

基于巨磁阻传感器的无线车位探测器*

张星波, 钱正洪*, 白 茹, 吕海洋, 孙玲玲
(杭州电子科技大学 磁电子中心, 浙江 杭州 310018)

摘要: 为解决现有车位探测器无法在露天场所和恶劣天气中使用的问题, 根据车辆经过会引起地磁场扰动这一现象, 将高灵敏度巨磁阻传感器和 ZigBee 技术应用到车位探测器中。开展了巨磁阻传感器在车底路面不同位置的响应分析, 建立了巨磁阻传感器输出与车底探测位置之间的关系, 采用了国产磁传感器 SAS03-1 作为敏感元件, 搭配信号处理电路对磁场信号进行了处理, 由 CC2530 芯片自带的 A/D 转换器采集信号, 通过 Z-Stack 协议实现了组网传递; 在 LabVIEW 编写的上位机界面上对车辆探测器进行了性能评价。研究表明, 该探测器能实时采集车辆引起的地磁场变化, 从而判断车辆的有无, 不仅功耗低, 而且安装方便, 具有一定的实用性。

关键词: 巨磁阻传感器; 无线车位探测器; ZigBee

中图分类号: TM93; TN98 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2012)12-1477-03

Wireless vehicle detector based on giant magneto-resistive sensor

ZHANG Xing-bo, QIAN Zheng-hong, BAI Ru, LV Hai-yang, SUN Ling-ling

(Center for Integrated Spintronic Devices, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to solve the problem of useless in the recent vehicle detector in the outdoors and bad weathers, a wireless vehicle detector was designed by using Giant magnetoresistive sensor and ZigBee technology. After the analysis of giant magneto-resistance (GMR) sensor outputs of the different location under vehicle, the relationship of GMR sensor output and location under the vehicle was established. A SAS03-1 sensor was used as the sensing element and the signal was collected by A/D converter in CC2530 and transmit by Z-stack protocol. The detector was evaluated on the host computer program. The function of the detector was tested. The results indicate that the detector can sense real-time magnetic field changes caused by vehicles. The wireless vehicle detector has low power consumption and can be easily installed.

Key words: giant magneto-resistance (GMR) sensor; wireless vehicle detector; ZigBee

0 引 言

随着我国国民经济的持续快速增长, 汽车开始快速进入普通家庭。汽车数量急剧增长不仅给交通带来巨大压力, 也迫切需要更多的车位满足停车需要。高性能的车位探测器可以用于准确检测单个车位是否被占用, 形成系统后可帮助司机快速寻找空置车位, 从而提高现有车位的停车效率。目前市场上应用比较成熟的车位探测器主要有超声波探测器、视频探测器和地磁探测器等^[1]。超声波探测器^[2]主要通过安

装在车顶上方的一对收发探头实现, 通过收发信号的时间延迟判断是否有车辆存在, 具有准确性高的特点, 但在露天场所不适用。视频探测器^[3]主要应用于道路路口, 提供清晰的现场场景, 具有识别单个或多个车辆的特点, 但是受天气影响大, 成本高, 大密度应用困难较大。地磁探测器^[4-5]是一种新型的车辆探测器, 探测器体积小、功耗低、灵敏度高, 非常适用于在露天场合和恶劣天气下对车辆进行探测, 其基本原理是当车辆通过时, 车辆会对所在范围内的地磁场产生扰动, 地磁传感器可以检测到这个扰动信号, 从而判

收稿日期: 2012-08-06

基金项目: 浙江省重大科技专项资助项目(2011C11047); 浙江省“磁电子材料和器件”高校创新团队资助项目(2009[171]); 浙江省科技厅创新团队资助项目(2010R50010); 浙江省大学生新苗人才计划资助项目(2011R407041)

作者简介: 张星波(1988-), 男, 浙江台州人, 主要从事新型电子器件设计和应用系统方面的研究。E-mail: 250635583@qq.com

通信联系人: 钱正洪, 男, 教授, 博士生导师。E-mail: zqian@hdu.edu.cn

断车辆的通过或停车位的占用情况。在地磁车辆探测器中,各向异性磁阻(AMR)传感器已经得到较广的应用^[6],不足之处在于AMR传感器受周围环境强磁场(大于10 Gs)的干扰后,内部的原有磁域会被扰乱,致使传感器的灵敏度急剧下降或者失去感知功能,因此在应用中研究者必须使用消磁复位电路进行恢复。巨磁阻(GMR)传感器是一种新型的磁传感器,较AMR传感器有更高的灵敏度和稳定性,而且功耗低,无需复位电路即可工作,更加适合于车辆探测。

