

# 线圈式车速及车流量检测器设计

侯荣涛<sup>1 2</sup> 周彬<sup>2\*</sup> 唐盼<sup>1</sup>

(南京信息工程大学计算机与软件学院<sup>1</sup>和电子与信息工程学院<sup>2</sup>, 南京 210044)

**摘要** 为提高对车辆检测的准确度,设计了一种新型的基于线圈的车速及车流量检测系统。设计应用 Cortex-M3 内核的高性能 ARM 平台,选通工作模式实现分时段采集多路通道信号,系统可连接至数据中心,实现远程监控。在软件方面,利用队列数据结构,按照先进先出的原则对上游线圈与下游线圈的信号进行配对。此外,系统采用了求导法,可降低对于大型车、拖挂车的误检,弥补线圈检测技术上的缺陷。测试表明,车辆检测器具有良好的可靠性,检测精度高,具有很高的实用价值。

**关键词** 智能交通 车辆检测 环形线圈 信号配对 求导法

中图分类号 U491.113; 文献标志码 A

在智能交通(intelligent transportation system, ITS)系统中,车辆检测器起着不可或缺的作用,其检测对象包括车辆的存在性、车速、车流量以及车型分类等交通信息。车辆检测系统是 ITS 关键的子系统<sup>[1]</sup>,它的检测水平直接影响着高速公路和城市道路监控系统整体运行和管理水平<sup>[2]</sup>。

目前道路车辆检测主要以视频检测器、红外检测器及磁感应式检测器为主<sup>[3]</sup>。视频检测器是以车辆检测技术、摄像机和计算机图像处理技术为基础,大范围地对车辆施行检测和识别,但在晚上以及恶劣气候环境下,检测的精度就显著降低,环境适应的能力较差。红外线检测器是悬挂式或路侧式车辆检测器,这种检测器具有快速准确、轮廓清晰的检测能力,其缺点是工作现场的灰尘、冰雾会影响系统的正常工作。而环形线圈检测器却能够避免天气和能见度的影响,夜间依然正常检测,具有其他检测器无法比拟的优势,但是由于大型车辆的线圈频率曲线不规则,以及遇到车流拥挤的路况时,线圈的检测准确度降低。为了降低对大型车的误检率,改善车流拥挤时的计数精度,设计了一种基于线圈的嵌入式车辆检测器,能够有效提高检测的准确度。

## 1 系统设计原理

车检器由电磁感应原理实现,利用由环形地埋

线圈构成回路的耦合电路对其振荡频率进行检测。振荡频率的计算表达式为

$$f = 1/2\pi\sqrt{LC} \quad (1)$$

式(1)中  $L$  为线圈的电感量;  $C$  为震荡电路中的等效电容值。

当线圈上方有车辆经过时,车体内产生涡流反应占主导作用,减少线圈电感量,此时震荡频率增大,由此可判定是否有车辆通过<sup>[4]</sup>。

由于环境因素的变化,设计在运行中不断更新基准频率以增加检测的准确度。采用“求导法”解决大型车、拖挂车经过线圈时引起的车检器误触发问题。根据“队列数据结构”的思想,解决实际情况下路面遇到车流密度大的车辆信号配对的难题<sup>[5,6]</sup>。

## 2 硬件设计

### 2.1 主体构成

设计主要包括主控板、检测模块、供电模块等。主控板是基于 Cortex-M3 内核的高性能 LPC1778,通过 CAN 总线方式与检测模块通讯获得道路交通数据处理并存储,并配备 RS232 串口方便与其他设备通讯。通过以太网接口可将数据上传给数据中心,供上位机查看工作日志。系统整体结构如图 1 所示。

### 2.2 检测模块

检测模块采用 STM32F103 微控制器对外部的四路环形线圈进行检测,使用锁存器 74HC14 和三极管结合的方式来控制线圈震荡的开启和关闭,  $T1 \sim T8$  分别连接至八个线圈,原理图如图 2 所示。同一通道内分为上游线圈和下游线圈,采用高速通道顺序扫描,10 ms 完成四个通道车辆检测,实现单

2015年6月1日收到 国家自然科学基金面上项目(61373064)和南京信息工程大学重点教改项目(13JY001)资助  
第一作者简介:侯荣涛(1957—),男,河北唐山人,博士,教授。研究方向:混沌信息识别,特征提取,信号处理。E-mail: 609124311@qq.com。

