

道路普查多传感器数据采集*

陈小宇¹ 堵刚刚¹ 向春玲²

(1. 华中师范大学物理科学与技术学院 武汉 430079; 2. 武汉海达数云技术有限公司 武汉 430223)

摘要: 设计了一种适用于道路普查需求的多传感器数据同步采集系统,以 PIC24 系列单片机为控制核心,结合 GPS 和高稳石英晶体建立高精度时间基准,利用加速度计和激光测距仪获取车辆在行进过程中垂直方向的加速度和对地距离,利用路面相机和景观相机采集路面和道路周边景观图像,并以时间作为纽带,实现了多个传感器数据高精度同步。测试结果表明,该系统实时性好、精度高、稳定可靠,能够实现道路路面及周边景观图像的实时同步采集,为道路路面裂缝检测及路面平整度解算提供高精度的原始传感器数据。

关键词: 道路普查;GPS 授时;激光测距;同步采集

中图分类号: TN99; TB22 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 170.3599

Multi-sensor data acquisition for road surveying

Chen Xiaoyu¹ Du Ganggang¹ Xiang Chunling²

(1. College of Physical Science and Technology, Central China Normal University, Wuhan 430079, China;

2. Wuhan Hi-Target Digital Cloud Technology Co. Ltd., Wuhan 430223, China)

Abstract: A multi-sensor data synchronous acquisition system was designed for road survey. A PIC24 family microcontroller is used as the control core, combined with GPS and high stability quartz crystal to establish high-precision time reference. Accelerometer is used to acquire the acceleration, and laser range finder is used to acquire the distance in the vertical direction during vehicle travel. Road surface images can be collected by monochrome camera and road landscape images can be collected by color camera. Time is used as a link to achieve a high precision synchronization of multiple sensor data. Experiments show that the system has good real-time performance, high precision and stability. It can realize the synchronous acquisition of road pavement and landscape images. It provides high precision raw sensor data for road surface crack detection and pavement roughness calculation.

Keywords: road survey; GPS timing; laser ranging; synchronous acquisition

0 引言

长期以来,由于体制和技术上的原因,交通管理部门对公路的基本情况了解不全、不细、不透,难以对公路建设项目实行科学、全面的动态管理^[1]。急需一套完整、实时、高精度的道路普查采集系统,对公路的路面及景观进行采集与分析,为公路管理部门提供决策依据^[2-3]。与目前其他道路普查技术相比,本文采用的车载多传感器数据采集系统具有采集速度快、作业方式简单,精度高、稳定可靠等诸多优点^[4]。

道路普查多传感器数据采集系统,采用 PIC24F 系列芯片作为同步传输板的主控芯片,使用 GPS 模块为整个系统配备统一的时间基准^[5-7]。利用激光测距仪、加速度计、

车轮编码器和黑白与彩色相机等传感器对路面与景观信息进行采集,为上位机端的图像子系统和平整度子系统提供原始数据支持^[8],实现道路信息全面、快速、高精度、高稳定的采集与管理。

1 采集系统的总体结构设计

总体框图如图 1 所示。工业控制计算机端包含平衡度子系统、路面图像子系统和景观图像子系统。平衡度子系统利用加速度值、里程脉冲、激光测距值数据,对车辆的运动状态进行分析^[8]。路面图像和景观图像子系统需要分别采集路面信息和道路两旁景观信息,利用黑白和彩色相机获取路面清晰图像(裂缝、损耗)和路旁景观图像(路灯、花坛等)^[9]。为消除路面相机拍照的阴影,采用大功率 LED

收稿日期:2017-01

* 基金项目:华中师范大学基本科研业务费专项资金项目(CCNU16A02018)资助

提供照明补偿。同步控制板包含主控单片机、GPS、信号调理电路、相机及LED触发电路以及串口通信电路。利用GPS输出的秒脉冲信号和高稳石英晶体建立高精度的时间基准^[9-5]。信号调理电路将加速度计、车轮编码器和激光测距仪的输出信号进行转换,输入至AD采集卡进行模数

