

激光限界检测系统的设计与实现

何帅,高晓蓉,王黎,王泽勇,彭朝勇

(西南交通大学 物理科学与技术学院,四川 成都 610031)

摘要:介绍了一套基于激光测距传感器和 AVR 单片机 ATmega128 的智能化激光限界检测系统的硬件设计方案,并对数据采集、存储电路和旋转扫描机构作出了详细描述,给出了系统主要软件设计流程图。通过对样机的测试实验以及误差分析,结果表明本检测系统能对限界进行精确测量,系统静态误差和随机误差均小于 5mm,并且还具有系统运行稳定、测量时间短、存储容量大、人机交互性好、性价比高等特点。

关键词:限界检测;激光测距;AVR 单片机;步进电机;细分驱动

中图分类号:TP212.14

文献标识码:A

The design and realization of clearance detection system based on laser measurement

HE Shuai, GAO Xiao Rong, WANG Li, WANG Ze Yong, PENG Chao Yong

(College of Physical Science and Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: Based on laser range transducer and AVR single-chip ATmega128, an intelligent clearance detection system is presented in this paper. The hardware scheme of this system is introduced, including detailed information on data acquisition circuit and the structure of rotary scanning. The main software flow charts of this system are given. A prototype is developed of this clearance detection system, the results of experiment and error analysis indicate that both systematic static error and systematic random error are less than 5 mm, which means high precision detection can be performed by this system. In addition, this clearance detecting system also owns the advantages, such as stable operation, detection time saving, large storage capacity, friendly human-machine interface and high performance-cost ratio.

Key words: clearance detection; laser range transducer; AVR single-chip; stepping motor; subdivision driver

限界检测主要是针对轨道交通限界和建筑物室内限界进行的。在长期的使用过程中,由于地质形变、材料腐蚀和老化等因素的影响,导致各类限界发生形变、侵蚀现象,严重威胁到各项作业的安全。为了消除由各类限界带来的安全隐患,相关部门就必须及时掌握限界的变化,而常规的人工限界检测方法存在费时费力并且精度较差等缺点^[1-3]。

对此,本文设计了一种集光、机、电于一体的智能化激光限界检测系统,综合利用 AVR 单片机、激光测距技术和旋转扫描法来完成被测限界剖面轮廓的数据采集,通过数据存储、处理和传输可在 PC 机的上位机软件中实现对当前隧道剖面轮廓的恢复。系统的控制输入键盘和 LCD 显示为用户提供了友好的人机交互界面。

1 系统功能及结构

本系统以 AVR 单片机 ATmega128 为核心控制器,通过 LCD 显示和键盘对检测系统进行操作;在检测模式下由旋转扫描机构带动激光测距光路进行 360°的限界

数据采集和存储;可以通过串口与 PC 通信,完成数据传输;利用上位机图像恢复软件对被测限界剖面进行及时恢复,系统的组成框图如图 1 所示。

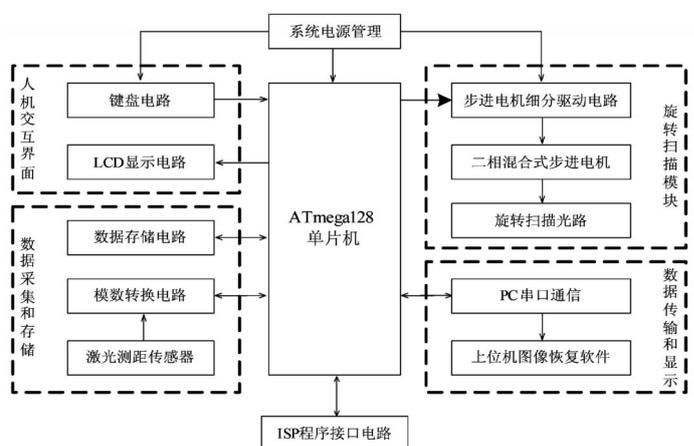


图 1 激光限界检测系统组成框图

2 系统硬件设计

系统的硬件组成主要包括 AVR 单片机核心微控制器、数据采集和存储模块、旋转扫描机构、数据传输和显示模块以及人机交互界面。

2.1 ATmega128 单片机

本设计选用美国 Atmel 公司的低功耗 8 位单片机 ATmega128,其主要特点和功能是:128 KB 的 Flash 存储器,4 KB 的 SRAM,32 个通用寄存器,53 个通用 I/O 接口,4 个带比较模式灵活的定时器/计数器,8 个可设置为 PWM 输出的端口,2 个 USART 接口,8 通道单端或差分输入的 10 位 A/D 转换器,1 个 SPI 接口,1 个兼容 IEEE1149.1 标准的 JTAG 接口^[4]。

