

# 基于激光传感器的车辆超高检测系统研究

郭荣庆, 孙家永, 许世维, 王旭, 焦磊

长安大学汽车学院, 西安 710064

**摘要** 基于激光传感器,设计了一种车辆超高检测系统。该系统运用发射传感器阵列和接收传感器阵列形成激光光幕,通过判断传感器是否被遮挡,可以精确地检测车辆具体超高高度。针对日光、强光干扰现象,在硬件电路设计方面,采用光调制与光解调处理方法。光调制与解调方法使激光信号变成离散信号,可有效解决自然光中连续光信号的干扰现象。软件设计方面采用 Freescale MC9S12DG128 单片机对发射信号进行控制,对接收信号进行处理,程序简单易行,执行效率高。该超高检测系统采用激光传感器,抗干扰能力强,测量精度高,能够实现车辆高度动态测量,检测时车辆速度可达 30km/h,测量精度高、检测效率高,并且可以测量镂空物体高度。在实际检测实验中,该检测系统检测精度可达 5cm,检测范围 4~6m。该系统可以广泛应用于城市道路和高速公路车辆超高检测站,以减少大货车卡桥、撞桥事故的发生。

**关键词** 车辆超高;激光传感器;检测;单片机

**中图分类号** U491.8

**文献标识码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.08.010

## Detection System for Ultrahigh Vehicle Based on Laser Sensor

GUO Rongqing, SUN Jiayong, XU Shiwei, WANG Xu, JIAO Lei

School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, China

**Abstract** A detection system for ultrahigh vehicle is designed based on laser sensor. A laser screen is formed through emission sensors and receiving sensors, and the exact height of ultrahigh parts can be measured by judging whether the signals of the sensors are blocked. Optical modulation and optical demodulation are adopted for the design of hardware circuit in view of the interference of sunlight and strong light, to turn the laser signals into discrete signals. In this way, the problems of the interference of continuous light signals in nature can be solved effectively. In the software design, the Freescale MC9S12DG128 singlechip is used to control the emission signal and process the received signal, with a simple but very efficient program. Laser sensors are used in this detection system due to the strong anti-interference ability and the high accuracy to achieve dynamic measurement of vehicle height. The vehicle speed can be as high as 40km/h, and the system not only enjoys high measurement accuracy and high detection efficiency, but also can measure the height of hollow objects. In the actual detection experiment, the accuracy of the system can reach 5cm and, the detection range can be from 4m to 6m. The system is widely used in urban roads and highways to prevent large trucks from blocking in bridges or colliding with bridges.

**Keywords** ultrahigh vehicle; laser sensor; detection; singlechip

### 0 引言

随着现代交通多元化的发展,立交桥、高架桥、人行天桥、隧道等交通设施日益增多,这些新型交通设施在提高交通运输能力、改善交通结构的同时,使道路拓扑结构更加复杂,给交通安全带来了隐患<sup>[1]</sup>。据统计,大货车的卡桥、撞桥事故发生率呈明显增长趋势<sup>[2]</sup>。因此,车辆高度的检测成为交通管理部门的重要职责之一。

目前,国内交通管理部门普遍采用的车辆超高检测方法是人工目测标杆法<sup>[3-4]</sup>,该方法通过肉眼直接读取标尺的测量高度,检测精度低、误差大、工作效率低。曾见开发出基于红外传感器的红外光幕超高检测系统和基于激光传感器的单线超高检测系统<sup>[5]</sup>,但这两种超高检测系统都存在一定的缺点和不足。由于红外光的散射特性,红外光幕超高检测系统在高精度测量时算法复杂,无法实现高精度测量,且无法测

收稿日期:2010-12-15;修回日期:2011-02-15

作者简介:郭荣庆,高级工程师,研究方向为汽车试验、电动汽车,电子信箱:guorq@chd.edu.cn

量镂空物体高度。激光单线超高检测系统存在检测范围小、检测精度低、无法精确检测车辆超高高度等缺点<sup>[6-8]</sup>。基于以上原因,国内超限检测站很少采用这两种设备。

