

基于 SP37 的汽车胎压监测系统研究与设计

赵新 徐克宝

(山东科技大学 机械电子工程学院 青岛 266510)

摘要: 针对目前市场上汽车胎压监测系统的胎压传感器、微控制器、无线射频发射器分开设计所造成系统测量模块体积过大、安装繁琐、使用期限短、故障率高等问题,基于英飞凌公司设计研发的 SP37 传感器,在缩小系统测量模块体积、控制产品制造成本的同时提高了测量的精确度、可靠度以及稳定性。系统可以实时显示胎压数据,而且对行驶过程中的危险征兆及时预警。在汽车实地测量胎压试验中,系统表现稳定,达到预期目的。实验数据表明,设计具有稳定性好、测量精度高、系统功耗低等优点。

关键词: 胎压监测;SP37;TDA5240;LF 低频唤醒;低功耗

中图分类号: TP212 TN91 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.50

Research on technology of tire pressure monitoring system based on SP37

Zhao Xin Xu Kebao

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China)

Abstract: In view of the state of current market which the automobile tire pressure monitoring system uses the separate designed tire pressure sensor, micro controller and wireless, it has caused the problems such as large volume, cumbersome installation, short service life and high failure rate. This article is based on the SP37 sensor designed and developed by Infineon, which reduces the size of the system measurement module, controlled product manufacturing costs, as well as improves the measurement accuracy, reliability and stability of the system. The TPMS system can display the real-time tire pressure data and warn timely when danger comes in the running process. In the tire pressure testing of automotive field measurement, the system performed stably and achieve the desired purpose. Experimental data show that this design has many advantages such as good stability, high accuracy, and low system power consumption.

Keywords: tire pressure monitoring; SP37; TDA5240; LF low-frequency wake; low power consumption

1 引言

汽车作为当今世界上最为主要的交通运输工具,行车安全备受人们关注。汽车轮胎气压过高、过低或处于高温的状况下,不仅会增加轮胎磨损程度,缩短使用寿命,增加行驶油耗,严重情况下甚至会引起爆胎。据统计,由爆胎引发的交通事故占轮胎故障引发事故总量的 70% 以上,轮胎问题越来越引起人们的重视。汽车胎压监测系统可以实时监测汽车轮胎的各项重要参数(压强、温度等),对行驶过程中的危险征兆及时预警通知,提醒驾驶员采取相关措施,预防事故发生,确保汽车行驶安全。

相较于胎压传感器、微控制器的集成模块(SP30)与无线射频发射器组成的汽车胎压监测系统测量模块,英飞凌公司最新研发的 SP37 传感器将压力传感器、温度传感器、

加速度传感器、电压传感器、微控制器、RF 射频发射器集成在同一块芯片上,在缩小测量系统模块体积、控制产品制造成本的同时提高了测量系统的稳定性与精确度,将汽车胎压监测系统更加快捷地推广到家用汽车应用的行列中,具有较高的经济效益和广阔的市场前景^[1]。

2 汽车胎压监测系统工作原理

汽车胎压监测系统设计主要包括 3 大模块:汽车胎压测量发射模块、汽车胎压接收显示模块、汽车胎压低频唤醒模块。当胎压测量发射模块检测到胎压低频唤醒模块发出的低频信号时,对轮胎内气压、温度等信息进行数据采集处理,并以无线射频的方式将数据发送至胎压接收显示模块,胎压接收显示模块将收到的胎压等数据传送到微处理器进行分析处理,LCD 液晶模块显示。驾驶员通过显示屏实时

