

基于 FPGA 的一种智能交通红绿灯设计

王维松¹ 章伟² 王金生¹ 梁齐¹

¹(合肥工业大学电子科学与应用物理学院 安徽 合肥 230009)

²(南京工业大学化学化工学院 江苏 南京 210009)

摘要 论述一种基于 FPGA 的交通红绿灯设计方案,可以有效解决城市中十字路口各方向车流量不均衡,特别是同一条道路相对方向车流量不均衡的问题。对相对方向采用不同步的红绿灯信号,减小了十字路口交通资源的浪费情况,实现对交通信号的智能控制,极大提高十字路口的车辆运行效率。

关键词 红绿灯 无线收发模块 FPGA 智能控制

中图分类号 TP302 文献标识码 A DOI:10.3969/j.issn.1000-386x.2013.01.048

DESIGN OF AN INTELLIGENT TRAFFIC LIGHT BASED ON FPGA

Wang Weisong¹ Zhang Wei² Wang Jinsheng¹ Liang Qi¹

¹(School of Electronic Science and Applied Physics, Hefei University of Technology, Hefei 230009, Anhui, China)

²(College of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, Jiangsu, China)

Abstract This paper discusses a design scheme of FPGA-based traffic lights, which can be an effective solution to unbalanced omnidirectional traffic flow on city crossroads, especially to the unbalanced road traffic flow in opposite directions on the road. The intelligent control of traffic signals is realised by using asynchronous signals of traffic lights for opposite directions, which reduces the wastage of traffic resource on crossroads. The traffic efficiency of vehicles on crossroads has therefore been greatly improved.

Keywords Traffic lights Wireless transceiver module FPGA Intelligent control

0 引言

当今社会,随着人们生活水平的提高,城市中车流量特别是私家车的数量呈现了一个急速上涨的阶段,导致城市交通出现了巨大的压力,十字路口交通灯信号成了管理交通网络的重要因素。提高十字路口的通行效率,对缓解城市交通堵塞有着极其巨大的现实意义^[1,2]。而目前城市的交通灯控制,是根据一定时间段的各路口车流量的调查而分配出的相对比较合理的固定的红绿灯转化周期。但在特定的时间段,会出现某一方向车辆早已通行完,而另一方向车辆排队等绿灯的情况^[3],会导致实际的十字路口交通效率极大的降低。

本文使用 VHDL 语言设计了一种新型的十字路口交通灯控制系统,其主控系统是 Altera 公司 Cyclone 系列 FPGA 芯片^[4,5]。该系统利用压电传感器感应车辆,通过无线发射/接收装置把信号传输到 FPGA 芯片进行处理,实时输出相应的红绿灯控制信号,从而动态地调节各方向的通行时间,极大地提高了十字路口的车辆通行效率^[6]。

1 系统设计方案

本系统的基本框架如图 1 所示。其中,传感器采集车辆信

号,通过 AD 转换器、信号放大器、无线发射/接收装置,将采集到的信号转化为数字信号(高低电平)输入到 FPGA 控制芯片,经过 FPGA 控制芯片处理,将输出信号显示在相应的红绿灯上,从而控制各路口车辆通行^[7]。



图 1 系统基本框架

十字路口传感器位置如图 2 所示^[8]。

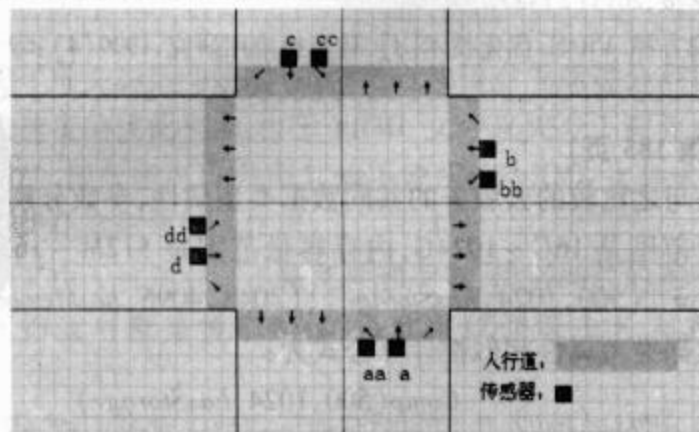


图 2 十字路口传感器位置

收稿日期:2012-02-21。王维松,硕士生,主研领域:微电子技术。
章伟,教授。王金生,硕士生。梁齐,副教授。

在十字路口的直行道和左转道安装压电传感器感应该通道是否有车辆停留^[9],人行道通行与否由相邻直行道红绿灯状况确定,若绿灯,则人行道为通行状态,反之亦然;右行道状态由相关人行道状态决定,若人行道为通行状态,则右行道为红灯,反之,则为绿灯。