本文设计了一种基于激光传感器的车辆超高检测系统。该系统在硬件结构设计方面运用发射传感器阵列和接收传感器阵列形成激光光幕,在硬件电路设计方面采用了光调制与光解调处理方法。

### 1 系统硬件设计

车辆超高检测系统结构框图如图 1 所示。该系统主要由发射模块与接收模块两部分构成。发射模块主要包括发送信号控制单片机、激光发射传感器阵列、光信号调制电路、电源模块。接收模块主要包括接收信号处理单片机、激光接收传感器阵列、光信号解调电路、电源模块。

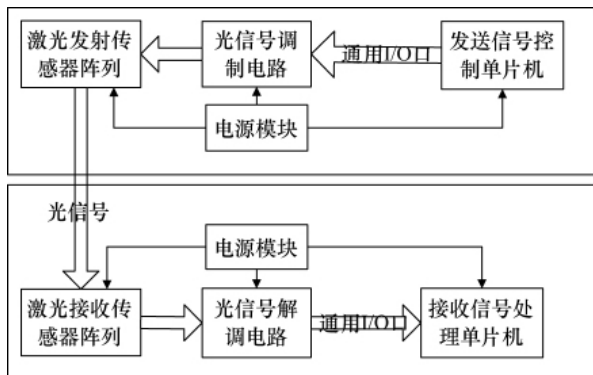


图 1 车辆超高检测系统结构  
Fig. 1 Detection system for ultrahigh vehicle

#### 1.1 光信号调制电路设计

虽然激光的光散性很小,可以实现高精度测量<sup>[9]</sup>,但是日光、强光会对接收端的信号接收造成很强的干扰。日光中含有各种频段的光,对于激光接收管而言也是一种可接收的信号,对正常的激光发射信号造成干扰。当日光强度过大时,造成激光发射信号淹没,从而导致测量结果错误。考虑到日光信号是连续信号,故采用光信号离散调制的方法将激光发射信号离散,以解决日光干扰问题。在信号调制电路的设计方面,采用由 555 定时器构成的多谐振荡器对光发射信号进行调制。光信号调制电路图如图 2 所示。

#### 1.2 光信号解调电路设计

接收传感器接收到的激光信号,采用单片机进行处理。由于单片机无法直接识别经过光调制电路处理后的激光信号<sup>[10]</sup>,故需要采用相应的信号处理电路将接收到的调制信号解调成可以被单片机识别的电信号。在信号解调电路的设计方面,采用由 555 定时器构成的单稳态触发器及低通滤波器对调制信号进行解调。光信号解调电路图如图 3 所示。

#### 1.3 抗日光干扰原理分析

自然界的日光、强光对激光信号接收构成很大干扰<sup>[11]</sup>,影

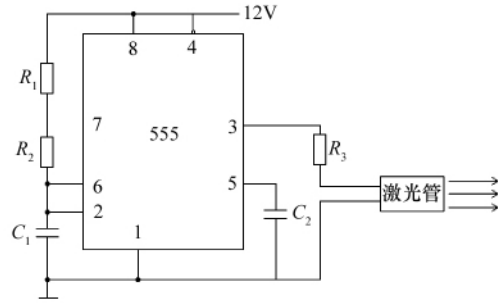


图 2 光信号调制电路  
Fig. 2 Optical signal modulation circuit

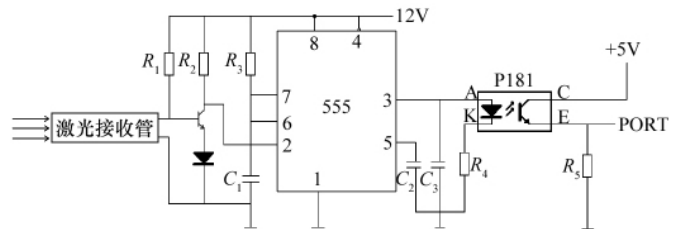


图 3 光信号解调电路  
Fig. 3 Optical signal demodulation circuit

响检测精度,因此采用多谐振荡器对光信号进行调制,采用单稳态触发器对调制信号进行解调,使车辆超高检测系统能够适用于复杂的环境。调制信号与解调信号波形如图 4 所示。