\*通信作者简介:周彬(1990—),男,江苏泰州人,硕士研究生。研究方向:嵌入式系统设计,信号处理。

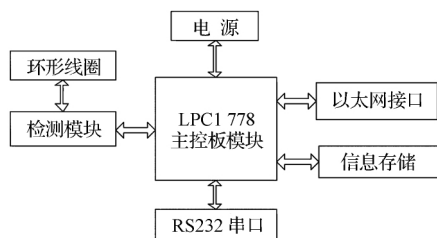


图1 系统硬件结构图

Fig.1 System hardware structure

板二通道工作<sup>[7 8]</sup>。车道1和车道3同时工作,车道2和车道4同时工作,4个车道内的线圈分时段完成各路信号的采集,有效地避免通道之间的相互串扰问题,并同时增加数据采集速度,提高检测实时性。

### 2.3 网络通信

主控板提供一个10 M/100 M自适应的RJ45以太网接口,用于与数据中心或便携式PC进行数据交换,上位机软件可以通过远程命令控制检测的工作以及及时查看检测工作日志。选用全硬件TCP/

IP嵌入式以太网控制器W5500芯片实现,W5500与控制器之间通过SPI串行通信,原理图如图3。

### 2.4 信息存储

选用MX25L25635F大容量的存储芯片存储系统测量的交通数据,芯片与处理器之间通过SPI串行通信,通过4个IO口实现读写功能,电路原理图如图4所示。

## 3 软件设计

### 3.1 求导法

对车辆是否驶离线圈的判定是最易出错的环节,传统的单一阈值法<sup>[9]</sup>已经难以满足检测要求,提出采用“求导法”来降低误检率。车辆引起线圈电感量变化根据车型的不同而变化,因此频率的变化也各不相同。小型车的线圈频率曲线相对规则,根据不等式

$$|f(t) - f_b| < \Delta_l \quad (2)$$

式(2)中, $f_b$ 为基准频率; $\Delta_l$ 为设定的阈值。

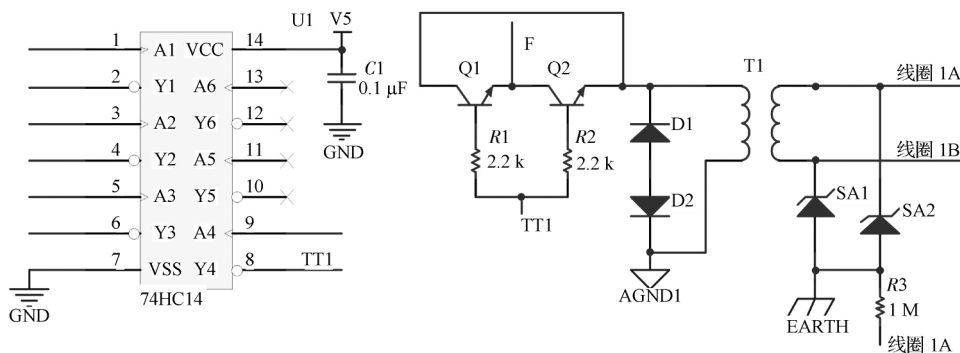
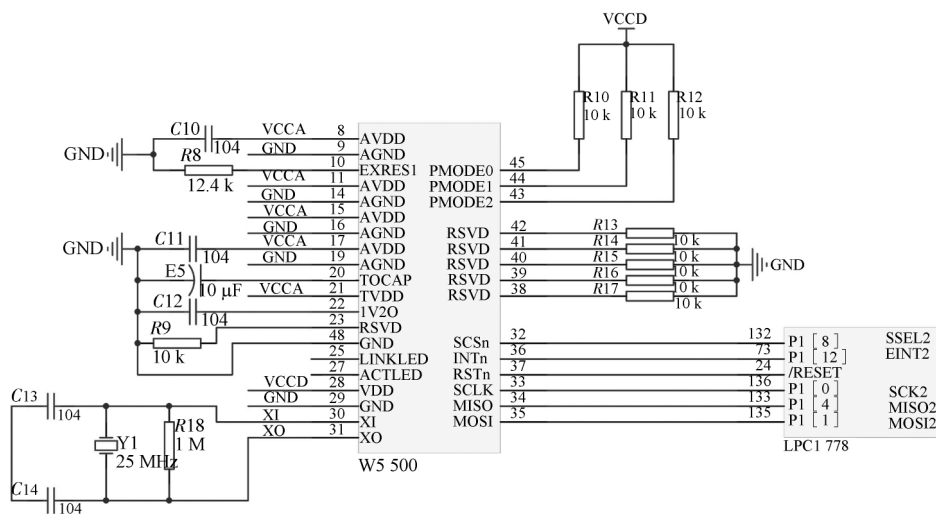