其中,直行道传感器 a,b,c,d 所对应的绿黄灯最长时间为绿灯 24 秒,3 秒,红灯时间长短由其他相应传感器判定;左行道传感器 aa,bb,cc,dd 所对应的绿黄灯最长时间为绿灯 5 秒,2 秒,红灯时间长短由其他相应传感器判定,具体检测顺序为:a→b→c→d→aa→bb→cc→dd→a。

2 交通灯控制电路

该系统核心控制 FPGA 芯片为 Altera 公司 Cyclone 系列 EP1C6Q240C8 芯片,配套芯片为 EPCS4,一共具有 185 路 I/O 接口,26 路外扩 I/O,含 2 路全局时钟信号 PLL。根据系统要求需要有 8 路输入,48 路输出^[10],具体分配如表 1 所示^[11]。

表 1 核心电路的端口分布

方向	输入端口	输出端口
a	a, aa	lag, lay, lar; laag, laay, laar; lalg, laly, lalr, lahg, lahy, lahr
b	b, bb	lbg, lby, lbr, lbbg, lbby, lbbr; lblg, lbly, lblr; lbhg, lbhy, lbhr
d	d, dd	ldg, ldy, ldr; lddg, lddy, lddr; ldlg, ldly, lldr; ldg, ldhy, ldhr

各传感器之间基本的逻辑对应关系如表 2 所示^[12]。

表 2 各传感器状态对应关系

传感器	对应保持红灯状态的传感器	待判定状态的传感器	人行道绿灯状态
a	b, bb, cc, d	c, dd, aa	b
aa	bb, c, d, dd, a, b	cc	-----
b	c, cc, dd, a	d, aa, bb	e
bb	cc, d, a, aa, b, c	dd,	-----
c	d, dd, aa, b	a, bb, cc	d
cc	dd, a, b, bb, c, d	aa	-----
d	a, aa, bb, c	b, cc, dd	a
dd	aa, b, c, cc, d, a	bb	-----

本系统相对于传统交通控制电路最大的创新点在于,实现了车道相对方向不同步的信号控制,根据车流量的变化及时调整交通信号控制策略,最大限度地提高了十字路口车流量的通行效率。整个控制电路选择 1Hz 时钟脉冲作为系统时钟,所有信号灯初始状态为红灯。其中,传感器 a,b,c,d 所对应信号灯通行状态一致,传感器 aa,bb,cc,dd 所对应信号灯通行状态一致。

以传感器 a 为例,当传感器 a 感应到信号(即有车辆通过),则相应信号灯转绿灯,并通过累加器计数;b,bb,cc,d 传感器对应信号灯保持红灯状态。若传感器 c 感应到信号(即有车辆通过),则相应信号灯转绿灯,并通过累加器计数,传感器 dd, aa 对应信号灯保持红灯状态;当传感器 c 对应的累加器数值达到 6,或者传感器 c 无信号,则相应信号灯转为黄色,2 秒后变为红色;同时判断传感器 dd 状态,若有信号,则重复传感器 c 运行过程;否则判断传感器 aa 状态,若有信号,同样重复传感器 c 过程。c,dd,aa 3 个通道通行结束后,3 个累加器数值归零,并重新开始计算通行状态。当传感器 a 累加器数值达到 24,或者传感器 a 无信号,a 对应信号灯转为黄色,3 秒后转为红色,并开始

判断传感器 b 状态。以此类推,完成一个周期后,重新开始新的循环。每过 120 秒,所有车辆信号灯转为红灯,所有人行道转为通行状态,确保所有路口行人及时通行。右行道车辆信号灯只与人行道上红绿灯信号相关联。传感器 a 所对应的车辆通行相位如图 3 所示,传感器 b,c,d 情况与 a 类似。