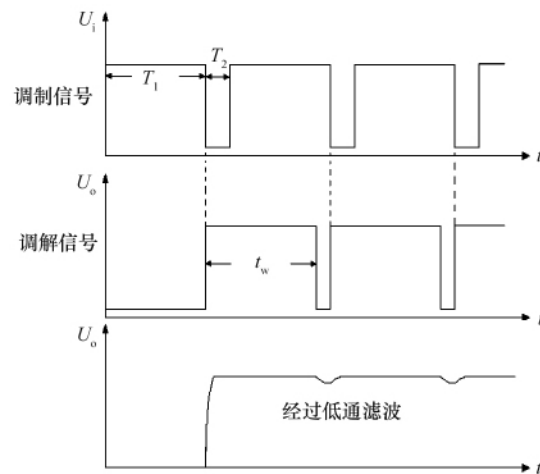


图 4 调制信号与解调信号波形  
Fig. 4 Modulation signal and demodulation signal waveform

在对光信号进行调制时,为了满足解调信号要求,在振荡器的输出波形上采用高、低电平持续时间极差离散的方式实现,即  $T_2 \ll T_1$ 。  $T_1$  的计算公式为

$$T_1 = 0.7(R_1 + R_2)C_1 \quad (1)$$

$$T_2 = 0.7R_2C_1 \quad (2)$$

在光解调电路中采用单稳态触发器,只有当触发脉冲  $T_2$

下降沿来临时,单稳态触发器才会输出高电平。对于连续的日光、强光,不会输出高电平<sup>[2]</sup>,从而起抗日光干扰的作用。单稳态触发器触发的条件应满足  $T_2 \ll t_w, t_w$  的计算公式为

$$t_w = 1.1R_3C_1 \quad (3)$$

由于解调后单稳态触发器输出的仍为离散信号,通过低通滤波器将输出信号变为直流稳态信号并输出,此时该信号可以被单片机识别处理。

## 2 系统软件设计

### 2.1 激光光幕法检测原理

激光具有单色性好、相干性好、方向性好等普通光源所不可比拟的特性<sup>[13-15]</sup>,本文运用激光传感器阵列形成激光光幕实现对高度的检测,激光光幕原理如图 5 所示。激光发射传感器和激光接收传感器采用垂直安装方式,发射传感器发射经光调制电路处理的激光信号,接收传感器对激光信号进行接收,接收信号经过解调处理和电平处理后由单片机输入相应的端口读入。

当有超高车辆通过时,该超高检测系统通过判断发射传感器是否被遮挡,可以精确检测车辆高度。当单片机接收到的信号为高电平时,则对应的发射传感器未被遮挡,当接收到的信号为低电平时,则对应的发射传感器被遮挡,从而完成对车辆高度的测量。车辆超高检测原理如图 6 所示。

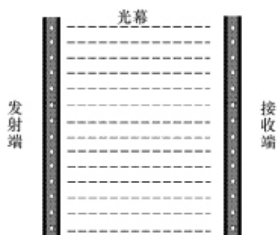


图 5 激光光幕原理示意图  
Fig. 5 Schematic diagram of laser screen

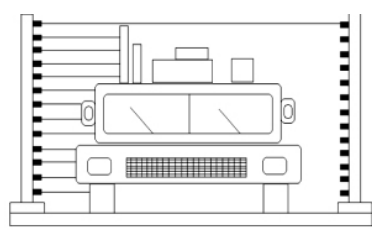


图 6 车辆超高检测原理示意图  
Fig. 6 Schematic diagram of detection of ultrahigh vehicle

### 2.2 高度测量算法

自上而下计算被遮挡传感器的管号可以精确计算遮挡物的高度。由于激光的聚光性好,不存在信号交叠干扰问题,测量精度取决于传感器垂直方向的布置间距,在要求测量范围内,传感器数量越多,检测精度越高。在程序中,通过判断是否有车通过和是否通过完毕,可以实现车辆和不规则物体的动态测量。接收信号处理控制程序流程如图 7 所示。