查看轮胎的气压与温度值,轮胎胎压或温度达到系统预设的报警值时及时预警,保证汽车行驶安全^[1-2]。汽车胎压监测系统总体结构如图1所示。

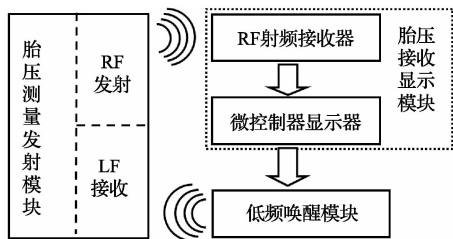


图1 汽车胎压监测系统总体结构

3 汽车胎压监测系统各部分硬件设计

3.1 汽车胎压测量发射模块硬件设计

胎压测量发射模块共4个,分别安装在汽车前后轮毂

气门嘴位置上,考虑汽车行驶时环境高低温、轮胎加速度及离心率等条件决定了胎压传感器的特殊要求:工作温度宽($-40\sim+125^{\circ}\text{C}$)、胎压测量范围广、测量准确度和精确性高、无线发射接收稳定性好、体积小、集成度高、外围元件少等。本文选用英飞凌公司的SP37胎压传感器,SP37芯片不仅集成了压力传感器、温度传感器、加速度传感器、电压传感器以及微控制器,同时还具有RF射频发射器。内部微控制器MCU采用8051内核,开发环境和语言编程简单易懂。射频发射器分ASK/FSK调制发射,频率分315 MHz/433.92 MHz 2种可选择,以及125 kHz低频唤醒接收器。低频唤醒功能有效地降低测量系统对电池的持续能源消耗,保证发射模块的使用期限^[3]。设计基于无线信号稳定性及使用可靠性的考虑,选用了FSK调制发射,433.92 MHz发射频率。汽车胎压测量发射模块的电路如图2所示。

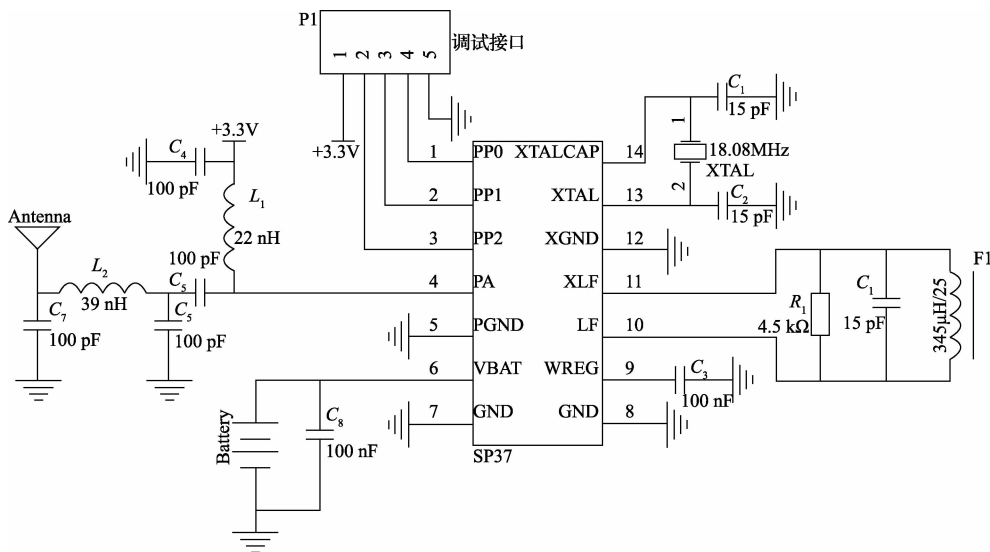


图2 汽车胎压测量发射模块电路

电池是汽车胎压测量发射模块长时间稳定工作的关键,同时也是胎压监测系统3大核心部件之一。胎压监测系统对于电池的要求非常严苛,不仅要耐高低温($-40\sim+125^{\circ}\text{C}$)、抗击高气压、离心作用、振动,而且电池必须具备体积小、重量轻、容量大、使用时间持久等特点。综上所述,锂电池最为符合胎压监测系统实验的苛刻要求。

3.2 汽车胎压接收显示模块硬件设计

汽车胎压接收显示模块负责无线接收测量发射模块发送过来的胎压等数据,将数据传输到微控制器进行分析处理,车载屏显示汽车的胎压及温度值,对于出现的危险信号进行预警提醒。