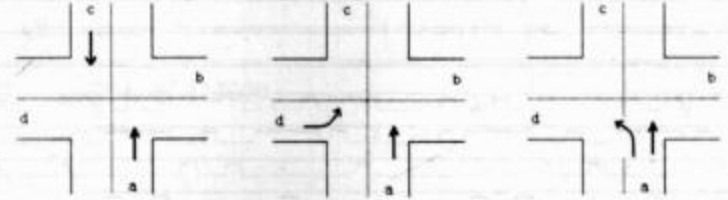


图 3 传感器 a 对应车辆通行相位示意图

传感器 aa,bb 所对应的车辆通行相位如图 4 所示,传感器 cc,dd 情况与 aa,bb 类似。

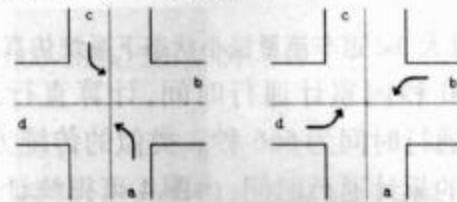


图 4 传感器 aa,bb 对应车辆通行相位示意图

3 实验仿真结果分析

将用 VHDL 语言编写的程序使用软件 Quartus II 7.2 进行编译、综合、仿真^[14-16],结果如下。

在车流量极大(即所有道路随时都有车辆等待)的情况下,在设定直行道绿灯 24 秒,黄灯 3 秒;左转道绿灯 6 秒,黄灯 3 秒的条件下,仿真结果如图 5 所示。

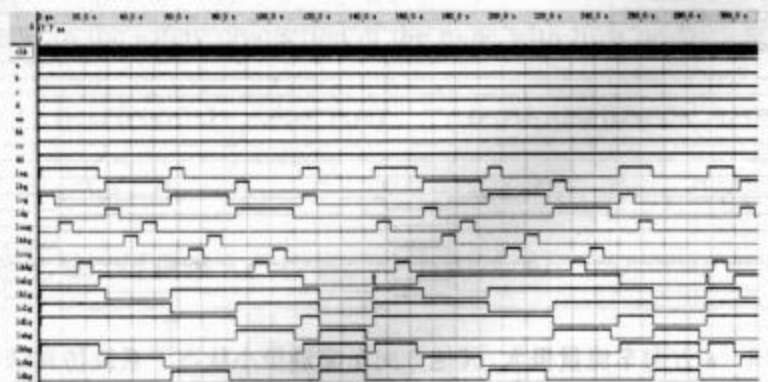


图 5 极限状态下系统仿真结果

而在类似的传统的十字路口^[17,18],由于相对路口红绿灯信号相同,设定绿灯 24 秒,黄灯 3 秒,红灯 27 秒,两条道路信号灯状态交替循环,其仿真结果如图 6 所示。

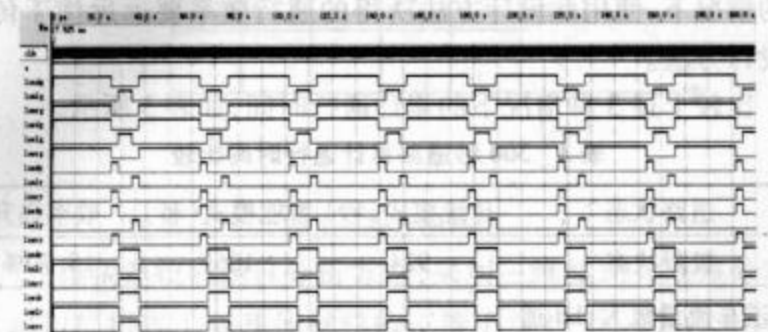


图 6 极限状态下传统模式的仿真结果

统计十字路口 300 秒内累计通行时间,计算直行道、左转道、右转道,可得累计通行时间为 1069 秒。统计十字路口 300 秒内累计通行时间,计算直行道、左转道、右转道,可得累计通行时间为 924 秒。由此可见,在十字路口车流量极大的条件下,比较两者可得,本设计方法比传统设计方法通行效果略好。

