

基于FPGA红外遥控多模式交通信号系统的设计与实现

褚周健, 闵富红, 王耀达, 吴薛红

(南京师范大学电气与自动化工程学院, 江苏 南京 210042)

[摘要] 针对当前道路车流量逐渐增多,传统交通信号灯存在诸多弊端,容易引起交通路口拥堵,道路资源利用不足的情况.本文首先采用 Verilog 语言设计出应对高峰、低峰、应急和夜间四种不同状况下的交通信号系统,并通过红外遥控的技术实现各模式的切换.将设计的程序在 Quartus II 软件环境中编译综合,然后设置参数进行仿真,得到各模式的仿真波形.最后,设计并焊接相应的外部显示电路,将其与现场可编程门阵列(FPGA)开发板通过管脚分配,硬件连接,上电调试运行,验证设计功能.

[关键词] FPGA, 红外遥控, 多模式交通信号系统

[中图分类号] TP39 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-1292(2016)01-0036-06

The Design and Implementation of Infrared Remote Multi-Mode Traffic Signal System Based on FPGA Technology

Chu Zhoujian, Min Fuhong, Wang Yaoda, Wu Xuehong

(School of Electrical and Automation Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China)

Abstract: In view of the current traffic in the road increases gradually, the traditional traffic light system has many disadvantages, such as it is easy to cause traffic congestion and waste of road resources. In this paper, the traffic signal system with four different conditions which are the peak, low peak, emergency and night is designed by the language of Verilog. The multi-mode traffic signal system can be switched by the technology of infrared remote. The program is compiled and then integrated in Quartus II. With the parameters given, the simulation waveforms are presented. Finally, the hardware circuit is designed and welded, and all pins are assigned and collected by Field-Programmable Gate Array (FPGA), the effectiveness of method is verified through debugging.

Key words: FPGA, infrared remote, multi-mode traffic signal system

随着我国社会经济的飞速发展,人民生活水平的提高,消费能力的增强,越来越多的家庭拥有私家车.但是,城市基础设施建设特别是城市道路的发展速度满足不了汽车数量增长的需求^[1-4],因而,全国各大城市都普遍存在道路拥挤、车辆堵塞、交通秩序混乱、交通事故频发的现象,给人们生命财产安全带来极大的威胁.交通路口的信号灯可有效控制交通路口通行秩序、减少交通事故.传统的交通信号灯普遍采用的是单一的工作模式,预先设置好红、绿、黄以及左转信号灯的时间,来控制交通路口的车辆通行,常常会出现车辆通行完毕,还留有长时间绿灯无车辆通行的情况,严重降低了路口的通行效率,浪费道路资源^[5-9].尤其是一些需要交警前去疏导交通的大型路口,不同的时间段、各个方向车流量不同,此时应采用多模式下的交通信号灯,根据高峰段和非高峰段人为选择信号灯时间,并能够在应急情况下通过控制信号灯使特殊车辆优先通过,针对传统交通信号系统所暴露出来的问题,诸多学者进行了各种尝试和改进,文献[10]提出在传统交通系统改进基础上,通过开关控制,增加特殊车辆通行模式.文献[11]分析道路车流量变化,采集道路信息,实现交通信号系统自适应变化.在一定程度上对预置单一的交通

收稿日期:2015-09-22.

基金项目:江苏省自然科学基金(BK20131402)

通讯联系人:闵富红,博士,副教授,研究方向:非线性电路与系统. E-mail: minfuhong@njnu.edu.cn

模式有所改进,但存在不足,另外,通过开关切换控制并不方便.目前,实现交通信号系统主要是单片机和 PLC,技术相对也比较成熟,而利用现场可编程门阵列(FPGA)实现交通信号系统比较少.FPGA 有其独特的优势,如运行速度快、效率高、模块化集成度高,减少另搭电路,同时有众多的 IO 口,方便对外围硬件进行扩展,移植性强,可靠性高.针对目前采用单一控制模式的信号灯所引发的一系列问题,本文提出基于 FPGA 设计交通信号系统,采用 Verilog 语言编写控制器,实现多模式信号灯的控制,且一组信号灯系统能够通过外部信号切换不同的运行模式,并通过红外遥控器作为外部输入信号无线遥控切换交通信号灯工作模式.在有交警执勤的大型路口,其交通情况较为复杂,会因时间段的不同而出现车流量的猛增或锐减,采用多种工作模式的交通信号系统分配几种不同周期的配时方案或交通疏导信号,依据路口实际情况,由交警判断红外遥控实现信号的切换,增强路口信号控制的灵活性和可靠性,尽量减少路口车辆等待时间,保障特殊车辆优先通行.