转换。车轮编码器用于计量测量车行使的精确距离,相机触发输出电路按照设定的距离间隔触发相机拍照,通过单片机记录每次相机拍照的时间,并将对应同步数据(包含序号、时间、里程等数据)上传给工业控制计算机,通过时间来实现多种传感器数据的同步采集^[8]。

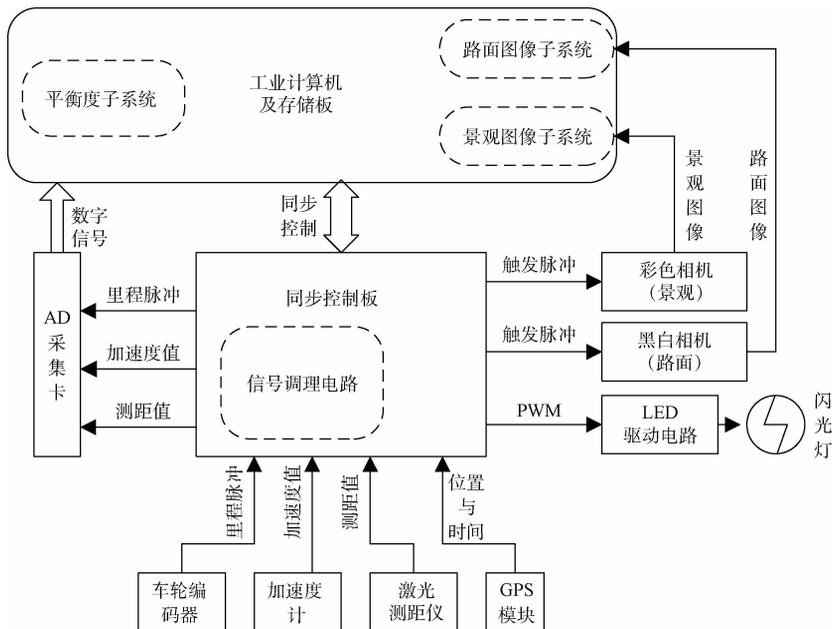


图1 系统总体框图

2 硬件电路设计

2.1 信号调理电路

图2为加速度计输出曲线,表达式为:

$$V_{out} = V_{op} - V_{on} = 80 \frac{a}{g} (mV) \quad (1)$$

(g 为重力加速度常数、 a 为车辆运动中的加速度)。加速度计输出共模电压为2.5V的差分信号。经过调理电路将差分信号转换为单端信号传送至AD采集卡,转换电路如图3所示。

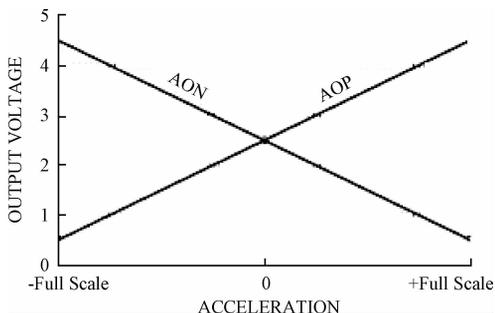


图2 加速度计输出信号曲线

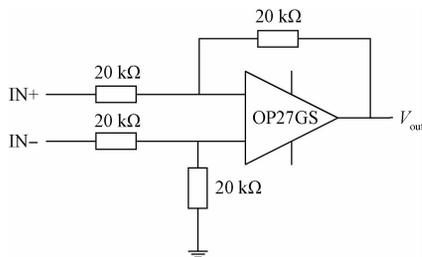


图3 加速度计输出信号调理电路

4.8V的电压信号,再由OP27GS等倍放大处理送至采集卡^[10],电路如图4所示。

表1 激光测距仪参数

关键参数	
数据接口	GigE 千兆以太网
输入	差分编码器、触发
输出/mA	1路模拟输出 4~20
输入电压/V	+12~+24(13W)
工作温度/°C	0~+50
存储温度/°C	-30~+70