本研究采用国内东方微磁科技有限公司研制的高灵敏度SAS03-1巨磁阻传感器,用于检测车辆引起的磁场强弱变化;通过将SAS03-1型磁传感器与CC2530电路、电源管理电路结合,研制出一款体积小、功耗低、安装维护方便的无线车位探测器。

1 无线车位探测器设计

地球磁场在很广阔的区域是恒定的,可以看成是均匀磁场,其磁场强度为500 mGs~600 mGs。大的铁磁物体,如一辆汽车,可以看作是软硬磁材料组成的磁物质,能引起地磁场的扰动^[7]。车辆无论是运动还是静止,GMR传感器均可检测到因车辆干扰而引起的磁场变化,并转换成电压信号输出。

无线车位探测器的结构框图如图1所示^[8]。节点由3部分组成,分别是CC2530处理器及外围电路单元、磁传感器信号处理单元和电源管理单元。下面分别从各个单元对车位探测器的设计进行重点阐述。

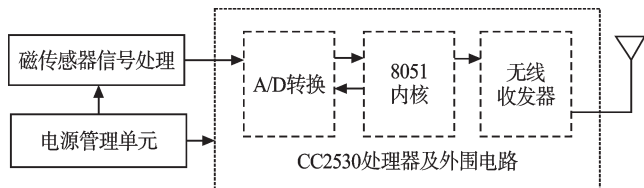


图1 无线车位探测器结构框图

1.1 CC2530处理器及外围电路

CC2530作为主控制芯片,是一款结合增强型8051内核和2.4 G收发器的ZigBee片上系统解决方案^[9]。该芯片自带7~12位可选精度A/D转换器,并具有一个IEEE802.15.4标准的无线收发器,只需简单的外围电路即可实现无线传输功能。

天线部分的滤波电路和一种倒F型PCB天线的电路图和尺寸图如图2、图3所示^[10]。经实测,这种设计的稳定传输距离可达30 m。

1.2 巨磁阻传感器及信号处理

为利用磁传感器对车辆进行探测,需要有适当的外围电路对信号进行采集前的处理^[11]。

SAS03-1磁敏传感器的工作原理示意图如图4

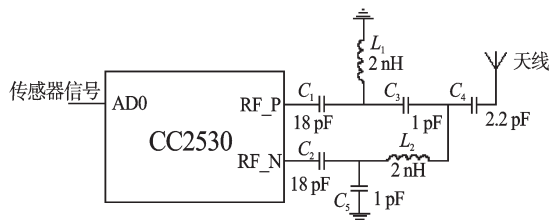


图2 CC2530射频芯片滤波电路

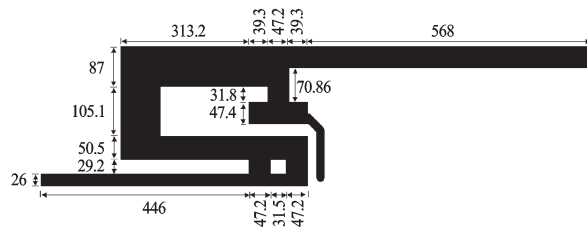
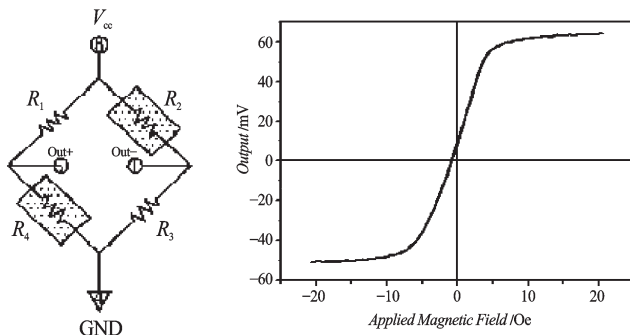


图3 倒F型PCB天线尺寸图(单位: mil)