图2 分时选通原理图

Fig.2 Circuit diagram of different times altered



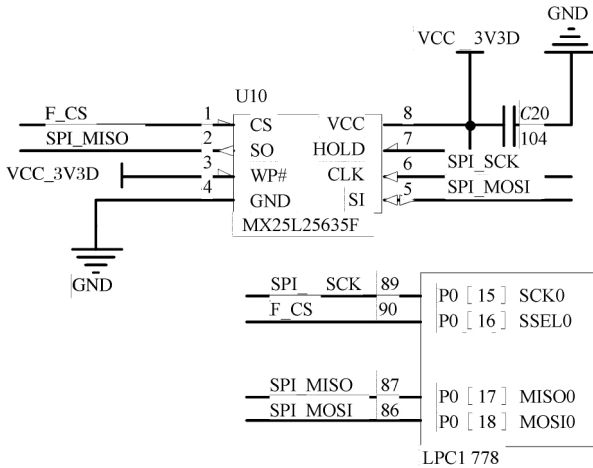


图4 存储芯片电路图

Fig. 4 Circuit diagram of memory chip

不等式成立时,可判定此时无车,反之则有车。然而大型车、拖挂车引起的频率变化曲线较为复杂,曲线中间段易出现较大波动,此时如果依然根据不等式  $|f(t) - f_b| < \Delta_t$  来判定有无车辆经过,一辆车则会误检为多辆车,误检率增加。

令  $f(t)$  为  $t$  时刻的频率值,  $f'(t)$  表示频率曲线的斜率,  $f''(t)$  表示曲线的凹向特性。如果  $|f(t) - f_b| < \Delta_t$ ,  $|f'(t)| = 0$  和  $|f''(t)| = 0$  三个条件有任一条件不满足,则可以判定此时有车经过,若三个条件同时满足,则此时频率曲线平坦,可判定没有车辆经过。

### 3.2 信号配对

在实际道路中,假设车辆先经过上游线圈,后经过下游线圈,两个感应线圈之间的距离为  $D$ ,  $D$  的值不能过小,否则当行驶车辆速度较快时,车速误差就会增大。因此应增加感应线圈的距离,但同时伴随出现了新的问题:当路面上车流量较大且行驶速度慢时,下游线圈检测到一个有车的有效信号时,上游线圈可能已经检测出下一辆车的有效信号,而且如果  $D$  越大,上游线圈检测出来的信号会越多。为了解决此时的车流量计数问题,设计采用“队列数据结构”的思想,通过对上游线圈的信号进行存储,按照先进先出的原则使对列中的信号与下游线圈的信号进行配对,如果配对不成功,则判定为下游线圈为干扰信号,同时将干扰信号清除,具体流程图如图5所示。

### 3.3 工作流程

#### 3.3.1 系统软件

内部通讯先由主控板模块发起检测模块进行执行或应答。主控板上电硬件自检完成后,检查配置文件,根据配置文件对检测模块完成设置后开始进

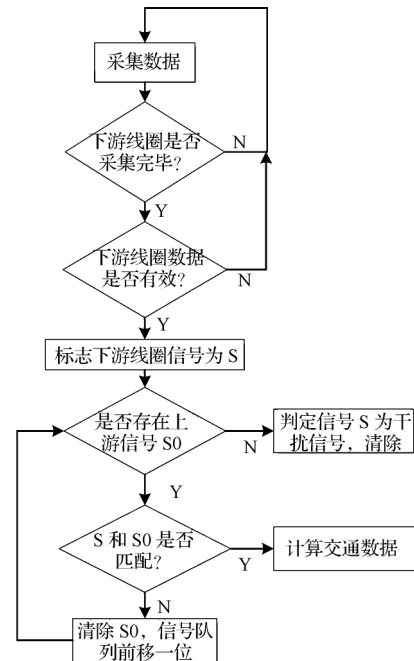


图5 信号配对算法流程图

Fig. 5 Algorithm flow chart of signal match

入程序循环阶段,程序执行由外部时钟中断触发。统计数据按照最小统计间隔进行更新,然后计算出相应数据进行上传,以保证上传的数据为最近的统计间隔内的数据。

#### 3.3.2 数据采集

检测模块首先进行初始化,然后进行对车辆的实时检测,检测模块程序流程图如图6所示。

## 4 测试效果

借助使用某公司在路段内部埋设的  $2.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$  线圈进行试验,如图7,随机抽取了3月23日下午测量的某个时间段内车流较拥挤时的交通数据,从表1可以看出,所测数据表明系统在车流密度大时,在速度和车流量检测方面能够保持较好的准确度。