2.2 数据采集模块

激光限界检测系统中激光测距传感器的表现性能会直接影响到整个系统的测量精度;同时系统的检测精度与数据采集中所选用的 AD 转换芯片性能直接相关。

本设计中采用 BANNER 公司的 LT3NI 脉冲式激光测距传感器,其测量范围为 0.3m~5m,对应输出为 4mA~20mA 的电流信号,输出更新频率最大能达 1kHz,恰好能满足本系统的需要。由于传感器是电流信号输出,因此采用 240 Ω 精密电阻先将电流信号直接转换为 0~5V 的电压信号。再利用 ANALOG DEVICE 公司的 12 位高精度 AD 转换芯片 AD7992 进行 AD 转换实现被测限界距离的数据采集。数据采集模块接口电路如图 2 所示。

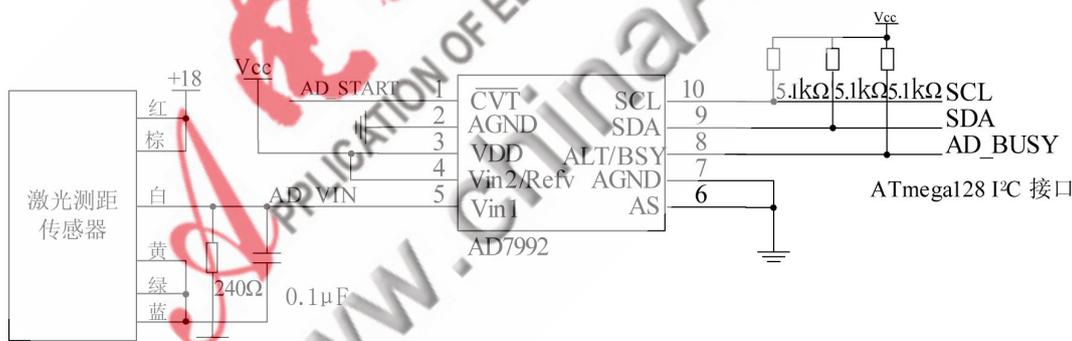


图 2 数据采集接口电路

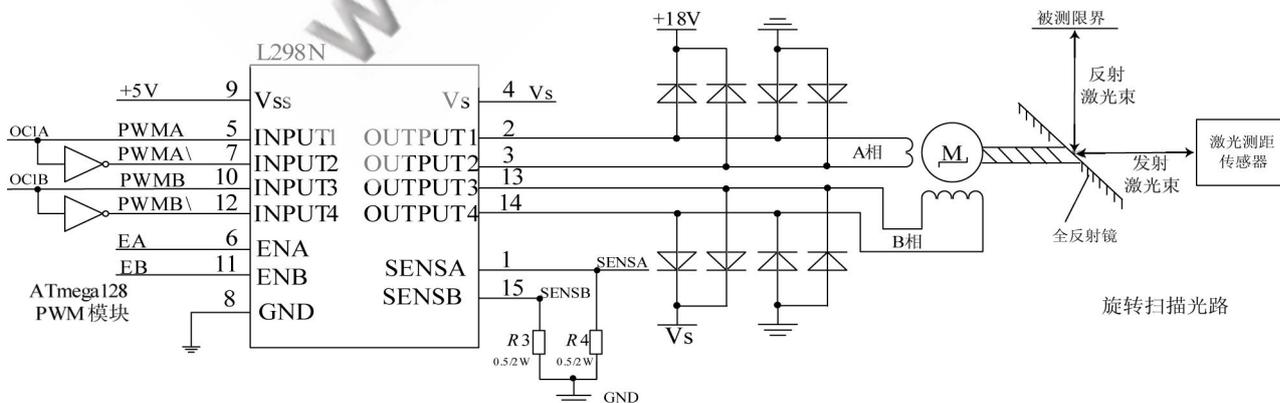


图 3 步进电机细分驱动电路及旋转扫描光路

2.3 旋转扫描机构

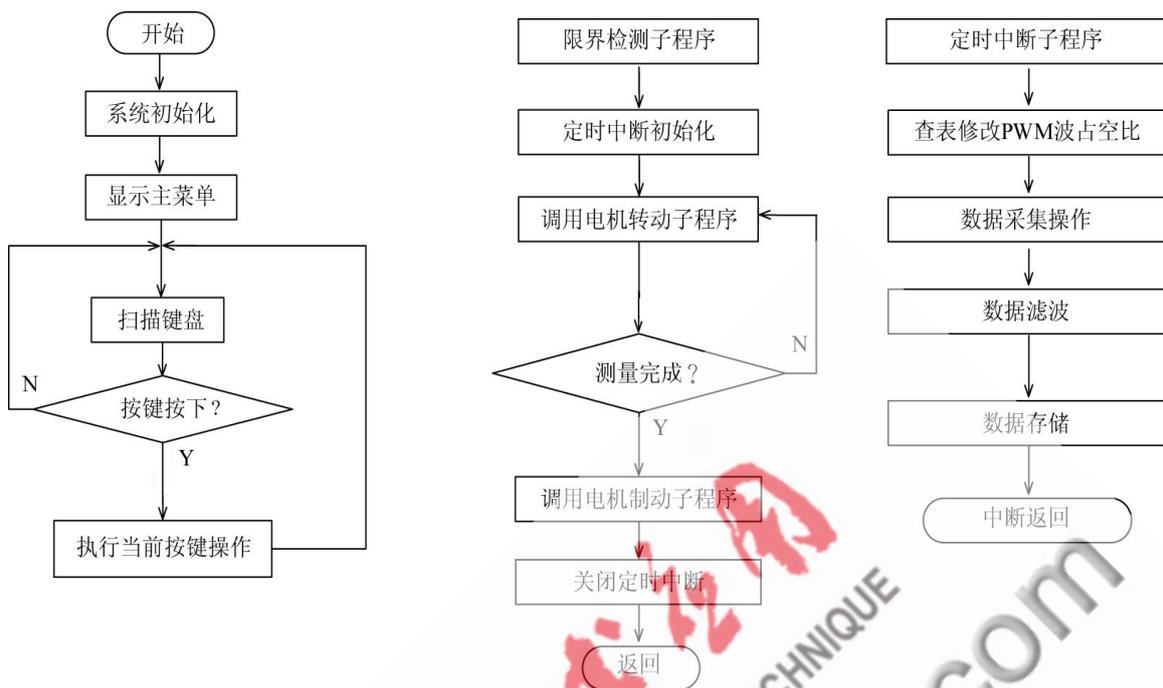
本系统选用二相混合式步进电机带动扫描光路来实现对限界 360° 的扫描检测。使用电流矢量恒幅均匀旋转法,利用单片机内嵌 PWM 模块并结合功率驱动芯片 L298N,实现了步进电机细分驱动,使步距角得到 30。均匀细分(步距角由 1.8° 细分为 0.06°),提高了电机转动的精度和平稳性^[6-7]。图 3 为步进电机细分驱动电路及旋转扫描光路。

2.4 其他硬件电路

(1) 人机交互界面:使用 4 按键小键盘来对系统进行操作,其作用分别为菜单上翻(数值增加)、菜单下翻(数值减少)、输入和返回;选用 128×64 单色 LCD 进行系统功能分级菜单显示,通过人机交互界面可以进行系统参数设置、开始进行检测以及数据操作;

(2) 数据存储:本设计中选用 Atmel 公司的 Flash 存储芯片 AT45DB161D,按页将其存储器容量线性地划分为 102 个存储单元(每个存储单元包括 20 000 B 空间),即总共可存储 102 组检测的数据,可通过 LCD 显示和键盘来选择当前操作的数据组号。