(a)所示。图中,4个GMR磁敏电阻连成惠斯通电桥,其中两个(R_2 , R_4)被NiFe磁屏蔽层(图中阴影部分)屏蔽, (R_1 , R_3)没有屏蔽。在外磁场作用下,有磁屏蔽的两个电阻不受影响,没有磁屏蔽的两个电阻的阻值发生变化,使电桥输出发生改变^[12]。

该传感器的响应曲线如图4(b)所示。器件的灵敏度为3.67 mV/V/Oe,正向饱和磁场约为5.3 Oe,负向饱和磁场约为-4.3 Oe,磁滞小,信号大,线性度好,满足测量车辆磁场的要求。相比之下,市场上常用的HMC105x型AMR传感器灵敏度为1 mV/V/Oe,而且需要复位/置位电路^[13]。



(a) 桥式结构等效图

(b) 芯片响应曲线

图4 惠斯通桥式磁传感器芯片

汽车对地磁场的扰动信号强度大约是200 mGs^[14],在3.3 V供电的情况下,传感器的输出电压信号变化量约为几个毫伏,需将信号进行放大滤波。信号调理电路包括放大电路和滤波电路,如图5所示。

在图5给出的具体电路中,AD623通过可调电阻调节放大倍数,本研究采用的放大倍数为100。OP07被用作电压跟随器为AD623提供基准电压。 R_5 和 C_1 组成一阶滤波器,截止频率约160 Hz。

1.3 电源管理单元

本研究采用两节黑色装双鹿5号碱性电池(标号

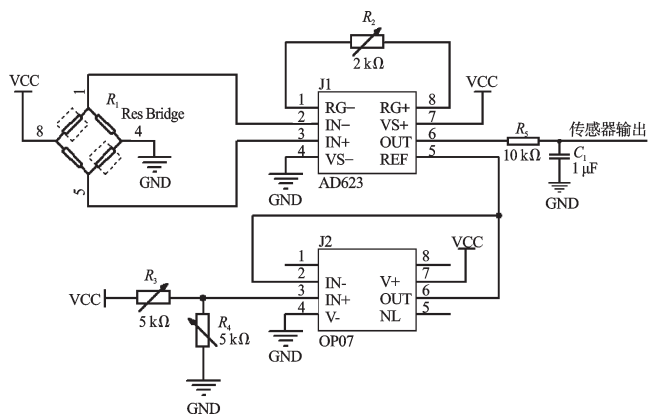


图5 传感器单元电路框图

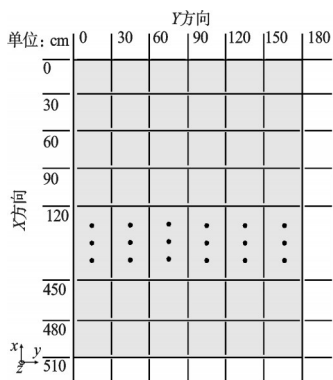
LR6)供电,碱性电池特点是容量大,一般为普通电池的2~6倍。由于两节5号电池提供的电压往往低于3 V,随着电池放电,电压值也会降低,为使电池功效能够充分发挥,本研究有必要在电池和系统间增加电源管理单元,既保护电路,又延长节点维护周期^[15]。

TPS63001是TI公司推出的一款小型、高效降压-升压型转换器,允许输入电压范围1.8 V~5.5 V,输出为稳定的3.3 V。在实际应用中,当电池电压高于转换器输出值时,转换器充当降压作用;当电池电压低于转换器输出值时,转换器充当升压作用。较宽的输入电压范围可保证节点在电池供电情况下能长时间工作,节点根据体积要求,可采用2~4节电池供电。

2 实验结果与分析

本研究将探测节点安置在车位位置,对车辆产生的磁场强度进行测量,测量的结果通过无线方式传递。由于发动机、车轮等铁磁性部件的存在,将GMR传感器节点安置车辆底部的不同部位,测量的磁场强度值不同^[16-17]。

研究者通过采用如图6所示的实验可以得到车辆底部的磁场强度分布,研制出应用于车位探测功能的车位探测器。实体图如图6(b)所示,本研究将车辆底盘划分成均匀的网状,网格分布如图6(a)所示,网格为正方



