

基于磁阻传感器的无线车辆检测器的设计

孔俊丽,周重阳,朱雨婷

(中国矿业大学 机电与信息工程学院,北京 100083)

摘要: 考虑到公路环境的特殊性,应用各向异性磁阻传感器并结合 ZigBee 技术,设计了一款无线车辆检测器。对车辆检测器的硬件系统总体结构进行了详细介绍,并通过实验对车辆检测器的输出特性进行研究,验证了方案的可行性。实验表明,该车辆检测器能够对车辆的有无和方向做出判断,并对车辆进行分类。

关键词: 车辆检测;磁阻传感器;HMC2003;CC2430

中图分类号:U412.2

文献标识码:A

文章编号:1674-7720(2012)21-0017-03

Design of wireless vehicle detector based on magnetoresistive sensor

Kong Junli, Zhou Chongyang, Zhu Yuting

(School of Mechanical and Information Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: According to the characteristics of highway environments, a wireless vehicle detector is designed using the anisotropic magnetoresistive sensor and combining with ZigBee. The overall structure of hardware is introduced in detail. The state of output is discussed by experiments verifying the feasibility of the scheme. It also demonstrates that the presence and driving directions and types of vehicles can be judged.

Key words: vehicle detection; magnetoresistive sensor; HMC2003; CC2430.

车辆检测技术作为智能交通系统研究的关键技术之一,通过获取交通流量、车辆行驶速度等交通参数,为路面监控和管理提供重要依据。传统的车辆检测技术包括感应线圈检测器、视频检测器和超声波检测器等。感应线圈检测器在安装过程中会对路面造成破坏,影响公路的使用寿命;视频检测器的数据易受环境影响;超声波检测器维护和安装成本较高^[1]。

针对传统车辆检测技术存在的各种缺点,基于各向异性磁阻(ARM)传感器,并结合 ZigBee 技术,设计了一款安装方便、受环境影响小、稳定性高且成本低廉的无线车辆检测器。

1 各向异性磁阻(ARM)传感器的基本原理

各向异性磁阻效应是指铁磁金属或合金的电阻随磁化方向和电流方向夹角的变化而变化,当夹角为 0° 时,电阻最大。ARM 传感器用 4 个磁电阻组成惠斯通电桥实现输出电压随电阻的变化而变化^[2],如图 1 所示。设偏置磁场 H 与 R_1 夹角为 θ ,则 H 与 R_2 夹角为 $(90^\circ-\theta)$ 。磁电阻的变化服从式(1):

$$R(\theta) = R_{\perp} \sin^2 \theta + R_{\parallel} \cos^2 \theta \quad (1)$$

其中, R_{\perp} 为磁化方向与电流方向垂直时的电阻值; R_{\parallel} 为磁化方向与电流方向平行时的电阻值。

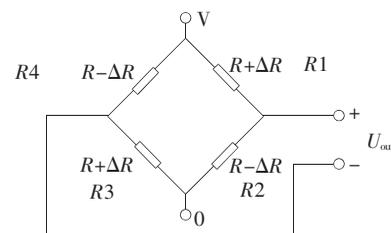


图1 ARM传感器的惠斯通电桥

由图 1 可知:

$$R_1(\theta) = R_3(\theta) = R_{\perp} \sin^2 \theta + R_{\parallel} \cos^2 \theta \quad (2)$$

$$R_2(\theta) = R_4(\theta) = R_{\perp} \cos^2 \theta + R_{\parallel} \sin^2 \theta \quad (3)$$

输出电压 U_{out} 为:

$$\begin{aligned} U_{out} &= U_{out+} - U_{out-} = \frac{U}{R_1 + R_2} \times R_2 - \frac{U}{R_3 + R_4} \times R_3 \\ &= U \frac{(R_{\perp} - R_{\parallel}) \cos^2 \theta}{R_{\perp} + R_{\parallel}} = \frac{\Delta R}{R} U \end{aligned} \quad (4)$$

由式(4)可知,被测磁场引起 θ 的变化,从而转化为输出电压而表现出来,这样就将磁信号转变成了电信号。

2 无线车辆检测器的硬件系统总体结构

2.1 无线车辆检测器网络

无线车辆检测器网络由检测节点、汇聚节点及上位机组成,采用 ZigBee 星形网络拓扑结构,如图 2 所示。



图2 无线车辆检测器网络

图2中,检测节点(A1、A2)可检测并传递数据,汇聚节点(B)负责收集两个检测节点检测到的数据,上位机控制中心处理、显示上传的数据并对汇聚节点下达操作指令,汇聚节点再将指令发送到检测节点执行。