1 系统总体实施方案

交通信号系统设计采用 FPGA 开发板为核心控制器件,主芯片型号为 EP2C8Q208C8N. 本文设计思路为:通过 Verilog 语言进行编程,能够实现交通信号灯在给定输入信号时,自由切换高峰时间段、非高峰时间段、夜间模式、应急状况下四种不同的工作模式,并通过红外遥控的方式发送信号,控制四种工作模式的切换.高峰时间段与非高峰时间段根据各个路口的实际情况,区分主次干道,预置红、绿、黄以及左转信号灯的时间;夜间车流量普遍较少,采用黄灯闪烁的方式提醒过路司机减速自由通行;当路口遇到紧急情况或有特殊车辆需要优先通过时,切换应急工作模式下,信号灯全部跳红,倒计时清零.具体的系统结构图如图 1 所示.

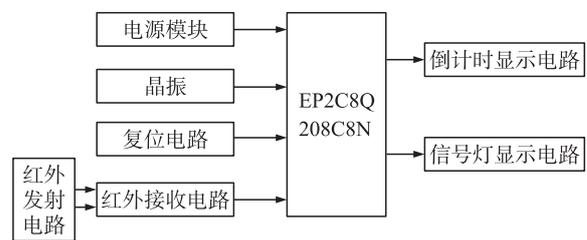


图1 系统结构图

Fig.1 The diagram of system structure

具体的系统结构图如图 1 所示.

2 硬件电路设计

2.1 FPGA 开发板设计

系统由 EP2C8Q208C8N 型号的芯片作为核心控制器,共有 208 个引脚,选取其中 21 个作为外部管脚,通过软件设计和管脚分配,实现与作为外部电路的信号灯和数码管的连接,并与 50 MHz 的时钟电路以及复位电路组成 FPGA 开发板最小系统.

2.2 红外遥控模块

红外遥控模块由发送和接收两个部分组成.发射模块主要使用的红外发射头发出一连串的二进制脉冲码信号.使其在无线传输过程中免受其他红外信号的干扰,通常先将其调制在特定的载波频率上,然后再经红外发射二极管发射头发射出去.发射部分主要是一个红外遥控器,由键盘和红外发光二极管组成.红外接收模块完成对红外信号的接收、放大、检波、整形,并解调出遥控编码脉冲.本次系统所采用的是一体化红外接收头,其型号是 HS0038,接收红外信号频率为 38 kHz.通过发射模块发送信号,被红外接收头接收,由 FPGA 开发板接收到的数据进行解码处理.红外接收电路如图 2 所示.

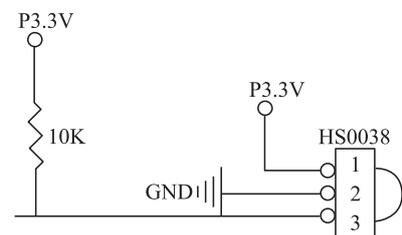


图2 红外接收电路

Fig.2 The circuit of infrared receiver

2.3 交通信号灯显示模块

交通信号灯显示模块分为信号灯部分和倒计时显示部分,统一外部焊接,通过 FPGA 开发板外部引脚分配与主控制器相连.信号灯采用红、绿、黄三种有色 LED 灯来模拟显示,通过 Verilog 程序控制器亮灭以及闪烁.倒计时部分采用二位共阳数码管,并与四个型号为 S8550 的三极管相连组成四位数码管,动态扫描显示倒计时的时间.电路原理图如图 3 所示.实物图如图 4 所示.

