

精确车辙检测系统的研究与开发

王建锋¹, 马 建¹, 马荣贵², 韩 毅¹

(1 长安大学 汽车学院, 陕西 西安 710064; 2 长安大学 信息工程学院, 陕西 西安 710064)

摘 要: 提出了一种基于多激光位移传感器的车辙检测方法并开发了相应的检测系统. 该系统的下位机采用 CPLD 芯片为线阵 CCD 产生驱动信号, 采用 51 系列单片机并配合 FPGA 来完成 CCD 数据的读取, 然后驱动网络芯片, 将采集到的数据按照 UDP 协议发送给上位机进行车辙的实时检测. 通过实测结果证明, 该方法可以测量整个车道的车辙断面, 检测精度高, 检测速度快.

关键词: 车辙; 激光位移传感器; CCD; FPGA; UDP

中图分类号: TP319

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)02-0175-03

Research and Development of Detection System for Road Rut

WANG Jian-feng¹, MA Jian¹, MA Rong-gui², HAN Yi¹

(1 School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, China;

2 School of Information Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: In order to provide accurate road rut data, a measurement method with multi-laser-displacement-sensors is presented. CPLD chip generate signals for linear CCD, using 51 series microcontroller and the FPGA to complete the CCD data reading, and then drive the network chips, the data in accordance with UDP protocol to send to the host computer to Rutting real-time detection. The test results show that the method can measure the shape of the entire lane of the road surface, detection of high accuracy, fast detection.

Key words: road rut; laser displacement; CCD; FPGA; UDP

1 引言

车辙作为路面质量检测和养护管理中的一项重要指标, 长期以来由于中国缺少相应的高效检测设备, 同时国外的检测设备又价格昂贵, 所以该指标一直未作为道路检测规范中的必检项目^[1]. 随着中国交通运输事业的快速发展, 对高速公路的性能提出了更高的要求. 这就迫切需要对道路车辙给出客观的检测, 以便科学地指导路面竣工验收和正常维护.

目前, 国内已引进的车辙检测设备, 采用在横断面方向上布置 3 个、5 个或 9 个等激光位移传感器或多个超声探头进行检测^[2-3]. 由于在横向范围内探头少, 车辙精度难于保证, 通过分析车辙检测原理,

提出了一种基于多路激光位移传感器的路面检测方法, 给出了车辙计算方法. 采用 UDP 协议数据的高速实时传输, 可以测量横向 3750mm 宽范围内的车辙分布, 提高了车辙检测结果的可信度, 完全能够满足车辙检测的需要.

2 检测原理

通过安装在刚性梁上的多路激光位移传感器测量路面的横断面相对高程检测横断面时, 每个横断面检测过程中检测横梁须保持统一的测量基准, 但实际测量中由于振动的影响, 检测横梁一直绕理想检测基准振动^[4-6]. 如图 1 所示.

设基准面横断面曲线 T 的方程为:

收稿日期: 2010-01-11; **修回日期:** 2010-03-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(50908020); 国家西部交通建设科技项目(200431881213); 陕西省自然科学基金项目(SJ08E215)

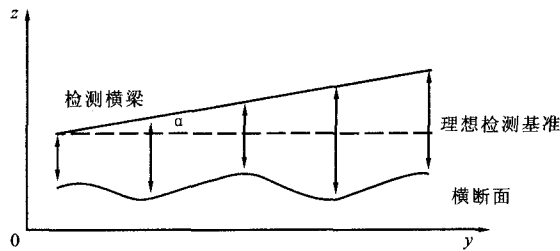


图1 检测横梁倾斜时的横断面检测状态

$$T_i = f(y) =$$

$$\{(x_i, y_1, z_{i1})(x_i, y_2, z_{i2}) \cdots (x_i, y_m, z_{im})\} \quad (1)$$

则由于检测横梁振动,测得横断面曲线 T'_i 为

$$T'_i = T_i + \tan\alpha * y_i + b_i = \{(x_i, y_1, z'_{i1})(x_i, y_2, z'_{i2}) \cdots (x_i, y_m, z'_{im})\} \quad (2)$$

式中, α 表示横梁相对于理想检测基准的倾角, b 表示横梁相对于理想基准的截距. 要想得到横断面, 必须求出 α 和 b . 通常采用线性矫正法得到路面的横断面. 将检测得到横断面数据 (y_i, z_{im}) 带入直线方程

$$z'_{ij} = \tan\alpha_i * y_j + b_i \quad (3)$$

得到

$$\begin{cases} z'_{i1} = \tan\alpha_i * y_1 + b_i \\ z'_{i2} = \tan\alpha_i * y_2 + b_i \\ \dots \\ z'_{im} = \tan\alpha_i * y_m + b_i \end{cases} \quad (4)$$

通过最小二乘法得到 α 和 b . 带入式(2)得

$$T'' = T' - (\tan\alpha * y + b) \quad (5)$$

由式(5)即可准确计算横断面的车辙.

