

文章编号: 1001-3806(2010)05-0679-03

基于单片机的激光测速系统设计

冯荣彪, 王国良, 骆明儿

(绍兴市质量技术监督检测院, 绍兴 312071)

摘要: 为了研究一种精确测量公路机动车行驶速度的新方法, 避免交通管理部门对机动车驾驶员的错罚和漏罚, 以 AT89S52 为控制核心、以激光二极管为传感器, 设计了一套测速系统。经过现场对比实验和理论误差分析, 得到了其测速相对误差达到 0.1% 数量级的结果。结果表明, 这将为交通管理部门提供一种新的、精确的公路机动车现场测速装置, 也可作为雷达测速仪和反射式激光测速试验装置等现场测速仪器提供一种精确的校准装置。

关键词: 传感器技术; 测速仪; 单片机; 高精度; 误差

中图分类号: TH824 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1001-3806.2010.05.028

Design of a laser speedometer based on microcomputers

FENG Rong-biao, WANG Gou-liang, LUO Ming-er

(Shaoxing Testing Institute of Quality Technical Supervision, Shaoxing 312071, China)

Abstract: In order to develop a high-precision speedometer so that the mistake and missing punishment of the traffic administration can be avoided, a laser speedometer with a diode laser source was designed based on AT89S52 single-chip microcomputer. Comparing the field test results with the theoretical one, the relative error was 0.1% order of magnitude. It not only supplies a kind of new precise speedometer to measure the instant speed of vehicles on the road, but also supplies a new calibration instrument for radar speedometers and reflex laser velocimeters.

Key words: sensor technique; velocimeter; single-chip microcomputer; high precision; error

引言

近年来, 随着我国机动车每年以 15% ~ 20% 的速度递增, 越来越多的机动车在道路上行驶, 由此带来了诸多交通安全隐患, 其中之一就是超速行驶。因此, 交通管理部门为了有效遏制因超速而引发的交通事故, 在道路限速区和移动测速中纷纷启用了机动车超速自动检测系统, 但是机动车超速自动检测系统是否准确, 机动车驾驶员是否会被错罚, 又成为了公众和新闻媒体所关注的热点问题^[1]。目前, 交通管理部门最常用的机动车测速系统测速误差达到 $\pm 1\text{km/h}$ ^[2], 虽然其误差已经符合了 JJG528-2004《机动车雷达测速仪检定规程》和 JJG527-2007《机动车超速自动监测系统》的标准要求, 但是, 还是需要一种精度更高的机动车测速系统对其进行检定^[3], 本文中提出了一种新的激光测

速系统, 先论述了其测速原理、硬件的组成和主程序的框图, 然后进行了误差分析, 其测速相对误差远远优于规定检定规程要求的测速精度, 因而具有较好的推广应用价值。

1 硬件设计

本文中研究的激光测速系统^[4]如图 1 所示, 由单

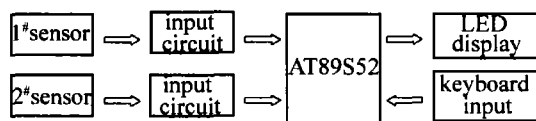


Fig. 1 Hardware flowchart of the LD speedometer

片机系统和两套相同的传感器组成, 每一套传感器由一个半导体激光发射器、一个激光接收器构成。将两个激光发射器安装在一定距离的位置上, 发出两条相互平行的激光束。当机动车通过测量区域时, 先后阻挡两只激光接收器的接收激光束, 从而触发单片机的计时开始与结束^[5], 因此, 通过执行事先烧录在单片机存储器内的程序就已经精确测量到机动车通过两激光束的时间值, 然后通过执行带有公式的计算程序精确算出机动车的速度, 最后, 单片机的显示程序会把速度显示在 6 位 7 段数码显示管上。

基金项目: 浙江省质量技术监督系统科研计划资助项目 (20060228)

作者简介: 冯荣彪 (1968-), 男, 工程师, 主要从事机电产品的检测及技术研究。

E-mail: frbyxh@163.com

收稿日期: 2009-09-23; 收到修改稿日期: 2010-01-10

1.1 传感器电路设计

作者研究的激光测速系统是选用红外半导体激光器作为激光发射器,激光二极管(laser diode, LD)电路激光编码调制采用集成电路(integrated circuit, IC)实现,在激光器的发射驱动电源电路中,使用自动功率控制(automatic power control, APC)电路来保证激光二极管输出恒定的光功率。激光接收器选用接收红光波段灵敏度高、响应速度快的元件,其中包括激光接收器、放大检波器及解调解码输出3部分,激光接收器与检波放大均采用IC电路模块设计,解调解码芯片的地址设置和发射地址一致,激光接收器输出与光路是否遮拦相对应的数字电平信号。激光发射器、接收器模块结构框图如图2所示。

