

直线式时栅传感器的自动定位闭环控制系统设计

张天恒,彭东林,杨继森,王先全,董淳

重庆理工大学

摘要:为了实现直线式时栅传感器数据的快速采样,提高测试效率,设计了一套高精度自动定位系统。该系统采用 ARM 作为主控芯片,控制步进电机驱动滚珠丝杠,带动直线式时栅传感器的动测头与直线光栅的扫描头同步运动,同时接收直线式时栅传感器的反馈信号,形成高精度闭环控制,并与上位机之间进行串口通信。系统定位精度达到 0.1 μ m。

关键词:直线式时栅传感器;高精度定位;步进电机;ARM;闭环控制

中图分类号:TH703;TG659

文献标志码:A

Design of Automatic Positioning Close - Loop Control System for Time Grating Line Sensor

Zhang Tianheng, Peng Donglin, Yang Jisen, Wang Xianquan, Dong Chun

Abstract: In order to achieve fast sampling of the time grating line sensor and improve measuring efficiency, a high-precision automatic positioning system for data sample of the time grating line sensor is designed. ARM is used as a major controlling chip to control step motor to drive ball screw, and bring the dynamic measuring head of the sensor and scan head of line grating synchronized moving, while receiving the feedback signal from the sensor, forming a high-precision closed loop control system, and communicating with upper computer by serial. The positioning precision of this system can come up to 0.1 μ m.

Keywords: time grating line sensor; high-precision automatic positioning; step motor; ARM; closed-loop control

1 引言

随着近代工业和科学技术的迅速发展,高精度测量技术和手段层出不穷。长度位移测量在测量技术中占有非常重要的位置。直线式时栅传感器是一种全新原理的位移传感器^[1,2]。2004年圆时栅传感器经法定权威检测部门——中国测试技术研究院检定精度为 ± 0.8 ,达到计量光栅水平。为了延伸时栅传感器的种类,在圆时栅传感器的基础上,开始研究直线式时栅传感器。为快速完成数据的采集,提高测试效率,需要设计一套能与时栅和工控机通信的高精度自动定位闭环控制系统。

2 直线式时栅传感器自动定位系统设计

直线式时栅传感器自动定位系统结构如图1所示。工控机通过串口向 ARM 控制器发送直线位移数据,ARM 控制电机旋转以带动滚珠丝杠,同时用串口接收直线式时栅传感器测量的反馈信号,形成闭环控制。定位完成后,ARM 通过串口向工控机发送定位完成信号,工控机接收精密直线光栅和时栅的测量结果做差值运算,从而得到直线式时栅传感器的误差。然后向 ARM 处理器发送下一个设定的

位移值,这样在工控机主程序的控制下按步骤完成每一个设定目标值的准确定位。等到所有目标点都完成采集后,工控机即得到并输出直线式时栅传感器的全程原始误差曲线。

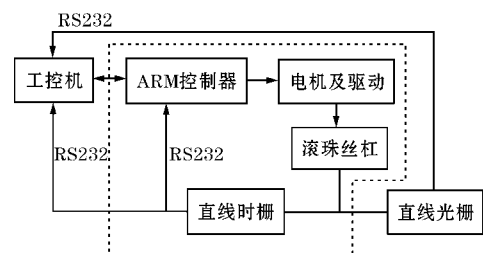


图1 直线式时栅传感器自动定位系统结构图

3 高精度自动定位系统硬件设计

高精度自动定位系统结构如图1虚线部分所示。

3.1 ARM 控制器

LPC2214 是 PHILIPS 公司新推出的基于 ARM7TDMI-S 的高性能 32 位 RISC 微控制器,集成了 Thumb 扩展指令集,256KB 可在系统中编程 (ISP) 的片内 Flash 和可在应用中编程 (IAP),Flash 编程时间为 1ms,128 位宽度接口/加速器实现高速 60MHz 的操作频率;2 个定时器 (7 个捕获/比较通道),PWM 单元可提供多达 6 个 PWM 输出,8 通道 10 位 ADC,

实时时钟,看门狗定时器,112个通用I/O引脚。相对于普通的ARM7芯片,LPC2214还提升了I/O端口的速度,具有很高的性价比^[3,4]。

ARM控制器的外围电路主要有六大部分^[3,4]:电源电路、复位电路、时钟电路、调试测试接口电路、步进电机控制接口电路和RS232通信串口电路。

电源电路为控制器提供稳定的电源。由于系统对电压要求比较高,且其功耗不大,所以不适合用开关电源,应当用低压差模拟电源LDO,使其具有很低的静态电流。当输出电流减小时,静态电流随负载变化,并提高效率。