在一条道路上车流量极大,而另一条道路上车流量极小的

情况下,设 ac 道路车流量极大, bd 道路上没有车流,同样设定绿灯 24 秒,黄灯 3 秒;左转道绿灯 6 秒,黄灯 3 秒的条件下,所得仿真结果如图 7 所示。

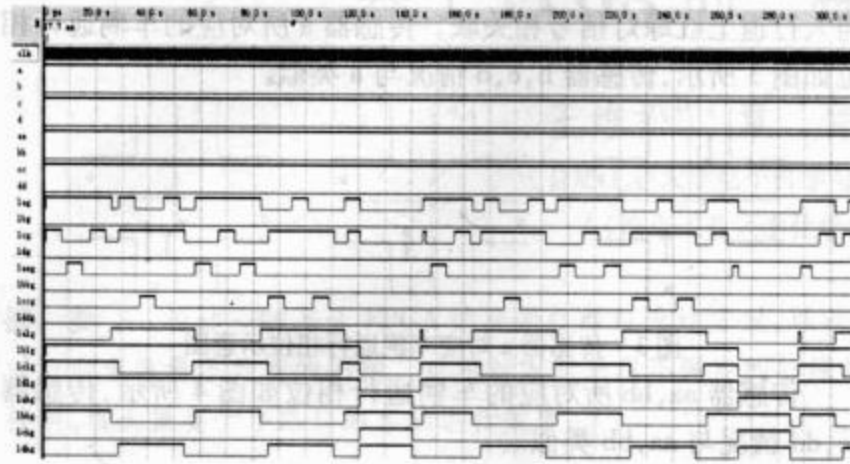


图 7 ac 道车流量极大、bd 道车流量极小状态下系统仿真结果

统计十字路口 300 秒内累计通行时间,计算直行道、左转道、右转道,可得累计通行时间为 666 秒。类似的传统方法的十字路口在此类状况下的累计通行时间,由图 4 可得统计结果,任意方向(南北方向或东西方向)的累计通行时间均为 462 秒。由此可见,在单车道车流量大的情况下,使用此设计方法所得的十字路口车辆通行效率要明显优于传统的红绿灯运行方法。

在只有一个方向上有车流的情况下,设十字路口 a 方向车流量极大,其他 3 个方向的车流量极小,同样设定绿灯 24 秒,黄灯 3 秒;左转道绿灯 6 秒,黄灯 3 秒的条件下,所得仿真结果如图 8 所示。

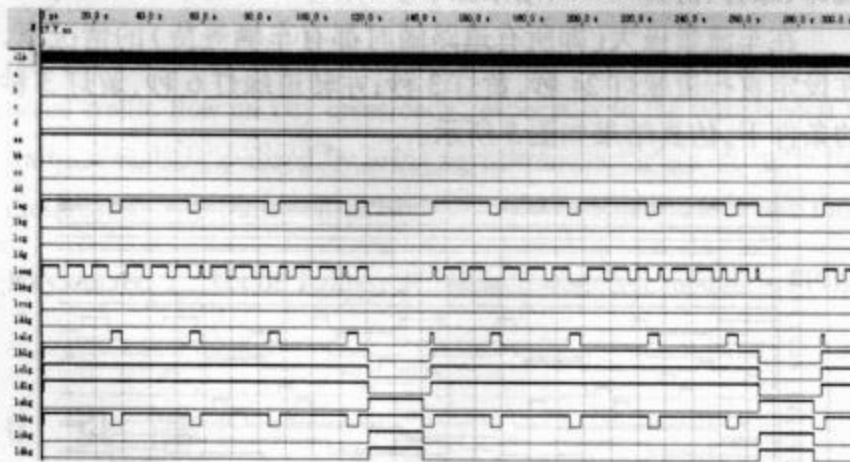


图 8 a 方向车流量极大、其他方向车流量极小状态下系统仿真结果

统计十字路口 300 秒内累计通行时间,计算直行道、左转道、右转道,可得累计通行时间为 420 秒。类似的传统方法的十字路口在此类状况下的累计通行时间,由图 4 可得统计结果,任意方向的累计通行时间均为 231 秒。由此可见,在车流量不均衡的情况下,使用此设计方法所得的通行效率要远远优于传统的设计方法。