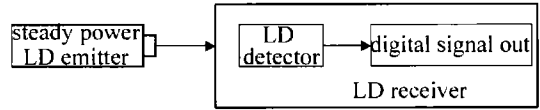


Fig. 2 Diagram of the laser transmitting and receiving module

1.2 单片机系统

1.2.1 输入接口 电路原理图如图3所示,在机动车通过测量区域时,阻挡1#激光接收器(D₁₀₁)接收到激光束,驱动管(Q₁₀₁)输出电压由低变高,光电隔离器(U₁₀₁)输出电压由高变低,触发单片机(U₁)计时器开始计时;接着机动车又阻挡2#激光接收器(D₂₀₁)接收到激光束,驱动管(Q₂₀₁)输出电压也由低变高,光电隔离器(U₂₀₁)输出电压也由高变低,触发单片机(U₁)计时器计时结束。

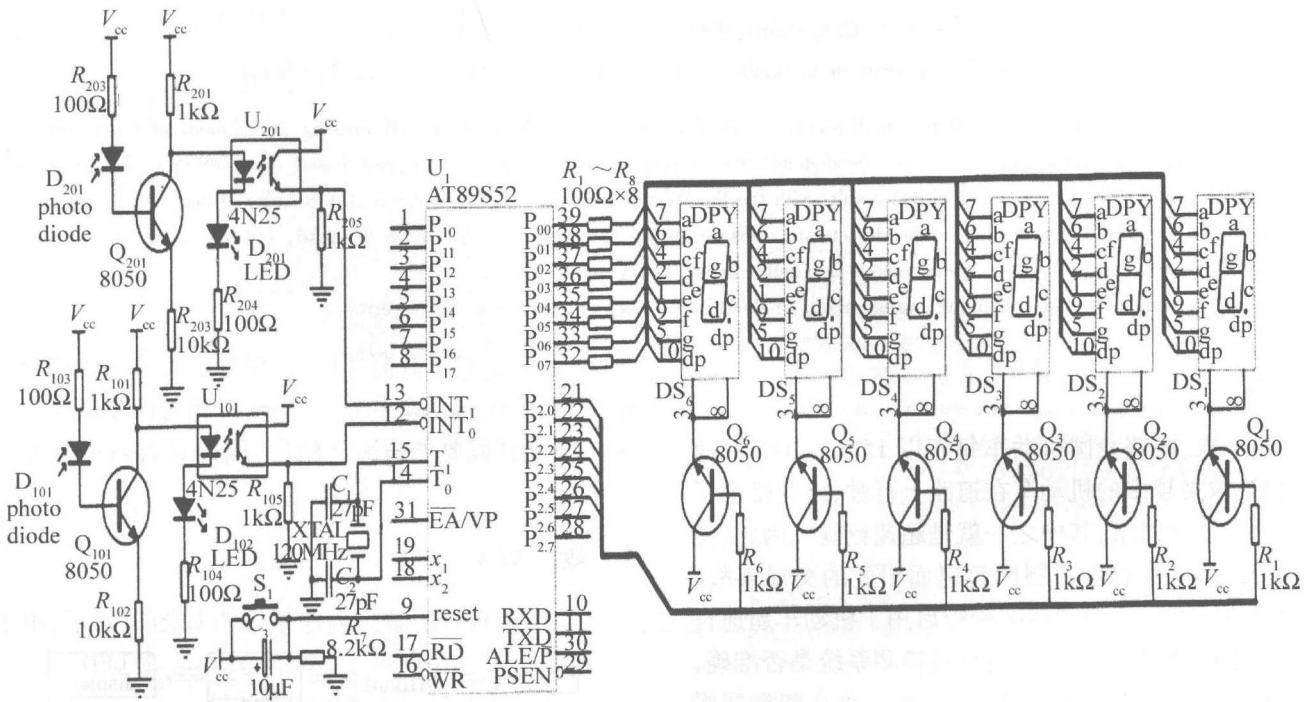


Fig. 3 Circuit diagram

1.2.2 输出接口 将 AT89S52^[6-7]的 P₀ 和 P₂ 口作为显示接口,用程序扫描的方法进行显示输出。此时,P₀ 口作为字段口,选用 8050 三极管作为 P_{2.0} ~ P_{2.5} 字位口的驱动管。

