

·测试、试验与仿真·

基于 ATMEG16A 的位移台绝对位置寻址系统设计

王建瑞

(中国电子科技集团公司光电研究院,天津 300308)

摘要:针对光学电动位移台的精确控制要求,以 ATMEG16A 单片机为控制器,设计了一款位移台绝对位置寻址系统。位移台电机采用步进电机,其驱动器采用 L293D,寻零开关采用 KW6A 微动开关,单片机通过 IO 口向 L293D 传送步进电机电平,实现位移台的精确移动,通过微动开关,可以固定位移台零位,实现绝对位置寻址。由位移台的重复定位精度测量结果可知,重复定位精度达 25 μm ,实现了位移台的绝对位置寻址精确定位控制。

关键词: ATMEG16A 位移台; L293D 微动开关; 绝对位置寻址

中图分类号: TB51

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2017)-05-0065-05

Design of Absolute Location Address System of Displacement Platform Based on ATMEG16A

WANG Jian-rui

(Academy of Opto-Electronics, China Electronics Technology Group Corporation (AOE CETC), Tianjin 300308, China)

Abstract: Taking ATMEG16A micro control unit (MCU) as a controller, an absolute location address system is designed for the requirements of accurate controlling optical motor displacement platforms. A stepping motor is used as a displacement platform motor. L293D is used as a driver in the motor and KW6A micro switch is used as a searching switch for zero position. The electrical level of the stepping motor is transmitted to L293D by IO port on the ATMEG16A to realize the accurate movement of the displacement platform. The zero location of the displacement platform is fixed through the micro switch to find absolute location address. From the repeat positioning accuracy measurement results of the displacement platform, when the positioning accuracy reaches 25 μm , the accurate positioning control for the absolute position address of the displacement platform is realized.

Key words: ATMEG16A displacement platform; L293D micro switch; absolute location address

在精密光电测量及检测系统中,位移台主要用于光学透镜或者探测器的平移。旋转运动,如光学成像系统中的调光、调焦控制。一些精密光机电装置中需要使用精密变焦光学镜头,里面也会用到位移台^[1]。为了达到很高的测量精度,需要位移台运行平稳、噪音低、定位精度高,并且可以进行连续微小的位移调整^[2]。在很多可见光或者红外光学系统中,为了提高系统识别率,还要用到基于位移台的自动调焦技术。自动调焦要想满足实时性要求,保障效率,必须对位移台采用绝对位置寻址方式,即单

片机必须实时知道位移台此时所处的绝对位置^[3]。传统的绝对位置寻址采用在步进电机端加入绝对编码器的方式或者在位移台上加入光栅尺的方法,但是这两种方法都存在不可克服的弱点。

在步进电机端加入绝对编码器,绝对编码器的径向厚度很大,在小型位移台系统中,往往不能满足安装空间要求。另外,位移台是步进电机通过丝杠来实现直线移动的,一旦出现步进电机和丝杠“脱扣”情况,绝对编码器就会给控制器传输错误的位置信息,反而会扰乱系统的控制。

收稿日期: 2017-08-31

作者简介: 王建瑞(1982-),男,山东人,硕士研究生,工程师,毕业于河北工业大学,研究方向为电路设计。

在位移台内加入光栅尺,可以避免上述问题。但是光栅尺安装非常复杂,价格比较昂贵,同时控制器需要实时读取光栅尺发回的位置数据,会占用很多的系统资源^[4]。

针对这些不足之处,设计了一款用微动开关来寻零位的绝对位置寻址的位移台控制系统。该系统采用 ATMEG16A 单片机作为控制器, KW6A 微动开关作为寻零工具, 位移台上电即开始寻零动作, 然后单片机记录位移台的移动轨迹, 最终实现位移台的绝对位置寻址。

1 系统硬件设计

1.1 系统组成

系统硬件由电控位移台、ATMEG16A 单片机、步进电机驱动器、微动开关、RS422 通信模块构成。微动开关固定在位移台的零位处, 上电起始, 单片机控制步进电机向零位处移动, 并时刻记录步进电机的移动轨迹, 位移台滑块触碰到微动开关后, 微动开关将相应的电信号传递给单片机, 单片机接收到该信号后, 即认为此时处于零位, 单片机按照之前记录的步进电机移动轨迹, 反方向重复执行移动指令, 直到位移台到达原位置。此时, 单片机即可得到上电前位移台的绝对位置。单片机接收来自 RS422 通信模块的上位机绝对位置指令, 即可完成位移台的绝对位置寻址。平移台运动控制系统框图如图 1 所示。