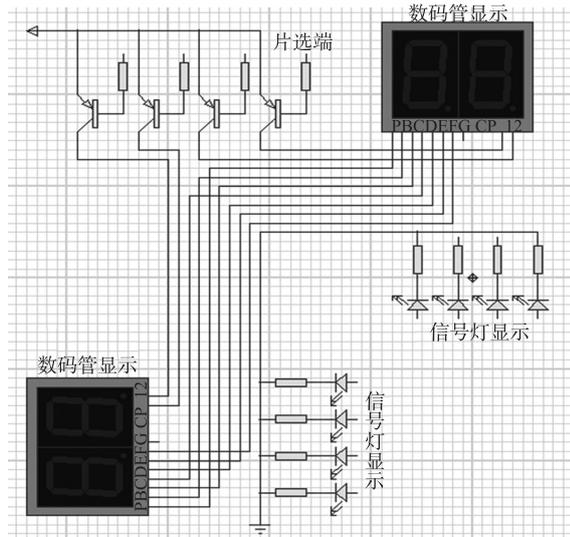


图3 交通灯显示电路原理图

Fig.3 The circuit principle diagram of traffic lights

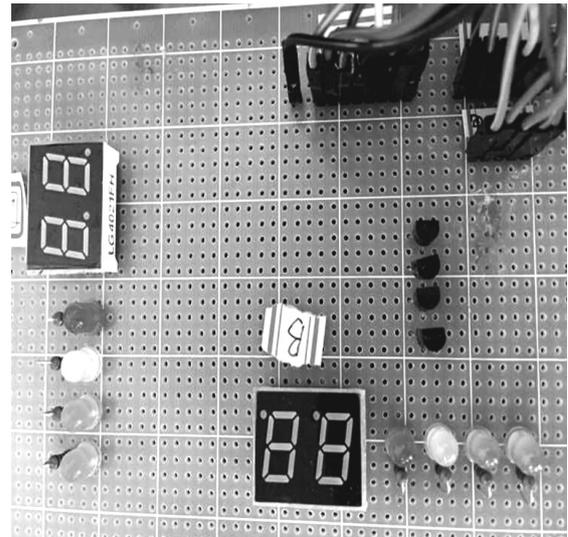


图4 交通灯显示电路实物图

Fig.4 The circuit physical diagram of traffic lights

3 系统软件设计

交通系统软件的设计主要采用 Verilog 语言,通过 Quartus 软件进行编译、仿真和调试.软件设计主要分为两大部分,分别是红外遥控模块和交通灯控制模块.遥控器发射的信号由一串二进制代码“0”和“1”组成.不同的芯片对“0”和“1”的编码有所区别.通常有曼彻斯特编码和脉冲宽度编码两种方式.本次设计所采用的是 PWM 方法编码,即脉冲宽度编码.“0”码由 0.56ms 低电平和 0.565 ms 高电平组合而成,脉冲宽度为 1.125 ms.“1”码由 0.56 ms 低电平和 1.69 ms 高电平组合而成.脉冲宽度为 2.25 ms^[12-14].由此可见,通过判断脉冲的宽度,即可得到“0”或“1”.当遥控器的按键被按下时,遥控器将发出一串二进制代码,包括引导码、用户码、用户反码、数据码、数据反码,编码总共 32 位,如图 5 所示.