(a) 网格图



(b) 实体图

图6 测量车辆底部磁场强度

形,边长选为30 cm,磁阻检测节点安置在各网络中。

为了消除地磁场的影响,首先在无车辆停靠时,测量传感器节点的输出稳定在 1.37 ± 0.05 V,因此本研究取1.37 V为基准电压。其次笔者对真实车辆进行测量,车辆选用尼桑骐达两厢车,车辆车头朝东停靠,巨磁阻传感器敏感轴平行车辆朝向。磁阻传感器节点在车辆底部测量的输出电压分布曲线如图7所示。

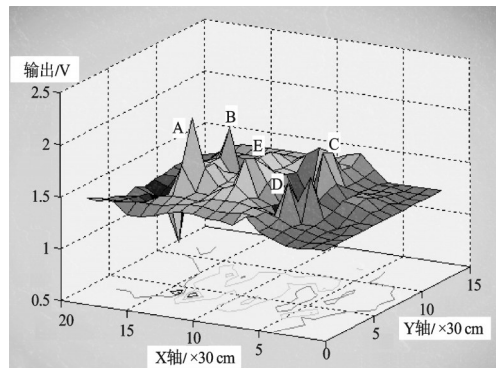


图7 探测节点在车辆底部的输出曲线

从图7中可以看出,传感器由于受车辆车轮的影响,在4个车轮下输出波动较大,出现4个尖角,分别为A、B、C、D 4点,其中最大值为2.2 V;在车身下,如图7中所示的E点区域有一个大面积平缓增量,传感器电压输出为1.6 V~1.8 V,经换算可知车辆在车身下对地磁场的干扰量大约有150 mGs,这个特性满足车位探测器判断车辆有无的需要。

车位探测器经过Z-stack协议^[18]组成星型网络,每个节点都会分配一个ID号,于是各节点之间的信息可以相互区别,其中主节点通过串口和电脑相连,负责网络的建立和车位数据的接收,其余节点被安置在车位上检测是否有车辆停靠。

主节点将接收到的车位信息上传到上位机,车位信息在LabVIEW编写的上位机界面中显示,实验结果证明,各个探测器节点可以准确上传车位占用情况,并控制上位机界面中车位点指示灯的亮灭,使管理者对车位信息一目了然,具有实用性。管理系统还可增加车位数量统计和车流量统计功能。

3 结束语

本研究所设计的无线车位探测器可以灵敏地检测到车辆对地磁场的扰动,从而判断车位上是否有车辆停靠。该探测器体积小、安装方便、组网简单,可用于交通流量统计、车位管理等领域。

该车位探测器的探测准确度取决于停车角度、停车位置及车辆的相互干扰等因素,接下来的研究还需要在这一方面做进一步的工作。

(下转第1484页)

参考文献(References):

- [1] TAKEDA M, IKEDA K, TOMINAGA Y. Harmonic current compensation with active filter [C]// IEEE-IAS Annual Meeting, 1987: 808-815.
- [2] AKAGI H. New trends in active filters for power conditioning [J]. **IEEE Transactions on Industry Applications**, 1996, 32(6): 1312-1322.
- [3] AKAGI H, FUJITA H, WADA K. A shunt active filter based on voltage detection for harmonic termination of a radial power distribution line [J]. **IEEE Transactions on Industry Applications**, 1999, 35(3): 638-645.
- [4] AKAGI H. Control strategy and site selection of a shunt active filter for damping of harmonic propagation in power distribution systems [J]. **IEEE Transactions on Power Delivery**, 1997, 12(1): 354-363.
- [5] 杨秋霞, 梁雄国, 郭小强, 等. 准谐振控制器在有源电力滤波器中的应用 [J]. 电工技术学报, 2009, 24(7): 171-176.
- [6] MONTEIRO L F C, ENCARN X E. A novel selective control algorithm for the shunt active filter [C]// IPEC 2010, 2010: 2288-2293.
- [7] 郭希铮, 韩 强, 杨 耕, 等. 可选择谐波型有源电力滤波器的闭环控制和实现 [J]. 电工技术学报, 2006, 21(9): 51-56.
- [8] 王 灏, 张 超, 杨 耕, 等. 可选择谐波型有源滤波器的检测及其闭环控制 [J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2004, 44(1): 130-133.
- [9] MATTAVELLI P, TENTI P. High Performance Active Filters using Selective Harmonic Control [C]// IEEE PES Summer Meeting 2000. Seattle: [s.n.], 2000: 977-982.
- [10] MATTAVELLI P, MARFAO F P. Repetitive-based control for selective harmonic compensation in active power filters [J]. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, 2004, 51(5): 1018-1024.
- [11] BOJRUP M, KARLSSON P, ALAKÜLA M. A Multiple Rotating Integrator Controller for Active Filters [C]// EPE Conference, 1999: 1-9.
- [12] Honeywell Int. Inc.. Three-phase active filter utilizing rotating axis transformation: US, 5526252 [P]. 1994-06-14.
- [13] ASIMINOAEI L, BLAABJERG F, HANSEN S. Detection is key - Harmonic detection methods for active power filter applications [J]. **Industry Applications Magazine**, 2007, 13(4): 22-33.
- [14] 王兆安, 杨 军, 刘进军, 等. 谐波抑制和无功功率补偿 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [15] RICE D E. A detailed analysis of six-pulse converter harmonic currents [J]. **IEEE Transactions on Industry Applications**, 1994, 30(2): 294-304.
- [16] 薛 蕙, 杨仁刚. 基于FFT的高精度谐波检测算法 [J]. 中国电机工程学报, 2002, 22(12): 106-110.
- [17] Texas Instruments. Module user's Guide C28x Foundation Software C28x IQmath Library [M]. Texas Instruments, 2009.