表1 交通数据统计表

Table 1 Statistical table of traffic records

实验日期	时间	速度/( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ )
3月23日	14:38:12	16
3月23日	14:38:18	16
3月23日	14:39:55	11
3月23日	14:41:35	13
3月23日	14:41:38	17
3月23日	14:41:58	17
3月23日	14:42:29	11
3月23日	14:42:42	12

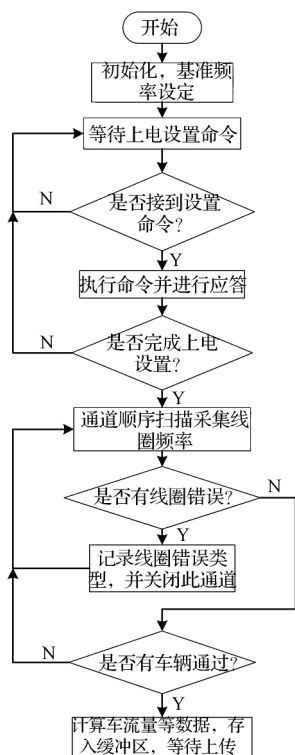


图6 检测流程图

Fig.6 Flow chart of detecting



图7 测试现场

Fig.7 Test spot

分别选取了三天中的下午时段 15:00 ~ 16:00, 对此处的车流数据进行统计, 如表 2。通过车辆检测器所测量的数据与人工统计的数据对比, 验证了本系统设计的可行性, 尤其对于大型车、拖挂车的检测精确度高。经过分析, 所测数据的误差可能来源于车辆行驶经过线圈上方时突然变道等行车不规范行为, 下游线圈未触发而导致车辆检测系统出现漏检。由此可知, 交通行驶规范程度也是影响系统检测准确度的因素之一。

## 5 结语

系统在硬件方面采用目前流行的 ARM 微控制

器, 详细设计了各个模块的硬件电路, 运行速度快, 性能稳定。系统采用四路双线圈输入, 高速通道顺序扫描, 单板二通道工作, 不仅提高了扫描周期, 保证了交通数据的实时性, 又避免了串扰问题。利用队列数据结构方法提高了车流拥挤时的检测精度, 采用求导法弥补了环形线圈在检测大型车、拖挂车方面的不足, 显著增加检测准确度。在接下来的研究中, 可以进一步实现车型分类<sup>[10]</sup>, 使整个检测系统功能更加完善, 为智能交通体系提供更加全面的数据。

表2 车流量分析

Table 2 Analysis of vehicle flux

实验日期	车检器车 流量计数	人工计数		正确率/ %
		小型车	大型车、 拖挂车	
2015 年 3 月 18 日	75	55	21	98.6
2015 年 3 月 20 日	108	72	38	98.2
2015 年 3 月 23 日	94	65	29	100

