

基于 ARM 的高精度自动定位系统设计

Design of a High-precision Automatic Positioning System Based on ARM

(重庆工学院) 胡超 刘小康 高忠华 郑方燕

HU Chao LIU Xiao-kang GAO Zhong-hua ZHENG Fang-yan

摘要: 提出了新型智能时栅传感器非线性误差的自动修正方案,采用了 PHILIPS 公司的 ARM 处理器 LPC2148 作为主控芯片,设计了定位控制电路和 USB 通信接口电路。系统按闭环控制方式工作,重点研究了步进电机的单向逼近和双向逼近位置控制算法,并开展了对比实验。实践证明:系统定位速度快,定位精度为 ± 1 角秒。

关键词: 时栅传感器;高精度定位;闭环;ARM;USB

中图分类号: TP274

文献标识码: B

Abstract: A self-correcting plan for nonlinear error of new intelligent sensor—time grating sensor was proposed. The PHILIPS LPC2138 ARM processor was used as a major controlling chip. Positioning control circuit and USB communication interface circuit were designed. The system worked by the way of closed loop control. Mainly studied the position controlling algorithm of one-way and two-way approaching of step motor, and carried out some comparison experiments. Practice has proved that: the system can position fast, and positioning precision is ± 1 arc-second.

Key words: Time grating sensor; High-precision positioning; closed loop; ARM; USB

1 引言

时栅传感器是一种全新原理的位移传感器,其原理及优点可参考文献。2004 年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 $\pm 0.8''$,达到计量光栅水平。为了实现时栅传感器非线性误差的自动修正,提高生产效率,需要设计一套高精度自动定位系统。本课题是以高精度光栅作为标准的检定仪器来检定时栅位移传感器的非线性误差,要求其具有 USB 通信接口,按外部指令数据自动转位。

2 系统设计

传感器非线性误差自动修正系统结构图如图 1 所示。系统装置以回转工作台(以下简称转台)为载体,光栅和时栅传感器分别通过联轴结安装在转台的转轴上,随转台同时转动。工控机通过 USB 接口向 ARM 控制器发送转位角度数据,ARM 控制电机旋转以带动转台,同时用串口接收时栅反馈的测量值,形成闭环控制,并在定位完成后通知工控机,工控机再分别采集光栅和时栅的测量数据。作为标准检定仪器的精密光栅所测得的角度移与时栅所测得的角度移的值做差,从而得到时栅在这一位置上的测量误差。然后,工控机向 ARM 发送下一个设定的角度值,这样在上位机程序的控制下按步骤完成每一个设定目标值的精确定位。对不同角度多次测量,当所有的目标点都采集完成后,工控机便开始进行数据的拟合、误差的修正与补偿。

胡超:硕士

基金项目:基金申请人:刘小康;项目名称:全闭环时栅数控回转工作台动态误差控制策略研究;基金颁发部门:中国博士后基金会(20060400717);基金申请人:刘小康;项目名称:新型全闭环数控分度类机床功能部件动态误差预测与修正方法研究;基金颁发部门:重庆市科委(2007BB3397)

同时还要测量温度、湿度等实验条件参数,以得出不同条件下的位置-误差曲线以及修正参数。最后将温度、湿度参数和修正参数移植到时栅中进行误差测试,作为时栅的最终精度。本文将重点论述高精度定位系统的设计(如图 1 中虚线框部分所示)。

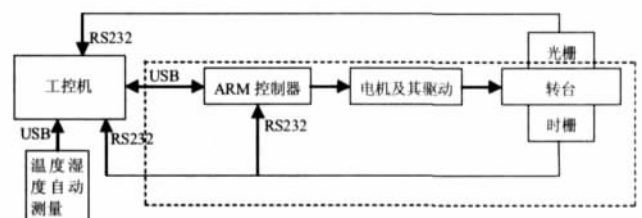


图 1 时栅传感器非线性误差自动修正系统结构图

3 硬件设计

3.1 ARM 控制系统

LPC214x 系列是 PHILIPS 公司新推出的基于 ARM7 内核的高性能芯片,其最大特色是内置了 USB2.0 全速控制器,LPC2146/2148 还内嵌了 DMA 引擎,使 USB 通信速度几乎达到了 USB2.0(全速)的最高通信速度;相对于普通 ARM7 芯片,LPC214x 还提升了 I/O 端口的速度,具有很高的性价比。选用 LPC2148 作为控制器,它采用了超小 LQFP64 封装。ARM 控制系统结构图如图 2 所示,其中控制系统电源由 USB 接口提供。