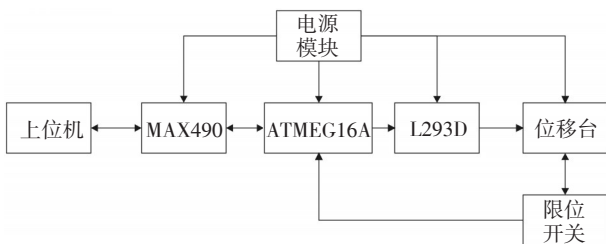


图1 平移台运动控制系统框图

1.2 主控芯片电路设计

单片机是整个系统的控制核心, 系统采用 AT-MEL 公司的 ATMEG16A 单片机作为主控芯片, 它是一款高性能、低功耗的 8 位 AVR[®] 微处理器^[5], 以下五个方面是选择其作为主控芯片的原因。

(1) 先进的 RISC 结构, 32 个 8 位通用工作寄存器, 全静态工作, 工作于 16 MHz 时性能高达 16 MIPS;

(2) 非易失性程序和数据存储器, 16 K 字节的系统内可编程 Flash, 擦写寿命达 10 000 次, 可以满足系统调试需求;

(3) 512 字节的 EEPROM, 擦写寿命达 100 000 次, 因其掉电不丢失数据的特点, 可以将位移台的位置存储在 EEPROM 中, 便于在设备下次启动中, 确定位移台所处的位置;

(4) 两个具有独立预分频器和比较器功能的 8 位定时器/计数器, 可以采用定时器中断的方式设置步进电机运行频率, 减少系统占用资源, 降低功耗, 两个可编程的串行 USART, 方便与上位机之间的信息交互;

(5) 32 个可编程的 I/O 口, 可以满足限位开关以及步进电机驱动器所需输入输出端口需求。

单片机通过 JTAG 口实现程序的仿真与程序下载, 可以在系统上电时, 自动进行系统复位, 故在系统设计中, 采用 10 kΩ 上拉电阻来配置其复位端口。系统通过 UART 串行模块与上位机进行信息交互, 为了配置的便捷, 采用了 11.059 2 M 的外部有源晶振作为系统主时钟。图 2 为具体的 ATMEG16A 主控芯片的配置电路。

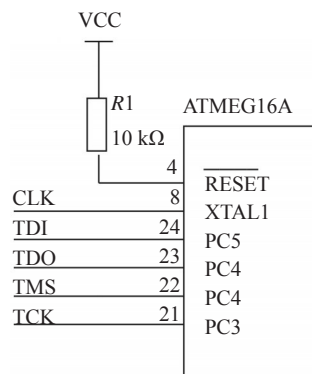


图2 ATMEG16A 的外围电路与时钟配置

1.3 步进电机驱动芯片 L293D 的电路设计

步进电机是一种将离散的电脉冲信号转换成角位移或转速的精密电磁机械装置^[6]。步进电机驱动器采用了美国德州仪器公司的 L293D, 该器件有着独特的 4 个大电流半 H 驱动结构, 这种结构可以在 4.5 ~ 36 V 电压的下提供高达 600 mA 的电流, 它

主要用于驱动直流或者步进电机^[7]。

ATMEG16A 单片机通过发送电脉冲信号控制位移台运动。单位脉冲信号对应的步进电机转角即为步进电机最小的转动量,所对应的平台位移量即为最小位移当量。计算公式如下

$$\Delta l = \frac{\Delta d \times \theta}{360 \times k} \quad (1)$$

式中, Δl 为平移台在单位脉冲下运动的距离; Δd 为螺杆的螺距; θ 为步距角; k 为细分数。在系统中最小位移当量为 $6.25 \mu\text{m}$ 。L293D 电路设计图如图 3 所示。