激光测距仪的输出信号为4~20mA的电流信号,具体参数见表1。经电流电压变换电路转换为960mV~

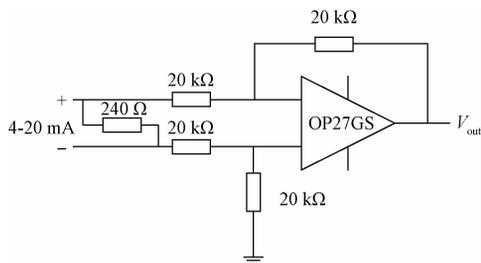


图 4 激光测距仪输出电流电压转换电路

2.2 GPS 授时模块

为了实现多种传感器数据在时间上的对齐(也即同步),需要建立高精度的时间基准。利用 GPS 模块输出的 PPS 秒脉冲信号和 UTC 时间结合高稳石英晶体建立高精度时间基准^[3]。单片机记录彩色相机和黑白相机拍照时的精确时间,并以此为纽带,实现编码器、里程及地理位置等多传感器数据在时间上同步。电路如图 5 所示

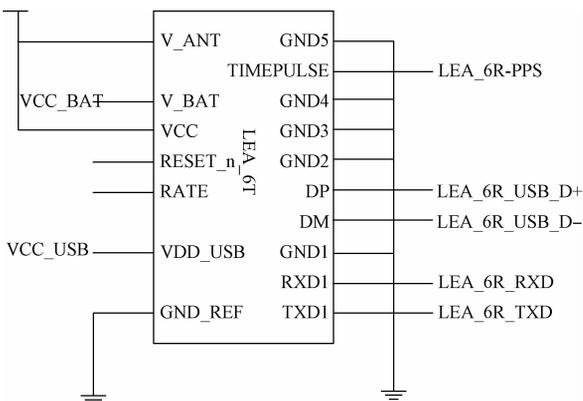


图 5 GPS 授时电路

本系统采用 Ublox 公司生产 LEA-6T 授时型 GPS 接收机,其 PPS 脉冲无长期积累误差(精度可达 30 ns)。UTC 时间通过 UART 接口按 NMEA 协议输出^[3],如图 6 所示。

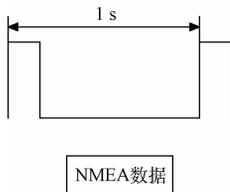


图 6 秒脉冲与 NMEA 数据时间关系

2.3 同步数据传输模块

同步控制电路板通过串口将同步数据上传给工业计算机,如图 7 所示。

设置了内触发和外触发两种工作模式;内触发模式下,黑白路面相机和彩色景观相机分别以设置的各自固定的时间间隔触发拍照,每触发一次,同步控制板通过串口

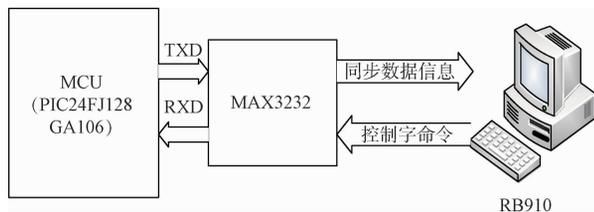


图 7 同步数据传输电路

发送一帧包含相机拍照时间的同步数据;外触发模式下,黑白路面相机和彩色景观相机分别以设置的各自距离间隔触发。工作流程为:启动设备后,默认状态为外触发状态、黑白路面相机和彩色景观相机的序列号清零。车辆行驶过程中,每经过设定的距离自动触发相机拍照,并将对应的序号及时间灯同步信息上传给工业计算机。用户可以通过串口分别设置黑白路面相机和彩色景观相机的外触发距离间隔,设定范围为:1~60 m,超过范围不响应。也可以通过串口分别设置黑白路面相机和彩色景观相机的内触发时间间隔,设定范围为:50~6 000 ms,超过范围不响应。