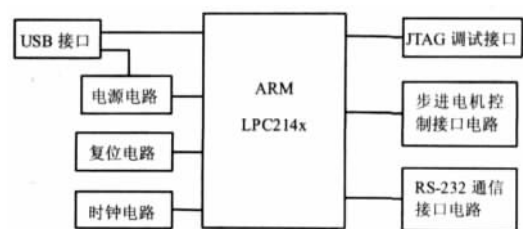


图 2 ARM 控制系统结构图

3.2 USB 接口电路

USB 的物理接口包括 4 根线,分别为电源线(V_{bus})、数据线+(D_+)、数据线-(D_-)、地线(GND)。其中 D_+ 和 D_- 是一对差模的信号线,而 V_{bus} 和 GND 提供了 5V 的电源,它可以给一些设备供电,如图 3 所示,其中 J1 的第 5 脚是 B 型 USB 接口的外壳。USB 总线的 D_+ 和 D_- 线都要串接一个匹配电阻 (R_{13} 和 R_{14}),LPC214x 的 P0.23 引脚为 USB 设备控制器用于检测 USB 总线是否插入的检测引脚,该引脚可串联 1 个 $10k\Omega$ 的电阻接到 USB 的 V_{bus} 上。LPC214x USB 控制器的 USB 引脚占用了第 10 引脚(D_+)和第 11 引脚(D_-)。

为了使 LPC214x 的软件可以更灵活地控制 USB 设备与主机之间的连接,使用 P0.31 来实现 SoftConnectTM 特性。Q1 选用 P 沟道 MOS 管 2SJ355,当 P0.31 输出低电平时, D_+ 线通过 R_{18} 上拉到 VDD3.3,通知 USB 主机:USB 设备要与其建立连接;当 P0.31 输出高电平时, D_+ 线断开与 VDD3.3 的连接,通知 USB 主机:USB 设备已经断开与 USB 主机的连接。

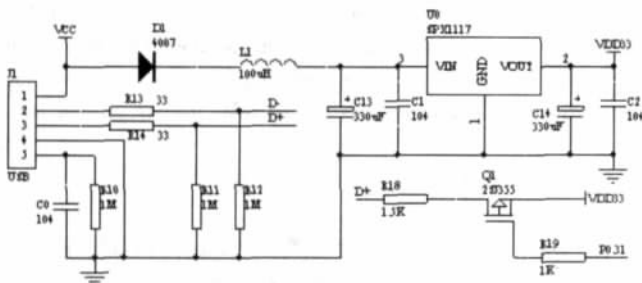


图 3 USB 接口电路

SPX1117M-3.3 是 Sipex 公司生产的 LDO 芯片。SPX1117 系列 LDO 芯片输出电流可达 800mA,输出电压的精度在 $\pm 1\%$ 以内,还具有电流限制和热保护功能。

3.3 步进电机驱动电路

根据现有的实验转台和课题的控制要求,可选择北京斯达微步控制技术有限公司的 34HS300DZ 型两相混合式步进电机,与其配套的驱动器的型号为 MS-2H090M。为达到最高的控制精度,细分数应设为最大值,则电机步距角为 0.009 度。由于同步带的传动比为 2:1,蜗杆与蜗轮的传动比为 90:1,则电机与转台的总传动比为 180:1,转台步距角为 0.18 秒。

MS-2H090M 型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 软件设计

4.1 系统定位流程

高精度自动定位系统流程图如图 4 所示。首先 ARM 控制器通过 USB 从上位机接收转位角度值(设为 A 度),然后通过串口接收时栅的初始值,再将上位机接收到的转位角度值折算成步进电机的脉冲数,发脉冲控制步进电机转位($A-1$)度,完成后从串口接收时栅测量结果的反馈信号,并与初值比较,计算出实际转位角度值,再将实际值与上位机预先设定的值进行比较,若一致,则输出定位完毕信号,从 USB 口接收上位机传来的下一个角度值;若不一致,再判断是否超过了设定值,控制电机修正。