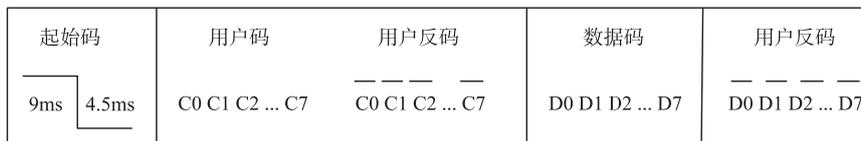


图5 数据结构图

Fig.5 The diagram of data structure

引导码也叫起始码,高电平为 9 ms,低电平为 4.5 ms,当接收到此码时,表示一帧数据的开始.FPGA 可以准备接收下面的数据.用户码由 8 位二进制组成,共 256 种,图中用户反码主要是加强遥控器的可靠性.数据码为 8 位,代表实际所按下的键.数据反码是数据码的各位求反,通过比较数据码与数据反码,可判断接收到的数据是否正确.因此,红外遥控部分的软件设计首要是进行时钟分频、计数,检验起始码并判断“0”、“1”,将接收到的数据进行解码来驱动交通信号灯的控制器.交通灯控制模块的软件设计,主要实现信号灯与数码管正常显示同时能够在给定不同信号条件下自由实现切换.首先对 50 MHz 的时钟进行分频,得到 1 s 的时钟信号,供倒计时使用.数码管通过硬件设计组成四位数码管,采用片选方式动态扫描实现倒计时功能.信号灯的亮灭与闪烁控制通过高低电平的切换,规律性的循环变灯控制.通过若干个 always 语句,将各个子模块串联,并分别对非高峰模式、高峰模式、夜间模式和应急模式四种工作状态进行编写和赋值.最后创建顶层文件,将红外遥控模块与交通灯控制模块统一起来,实现红外遥控控制各个模式下交通灯的切换.主程序流程如图 6 所示.

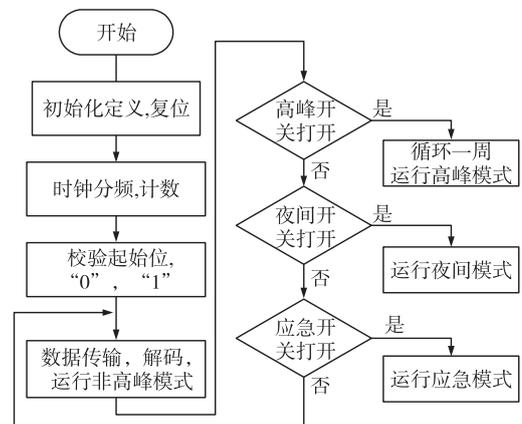
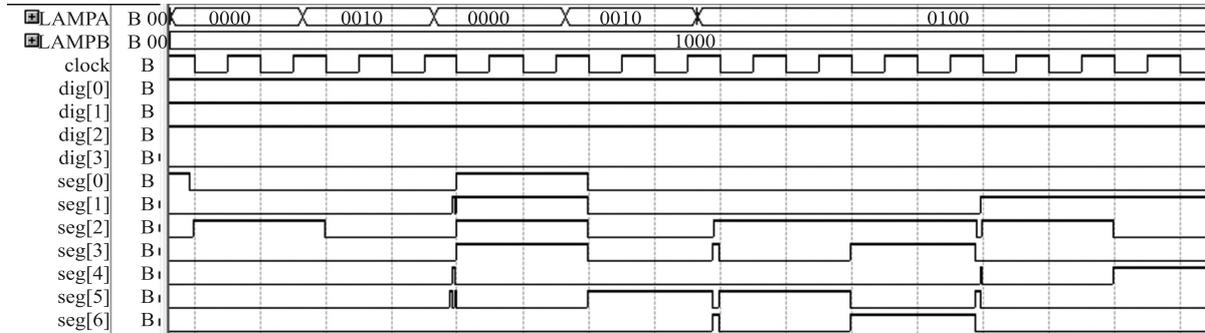