2.4 LED 驱动电路

为消除路面相机拍照时的阴影,需要为黑白相机补光。选用 CREE 公司的 CXA2540 系列 40 W 大功率 LED,利用 linear 公司的 LED 驱动芯片 LT3761 为其提供驱动,如图 8 所示。通过 PIC 单片机控制芯片的 DIM 管脚的高低电平,实现 LED 灯的关断与开启闪光,配合相机拍照进行路面图像的采集。

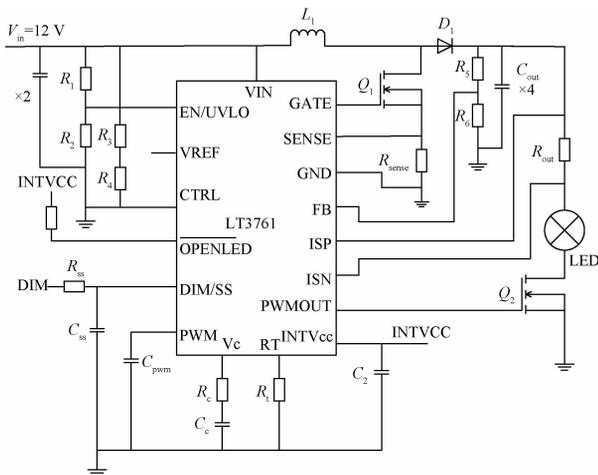


图 8 LED 驱动电路

2.5 单片机及外围电路

如图 9 所示, PIC 单片机外接 EEPROM 25AA040A,主要用于存储设置的参数。4 个 LED 灯为状态指示,LED1、LED2 分别为上电与系统启动时状态提醒,LED3、LED4 分别为授时指示和内外触发模式状态提醒。