汽车胎压接收显示模块安装在车厢内部,数据信号接收端的芯片更加注重接收灵敏度和稳定性,选用英飞凌

TDA5240无线射频接收芯片^[1-4]。TDA5240芯片是英飞凌公司配合胎压监测系统设计推出的高灵敏度、低功耗的增强型无线控制接收器,支持多频段、多信道、ASK/FSK调制,具备功能强大的数字数据处理功能,同时芯片集成了低噪放大器、PLL合成器、晶体振荡器、中频滤波器、电平转换器等,这些器件兼具高灵敏度、低功耗和多协议支持等特性,在提升性能的同时降低了系统成本。本文模块选用FSK调制接收,433.92 MHz接收频率。胎压接收显示模块由射频接收器TDA5240、微控制器MSP430、液晶显示器组成,其中TDA5240的硬件电路设计是接收显示模块的关键,TDA5240通过SPI接口与MSP430进行连接。胎压接收显示及低频唤醒模块电路原理如图3所示。

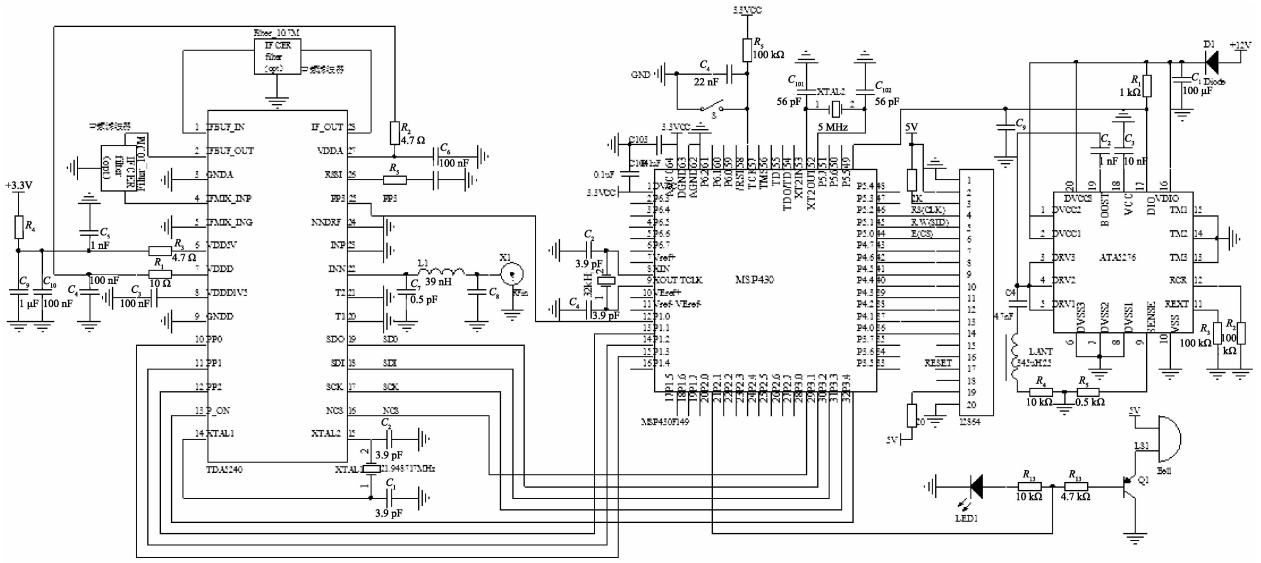


图 3 胎压接收显示及低频唤醒模块电路原理

3.3 汽车胎压低频唤醒模块硬件设计

汽车处于静止或低速行驶状态时,驾驶员可以通过低频唤醒模块向测量发射模块发送低频唤醒信号,要求测量发射端发送一次胎压等数据信号,随时随地掌握汽车轮胎状况。基于胎压传感器 SP37 的低频唤醒方式选择了 LF 低频接收器接收外部唤醒信号的模式,选用 ATMEL 的 ATA5276 驱动芯片配合 TP1103 发射天线作为低频唤醒模块的核心^[5]。ATA5276 芯片工作电压为 8~24 V,可由车载电源进行供电,系统采用 ASK 调制频率(100~150 kHz),配合 TP1103 发射天线可将低频信号覆盖整个汽车车身,保证了信号传输的稳定性。微控制器 MSP430 通过 ATA5276 的 DIO 口的高低电平来控制 ATA5276D 的工作状态。当 DIO 引脚处于高电平时,ATA5276 处于休眠状态,当 DIO 引脚处于低电平时,ATA5276 芯片驱动 TP1103 天线输出 125 kHz 低频率信号。低频唤醒模块电路如图 3 所示。