车辆通过完毕后,系统判断出车辆的最高高度。该算法采用自上而下的判断方法来实现,通过判断被遮挡的最高位置传感器编号 number,根据计算公式就可以精确计算出物体的最高高度 real\_height

$$real\_height = height - error * number \quad (4)$$

其中, height 为最高位置传感器的高度, error 为传感器之间的

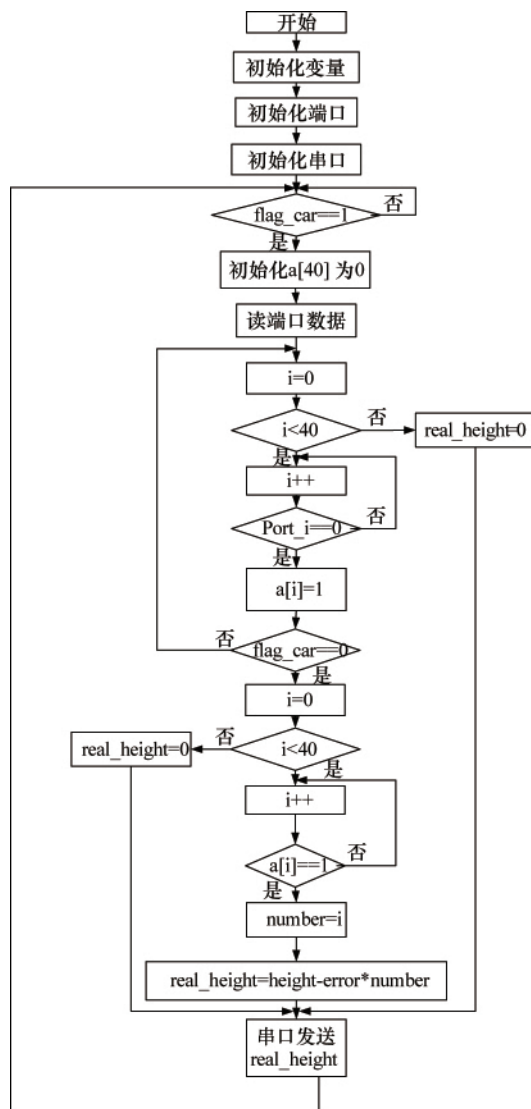


图 7 接收信号处理控制程序流程  
Fig. 7 Flow chart of processing control program for received signals

间距,该值决定了测量的最大误差。采用这种测量方法,可以动态测量运动物体的高度,并且可以测量镂空物体的高度,测量误差由传感器之间的距离决定,可以通过缩小间距、增加传感器密度提高测量精度。

## 3 结论

从提高测量精度出发,运用发射传感器阵列和接收传感器阵列形成激光光幕的检测方法。针对抗日光干扰问题,提出了光信号调制与解调方案。运用激光光幕检测方法不但可以检测车辆是否超高,而且可以精确测量超高高度。光调制与解调方法使激光信号变成离散信号,有效抵御了自然光中连续光信号的干扰。

该激光传感器的车辆超高检测系统结构简单,程序易于实现,检测范围广,检测精度高,可以对镂空物体进行测量,

能实现车辆动态高速检测,工作效率高。采用该系统对货车车高进行检测实验,该系统传感器间距为 5cm,安装高度范围为 4~6m,因此可以实现车辆 4~6m 的高度检测,检测精度可达 5cm,检测时通过车速可达 30km/h。