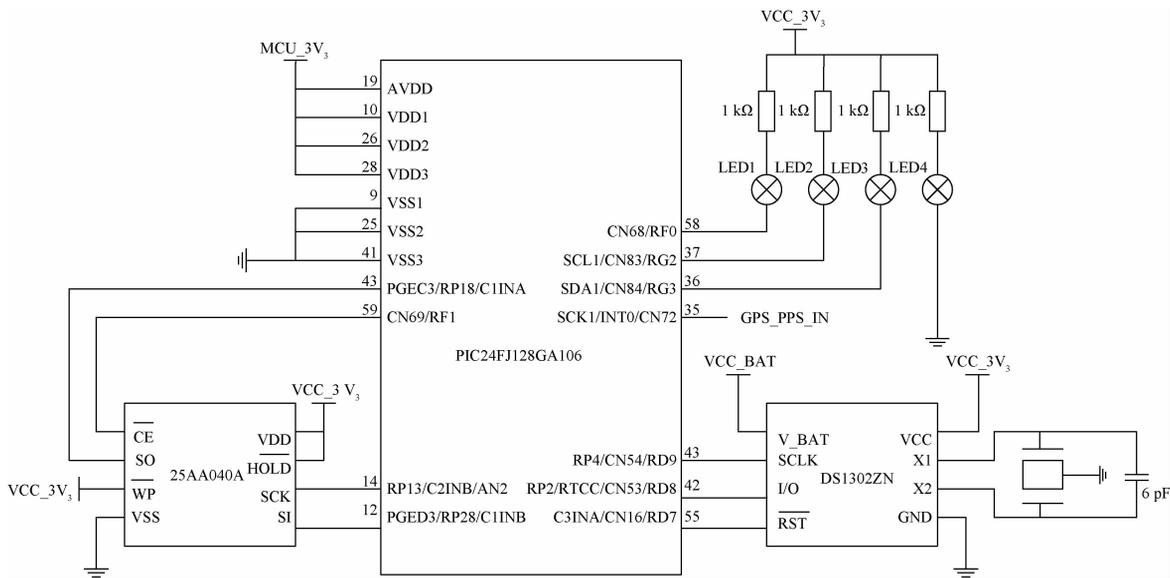


图9 单片机外围电路

3 软件框图设计

3.1 下位机端程序设计流程图

同步控制板上电后,读取 DS1302 的时间和 EEROM 的配置信息进行时间和工作参数的初始化。通过串口接收到 GPS 的 GPGGA 和 GPRMC 数据时,在主程序中解析 NEMA 数据获取卫星数、定位状态和 UTC 时间,当 GPS 数据有效时,在 GPS 输出的秒脉冲上升沿,产生中断信号,在中断服务程序中完成授时以建立高精度的时间。同步控制板主程序设计流程如图 10 所示,授时中断服务程序设计流程如图 11 所示。

3.2 上位机端程序设计框图

上位机软件主要由 3 个图像处理子系统组成,如图 12 所示。路面图像子系统可以从黑白相机拍摄的图片中自动识别路面的裂缝、坑槽等路面损害状况;平整度子系统利用瞬时加速度传感器与激光测距传感器数据实时计算当前路段的平整度值;景观图像子系统主要处理彩色相机拍摄的图像,为整个采集系统提供准确的道路两旁的景观信息。

4 实验验证

4.1 电路仿真结果

加速度计调理电路的仿真结果如图 13 所示,加速度计输出为共模电压 2.5 V,差分电压为 ±4 V 的电压信号,经过差分转单端等倍放大输出 ±4 V 差分信号,如图 13 中 OUT 所示。激光测距仪调理电路的仿真结果如图 14 所示,激光测距仪输出为 4 mA 变到 20 mA 的电流信号,经电流电压转换电路,输出电压为 0.96~4.8 V,满足后续 AD 采集卡的输入信号范围要求。