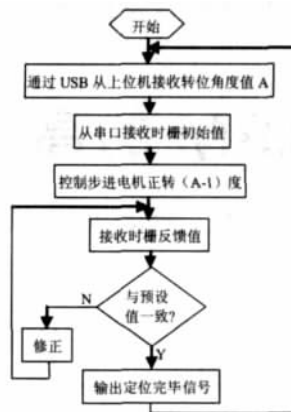


图 4 高精度自动定位系统流程图

4.2 步进电机的位置控制及算法

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,称其为绝对位置。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。

根据经典控制理论,步进电机的闭环定位控制方法可分为单向逼近和双向逼近这两种,一般情况下,双向逼近的定位速度要快于单向逼近,但是双向逼近往往会带来回程误差。本设计中单向逼近的算法流程图如图 5(a)所示。单向逼近采用 2 分法,当预设值 A 大于 1 度时,正转($A-1$)度,防止超过,然后每次走剩下步数的一半;当预设值 A 小于或等于 1 度时,直接开始每次走剩下步数的一半来逼近。转过的角度非常接近预设值时,即使使用 2 分法也有可能超过预设值,这时电机反转 1 度后重新逼近。这种算法理论上能将转台控制到 ± 0.09 秒,但由于目前时栅的分辨率为 0.2 秒,故只能将转台控制到 ± 0.2 秒。

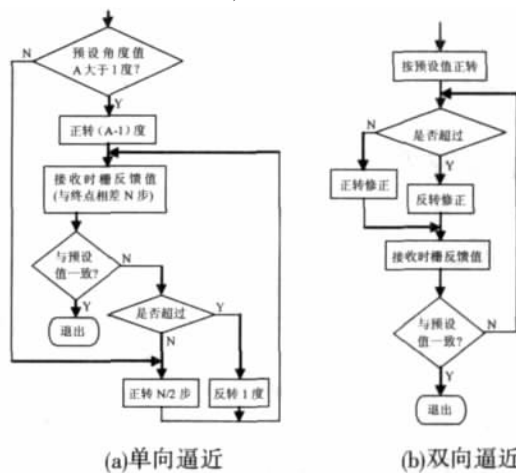


图 5 步进电机闭环定位流程图

若采用双向逼近,算法相对简单一点,如图 5(b)所示,每修正一次,ARM 控制器就接收一次时栅反馈信号,按不足的或超过的步数来正转或反转修正。采用双向逼近时,系统装置的回程误差主要是两个联轴结这种机械结构带来的误差,实验证明此误差不超过 1 秒,故在定位精度要求不高的场合,可采用双向逼近方式来快速定位。

4.3 USB 通信流程

USB 的通信流程图如图 6 所示。首先要初始化 USB 控制器,然后设置 USB 控制器中断向量,并打开 IRQ 中断,再根据后台的中断,在前台处理 USB 事件,当 USB 设备的地址配置完

成后,才可对端点进行读写操作,从逻辑端点 1 接收转位角度数据。定位完成后,从逻辑端点 1 发送定位完成信号到上位机,准备接收下一个转位角度数据。

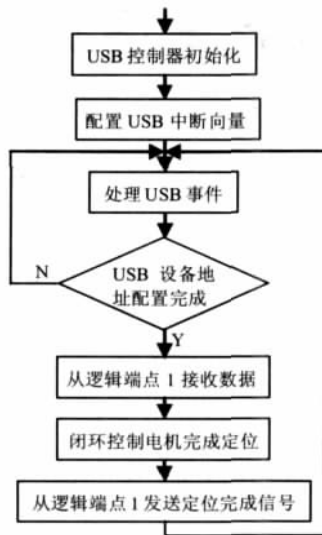


图 6 USB 通信流程图

5 结束语

高精度自动定位系统采用了高性能的 32 位处理器 ARM 作为主控芯片,以闭环方式控制步进电机精确定位,并通过 USB 接口与上位机通信。通过对系统的整机调试,定位精度达到 ± 1 秒,并且定位速度快,能有效提高检测效率。该系统除用于面向时栅传感器非线性误差的自动修正的开发外,相关的单元技术在其它领域中,如仪器校正、机械加工和制造业中均有广泛的应用前景。

本文作者的创新点:设计了基于 ARM 的高精度自动定位系统,实现了传感器非线性误差的自动修正。

项目经济效益:7 万元

参考文献

- [1]彭东林,张兴红,刘小康,陈锡侯.基于时空转换的精密切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,陈锡侯.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]Shi Wei Zhao;Cheung,Norbert C,etc. A Self-Tuning Regulator for the High-Precision Position Control of a Linear Switched Reluctance Motor [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2007,54(5):2425-2434.
- [4]Kulkarni, Amol S;El-Sharkawi, Mohamed A.Intelligent Precision Position Control of Elastic Drive Systems[J]. IEEE Transactions on Energy Conversion,2001,16(1):26.
- [5]黄樱,刘君,刘卉,叶晓舟.基于 ARM 的嵌入式 USB 主机系统设计[J].微计算机信息,2007,23(2-2):156-157.