### 参考文献 (References)

- [1] 郑秀霞. 激光车辆限高仪的研究和设计[D]. 上海: 同济大学, 2007.  
Zheng Xiuxia. Research and design of laser height-limiting instrument for vehicles[D]. Shanghai: Tongji University, 2007.
- [2] 王军华, 叶晓彦. 立交桥试用激光防撞预警系统 [N]. 北京晚报, 2007-07-31.  
Wang Junhua, Ye Xiaoyan. Application of laser collision avoidance system for viaduct[N]. Beijing Evening, 2007-07-31.
- [3] 杨德麟. 红外测距仪原理及检测[M]. 北京: 测绘出版社, 1989.  
Yang Deling. Principle and testing of infrared range finder [M]. Beijing: Surveying and Mapping Press, 1989.
- [4] 张谷川, 陈忠良, 陈钰清, 等. 超高车辆检测及电车识别系统 [J]. 仪器仪表学报, 1998, 19(5): 515-519.  
Zhang Guchuan, Chen Zhongliang, Chen Yuqing, et al. Chinese Journal of Scientific Instrument, 1998, 19(5): 515-519.
- [5] 刘智勇, 梁义涛. 基于双通信模式的分布式车辆超限监控系统设计研究[J]. 河南科学, 2010, 28(5): 596-599.  
Liu Zhiyong, Liang Yitao. Henan Science, 2010, 28(5): 596-599.
- [6] Klein L A, Mills M K, Gibson D R. Traffic detector handbook: Vol 5[M]. 3rd ed. Washington: Federal Highway Administration, 2006.
- [7] Gupte S, Masoud O, Martin R F K, et al. Detection and classification of vehicles [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2002, 3(1): 37-47.
- [8] Fu C C, Burhouse J R, Chang G L. Overheight vehicle collisions with highway bridges [J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2004, 1865: 80-88.
- [9] 陈惠兴. 相位式激光测距仪[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981.  
Chen Huixing. Phase laser range finder[M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 1981.
- [10] 林涛. 数字电子技术基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.  
Lin Tao. Fundamentals of digital electronic technology [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2006.
- [11] 杜丽丽. 智能交通系统中视频车辆检测技术的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009.  
Du Lili. Research on video-based vehicle detection in ITS[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2009.
- [12] 秦立祥. 外环隧道车辆限高检测的应用 [J]. 电气自动化, 2006, 28(2): 41-42, 63.  
Qin Lixiang. Electrical Automation, 2006, 28(2): 41-42, 63.
- [13] 汪友生, 徐小平. 相位法激光测距的实现 [J]. 北京工业大学学报, 2003, 29(4): 424-427.  
Wang Yousheng, Xu Xiaoping. Journal of Beijing University Technology, 2003, 29(4): 424-427.
- [14] 张加良. 相位法激光测距仪的研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2006.  
Zhang Jialiang. Study of phase laser range finder [D]. Xi'an: Xidian University, 2006.
- [15] 王守权, 张薇. 红外车辆超高测量报警系统 [J]. 长春邮电学院学报, 1998, 16(4): 45-49.  
Wang Shouquan, Zhang Wei. Journal of Changchun Post and Telecommunication Institute, 1998, 16(4): 45-49.

(责任编辑 刘志远)

## 《科技导报》“封面文章”征稿

为快速反映我国最新科技研究成果,《科技导报》拟利用刊物最显著位置——封面将最新科研结果在第一时间予以突出报道。

来稿要求: 研究成果具创新性或新颖性; 反映该领域中国乃至世界前沿研究水平; 可以图片形式予以反映, 图片美观、清晰、分辨率超过300dpi; 文章篇幅不限, 要说明研究的背景、方法、取得的结果、结论。

在线投稿: [www.kjdb.org](http://www.kjdb.org)。