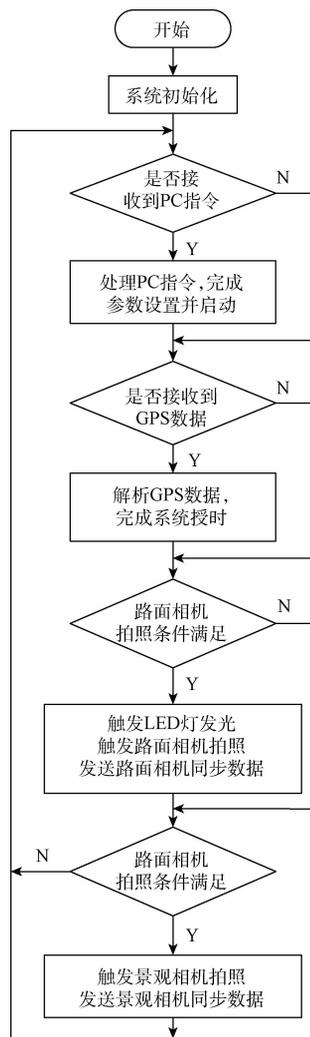


图10 同步控制板主程序流程



图 11 同步控制板授时中断服务程序流程

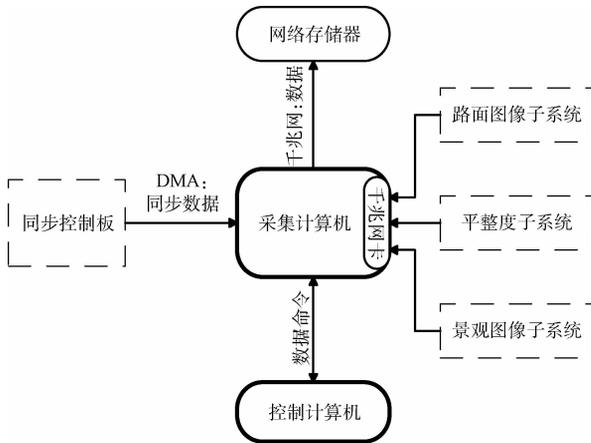


图 12 软件系统框图

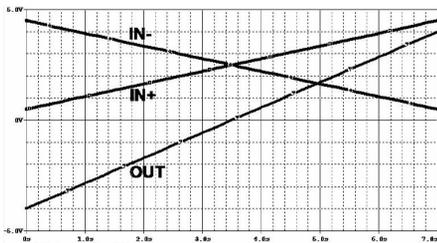


图 13 加速度计调理电路仿真波形

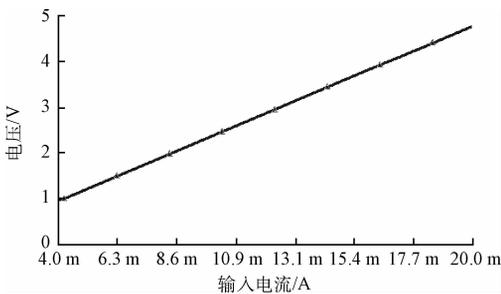


图 14 激光测距仪调理电路仿真波形

大功率 LED 正常工作电压 40 V, 电流 1 A, 采用 LT3761 进行驱动。仿真波形如图 15 所示, 能够提供 40 V 的驱动电压和 1 A 的驱动电流。

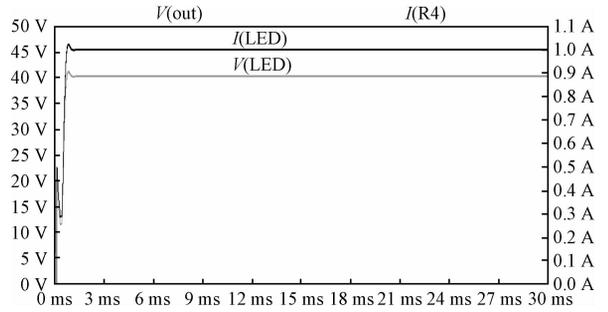


图 15 LED 驱动电路仿真波形

4.2 同步数据分析

同步数据是指在相机拍照时, 记录相机拍照序号、拍照时间、拍照位置等信息的数据, 如表 2 所示。

表 2 同步采集数据

类型	具体数据信息
1	黑白 0000369,20160706,144636316
	彩色 0000036,20160706,144636316
	GPS 064636.00, A, 4134. 74170, N, 12318. 63691, E, 28. 116, 173. 46, 060716
2	黑白 0000379,20160706,144637725
	彩色 0000037,20160706,144637725
	GPS 064637.00, A, 4134. 73430, N, 12318. 63788, E, 27. 204, 174. 53, 060716
3	黑白 0000389,20160706,144639146
	彩色 0000038,20160706,144639146
	GPS 064639.00, A, 4134. 71840, N, 12318. 64078, E, 28. 178, 172. 03, 060716
4	黑白 0000399,20160706,144640613
	彩色 0000039,20160706,144640613
	GPS 064640.00, A, 4134. 71155, N, 12318. 64260, E, 26. 428, 172. 72, 060716
5	黑白 0000409,20160706,144642150
	彩色 0000040,20160706,144642150
	GPS 064642.00, A, 4134. 69819, N, 12318. 64527, E, 25. 229, 172. 16, 060716

表 2 中 GPS 数据对应为 GPRMC 语句的部分数据段, GPS 时间为格林威治时间, 与北京时间相差 8 h。以时间作为纽带, 通过时间实现相机、加速度计、激光测距仪以及地理位置信息一一对应。

4.3 黑白与彩色相机采集的图像

图 16 为黑白相机拍摄的路面图像, 采用外触发模式, 触发距离为 2 m。图像中很清晰的显示出路面的破损情况, 通过路面图像子系统的处理及定位为道路的修复维护提供了精确科学的信息。