图6 主程序流程图

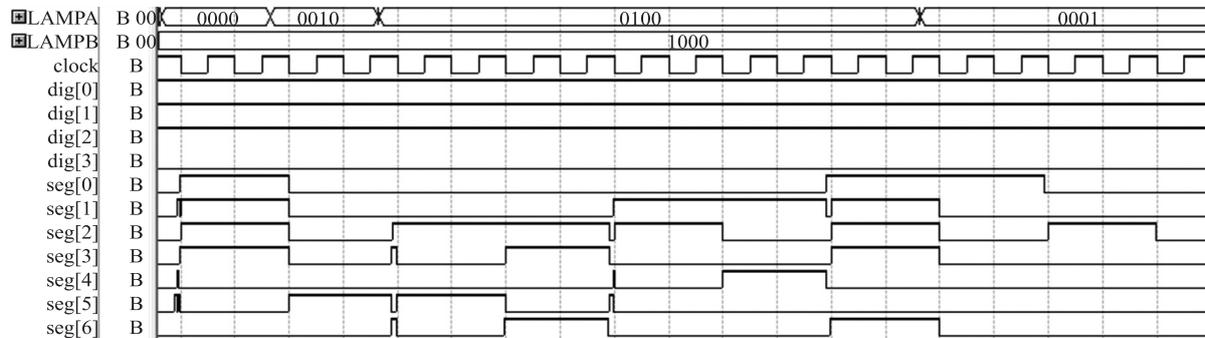
Fig.6 The diagram of main program flow

4 仿真与硬件实现

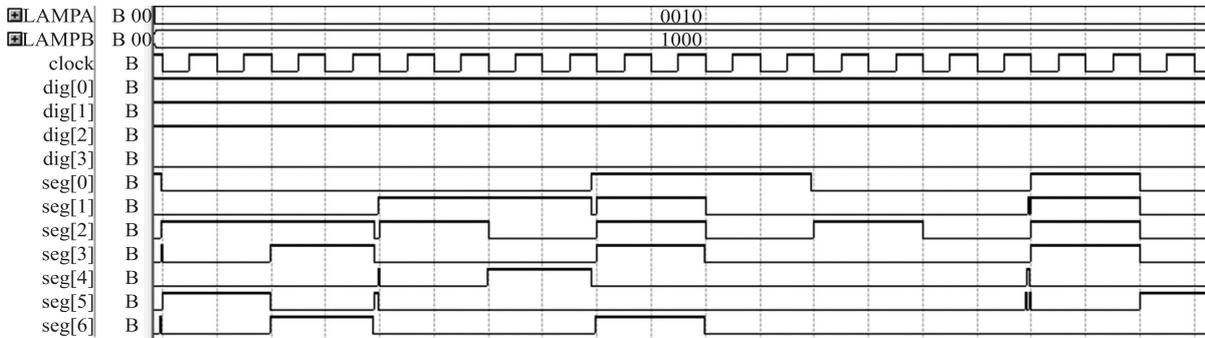
系统按照软件控制器的设计要求,实现交通灯的多模式切换工作,并通过红外遥控进行控制.采用 Verilog 语言编写程序,实现其预定的各个功能,并在 Quartus II 软件中编译、调试和仿真.通过新建图形仿真文件,给定时钟输入,依次分别加入非高峰模式信号、高峰模式信号、夜间模式信号、应急模式信号,依次进行仿真,仿真结果如图 7 所示.



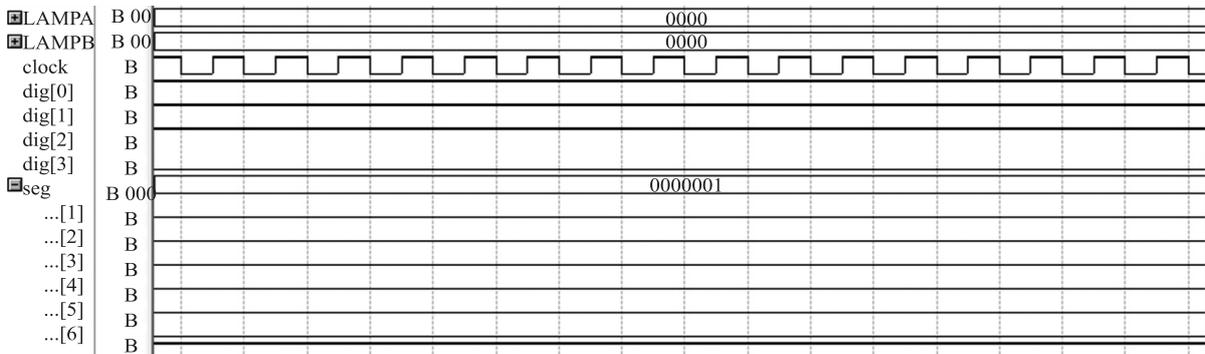
(a) 非高峰模式



(b) 高峰模式



(c) 夜间模式



(d) 应急模式

图7 软件运行仿真图

Fig.7 The simulation diagrams

在各个模式下,信号灯变量能够在倒计时为零的同时进行变灯,数码管通过片选动态扫描,显示倒计时数据,符合本次系统设计要求.外部硬件主要是交通灯信号灯和数码管倒计时显示部分,模拟实际路口交通信号灯.二位的数码管通过与型号为 S8550 的三极管连接扩展成为四位数码管,实现片选动态扫描,再将信号灯与数码管组成的外部电路经引脚分配,与开发板直接相连.仿真无误后,将程序下载到 FPGA 芯片中,观察硬件运行结果,运行结果如图 8 所示.