由于微控制器在上电时状态并不确定,造成微处理器不能正确工作。为了解决这个问题,微控制器均有一个复位逻辑,它负责将微控制器初始化为某个确定的状态。最简单的阻容复位电路成本低廉,但可靠性不够,所以需要使用专门的复位芯片。

3.2 步进电机驱动电路

根据现有的实验装置及控制要求,可选择两相混合式步进电机及与其配套的驱动器。为达到最高控制精度,细分数应设为最大值。驱动器对输入的电压信号或电流信号均有要求,由此需设计控制器与驱动器的接口电路,以八同相三态缓冲器/线驱动器74HC244为接口芯片。ARM输出的信号(包括电机使能信号、方向信号和脉冲信号)经过74HC244后将3.3V高电平电压转换为驱动器要求的5V,同时增强了驱动能力。

4 高精度自动定位闭环控制系统软件设计

4.1 高精度自动定位闭环控制系统流程图

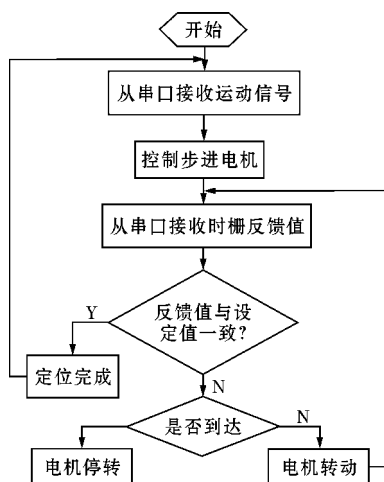


图2 高精度的自动定位系统流程图

高精度自动定位闭环控制系统流程如图2所示。首先ARM控制器从串口接收运动位移信号,然后折算出步进电机完成转位所需的脉冲数,发出脉冲控制步进电机转位;脉冲发送完毕后,从串口接收时栅测量结果的反馈信号,并与上位机的预设值进行比较。比较结果若一致,则输出定位完毕信号,再从串口接收上位机传来的下一个位移值;若不一致,再判断是否超过了设定值,以控制电机转动。

4.2 步进电机的运行控制

(1) 步进电机的位置控制

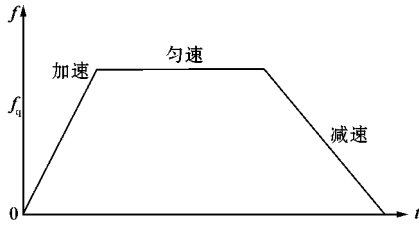
步进电机的位置控制指的是控制步进电机带动执行机构从一个位置精确运行到另一个位置。步进电机的位置控制需要两个参数。第一个参数是步进执行机构当前的位置参数,称为绝对位置。绝对位置是有界限的,其界限是执行机构运动的范围,超越了这个界限就报警。第二个参数是从当前位置移动到目标位置的距离,可以用折算的方式将这个距离折算成步进电机的步数。

对步进电机位置控制的一般做法是:步进电机每走一步,步数减1,如果没有失步存在,当执行机构到达目标位置时,步数正好减到0。因此,用步数是否等于0来判断是否移动到目标位,作为步进电机停止运行的信号^[5]。

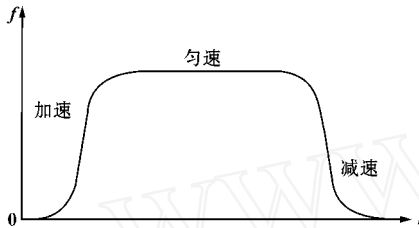
(2) 步进电机的速度控制

步进电机的速度控制通过ARM控制器发出的步进脉冲频率来实现。实际上,速度并不是一次到位。步进电机驱动执行机构运动时,要经历加速、匀速和减速过程。如果启动时一次将速度升到给定速度,由于启动频率超过极限启动频率 f_q ,步进电机将会发生失步现象,不能正常启动;如果到终点时突然停下来,由于惯性作用,步进电机发生过冲现象,造成位置精度降低。如果非常缓慢地升、降速,步进电机虽然不会产生失步和过冲现象,但会影响执行机构的工作效率。所以,对步进电机的加、减速要有严格的要求,保证在不产生失步和过冲的前提下,用最快速度移动到指定位置。因此将步进电机运行过程分为低速启动并加速、高速运行、减速并停止等三个阶段。步进电机的加减速运行曲线(见图3)没有一个固定的模式,通常根据经验和试验得到^[5]。