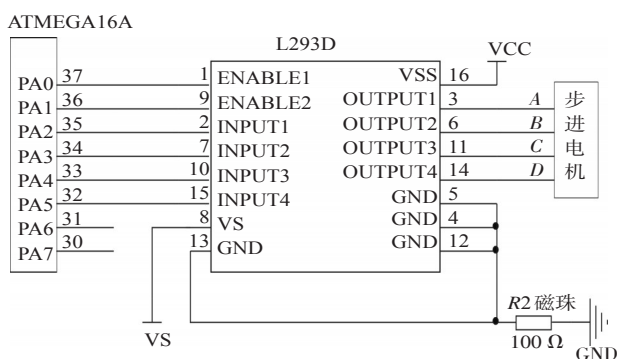


图3 L293D 电路设计图

通过单片机不同的时序控制,步进电机可以有两种工作模式:双四拍全步方式和四相八拍半步方式。图4为步进电机两种控制方式时序图。双四拍全步方式是指步进电机控制器输出的四根(相)线走完四个特定的节拍,并且每个节拍都有两相是1,步进电机才走完一个循环(四步)的方式,如图4a所示。四相八拍半步方式是指步进电机控制器输出的四根(相)线走完八个特定节拍,步进电机才能走完一个循环(四步)的方式,如图4b所示。

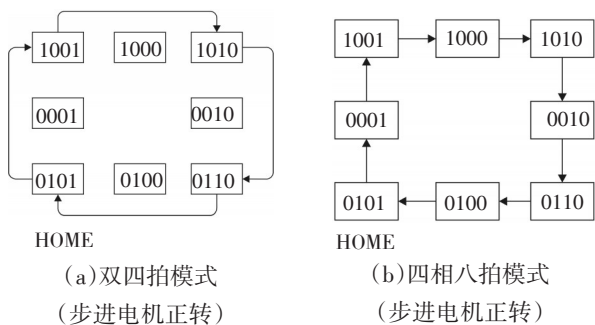


图4 步进电机两种控制方式时序图

因为八拍模式,每走两个节拍步进电机前进一步,相对于双四拍模式每走一拍,步进电机前进一步,八拍模式又称为半步模式。半步模式,能够将步长变为原来的一半,精度增加了一倍,但是最大速度降低了一半,对于半步和全步的工作模式选择,可以根据系统着重点的不同做相应选择。无论是四相八拍半步模式还是双四拍全步模式,按照箭头的指向打拍,步进电机正转,逆向打拍,步进电机反转。在系统中,位移台的精度指标是首先要满足的指标,系统采用了四相八拍半步模式。

1.4 位移台寻零微动开关与 RS422 通信模块的设计

按照系统整体设计,用微动开关作为零位标示,当微动开关按钮被步进电机滑块触碰时,其1、2引脚导通。考虑到系统的兼容性,将微动开关的1引脚接地,位移台滑块触碰微动开关按钮时,2引脚与地联通,将低电平信号传递给单片机的 PBO 引脚。PBO 引脚通过 $10 \text{ k}\Omega$ 电阻上拉,一方面可以增强微动开关驱动能力,另一方面,在系统上电时,PBO 默认为高电平,可以保证只有位移台滑块触碰微动开关的情况下,PBO 才会收到低电平信号。单片机端,将 PBO 端口的下降沿作为中断的触发信号,可以使系统实时监控 PBO 引脚的下降沿,一旦位移台滑块触碰微动开关,单片机即刻将此位置标记为零位。

系统与上位机的信息交互,为了确保远距离的全双工通信,采用 RS422 模块方式,电平转换采用了低功耗的 MAX490ESA 芯片^[8]。系统的寻零开关与通信接口电路设置见图5。

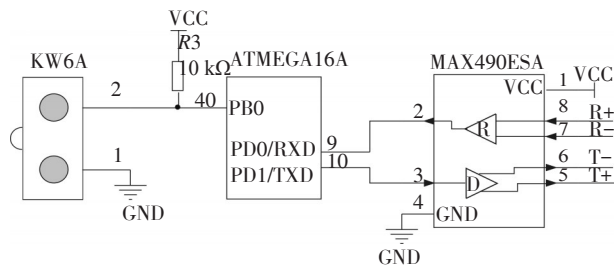


图5 寻零开关与 RS422 通信模块电路图

2 系统软件设计

整个软件程序基于 C 语言编写,按照结构化和

模块化的设计方法完成。软件程序主要包括主程序模块、L293D驱动模块、通信处理模块、限位处理模块四大部分。其中,主程序模块主要完成系统的初始化工作和位移台的寻零工作,通信处理模块主要通过RS422模块完成和上位机的交互工作^[9],包括位移台的目的绝对位置以及查询现阶段位移台所处的绝对位置,限位开关标识了位移台的零位,位移台滑块一旦触碰到限位开关,即表示此时位移台处在绝对位置的零位处。因为位移台的长度是固定的,一旦知道了其零位,最外端位置也即固定,所以,本绝对位置寻址系统即使不在最外端安装外限位,也不会存在系统会超出有效行程的问题。主程序流程如图6所示。

