

基于MSP430行驶车辆检测器的设计

Design of the Running-Vehicle Detector Based on MSP430

(1.上海理工大学;2.中国计量学院)张志^{1,2} 洪涛² 单越康²

ZHANG ZHI HONG TAO SHAN YUEKANG

摘要:利用环形线圈、MSP430F1121A单片机与输出接口,组成低功耗行驶车辆检测系统,并能根据用户预先设定的灵敏度、工作方式、输出方式进行车辆检测与信号输出。还应用软件动态刷新基准的方法提高了检测的可靠性和准确性。实验表明:该系统具有结构简单、功耗低、调节方便等优点。

关键词:MSP430单片机;环形线圈;车辆检测器

中图分类号:TP368.1

文献标识码:B

Abstract: A new running-vehicle detector is designed. It is composed of inductive circle loop, MSP430 single chip and output interface. It is used to detect running-vehicle and output signals by preestablished sensitive grade, working mode and output mode. Its reliability and veracity is improved by using software to refresh norm frequency. This system is testified simple structure, low power and convenience adjust by experiments.

Key words: MSP430 single chip, inductive circle loop, vehicle detection

引言

近年来,车辆检测器作为交通信息采集的重要前端部分,越来越受到业内人士的关注。鉴于公路交通现代化管理和城市交通现代化管理的发展需要,对于行驶车辆的动态检测技术——车辆检测器的研制在国内外均已引起较大重视。车辆检测器以机动车辆为检测目标,检测车辆的通过或存在状况,其作用是智能交通控制系统提供足够的信息以便进行最优的控制。目前,常用的行驶车辆检测器主要有磁感应式检测器,超声波式检测器,压力开关检测器,雷达检测器,光电检测器以及视频检测器等,而环形线圈电磁感应式车辆检测器具有性能稳定、结构简单、检测电路易于实现、成本低、维护量少、适应面广等优点,市场应用范围最广。目前我国实际用于高速公路和城市道路的车辆检测器几乎全部是从国外进口的,国产车辆检测器存在着诸多问题,如误检率高、灵敏度低、长时间工作稳定性差等。

在大量现场实验基础上,本文提出一种新的解决方案,将稳定性、灵敏性、高速性融为一体,解决了以上所述的诸多问题。

1 工作原理

本系统采用MSP430F1121A单片机与环形线圈相结合的方法对行驶车辆进行检测,是一种基于电磁感应原理的检测器。传感器线圈为通过有一定电流的环形线圈,当被检测铁质物体通过线圈切割磁力线,引起线圈回路电感量的变化,检测器通过检测该电感变化量就可以检测出被测物体的存在。本文利用由环形线圈构成回路的耦合电路对其振荡频率进行检测。但线圈检测易受车辆、湿度、温度等外界环境的影响,基准频率会产生漂移,从而影响检测效果。同时,由于车型、车体、车速的

不同,亦会影响检测的准确性。针对这些情况,本文提出了一种软件动态刷新检测基准的方法,以及抗干扰的软件数字滤波方法,充分利用MSP430系列单片机的片上资源对线圈频率进行检测,有效提高了检测的准确性与可靠性。

2 系统结构及硬件设计

2.1 系统结构

系统以MSP430F1121A单片机为核心,由环形线圈传感器模块、LC振荡电路、整形电路、频率选择模块、电源模块、电压监测模块、工作方式设置模块、信号输出模块及JTAG等组成。系统结构框图如图1所示。

2.2 各模块原理及硬件实现

环形线圈传感器是一只埋在路面下的矩形线圈,其两端引线接车辆检测器。环形线圈的作用相当于LC振荡回路中的电感L,当有金属物体靠近时,其电感量发生变化,从而引起振荡频率的改变。通过对频率的检测、比较,可以判断车辆的驶入或驶出。由它组成的LC振荡电路与整形电路一起构成了信号输入电路,如图2所示。