由于电动机的电磁转矩与转速的关系接近指数规律。因此采用指数加、减速曲线或S形加减速曲线(分段指数曲线)是最好的选择(如图3b所示)。



(a) 匀加、减速曲线



(b) S形加、减速曲线

图3 加减速运行曲线

如果采用非线性加减速曲线,要用离散法将加减速曲线离散化。离散后速度并不是一直上升的,而是每升一级都要在该级上保持一段时间,实际加速轨迹呈阶梯状。如果速度是等间距分布,那么在该速度级上保持的时间不一样长。为了简化,用速度级数 N 与每一个常数 C 的乘积去模拟,并且保持的时间用步数来代替。因此,速度每升一级,步进电动机都要在该速度级上走 NC 步。同样,为了简化,减速时也采用与加速时相同的方法,只不过其过程是加速时的逆过程。加减速控制程序流程见图4。

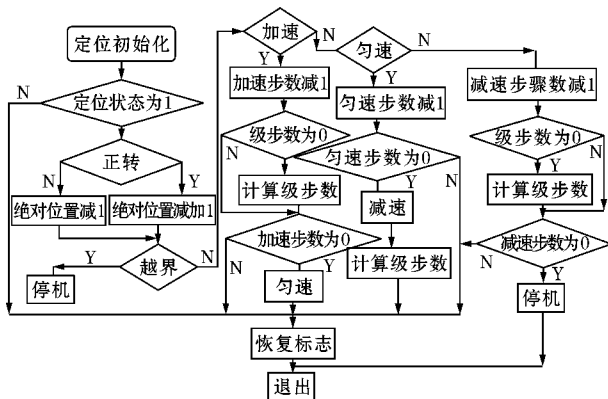
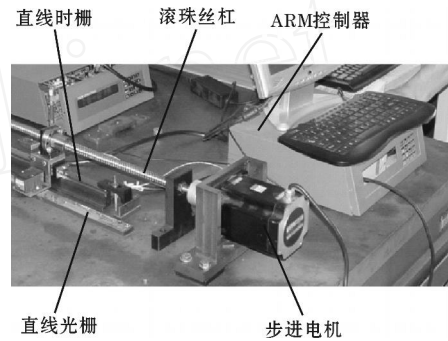


图4 加减速控制程序流程图

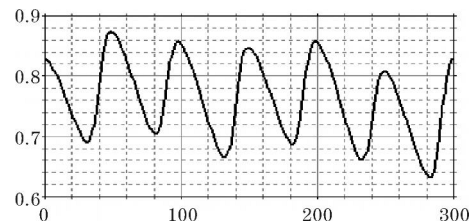
5 结语

本文设计的高精度自动定位系统具有丰富的通信接口,采用 ARM 作为主控芯片形成高精度闭环控制,用作新型智能传感器——直线式时栅传感器的自动定位系统,其定位精度能达到 $0.1\mu\text{m}$ 数量级。实验装置见图 5a,全程误差曲线见图 5b。根据对比

实验,对 300mm 长的直线时栅传感器采样数据,在手动条件下用百分表定位需要 10h,而采用该高精度自动定位系统只需要 5min 左右。该系统在控制精度的同时极大地提高了测试效率,对直线式时栅传感器的研发提供了高精度自动定位技术支持,将对直线式时栅传感器的商品化进程起到促进作用。



(a) 实验装置



(b) 全程误差曲线

图5 实验装置与全程误差曲线

参考文献

- [1]彭东林,张兴红,刘小康,等.基于时空转换的精密位移测量新方法与传统方法的比较[J].仪器仪表学报,2006,27(4):423-426.
- [2]彭东林,刘小康,张兴红,等.高精度时栅位移传感器研究[J].机械工程学报,2005,41(12):126-129.
- [3]周立功,张华.深入浅出 ARM7——LPC213x/214x(上册)[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- [4]周立功,张华.深入浅出 ARM7——LPC213x/214x(下册)[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [5]王晓明.电动机的单片机控制[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [6]胡超,刘小康,高忠华,等.基于 ARM 的高精度自动定位系统设计[J].微计算机信息,2009,25(20).

第一作者:张天恒,硕士研究生,重庆理工大学电子信息与自动化学院,400050 重庆市

First Author: Zhang Tianheng, Postgraduate, School of Electronic Information and Automation, Chongqing University of Technology, Chongqing 400050, China