(3) 通信模块:利用单片机内嵌 UART 串口将存储器中的数据分组发送到上位机,通过握手协议来确定该组数据是否正常发送和接收,以后利用系统专用图像恢复软件进行限界断面的恢复,从中可看出被测限界的实际情况。



(a)系统主要程序流程图

(b)限界检测程序流程图

(c)中断服务程序

图4 系统主要软件设计流程图

3 系统软件设计

系统软件控制程序包括主程序、菜单子程序和中断服务程序。系统主要软件设计流程图如图4所示。

限界检测程序是本系统的核心,由开始检测子程序和中断服务子程序共同协作完成。

4 系统实验及误差分析

本限界检测系统已形成了样机,系统所有测试实验均由本样机完成。

4.1 限界检测系统实验

利用本检测系统对房屋室内限界分别进行了5次重复测量(包括一次反行程测试),每次检测点数为9 000点,图5为其中一次检测到的房屋内限界剖面轮廓图形。从图中可看出该房屋右侧地面及墙壁整体偏下垂(正下方测量盲区是由于三脚架的遮挡,左上方离散点是窗轨遮挡而导致,正上方离散点是由于旋转扫描模块的机械部件遮挡了部分测量反射光而造成的)。

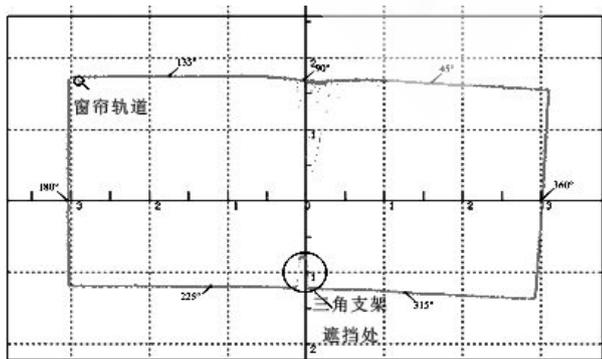


图5 房屋室内限界检测结果(9 000个采样点)

4.2 误差分析

选取角度不同的8个被测限界点作为测量特征点,在5次重复测量中,根据每个特征点测得的距离值(即从光源到特征点间的距离)来分析系统的测量误差,结果如表1所示。

表1 系统测量实验数据表

角度/°	45	90	135	180	225	270	315	360
1	292.86	176.68	59.75	181.04	302.78	270.92	191.11	264.45
2	292.86	176.53	59.14	180.44	303.53	271.07	191.46	264.31
3	291.96	176.98	59.90	180.74	303.38	270.62	192.22	263.25
4	291.89	177.36	60.12	181.12	303.93	271.12	192.31	263.75
5	292.79	177.21	60.72	181.73	303.93	270.82	191.55	263.59
平均值/cm	292.47	176.95	59.93	181.01	303.51	270.91	191.73	263.87
标准差/cm	0.4479	0.3117	0.5133	0.4311	0.4250	0.1800	0.4618	0.4488

根据以上实际测量数据,分别从系统静态误差和随机误差两个方面来进行误差分析。其中系统静态误差分别从滞后性和线性度来考虑,而系统随机误差取决于系统的重复性^[8]。

4.2.1 系统静态误差

(1) 系统滞后性

表1中,第一组和第二组数据分别为正、反行程各个特殊点到光源的测量距离值,从中可计算得出系统的滞后为:

$$e_H = \frac{\Delta H_{max}}{y_{FS}} \times 100\% = \frac{0.7515}{508.69} \times 100\% = 0.1477\% \quad (1)$$

应用奇葩

Example of Application

其中 ΔH_{max} 为正反行程输出最大差值, y_{FS} 为满量程输出距离值 (508.68cm)。

(2) 线性度

在系统测量前首先对激光测距传感器进行标定, 利用最小二乘法求出实际距离值 y (cm) 与 AD 转换后数据 x 的拟合直线:

$$y=0.1503x-106.7857 \quad (2)$$

其中 x 的变化范围为 0~4095 (无量纲)。

利用第 1、3、4、5 组数据来进行线性误差分析, 系统线性度为:

$$e_L = \pm \frac{\Delta L_{max}}{y_{FS}} \times 100\% = \pm \frac{0.794}{508.69} \times 100\% = \pm 0.156\% \quad (3)$$