## 参 考 文 献

- 谢 辉, 董德存, 欧冬秀. 基于物联网的新一代智能交通. 交通科技与经济 2011; 13(1): 33—46  
Xie H, Dong D C, Ou D X. A New generation of intelligent transportation based on the internet of things. Transport Technology and Economy 2011; 13(1): 33—46
- Zhang Junping, Wang Feiyue, Wang Kunfeng *et al.* Data-driven intelligent transportation systems: a survey. IEEE Transactions on intelligent Transportation System 2011; 12(4): 1624—1639
- 彭春华, 刘建业, 刘岳峰, 等. 车辆检测传感器综述. 传感器与微系统 2007; 26(6): 4—11  
Peng C H, Liu J Y, Liu Y F *et al.* Review of vehicle detection sensor. Sensor and Micro-system 2007; 26(6): 4—11
- 林 凌, 韩晓斌, 丁 茹, 等. 微型感应线圈车辆传感器. 传感技术学报 2006; 19(4): 994—996  
Lin L, Han X B, Ding R, *et al.* Mini inductive loop vehicle detection sensor. Journal of Sensing Technology 2006; 19(4): 994—996
- 梁俊斌, 徐建闽. 基于感应线圈的骑线车辆检测方法. 华南理工大学学报(自然科学版) 2007; 35(7): 20—24  
Liang J B, Xu J M. Detection of trans-line vehicles based on inductive loop. Journal of South China University of Technology 2007; 35(7): 20—24
- 林培群, 徐建闽. 感应线圈信号曲线的处理方法及其在车型识别中的应用. 公路交通科技 2009; 26(2): 108—119  
Lin P Q, Xu J M. Processing methods of signal trace in inductive loop detector and its application in vehicle recognition. Highway Transportation Technology 2009; 26(2): 108—119
- 冯红梅, 单宝明, 胡乃平. 环形线圈车辆检测器的设计与实现. 青岛科技大学学报 2005; 26(5): 448—451  
Feng H M, Shan B M, Hu N P. The design and realization of loop-coil vehicle detector. Journal of Qingdao University Science and Technology 2005; 26(5): 448—451

- 8 张永忠 张军强 李颖宏. 多路环形线圈车辆检测器设计. 电子技术应用 2013; 39(11): 23—26  
Zhang Y Z, Zhang J Q, Li Y H. Design of multiple detecting cars system based on loop-coil. Electronic Technology Application 2013; 39(11): 23—26
- 9 孙国栋 姜永林 梁 起. 智能环形线圈车辆检测器的设计与实现. 微计算机信息 2003; 19(9): 54—55  
Sun G D, Jiang Y L, Liang Q. The design and realization of intellectual loop-coil detector in traffic. Microcomputer Information 2003; 19(9): 54—55
- 10 田 寅 董宏辉 贾利民 等. 用于车辆分类的多传感器车型特征融合算法. 华南理工大学学报(自然科学版) 2014; 42(3): 52—58  
Tian Y, Dong H H, Jia L M *et al.* Multi-sensor signature fusion algorithm for vehicle type classification. Journal of South China University of Technology( Natural Science Edition) 2014; 42(3): 52—58

## Design of the Speed and Vehicle Flux Detector Based on Loop-coil

HOU Rong-tao<sup>1,2</sup>, ZHOU Bin<sup>2\*</sup>, TANG Pan<sup>1</sup>

( School of Computer and Software<sup>1</sup>, and School of Electronic and Information Engineering<sup>2</sup>,  
Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044 P. R. China)

**[Abstract]** In order to improve the accuracy of vehicle detector, a new embedded system based on loop was designed. This system works on high-performance hardware ARM based on Cortex-M3, collects signal from multi-road by time interval under the selecting mode. The system can connect to data center and realize remote monitoring. With data structure of queue, matching the former loop to the latter loop on the basis of first input first output (FIFO). In addition, the system uses the method of derivation to reduce the mistake about large vehicles and trailers, which make up for the shortcoming of detectors based on loop-coil. The application results show that the detector is reliable, of great accuracy and has a fine practical value.

**[Key words]** intelligent transport    detecting cars    loop-coil    signal match    differentiating way

(上接第 183 页)

## Study on the Connection Shear Behavior of the New Prefabricated Floor

ZHENG Xian-chao<sup>1</sup>, ZHAO Jun<sup>1</sup>, LI Qing-ning<sup>2</sup>

( Anyang Institute of Technology<sup>1</sup>, Anyang 455000, P. R. China;  
School of Civil Engineering Xi'an University of Architecture and Technology<sup>2</sup>, Xi'an 710055, P. R. China)

**[Abstract]** According to the shear static test of three prefabricated slab specimens, the failure process of the connection is analyzed. The shear effect of alveolar and diagonal rib of new connections were studied and establish new connections shear mechanical model, and shear capacity formula of the new connection was given. The results showed that: alveolar slab connection carrying capacity is the highest, but its damage morphology is a brittle shear failure. Diagonal rib has higher carrying capacity and better ductility, and the destruction specimens have greater slippage. Shear force of new connector comprises the diagonal rib pullout and the resistance to pressure force of alveolar. The normal stress is applied to alveolar when the diagonal rib subject to greater tensile stress and this improve shear capacity of alveolar.

**[Key words]** vertical-grooved connection    diagonal rib    slip curve    shear capacity