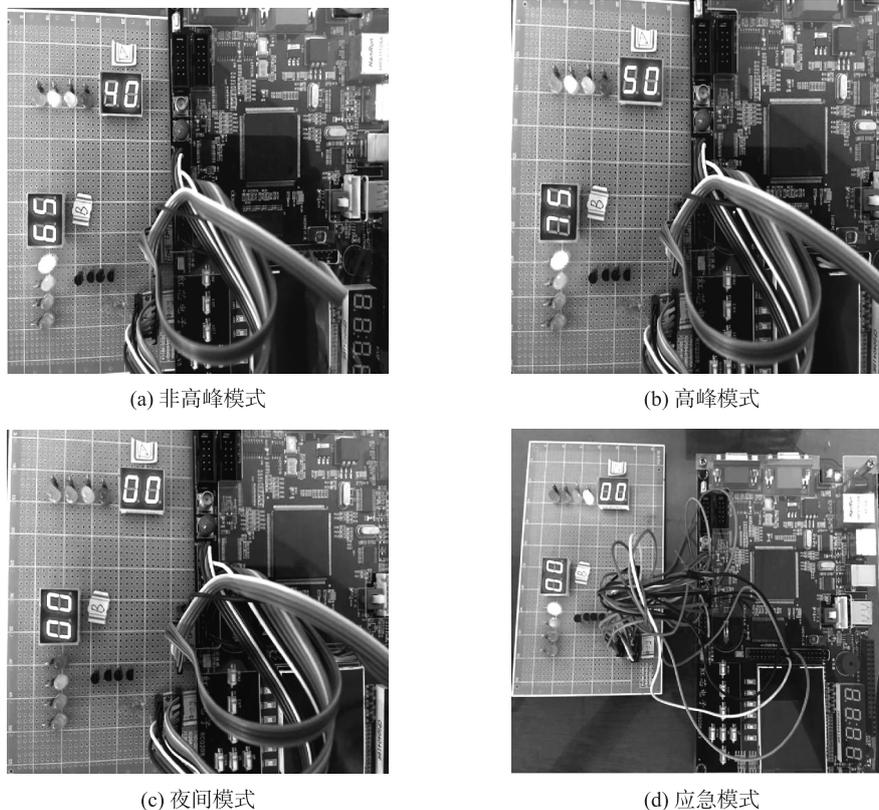


图8 硬件实验运行结果图

Fig.8 The result of experimentations

5 结语

本文结合普遍使用的单一模式交通信号灯系统无法满足当前复杂的道路交通所引起的各种弊端,提出了多模式工作下的交通信号系统,并能通过红外信号实现遥控切换.采用 Verilog 语言编写控制程序,并在 Quartus II 软件中编译、调试和仿真,利用 FPGA 开发板最小系统,并设计、焊接信号灯外围电路,通过引脚分配与 FPGA 实现连接,并在硬件上最终实现预期的设计功能.结合传统交通信号系统诸多弊端,本设计的交通信号系统采用多种模式的设计思路,能缓解主干道车流量激增造成拥堵的情况,同时也能解决车流量锐减时车辆不必要的等待,保障特殊车辆的优先通行权,遥控的方式对大型路口执勤疏导交通的交警提供了很大的便利,本设计的交通信号系统在一定程度上能有效缓解道路交通压力,提高路口通行效率,具有一定的实用价值.