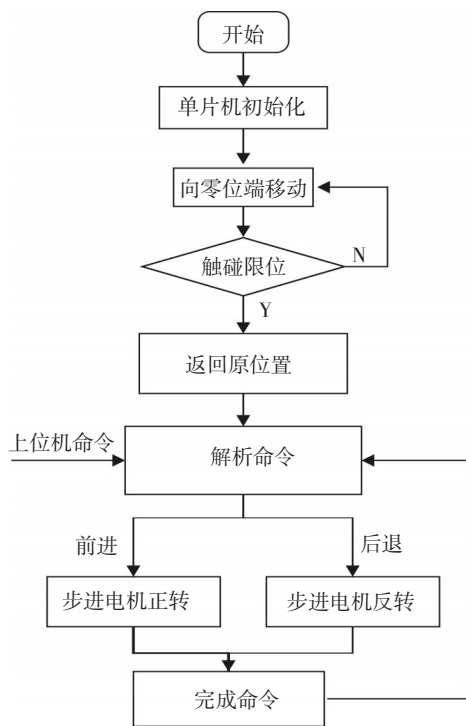


图6 系统软件流程图

系统上电后,上位机完成初始化,将步进电机的控制端口初始化为普通IO口,随即控制步进电机向寻零开关处移动,同时,记录下步进电机的移动步数,直至位移台滑块触碰到限位开关,单片机进入中断,此时的位置即为位移台的零位。单片机根据之前记录的步进电机的移动步数,反方向移动相同步数,位移台滑块即可返回到上电前原位置。之后,单片机等待上位机指令,执行绝对位置寻址命令。

3 测试结果

衡量位移台控制系统的指标主要有重复定位精度和系统累计误差^[10]。

3.1 重复定位精度

为了测试方便,系统重复定位精度的测试方法是位移台从某位置向寻零开关处移动,寻找零位,然后再返回原位置,单片机记录下此时的位置,然后,反复执行此命令。通过每次记录的位置信息差异,得出其重复定位精度。系统重复测试20次,将每次数据绘制成表格,如图7所示。

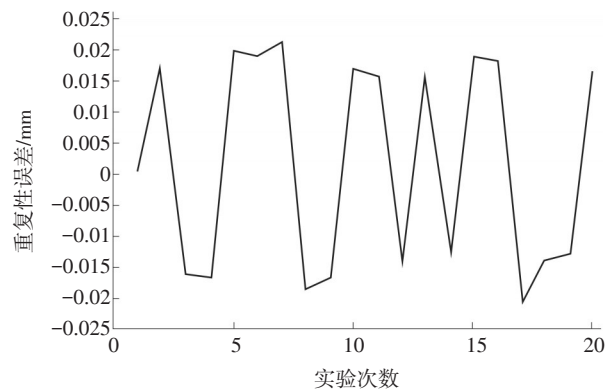


图7 重复性定位精度图像

从图7中可以看出,20次重复定位中,最大系统误差为0.021 mm,满足了系统设计的需求。

3.2 系统误差

运行上位机界面记录平移台运动过程中的残差。平移台使用行程为150 mm,以系统零位置作为起点,将其等分为20个点,利用游标卡尺分别测量不同速度下运动到这20个点时的实际位置。以理论位置与实际位置的差值为纵坐标,以平移台运动位置为横坐标,绘制2 000 Hz/s、5 000 Hz/s、8 000 Hz/s速度下的误差曲线如图8所示。系统误差在三种速度下的均方根值为0.026 1 mm、0.031 5 mm、0.042 1 mm。

由此可分析出系统误差特点如下:

(1) 误差随着位移量的增加而呈近似线性增加。表明系统存在由于位移台的机械滞后导致的累计误差,其误差值控制在1%以内。同时,系统还存在一些随机误差,包括步进电机的丢步、传动轴