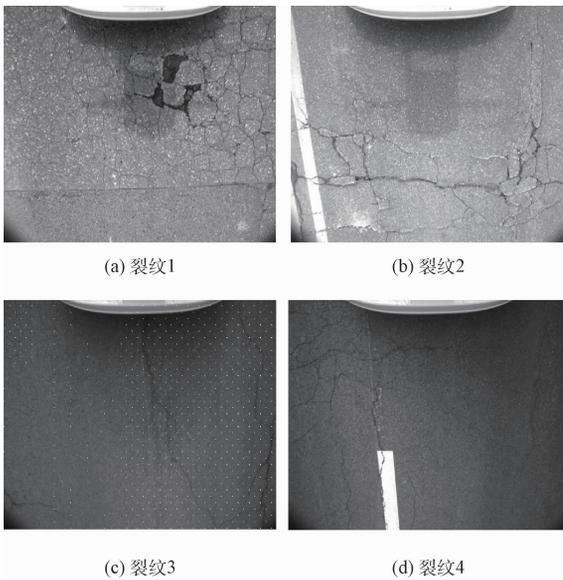


图 16 路面图像

图 17 为彩色相机拍摄景观图像,采用外触发模式,触发距离为 20 m。从图像中可以清晰的定位出路旁的路灯、防护栏及花坛等信息。为交通管理部门对路面两旁的基础设施的规范化、信息化管理提供了第一手的精确资料。



图 17 景观图像

5 结 论

本文设计的道路普查多传感器数据采集系统实现了

基于 GPS 授时的相机、激光测距仪、加速度计、编码器等多传感器数据采集,并以时间作为纽带,实现了多种传感器数据配准。同时,为道路路面检测定制开发了路面病害识别软件,从正常路面影像中自动识别裂缝、坑槽等路面损坏信息,识别率达到 80%。通过融合后的平整度数据计算路面平整度,相关性优于 90%。该系统具有实时性好、精度高、稳定可靠等优点,为交通管理部门进行公路管理、维护提供准确、科学的数据支持。

参考文献

- [1] 苏霆. 农村公路信息快速采集系统的设计与实现[D]. 上海:华东师范大学, 2010.
- [2] 郝雪丽, 孙朝云, 沙爱民, 等. 水泥混凝土路面刻槽磨损程度三维检测方法[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(8):1767-1773.
- [3] 周文渊, 李宏云, 万可友, 等. 基于 GPS 授时的多通道数据同步采集系统[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(7):2532-2534.
- [4] 杨俊强, 毛征, 曹锋, 等. 多通道数据实时采集标时系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2011, 30(3): 29-32.
- [5] 李玉广, 周剑, 黄凤楼, 等. 一种高精度数据同步测量方法研究[J]. 测绘科学, 2011, 36(1):22-23.
- [6] 刘英, 张志亮. 基于 PC104+ 双通道数据采集系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2010, 29(2):58-60.
- [7] 关晓磊, 孟立凡. GPS 时间同步的无线多点爆破振动监测系统[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2011, 11(4):63-66.
- [8] 毛庆洲, 张德津. 基于 GIS 的路面养护管理信息系统集成方案及关键技术[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2008, 33(4):405-408.
- [9] 常屹冉, 郭炳辉, 陈军, 等. 基于 GIS 的公路信息更新管理平台的设计和实现[J]. 地理空间信息, 2013, 11(1):13-15.
- [10] 陈小宇, 刘佐牙. 激光回波小信号宽带放大器设计[J]. 电子测量技术, 2015(10):109-112.

作者简介

陈小宇,工学博士,副教授,硕士生导师,主要研究方向为多传感器集成及同步控制、信号与信息处理、嵌入式系统及应用。

E-mail:chenxy@mail.ccnu.edu.cn