1.2.3 复位电路和时钟振荡电路 系统时钟振荡电路^[8]由 12MHz 晶振 XTAL 和电容 C₁, C₂ 组成,电容 C₁, C₂ 起到帮助起振的作用;电阻 R₇、电容 C₃ 和按钮开关 S₁ 组成了系统复位电路,用于系统的上电复位和强制复位。

2 软件设计

本测速试验装置的主程序的框图如图4所示,主要是对系统进行初始化、调用数据处理子程序和显示

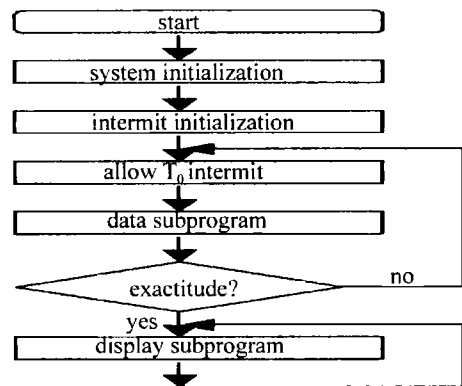


Fig. 4 Flowchart of the main program

子程序等。初始化主要是设置各个参量的初始值、清缓冲区,设置 INT₀, INT₁ 外部中断下降沿触发有效,以及设置 INT₀, INT₁ 外部中断与时钟中断 T₀ 的中断优

先级。数据处理子程序主要是根据溢出次数寄存器内的值计算出机动车的行驶速度,计算结果送显示缓冲区。显示子程序主要是将显示缓冲区的值显示在7段数码管上。

中断服务子程序由INT₀中断子程序、INT₁中断子程序和T₀中断子程序组成,INT₀外部中断主要是触发计时器计时开始,INT₁外部中断主要是触发计时器计时结束,T₀中断子程序主要是T₀每溢出一次其溢出次数寄存器加1,结果送数据处理子程序。

Table 1 Test data comparison

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	average
L-400 the LD velocimeter/(km·h ⁻¹)	18.9	30.8	38.6	55.5	60.1	75.5	85.6	98.5	105.8	114.2	-
the LD speed detector system/(km·h ⁻¹)	18.9470	30.7670	38.2900	55.5595	60.5123	75.9401	85.4502	98.9001	106.1081	114.6491	-
absolute error/(km·h ⁻¹)	0.0470	-0.0330	-0.3100	0.0595	0.4123	0.4401	-0.1498	0.4001	0.3081	0.4491	0.1623
relative error/%	0.2487	-0.1071	-0.8031	0.1072	0.6860	0.5829	-0.1750	0.4062	0.2912	0.3933	0.163

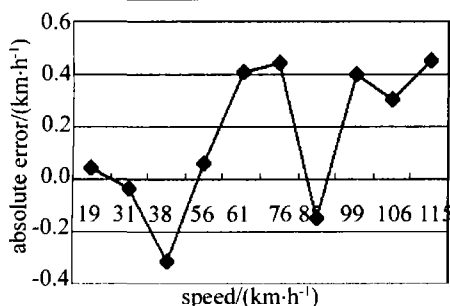


Fig. 5 Absolute error broken-line graph of the LD speedometer

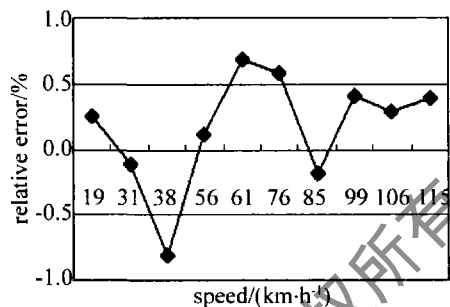


Fig. 6 Relative error broken-line graph of the LD speedometer

根据实测的比对结果,该激光测速系统与达特朗L-400型非接触式测速仪的测速最大绝对误差为0.4491km/h,最大相对误差为0.8031%,10次测速平均绝对误差0.1623km/h,平均相对误差为1.63‰。

3.2 误差分析

激光测速系统的测速计算公式为:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{s}{N \times T} \text{ (m/s)} \quad (1)$$