3 检测系统整体结构

开发的激光位移传感器采用线阵 CCD 作为光电接收器, 检测系统采用上下位机配合来完成多路激光位移传感器数据的采集. 下位机采用 CPLD 芯片为线阵 CCD 产生驱动信号, 采用 51 系列单片机

并配合 FPGA 来完成 CCD 数据的读取, 然后驱动网络芯片, 将采集到的数据按照 UDP 协议发送给上位机, 集成采集传输整体结构如图 2 所示.

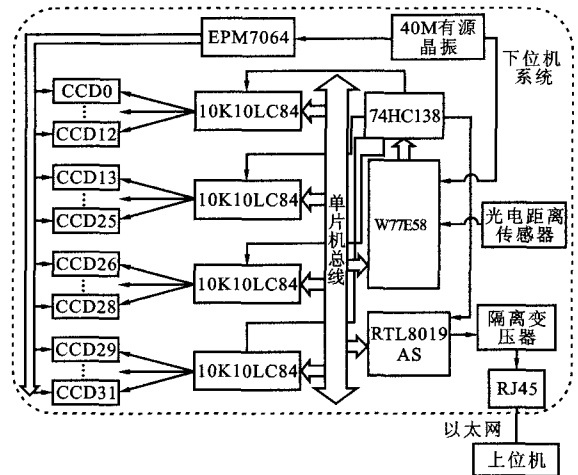


图2 检测系统采集传输整体结构示意图

3.1 多路 CCD 信号的同步处理

在选择 CCD 芯片时考虑到性能和成本的问题, 使用线阵 CCD-TCD1208 芯片作为光电接收器, 其引脚如图 3 所示. 该芯片有 2160 个有效像素单元, 像元尺寸及间距为 $14\mu\text{m} \times 14\mu\text{m}$, 单 5V 供电, F_{rs} 可以达到 2MHz, 共需要四个 5V 的输入驱动时钟 ($\Phi 1$ 、 $\Phi 2$ 、SH 和 RS), 相关时序如图 3 所示, 其中 SH 是转移脉冲, $\Phi 1$ 、 $\Phi 2$ 是相时钟, RS 是输出单元的复位脉冲, OS 是采样信号输出. 在 SH 脉冲正跳变的作用下, CCD 光敏单元内的电荷信号转移到各自的寄存器中, 接着在相时钟 $\Phi 1$ 、 $\Phi 2$ 的作用下从 OS 信号输出. 从 SH 正跳变开始的第 40 个脉冲(首先输出 13 个哑元, 再输出 27 个暗信号)以后是有效的 2160 个光敏信号, 输出的信号的大小与入射光的光强及光照时间成正比关系, 其后输出 9 个暗信号,