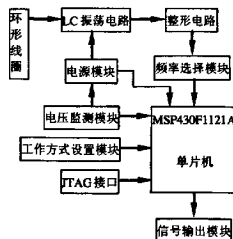


图1 系统构成示意图

张志:硕士研究生

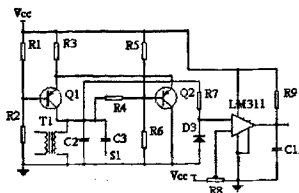


图2 信号输入电路示意图

环形线圈与行驶车辆之间是通过电磁场进行耦合的。当车通过环形线圈并处在一定的位置时，在车体中引起的涡流是一定，而涡流对环形线圈的影响也是一定的，车辆与环形线圈之间存在着一一定的互感。于是，我们把车辆看作具有电感 L1 和电阻 R1 的短路环，它通过互感 M 与环形线圈相交链。环形线圈供电电压为 $U = U_0 \sin \omega t$ ，由振荡电路提供，电感为 L2，电阻为 R2。则可推之等效电感为：

$$L = L_2 - \frac{(\omega M)^2 L_1}{R_1^2 + (\omega L_1)^2} \quad (1)$$

其中第一项 L2 的变化幅度与车辆的导磁率有关，第二项与电流感应效应有关。若工作频率选择适当，当有车辆通过环形线圈时，(1)式第一项的变化量将小于第二项，即等效电感减小。而 LC 振荡器的振荡频率为：

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

显然，当车辆通过环形线圈时，L 变小，则 f 增大。通过单片机检测电路测得其频率的变化，从而可判断有无车辆通过。

电路中由三极管 Q1 和 Q2 组成共射极振荡器，电阻 R3 是两只三极管的公共射极电阻，并构成正反馈。T1 为磁耦变压器，起着阻抗变换和与外电路隔离的双重作用。其绕组 L1 通过引线外接环形线圈，环形线圈的感抗通过 T1 反射到绕组 L2，形成等效电感 L，L 与并联的电容 C1 形成振荡回路，LC 值决定了振荡频率。开关 S1 闭合时，电容 C2 与 C1 并联，电容量增加，振荡频率降低，由此来设置高低两种振荡频率是考虑到现场的不同情况，以便取得较好的检测效果。LC 振荡电路输出的是带毛刺的正弦波，不适合单片机做数字化处理，因此需要单向稳压二极管和单门限电压比较器将其转变为方波信号输出。

由于不同应用场合中，LC 振荡电路的振荡频率不近相同，故输出的方波信号通过一计数器进行分频，再由频率选择接口送入单片机的 P2.5 口，从而避免了单片机的计数溢出，增强了单片机对信号处理的灵活性。

MSP430F1121A 单片机为 16 位 RISC 指令结构；内置 4kFlash 和 256BRAM；一个 16 位定时器 Timer-A 和看门狗定时器；一个具有 3 种内部参考电平 and 输出带 RC 滤波的比较器等。本文应用 MSP430F1121A 的 P2.5 口的外部管脚中断以及 Timer-A 定时中断相配合，定时采集数据得出当前频率，并根据当前设定的灵敏度与工作方式要求，再与基准频率比较，从而判断是否有车辆到来，最后根据设定的输出方式向外输出信号。

电源模块由 AS1117 芯片设定 5V 转 3.3V。为单片机、LC 振荡电路、信号输出模块、JTAG 等模块供电。

电压监测模块用来监测 5V 电源电压。其原理是将 5V 电压分压后与 MSP430 单片机的 P2.2 口比较器 Comparator-A 输入脚相连。当电源电压低于设定电压时，将启动电源电压不足报警功能。

工作方式设置模块是通过拨码盘设置单片机代表灵敏度、工作方式、输出方式等相应管脚的输入电平，再由单片机进行

键值查询，从而完成相应处理程序。

3 系统软件设计

3.1 软件程序设计

系统软件采用模块化结构程序设计方法设计，充分发挥了 MSP430 单片机丰富的片内外围模块的特点，使仪器的硬件电路大大简化。全部程序采用 C 语言编写，易于调试和维护，且具有运行速度快、执行效率高、便于移植。