选择单片机的定时器周期T为24个机器周期,故T=24×12× $\frac{1}{f}$ ^[10],代入(1)式得:

$$v = \frac{s \times f}{24 \times 12 \times N} \text{ (m/s)} \quad (2)$$

式中,v是机动车的行驶速率(m/s);s是两个激光接

3 实验及误差分析

3.1 实验

在环境温度为22℃、湿度为60%RH的条件下,激光测速系统自动测量出机动车的行驶速度,与此同时记录下德国考休斯·达特朗公司生产的L-400型非接触式测速仪显示的速度,两者数据进行比对^[3,9],其实测结果见表1,其绝对误差和相对误差的折线图见图5和图6。

收器间的距离(m);t是机动车通过两个激光接收器间的时间间隔(s);T是单片机的定时器周期(s);f是单片机的主频率(MHz);N是单片机计时器的计时次数。

由(2)式可得测速误差为^[11]:

$$\Delta v = \frac{1}{228} \times \left(\frac{f}{N} \Delta s + \frac{s}{N} \Delta f - \frac{s \times f}{N^2} \Delta N \right) \quad (3)$$

式中,f为晶振频率12MHz,Δf=2Hz,s=0.5m,Δs=4.3×10⁻⁶m,N为单片机计时器的计时次数,ΔN为±1误差,正、负是随机的,故取上式中第3项为正值。误差结果分析如表2所示。

Table 2 Error analysis

vehicles speed/(km·h ⁻¹)	10	60	100	200	300	500
absolute error/(km·h ⁻¹)	0.0018	0.061	0.17	0.68	1.5	4.2
relative error/%	0.018	0.10	0.17	0.34	0.50	0.84

根据表2中的数据,机动车行驶速度在(10km/h~500km/h)时,该激光测速系统的测速误差均在10⁻³的数量级之内。

4 结束语

激光测速系统采用LD作为传感器,实现了机动车行驶速度的实时测量,具有精度高、系统简单、操作方便、可靠性高和可全天候测速的特点,有效测速范围覆盖了JJG528-2004《机动车雷达测速仪检定规程》要求的测速范围(20km/h~150km/h),和JJG 527-2007《机动车超速自动监测系统》中规定现场测速时的标准测速仪“速度范围(20km/h~180km/h)”的要求,因此,将会成为一种新型交通管理的工具,既可用于公路机动车的现场测速,也可以作为感线圈测速系统、多普勒雷达测速系统和传统激光测速系统^[12]等测速仪器的现场测速校准装置,具有较大的推广应用价值。

(下转第720页)

式中, ε_1 是由光源臂转动产生的误差, ε_2 是光电探测器响应速度和步进电机带动探测臂转动时共同引起的误差, ε_3 是激光器的稳定性引起的误差, ε_4 是多次测量求平均值的误差, 其中光源臂转动的最大误差可取为 0.5° (光源臂在 $-90^\circ \sim 90^\circ$ 内转动时); 硅 PIN 光电二极管的响应速度误差约为 0.35% , 步进电机的角分辨率为 0.1° , 可以将其作为探测臂转动的最大误差; 半导体激光器的波动小于 5% ; 根据多次实验测量求得操作误差为 4.5% 。将以上参量带入(6)式, 可得:

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{0.5\pi}{180}\right)^2 + 0.0035^2 + \left(\frac{0.1\pi}{180}\right)^2 + 0.05^2 + 0.045^2} \approx 0.0679 \quad (7)$$

4 结论

作者改进后的测量装置中探测器旋转角度可由 -90° 到 90° , 并且采用步进电机带动探测臂转动以实现自动测量, 既扩大了探测范围, 又提高了测量精度和效率。采用改进的 BRDF 测量装置实验测量了几种不同粗糙度铝板表面的 BRDF, 分析了不同粗糙度铝板表面的散射特性。结果表明: 铝板表面的粗糙度越小, 双向反射分布函数的镜向值峰值就越大, 镜向反射现象越明显; 粗糙度大则主要呈现出一定的漫反射特征; 入射角度越小, 铝板表面双向反射分布函数的镜向峰值就越小, 呈现出漫反射增强的现象。反映出不同粗糙度表面对激光散射程度不同, 对目标与环境光辐射特性^[12]的研究有一定的意义。

