of Tiny ECC based on multiplication optimizations [J]. Security Comm. Networks, 2012, 62:.
- [4] Chang Kangming, Liu Shinhong, Wu Xuanhan. A wireless sEMG recording system and its application to muscle fatigue detection. [J]. Sensors, 2012, 121:.
- [5] 郭林峰. 最轻的直线导轨易格斯碳纤维轨道 [J]. 农业机械, 2015, 19: 113.
- [6] 杨帆. 液体静压直线导轨专用磨合机研制方法 [J]. 机械设计与制造, 2014 (1): 97-99.
- [7] 孙守林, 白晨光, 董惠敏. 滚动直线导轨结构特征与静态特性分析 [J]. 组合机床与自动化加工技术, 2014 (2): 64-68.
- [8] 孙伟, 鲁明, 汪博, 等. 直线滚动导轨动力学特性分析方法研究 [J]. 制造技术与机床, 2011 (3): 48-53.
- [9] 李玲娟. 多细分二相混合式步进电机驱动器的研制 [D]. 西安: 西北工业大学, 2007.
- [10] 黄同, 邵思飞. 基于 CH340T 的 STC89C52RC 编程器设计 [J]. 电子测试, 2013, 12: 16-17.
- [11] 衡豪, 王禹林, 冯虎田. 滚动直线导轨副静刚度试验装置设计及试验方案研究 [J]. 组合机床 2 自动化加工技术, 2014 (2): 106-109.