2.2 无线车辆检测器检测节点的硬件框图

无线车辆检测器节点主要包括传感器模块、信号调理模块、处理器模块、ZigBee 无线通信模块、数据存储和电源管理模块,硬件框图如图3所示。

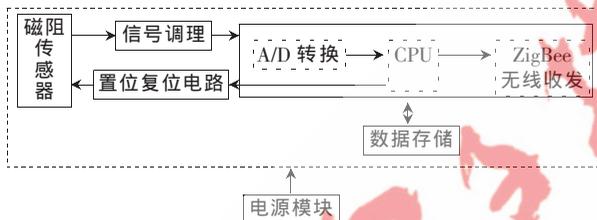


图3 无线车辆检测器检测节点硬件框图

3 无线车辆检测器检测节点硬件设计

3.1 磁阻传感器

磁阻传感器负责检测车辆信号,采用霍尼韦尔磁阻传感器 HMC2003。HMC2003 为三轴 AMR 传感器,由 3 个相互垂直的惠斯通电桥组成,能测量空间三维方向的磁场,提供丰富的磁场信息。具有 $\pm 2\text{Gs}$ 的较宽测量范围, $40\mu\text{Gs}$ 的高分辨率, 1.0V/Gs 的高灵敏度,温度特性好、可靠性高且体积小。它自带偏置和置位/复位管脚,在遇到强磁场干扰时,在其置位管脚上加强的脉冲电流,可以使电阻磁畴排列有序地统一到一个方向,保证 HMC2003 最佳的工作特性,确保读数的可重复性和测量结果的准确性。

3.2 置位/复位电路

将在微处理器控制下生成的 $3\sim 4\text{A}$ 、 40ns 的置位/复位脉冲施加到 HMC2003 的 SR+管脚上,如图 4 所示。在微处理器控制下生成的置位/复位脉冲控制 P 和 N 通道驱动器 (IRF7106)。此电路可以确保一个 IRF7106 开通之前另一个已被断开^[3]。

3.3 信号调理电路

HMC2003 的 X、Y、Z 轴输出的电压范围是 $0\sim +5\text{V}$ 。当磁场值为 0Gs 时,输出 2.5V 电压;当地球磁场值为 $0.5\sim 0.6\text{Gs}$,输出模拟量可在 $2.5\sim 4.5\text{V}$ 范围内变化。因

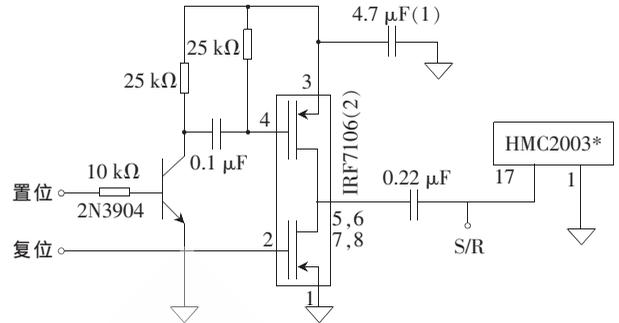


图4 置位复位电路

此,HMC2003 的输出信号不需要经过放大环节。由于 HMC2003 的输出信号中有来自如车载电子设备等的干扰信号,因此需要将信号进行滤波。本设计采用巴特沃斯五阶低通滤波器 MAX7414。其是一种开关电容式滤波器,功耗低(工作模式只需 1.2mA ,休眠模式为 $0.2\mu\text{A}$, $2.7\text{V}\sim 3.6\text{V}$ 电源供电),体积小。只需一个电容就可以控制时钟周期,从而设置滤波截止频率,令 $C_{\text{osc}}=10\ 000\mu\text{F}$,使其截止频率为 30Hz 。

3.4 数据处理、存储和发射模块

CC2430 结合了一个高性能的 2.4GHz 直接序列扩频 (DSSS) 射频收发器核心和一颗工业级小巧高效的增强型 8051 控制器。单个芯片上整合了 ZigBee 射频 (RF) 前端,内存和微控制器。它具有 $32/64/128\text{KB}$ 可编程闪存和 8KB 的 RAM,包含 $8\sim 14\text{bit}$ 的模数转换器 (ADC)、定时器、掉电检测电路等,只需很少的外围部件配合就能实现信号的收发功能。

进行交通量数据检测的时间要求精度为毫秒级,CC2430 的 A/D 转换时间在 14bit 时为 $132\mu\text{s}$,能够满足要求。为节省电能和减小体积,可以使用 CC2430 本身的 ADC 进行数据检测。另外,由于单个无线车辆检测器检测节点的数据量不大,可直接用 CC2430 中的存储器,而不外加存储芯片。