参 考 文 献

- [1] GIROLAMO L D. Generalizing the definition of the bi-directional reflectance[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 88(3): 479-482.
- [2] ANDERSEN M, RUBIN M, POWLES R, *et al.* Bi-directional transmission properties of Venetian blinds: experimental assessment compared to ray-tracing calculations[J]. *Solar Energy*, 2005, 78(2): 187-198.
- [3] RENHORN G E I, BOREMAN D G. Analytical fitting model for rough-surface BRDF [J]. *Optics Express*, 2008, 16(2): 12892-12898.
- [4] McGUIRE A F, HAPKE B W. An experimental study of light scattering by large, irregular particles[J]. *Icarus*, 1995, 113(1): 134-155.
- [5] WANG A X, FENG J. Genetic simulated annealing algorithm in the parameter retrieval of light scattering model[J]. *Laser Technology*, 2009, 33(1): 32-35 (in Chinese).
- [6] HAN X G, WU Zh S, ZHANG X D. Experiments study of laser scattering from very rough surfaces[J]. *Laser Technology*, 1997, 21(3): 151-155 (in Chinese).
- [7] ZHANG B Sh, LIU W Q, WEI Q N, *et al.* Analysis of scattering characteristic of the sample based on BRDF experiment measurements [J]. *Optical Technique*, 2006, 32(2): 180-182 (in Chinese).
- [8] SUN L M, ZHAO J L, REN J, *et al.* 3-D measurement of bidirectional reflectance distribution functions of target surface with different coats[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2008, 37(12): 2529-2533 (in Chinese).
- [9] WEI Q N, LIU J G, JIANG R X. Measurement method of absolute bidirectional reflectance-distribution function[J]. *Acta Optica Sinica*, 1996, 16(10): 1425-1430 (in Chinese).
- [10] JIA H, LI F T. Bidirectional reflectance distribution function of aluminium diffuser at UV spectral band[J]. *Acta Optica Sinica*, 2004, 24(2): 230-234 (in Chinese).
- [11] ZHENG G. Reflection characteristics and detection system of laser target[D]. Nanjing: Nanjing University of Science, 1999: 24-35 (in Chinese).
- [12] YAO L, QIU W L, WANG F H. The optical properties of the object and the environment[M]. Beijing: Astronautics Press, 1995: 128-144 (in Chinese).

(上接第 681 页)

参 考 文 献

- [1] CUI Y M, LI T, LENG J, *et al.* Adjustment method and device of the laser velocimeter[J]. *China Metrology*, 2008(4): 75-76 (in Chinese).
- [2] CUI Y M, LI T, LENG J, *et al.* Calibration research of laser speedometer[J]. *Metrology & Measurement Technology*, 2007, 27(4): 26-28 (in Chinese).
- [3] CAI Ch Q, SUN Q, ZHANG Y, *et al.* Study on lidar calibration technique for vehicle speed-measuring device[J]. *Acta Metrologica Sinica*, 2008, 29(4): 329-343 (in Chinese).
- [4] DU X Y, ZHANG H, FENG R B. The laser velocimeter; China, 200820168055.3[P]. 2009-08-12 (in Chinese).
- [5] WANG B Ch, ZHANG X D, HAN X G. Study of driver circuit in laser velocimetry system[J]. *Electronic Science and Technology*, 2007(3): 21-25 (in Chinese).
- [6] LI J S, ZHU J L. Design and realization of intelligent velometer based on SCC[J]. *Instrumentation Technology*, 2007(1): 44-45 (in Chinese).
- [7] ZHAO Y Sh, ZHAO D E, ZHAO H. A novel system of laser screens for velocity measurement based on MCU[J]. *Journal of Projectiles Rockets Missiles and Guidance*, 2008, 28(4): 283-285 (in Chinese).
- [8] GAO F. Single-chip microcomputer principle[M]. Beijing: Science Press, 2003: 23-25 (in Chinese).
- [9] WANG X Q, DONG Y Q, YUAN Sh A, *et al.* Study on simulation of micro-doppler effect in lidar[J]. *Laser Technology*, 2007, 31(2): 117-119 (in Chinese).
- [10] HU H C. Principle of single-chip computers & interface technology [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1997: 60 (in Chinese).
- [11] CHEN Sh S, LEI J, GUO Q, *et al.* Electronic measurement and apparatus[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005: 48 (in Chinese).
- [12] HE Y H, WEI W, ZHANG Q M. Reflecting laser velocimetry[J]. *Transactions of Beijing Institute of Technology*, 2007, 27(11): 981-983 (in Chinese).