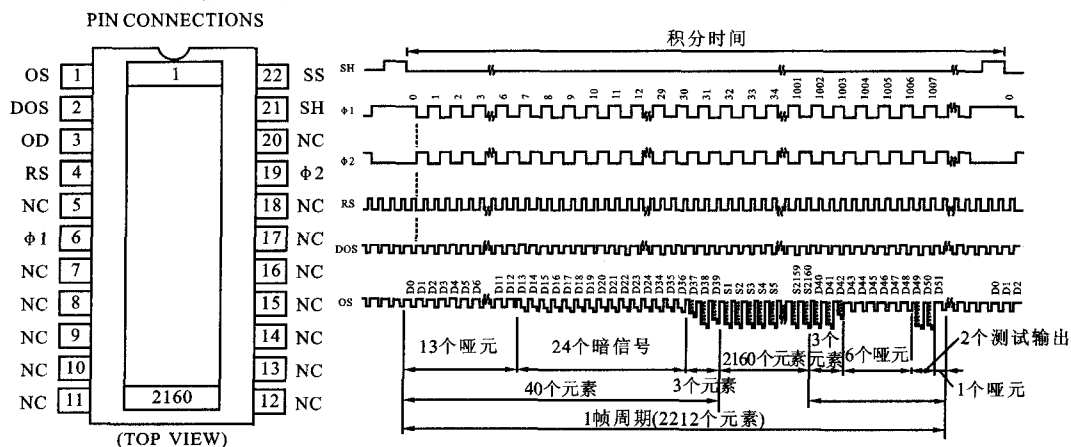


图3 线阵 CCD-TCD1208 芯片引脚与时序图

Ma5 和 Ma6 的源端电位,以调节 Ma7 和 Ma8 的栅极电位。

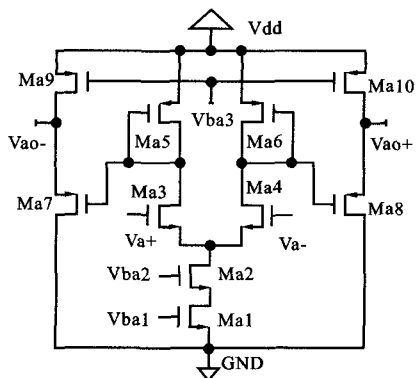


图 5 辅助运算放大器 A 的实现

4 模拟结果和讨论

图 4 中偏置电压 V_{b1} 和 V_{b2} 的实现方法与文献[5]类似。共模反馈电路的实现采用开关电容电路结构与文献[6]相同。在式(9)中,用模拟结果所得的晶体管的宽长比来计算的结果是 $A \leq 3.6$,而模拟结果中 $A \leq 1.8$ 可以得到最大的直流增益。在优化过程中,直流增益对 Ma3 和 Ma4 的宽度十分敏感,因此,在版图设计中,需要细心设计。

本电路在 $0.25 \mu\text{m}$ CMOS 工艺下进行模拟。电源电压为 2.5 V,模拟的频率响应曲线如图 6 所示。

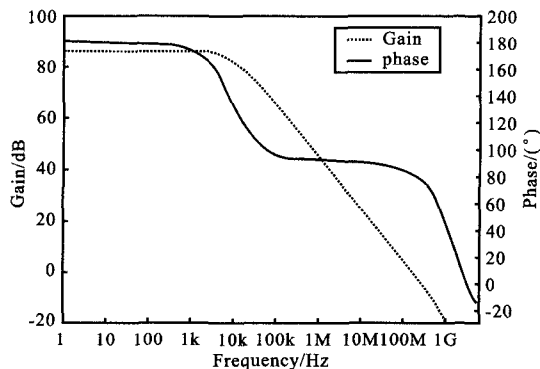


图 6 开环频率响应特性

在 0.5 pF 电容负载下,直流增益为 86 dB、单位增益带宽 200 MHz、相位裕度为 80° 。

5 结束语

基于层叠结构的负电阻技术,文中提出了一种增益增强的全差分运算放大器结构,模拟结果显示在 0.5 pF 电容负载下,直流增益为 86 dB、单位增益带宽 200 MHz、相位裕度为 80° 。可用于基于短沟道器件的 A/D 转换器等模拟电路的设计应用之中。

参考文献:

- [1] Razavi B. Design of analog CMOS integrated circuits [M]. Boston: McGraw-Hill, 2001: 254-257.
- [2] 柳逊, 闫娜, 吴晓铁, 等. 一种高性能运算放大器的设计[J]. 微电子学与计算机, 2005, 22(6): 28-33.
- [3] 林平分, 周钢. 超过 100 dB SFDR 的 1.2 V 14 位 20 M 采样保持放大器[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(12): 92-95.
- [4] Allstot D J. A precision variable supply CMOS comparator[J]. IEEE JSSC, 1982, SC-17(6): 1080-1087.
- [5] Yan J, Geiger R L. A negative conductance voltage gain enhancement technique for low voltage high speed CMOS opamp design[C]//Pro of the 43rd IEEE Midwest Symposium on Circuits and Systems, Lansing, MI, USA. 2000: 502-505.
- [6] Shahjerdi D, Hekmatshoar B, Talaie M, et al. A fast settling, high DC gain, low power OPAMP design for high resolution, high speed A/D converters[C]//Pro of the 15th Int Conf on Microelectronics, Cairo, Egypt. 2003: 207-210.

作者简介:

何红宇 男, (1980-), 博士研究生, 讲师. 研究方向为半导体器件模型和集成电路设计。

郑学仁 男, (1946-), 教授, 博士生导师. 研究方向为器件模型与集成电路仿真验证。

(上接第 177 页)

- [4] 马荣贵. 路面三维检测系统原理及方法研究[D]. 西安: 长安大学信息工程学院, 2008.
- [5] Liu Chiu, Robert Herman. Road profiles, vehicle dynamics and human judgment of serviceability of roads spectral frequency domain analysis [J]. Journal of Transportation Engineering, 1998, 124(2): 106-111.
- [6] 马建, 宋宏勋. 高速公路养护质量激光检测技术及应用[J]. 筑路机械与施工机械化, 2005, 22(6): 1-4.
- [7] 董惠, 卫铭斐, 薛航, 等. 基于 FPGA 的 FFT 处理器的设计

与仿真[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(11): 117-118.

- [8] 唐俊. 基于 FPGA 和 DSP 的瞬态测量系统的设计[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(12): 149-150.

作者简介:

王建锋 男, (1984-), 博士研究生. 研究方向为车载检测设备开发等。

马建 男, (1957-), 教授. 研究方向为智能车辆研究等。

马荣贵 男, (1967-), 教授. 研究方向为智能测控技术等。