[参考文献](References)

- [1] 谢溪凌,肖建波,张昊,等.考虑时段交通流交通灯工作状态的智能优化[J].汽车安全与节能学报,2012,3(3):251-256.
XIE X L, XIAO J B, ZHANG H, et al. Intelligent optimization of traffic light operating states considering time traffic flow [J]. Journal of automotive safety and energy, 2012, 3(3): 251-256. (in Chinese)
- [2] 卢文汐.基于 CPLD 的交通灯控制器的设计[J].电脑知识与技术,2010,6(22):6 367-6 368.
LU W X. Design of traffic light controller based on CPLD [J]. Computer knowledge and technology, 2010, 6(22): 6 367-6 368. (in Chinese)

- [3] 徐鑫,杨利亚,周磊,等. 单片机智能交通灯控制系统的设计[J]. 电子世界,2013(23):23-24.
XU X, YANG L Y, ZHOU L, et al. Design of intelligent traffic lights control system based on microprocessor[J]. Electronics world, 2013(23):23-24. (in Chinese)
- [4] 赵金亮. 自适应交叉路口控制系统设计与实现[J]. 太原理工大学学报, 2013, 44(4):531-535.
ZHAO J L. The design and realization of self-adaptive crossing traffic control system[J]. Journal of Taiyuan university of technology, 2013, 44(4):531-535. (in Chinese)
- [5] 蔡自兴,谷明琴. 城市环境中交通信号灯准确识别与状态估计[J]. 控制与决策, 2014, 29(1):163-167.
CAI Z X, GU M Q. Accuracy recognition and state estimation for traffic light in urban environment[J]. Control and decision, 2014, 29(1):163-167. (in Chinese)
- [6] 田川,华红艳,刘淳,等. 一种基于车辆拥堵状况的智能交通灯系统[J]. 安阳工学院学报, 2015, 14(2):31-34.
TIAN C, HUA H Y, LIU C, et al. A new intelligent transportation systems based on vehicle congestion[J]. Journal of Anyang institute of technology, 2015, 14(2):31-34. (in Chinese)
- [7] ANDREW H, BEN W, TOM C. The evolution of urban traffic control: changing policy and technology[J]. Transportation planning and technology, 2013, 36(1):24-43.
- [8] EKENE S M, MICHEAL C N, KENNEDY C O. Self diagnostic system for predictive maintenance of traffic light control system [A]. Washington, D C: IEEE Computer Society, 2013:308-313.
- [9] DUJARDIN Y, BOILLOT F, VANDERPOOTEN D. Multiobjective and multimodal adaptive traffic light control on single junctions[A]. Piscataway, New Jersey: IEEE Press, 2011:1 361-1 368.
- [10] 李萍. 基于 AT89S51 的智能交通灯控制系统设计与仿真[J]. 电子设计工程, 2014, 22(1):190-193.
Li P. Design and simulation of intelligent traffic lights control system based on AT89S51[J]. Electronic design engineering, 2014, 22(1):190-193. (in Chinese)
- [11] 李昊,于卫,张正华,等. 基于 CPLD 器件的智能交通灯控制系统设计[J]. 信息化研究, 2013, 5(39):46-51.
LI H, YU W, ZHANG Z H, et al. Design of intelligent traffic light control system based on CPLD[J]. Informatization research, 2013, 5(39):46-51. (in Chinese)
- [12] 凌志斌,邓超平,郑益慧,等. 红外遥控技术及其解码方案[J]. 微处理机, 2003, 6(6):59-62.
LING Z B, DENG C P, ZHENG Y H, et al. Infrared remote control technique and decoding method[J]. Microprocessors, 2003, 6(6):59-62. (in Chinese)
- [13] 常涛,雪琦. 基于FPGA的红外遥控信号接收模块的设计[J]. 电子元器件应用, 2011, 5(13):44-46.
CHANG T, XUE Q. Design of infrared remote control signal receiver module based on FPGA[J]. Electronic component & device applications, 2011, 5(13):44-46. (in Chinese)
- [14] 崔岩,吴国兴,顾媛媛. 基于FPGA的红外遥控密码锁的设计[J]. 电子应用技术, 2013, 11(39):44-46.
CUI Y, WU G X, GU Y Y. Design of a FPGA-based code lock with infrared remote control[J]. Application of electronic technique, 2013, 11(39):44-46. (in Chinese)

[责任编辑:陈 庆]