系统软件由主程序、3 个初始化子程序、10 个功能子程序组成。3 个初始化子程序分别是：单片机时钟初始化子程序、单片机 I/O 端口初始化子程序、定时器 A 初始化子程序。10 个功能子程序分别是：初次测频子程序、车辆检测子程序、电压不足报警子程序、判键子程序、查键子程序、延时子程序、动态刷新基频子程序、P2.5 口中断子程序、定时中断处理子程序和信号输出子程序。主程序流程图如图 3 所示。

主程序中设置了一个定时器，在无车通过的情况下，开机后定时时间到触发定时中断服务程序，多次读取当前 P2.5 端口中断计数值后取平均值，从而获取当前频率值。并将此频率值设置为基准频率，并将第一次测频标志置位，此标志只有在系统复位时才能被清零。此后，通过判键子程序、查键子程序确定此时系统工作的灵敏度、工作方式和输出方式。

由于车型、车体、车速的不同，会对检测的准确性带来一定的影响。同时耦合电路的振荡频率随温度、湿度等外界素变化比较大，如果设置一个固定的基准值可能会造成误判而影响设计的可靠性和准确性。因此，本文在不影响检测速度的前提下，在判断车辆是否进入时，采用限幅滤波与均值滤波进行当前频率的采集，其程序流程图如图 4 所示。

限幅滤波可以克服输入中窄人尖脉冲干扰，其基本思想是将获得的多个当前频率值与当前基准频率值分别进行比较，根据经验设定允许的最大偏差，如果当前频率值和当前基准频率率的差值超过了允许的最大偏差，则认为本次采样值中窄入了干扰，则抛弃干扰值，再将余下的多个当前频率值取平均值。

将采集到的频率值与当前基准频率率进行比较，其差值如果大于当前基准频率率与灵敏度值的乘积，则认为有车辆进入，再进行相关信号的输出。如果判断无车辆进入，则将当前采集到的频率值与当前基准频率率加权平均后作为下一次测量的基准频率，从而实现基准频率的刷新。

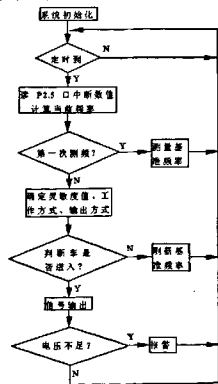


图3 系统主程序流程图

技术创新

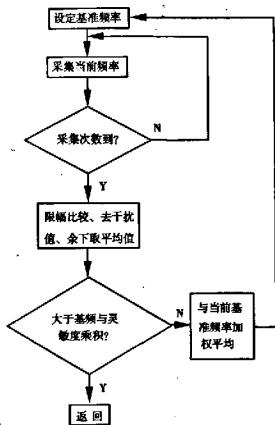


图4 车辆识别程序流程图

4 结束语

本车辆检测器具有电路简单、精度高、体积小、响应时间短、性能稳定等特点,已在浙江某公路卡口使用,效果良好。该检测器具有通用性,通过一定的功能扩展可用来测量诸如车流量、车队长度,占有率等一系列的智能交通控制系统中交通参数,具有很高的实用价值。

本文作者创新点:运用新型的高速低功耗 MSP430 单片机大大提高了对行驶车辆检测的速度,一次检测最快可在 1.5ms 内完成,应用软件动态刷新基准以及限幅滤波与均值滤波等抗干扰方法提高了检测的可靠性和准确性。

参考文献:

- [1] 威利林,贾磊,秦伟刚,等.基于环形线圈车辆检测系统的研究与设计.仪器仪表学报[J], 2004, 25(4):229-331.
- [2] 崔光照,曹祥红,张华.基于 MSP430 单片机的智能型复费率单相电能表设计[J].微计算机信息,2006, 2-2: 21-23.
- [3] 胡大可. MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2001.