扭矩误差等。

(2)在步进电机运行速度不同的情况下,系统误差的绝对值及变化趋势基本相同。

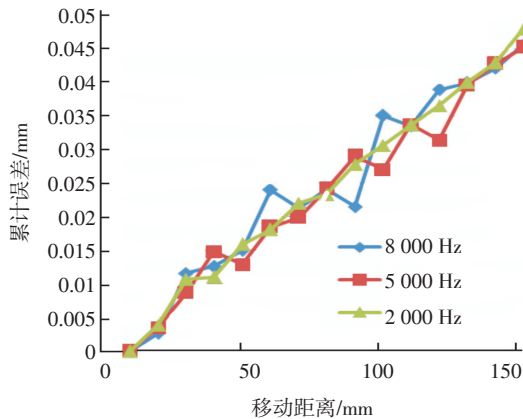


图8 系统误差图像

4 结 论

针对光学位移台的控制要求,设计了一套基于单片机 ATMEG16A 的步进电机驱动控制系统,采用单片机控制具有成本低、体积小、工作可靠的特点,步进电机驱动器采用专用集成芯片 L293D,保证了系统的可靠性。单片机通过上电即寻零的方式,实现了位移台绝对位置寻址的功能,充分满足了光学位移台定位精度高、系统误差小的控制要求。另

外,RS422模块的增加,可以实现位移台的上位机控制,以及位移台实时位置的查询的功能。

参考文献

- [1] 马国利,尹学爱,郭洪岩,等.一种基于光斑操控的光束轴向扫描新方法[J].光电技术应用,2015(2):8-9.
- [2] 李玉虎,梁小雯,戴逸民.利用步进电机控制偏光镜的精确定位[J].电子测量技术,2009,32(5):176-178.
- [3] 张晓娟,陈殿生.假肢接受腔阳模数控加工机床的控制系統研制[J].机床与液压,2010,38(4):71-72.
- [4] BEVERIDE J, WIENE R. Multithreading Applications in Win32[M]. Addison-Wesley Developers Press, 1997: 251-252.
- [5] 赵笑笑.基于模糊理论与常规PID控制的模糊PID控制方法研究[J].山东电力技术,2009(6):54-56+63.
- [6] 王储.一种反射单元不对称规则采样法步进电机控制技术[J].光电技术应用,2016(6):54-55.
- [7] 李文仲,段朝玉.短距离无线数据通信入门与实战[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [8] 华中理工大学电子学教研室.电子技术模拟部分[M].4版.北京:高等教育出版社,2004.
- [9] WANG Yong, LIU Zhi-gang, BO Feng, et al. Design and control of an ultra-precision stage used in grating tiling[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2007, 20(1): 1-4.
- [10] 钱钟泰.系统误差、偶然误差、随机误差和疏忽误差的分类方法[J].仪器仪表学报,1986(4):346-351.

(上接第64页)

参考文献

- [1] 王宏霞,何晨,丁科.基于混沌映射的鲁棒性公开水印[J].软件学报,2004,15(8).
- [2] SUI Ai-fei, LI Zhi, YAO Hui-min. The communication mode of digital watermarking system[J]. Military Communication Technology, 2004, 3(6): 1-4.
- [3] ZHU Bing-lian, WANG Yan-an. Algorithm of blind checking for image watermarks based on LDPC code[J]. Journal of Chongqing University of Technology, 2010, 24(4): 7.
- [4] 孙克辉.混沌保密通信原理与技术[M].北京:清华大学出版社,2015.
- [5] 唐田田,王中训,王岩.LDPC-CM-UEP在数字图像水印技术的应用[J].通信技术,2014,4(446).
- [6] 邓晓衡,廖春龙,朱从旭,等.像素位置与比特双重置乱的图像混沌加密算法[J].通信学报,2014(3):216-223.
- [7] INGEMAR J Cox y, JOE Kilian y, TOM Leighton z, et al. Secure spectrum watermarking for multimedia[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1997, 6 (12): 1673-1687.
- [8] 霍智勇,朱秀昌.基于LDPC码的数字水印技术研究与应用[J].中国图像图形学报,2007,12(11):2018-2026.
- [9] 王昕,袁东风.借助LDPC码提高数字水印鲁棒性[J].计算机工程与科学,2006,28(8).
- [10] 邵丹.彩色图像数字水印技术[D].浙江:浙江大学,2004.