其中 ΔL_{max} 为实际测得距离值与拟合直线间的最大偏差。

从式(1)和式(3)可计算出本系统的静态误差为:

$$\begin{aligned} e_s &= \pm \frac{(\Delta y)_{max} + \alpha\sigma}{y_{FS}} \times 100\% \\ &= \pm \frac{0.00156 + 2 \times 0.5133}{508.69} = \pm 0.2021\% \quad (4) \end{aligned}$$

其中 $(\Delta y)_{max}$ 为系统误差的极限值。

4.2.2 系统随机误差

利用第 1、3、4、5 组数据进行重复性分析, 系统重复性 e_R 为:

$$e_R = \pm \frac{\alpha\sigma_{max}}{y_{FS}} \times 100\% = \pm \frac{2 \times 0.5133}{508.69} = \pm 0.2018\% \quad (5)$$

其中 x 为置信系数, 取为 2; σ_{max} 为测量值的最大标准偏差, 由表 1 可直接得到。

结果表明, 本限界检测系统整体静态误差 e_s 为 $\pm 0.2021\%$, 由重复性可知道系统的随机误差最大为 $\pm 0.2018\%$ 。因此本限界检测系统平均测量误差和随机误差均能够控制在 5 mm 以内。

样机实验的误差分析结果表明: 本激光限界检测系统具有精度高、重复性好、自动化程度高、测量时间短、性价比高等优点, 可广泛用于轨道交通限界以及建筑物室内限界的检测。

参考文献

- [1] 杨凤春, 吴旺青, 于国丞. 激光扫描在轨道限界检测中的应用 [J]. 现代城市轨道交通, 2007, (2): 31-32.
- [2] 李元军, 陈昭明. 便携式线路限界检测仪的设计和实现 [J]. 铁道技术监督, 2005, (6): 38-39.
- [3] 余祖俊, 朱力强, 赵洁婷. 轨道交通线路全断面车载式动态检测系统研究 [J]. 北京交通大学学报, 2007, 31(6): 1-5.
- [4] Atmel Corporation. The datasheet of ATmega128 [EB]. <http://www.atmel.com>, 2004.
- [5] Analog Devices, Inc. The datasheet of AD7992 [EB]. <http://www.analog.com>, 2005.
- [6] 王辉堂, 颜自勇, 陈文芄. 基于带 PWM 模块单片机的步进电机细分驱动技术 [J]. 国外电子测量技术, 2007, 26(3): 9-11.
- [7] 黄将军, 甘明. 两相混合式步进电机 PWM 细分驱动器设计 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2007, (11): 52-55.
- [8] 高晓蓉. 传感器技术 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2003.

(收稿日期: 2009-06-30)

作者简介:

何帅, 男, 1985 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 光电检测与信息处理。

高晓蓉, 女, 1969 年生, 教授, 主要研究方向: 光电子学、光电检测技术。

王黎, 男, 1959 年生, 博士生导师, 主要研究方向: 光电子学、光电检测技术。

飞思卡尔力推最新 MZ 系列微控制器, 中国国网电表的最佳选择 完整的单相表参考设计让工程师的开发如虎添翼

2010 年 1 月 14 日, 北京--智能电网作为下一代电网的发展模式, 在全球范围内已获得广泛关注, 世界各政府和企业对于建立智能电网来改进电能分配和节约电能的需求不断增大。作为全球规模领先的电力公司, 中国国家电网公司("中国国网")对智能电网进行了全新的规划。伴随中国国网新标准的推出, 飞思卡尔半导体因应市场需求推出专供中国国网应用的新一代智能微控制器(MCU)MZ 系列。这一系列 MCU 具备低成本和价格竞争力, 可实现灵活解决方案, 飞思卡尔同时提供创新、便捷的参考设计, 帮助开发人员设计出符合中国国网新标准的最佳方案。

(飞思卡尔半导体提供提供)