作者简介:张志,(1980-),男(汉族),河南临汝人,上海理工大学光学与信息工程学院,硕士研究生,主要研究方向:检测技术及自动化装置;洪涛,(1969-),男(汉族),陕西安康人,中国计量学院机电学院,高级工程师,主要研究方向:机电检测技术;单越康,(1946-),男(汉族),上海奉贤人,中国计量学院机电学院,教授,主要研究方向:机电检测技术。

Biography:Zhang Zhi (1980-), male,the Han nationality, HeNan Province, College of Optoelectric and Electric Information Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, graduate, major in inspection technology and automatic device; HongTao (1969-), male,the Han nationality, ShanXi Province, Mechatronics College, China Jiliang University, senior engineer, major in mechatronics inspection technology;Shan Yuekang

(1946-), male,the Han nationality, ShangHai City, Mechatronics College, China Jiliang University, professor, major in mechatronics inspection technology.

(200093 上海 上海理工大学光学与信息工程学院)张志 (310018 浙江 杭州 中国计量学院机电工程学院)张洪涛 单越康 (College of Optoelectric and Electric Information Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai, 200093,China)Zhang Zhi

(Mechatronics College, China Jiliang University, Hangzhou, 310018,China)Zhang Zhi Hong Tao Shan Yue-kang
通讯地址:(310018 浙江 浙江省杭州市下沙高教园中国计量学院机电工程学院)张志 洪涛 单越康

(收稿日期:2007.6.23)(修稿日期:2007.7.25)

(上接第 135 页)

参考文献:

- [1] 邓绍刚,汪艳等.锂电池保护电路的设计[J], 电子科技 2006 年第 10 期(总第 205 期)
- [2] 陆安江,张正平,唐薇,兼容 USB 的便携式设备锂电池充电电路设计[J],2007 年中国仪器仪表交流论文集,2007
- [3] 刘京南,电子电路基础[M],电子工业出版社,2003 年 7 月
- [4] 李凯,张斌,一种新型智能动力锂电池组能源管理模块[J].微计算机信息,2006,9-1.
- [5] Actions ATJ2085 Data sheet Version 1.0, 2004
- [6] Actions ATJ2085 Programming Guide, Version 2.7, 2004

作者简介:张正平,1964 年,汉族,博士,教授,研究方向:信号传输与处理.zzzpzm@sina.com;陆安江,男,1979 年 7 月出生,硕士研究生,电路与系统专业,研究方向:信号传输与处理.luanjiang 1999@163.com.

Biography:Zhang Zhengping, male, was born in 1963. He is a Professor of GuiZhou University. The mainly studying direction is signal transmit and signal Processing.

(550003 贵州 贵阳贵州大学电子科学与信息技术学院)

张正平 陆安江

(GuiZhou University;GuiZhou GuiYan Post code:550025) Zhang Zhengping Lu Anjiang

通讯地址:(550002 贵州 贵州省贵阳市科学路 16# 贵州省科技厅)秦水介

(收稿日期:2007.6.23)(修稿日期:2007.7.25)

(上接第 137 页)

作者简介:顾燕杰(1983-),男(汉族),上海市人,西安电子科技大学硕士研究生,主要从事异步系统研究和设计工作;周端(1957-),女(汉族),江苏南通人,西安电子科技大学教授,从事 soc 研究工作

Biography:Gu Yan-jie (1983-), male, born in shanghai, master of xidian University, dedicate to the field of asynchonony system design since 2004.

(710071 西安市西安电子科技大学)顾燕杰 周端

(Xidian University si'an, 710071)Gu Yan-Jie Zhou Duan

通讯地址:(710071 西安 西安电子科技大学 180 信箱)顾燕杰

(收稿日期:2007.6.23)(修稿日期:2007.7.25)