[编辑: 张 翔]

(上接第1479页)

参考文献(References):

- [1] 彭春华, 刘建业. 车辆检测传感器综述 [J]. 传感器与微系统, 2007, 26(6): 29-31.
- [2] 曹光磊, 徐克宝. 基于超声探测的停车场车位引导系统的研究 [J]. 仪器仪表学报, 2008, 29(4): 736-738.
- [3] 李 辉. 智能交通系统中基于视频的车辆检测与跟踪方法研究 [D]. 南京: 华东师范大学信息科学技术学院, 2010.
- [4] 吴 皓. 基于地磁的车辆检测系统和识别算法研究 [D]. 武汉: 华中科技大学控制科学与工程系, 2007.
- [5] 吴晓航. 公路车辆感应线圈检测系统分析 [J]. 机电工程, 2008, 25(8): 108-110.
- [6] 胡 琼. 磁阻传感器在停车场车位检测中的应用 [D]. 上海: 华东理工大学理学院, 2010.
- [7] 崔逊学, 赵 湛, 王 成. 无线传感器网络的领域应用与设计技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2009.
- [8] 陈 强, 陶海鹏. 基于磁阻传感器的无线车辆检测器的设计 [J]. 传感器与微系统, 2011, 30(6): 82-83.
- [9] 翟 雷, 刘盛德. ZigBee 技术及应用 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.
- [10] 北京奥尔斯电子科技有限公司. OVRs-WSN-IOT 物联网创新开发套件实验指导书 [M]. 北京: 北京奥尔斯电子科技有限公司, 2011.
- [11] 张 任, 王坚锋, 严 海, 等. 基于 ZigBee 的无线传感网络节点设计 [J]. 机电工程, 2008, 25(8): 18-21.
- [12] 乔建忠, 李 艳. 一种各向异性磁阻传感器在车辆探测中的应用 [J]. 传感器与微系统, 2009, 28(5): 106-108.
- [13] 钱正洪, 白 茹, 黄春奎, 等. 先进磁电子材料和器件 [J]. 仪表技术与传感器, 2009(z1): 96-101.
- [14] 马 飞. 基于 AMR 传感器的车辆检测系统设计 [D]. 太原: 太原理工大学物理与光电工程系, 2011: 13-16.
- [15] HUI Hong-Zhong, BACKENS J, SONG Min. A High-Performance Vehicle Detection Algorithm for Wireless Sensor Parking Systems [C]// 2009 Fifth International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks. Fujian, China, 2009. Portugal: [s.n.], 2009: 327-333.
- [16] 高效岳. 如何选购电池. 电池工业 [J]. 2005, 10(3): 190-192.
- [17] YORK I, AL-KATIB M. Methods of traffic signal control and signal timings at high speed sites [C]// Tenth International conference on Road Transport Information and Control, London, 2000. Portugal: [s.n.], 2000: 167-171.
- [18] 李文仲, 段朝玉. ZigBee 无线网络技术入门与实战 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.

[编辑: 李 辉]