作者简介:胡超(1986-),男,湖北公安人,硕士,研究方向:嵌入式系统及测控技术;刘小康(1978-),男,博士。主要研究方向为智能仪器、网络化测控理论与技术,获省部级技术发明一等奖 1 项、科技进步二等奖 2 项。

Biography: HU Chao (1986-),male,Gongan Hubei,Master.Main research interests:embedded system, testing and control technology. (400054 重庆工学院机械检测技术与装备教育部工程研究中

心) 胡超 刘小康

(Engineering Research Center of Mechanical Testing Technology and Equipment,Ministry of Education,Chongqing Institute of Technology,Chongqing,400054 China) HU Chao LI-U Xiao-kang

通讯地址:(400054 重庆工学院机械检测技术与装备教育部工程研究中心) 胡超

(收稿日期:2009.06.03)(修稿日期:2009.07.05)

(上接第 59 页)

[3]庞清乐等.基于 C8051F330 单片机的多路温湿度测控系统[J].微计算机信息,2004,20(4):51-52.

[4]鲁志康.档案资料库温湿度控制系统的研究[J].电脑开发和应用,2001,14(6):264-267

[5]李钢.1-Wire 总线数字温度传感器 DS18B20 原理及应用[J].现代电子技术,2005,21:77-79.

[6]林敏.HS1100/HS1101 电容式湿度传感器及其应用[J].仪表技术与传感器,2001,10:44-45

作者简介:王汉芝(1973-),女(汉族),山东省滨州市人。天津科技大学电子信息与自动化学院讲师,硕士,主要从事仪器仪表、模式识别与智能控制等方面的研究。

Biography: WANG Han-zhi (1973 -), F (Han), Binzhou City, Shandong Province. Electronic information and automation Faculty, Tianjin University of Science & Technology, master's. Research area: Instrumentation, pattern recognition and intelligent control.

(300222 天津 天津科技大学电子信息与自动化学院) 王汉芝 刘振全

通讯地址:(300222 天津科技大学电子信息与自动化学院 80# 信箱) 王汉芝

(收稿日期:2009.06.03)(修稿日期:2009.07.05)

《现场总线技术应用 200 例》

现场总线技术是现代工厂、商业设施、楼宇、公共设施运行、生产过程中的现场设备、仪表、执行机构与控制室的监测、控制装置及管理、控制系统之间的数字式、多点通信互连的,数据总线式智能底层控制网络。

现场总线技术保证了现代工厂、商业设施、智能楼宇、公共设施(自来水、污水处理、输变供电、燃气管道、自动抄表、交通管理等),高可靠、低成本、安全绿色生产运行,同时易于改变生产工艺,多品种生产过程。

本书 200 个应用案例,介绍了 profibus、FF、CANbus、DeviceNET、WorldFIP、INTERbus、CC-Link、LonWorks 及 OPC、工业以太网、TCP/IP 在石油、化工、电力、冶金、铁路、制烟、造酒、制药、水泥、电力传动、机械、交通、设备管理、消防、自来水厂、电解铜、电解铝、继电保护、粮仓及储运、汽车检测、油库管理、造纸、气象、远程抄表、暖通空调、电梯、楼宇自动化及安防、……,各方面的应用。

本书是工程设计人员、设备维护人员、设备采购人员、技术领导干部、大、中专学校教师的案头参考书,同时也是大专院校本科生、研究生做课题、搞毕业设计的必备参考书。有志向有兴趣的高中以上文化水平的人均为本书读者。

本书已出版。大 16 开,每册定价 55 元(含邮费)。预购者请将书款及邮寄费通过邮局汇款至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室

微计算机信息 邮编:100081

电话:010-62132436 010-62192616(T/F)

http://www.autocontrol.com.cn

http://www.autocontrol.cn

E-mail:editor@autocontrol.com.cn;

E-mail:control-2@163.com