因此,可以使用 CC2430 芯片实现 A/D 转换功能、微处理器功能以及 ZigBee 无线发射功能,降低了电路设计的复杂性。

3.5 电源模块

电源模块负责调理电压、分配能量。HMC2003 与置位/复位电路的工作电压为 $6\sim 15\text{V}$,从降低功耗和产生有效的置位/复位脉冲的角度考虑,这两个模块采用 12V 供电。信号调理模块采用的 MAX7414 工作电压为 $2.7\sim 3.6\text{V}$,数据处理、存储和发射模块采用的 CC2430 的工作电压为 $2.0\sim 3.6\text{V}$,可选用 3.3V 为二者的工作电压。为满足检测节点中各模块的工作电压需要,电源模块应提供 12V 和 3.3V 两组电压。

12V 的直流直接由干电池提供,通过低压差线性稳压器 MAX8881 将 12V 转换成 MAX7414 和 CC2430 工作所需的 3.3V 。

MAX8881 具有 2.5~12 V 的电压输入范围,可固定输出 3.3 V 电压,具有电流限制和热保护功能,功耗低(工作时电流损耗为 3.5 μ A,睡眠状态下电流损耗为 1.5 μ A)。在空闲时,通过简单的管脚连接,使其进入关断状态,从而减少电池损耗,增强电池寿命。

4 实验测试

在实验中,HMC2003 的 X 轴指南,Y 轴指西,Z 轴竖直向上。将两个检测节点相隔 100 m 水平放置在实验路面上。一辆出租车由北向南从检测节点正上方以 20 km/h 的速度匀速通过,其中一个节点 X、Y、Z 三轴的检测结果在上位机显示,如图 5 所示。

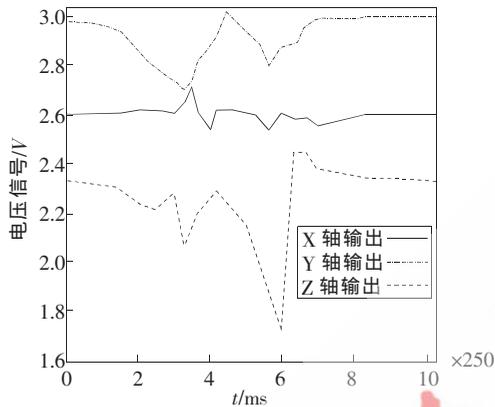


图5 上位机显示的电压信号

从图 5 可以发现,在出租车开始行使到经过检测节点,再到离开检测节点的过程中,X、Y、Z 三轴的电压均发生波动,因此,该无线车辆检测器可以判断车辆的有无,进而判断车流量。

当车辆正向行驶时,磁场先减弱后增强^[4],X 轴的电压变化准确地反映了车辆的行驶方向。车辆行驶过程中,车轮中的铁磁性物质对地磁场的干扰引起 Y 轴电压的变化。分析 Z 轴电压的变化,第一个波峰值较小且持续时间较短,可能是外界环境中的电磁干扰造成的。

第二、第三个电压波峰值分别来自出租车前轴和后轴中大量铁磁性物质的干扰。第三个电压波峰值较大,是出租车后备箱中放置的铁磁性物质所致。

实验中设置了两个检测节点,它们都会记录出租车前轴到达的时间,上位机通过固定算法^[5]计算得到出租车速度为 19.7 km/h,车长为 4 m,因此,该无线车辆检测器具有一定的准确性。

由于根据车辆的速度与长度可以对车辆进行分类,所以此检测器具备对车辆进行分类的功能。

本文提出了一种基于各向异性磁阻传感器的无线车辆检测器,其具有安装方便、不对路面造成破坏以及测量结果准确的优点。为了提高车辆分类的准确性,应进一步优化对数据进行处理的方法。

参考文献

- [1] 彭春华,刘建业,刘岳峰,等.车辆检测传感器综述[J].传感器与微系统,2007,26(6):4-8.
- [2] 裴轶,虞南方,刘奇,等.各向异性磁阻传感器的原理及其应用[J].仪表技术与传感器,2004(8):26-28.
- [3] 孔庆新,张朝晖,蓝金辉,等.磁阻传感器中 SET/RESET 充磁电路的分析[J].仪器仪表学报,2005,26(8):118-119.
- [4] 马飞,李娜,吕玉祥.基于各向异性磁阻传感器的车辆监测系统设计[J].微型机与应用,2011,30(5):118-120.
- [5] SEBASTIA J P, LLUCH J A, VIZCAINO J R L. Signal conditioning for GMR magnetic sensors applied to traffic speed monitoring GMR sensors[J]. Sensors and Actuators A: Physical, 2007, 137(2):230-235.

(收稿日期:2012-05-04)

作者简介:

孔俊丽,女,1989年生,本科,主要研究方向:传感与检测技术。