比较上述 3 种情况下的累计通行时间,如表 3 所示。

表 3 300 秒道路累计通行时间比较

道路状态	传统模式(秒)	智能模式(秒)	效率提升
极限状态	924	1069	15.70%
ac 道车流量极大、bd 道车流量极小状态	463	666	44.20%
a 方向车流量极大,其他方向车流量极小状态	231	420	81.90%

由表 3 可见,在极限状态(即四车道车流量极大的状态)下,本设计系统与传统模式相比,效率提升 15.7%;但在车流量不均衡的状态下,本设计系统的通行效率远远优于传统模式,最

高提升 81.9%,不均衡的情况越明显,通行效率的提升越显著。

4 结 语

由此可见,本文提出的基于 FPGA 的交通红绿灯设计方案适合各种状况的十字路口车辆控制,特别是在车流量不均衡的情况下,十字路口的通行效率最大可提高 81.9%。将设计程序借助 EDA 软件 Quartus II 7.2,下载到以 EP1C6Q240C8 为核心芯片的 FPGA 开发板中进行测试^[19],观察开发板上信号灯变化情况,测试结果满足了设计需求。该方案的应用,会极大地缓解城市的交通压力。另外,本设计系统具有维护容易,可靠性高,扩展方便等特点,在一些特殊的路口,如三叉路口、五叉路口等,也适合本设计方法的使用,可以预防交通不畅,让有限的城市道路资源得到最大化的利用。

参 考 文 献

- [1] 郑思铭,等. 交通灯的一种新型智能控制系统[J]. 自动化与信息工程, 2006(2):16-18.
- [2] Thomas Winters. LITS: Lightweight Intelligent Traffic Simulator, Network-Based Information Systems[C]//NBIS 09. International Conference, 2009:386-390.
- [3] 陈姚节,等. 基于 CPLD 的交通信号灯设计[J]. 教育教学论坛, 2011(23):62-63.
- [4] 林建华. 基于 VHDL 语言的交通灯控制系统设计[J]. 仪器仪表用户, 2011(3):31-33.
- [5] El-Medany W M, Hussain M R. FPGA-Bases Advanced Real Traffic Light Controller System Design[C]//Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2007, 4th IEEE Workshop, 2007:100-105.
- [6] 王国海,等. 基于 MSP430F149 的路口交通灯智能控制系统的研制[J]. 计算机应用与软件, 2011, 28(2):65-66, 108.
- [7] 曹元军,等. 基于无线传感器网络的交通信号灯控制[J]. 计算机与信息技术, 2007(4):5-6, 110.
- [8] Hu Cheng, Wang Yun. A Novel Intelligent Traffic Light Control Scheme, Grid and Cooperative Computing (GCC)[C]//2010 9th International Conference, Z1-5 Nov, 2010:372-376.
- [9] 郑连泽,等. 全金属电感式接近传感器的关键技术及应用[J]. 海军航空工程学院学报, 2010(6):707-710, 720.
- [10] 王永强. 基于 FPGA 的交通灯控制器的设计[J]. 中国对外贸易:英文版, 2011(12):426.
- [11] Wu Hejun, Miao Chanyun. Design of intelligent traffic light control system based on traffic flow [C]//2010 International Conference on Computer and Communication Technologies in Agriculture Engineering (CCTAE 2010), 12-13 June 2010:368-371.
- [12] Han Taehee, Lin Chiho. Design of an Intelligence Traffic Light Controller(ITLC) with VHDL[C]//Proceedings of 2002 IEEE Region 10 Conference on Computers, Communications, Control and Power Engineering (TENCON 02), 28-31 Oct. 2002:1749-1752.
- [13] 李晓东,等. 浅谈 PLC 在交通灯控制系统的实现[J]. 科技信息:科学教研, 2008(21):310-311.
- [14] 张崇武. 基于 FPGA 的交通灯数字电路设计[J]. 硅谷, 2010(18).
- [15] 李春雨,高原. 基于 VHDL 状态机的交通灯控制器设计[J]. 山西电子技术, 2010(1):54-56.
- [16] 龙安国. 基于 VHDL 的交通灯控制与实现[J]. 信息技术, 2009(5):114-116.