4 汽车胎压监测系统软件设计

4.1 汽车胎压测量发射模块软件设计

汽车胎压测量发射模块节点上电后,首先对 SP37 模块初始化,包括内部 MCU 初始化、定时器初始化、软件初始化、中断设置。节点初始化完成后,检测到 LF 低频唤醒信号后,采集胎压、温度等数据信息,调用发送子程序发送数据,以 SP37 芯片测量加速度数值判断汽车行驶状态,汽车停止状态加速度为零,系统关闭射频进入休眠模式;汽

车处于行驶状态时 SP37 模块内部 MCU 开启定时器设置间隔 60 s 测量发送一次胎压数据,对汽车轮胎实时监测^[4-6]。胎压测量发射模块程序流程如图 4 所示。

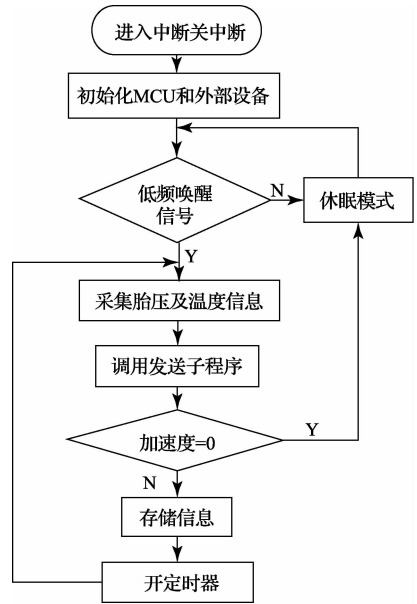


图 4 胎压测量发射模块流程

4.2 汽车胎压接收显示模块软件设计

汽车胎压接收显示模块接收来自测量发射端的胎压、温度等数据信号,对信息进行处理、分析,显示屏显示出各

个轮胎实时的胎压与温度数值,监测数据达到系统设定的预警值时,向驾驶员传送预警信号^[7-8]。胎压接收显示模块流程如图 5 所示。

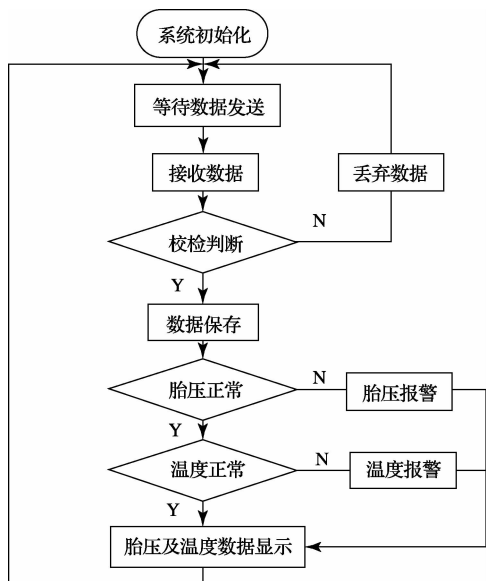


图 5 汽车胎压接收显示模块流程

4.3 汽车胎压低频唤醒模块软件设计

微控制器 MSP430 控制低频唤醒芯片 ATA5276 发送低频唤醒信号,若 MSP430 接收到来自 SP37 的胎压等数据,则 ATA5276 进入休眠模式,否则需要重新发送低频唤醒信号。低频唤醒模块流程如图 6 所示。

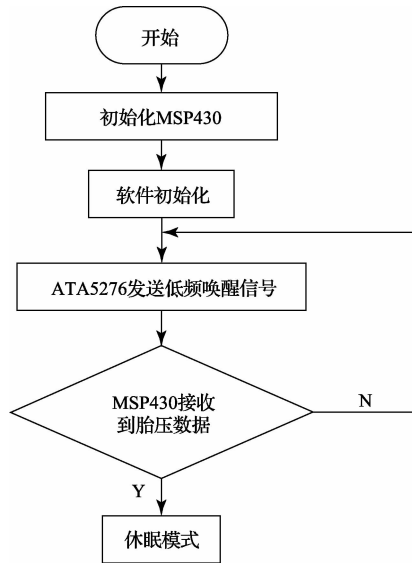


图 6 胎压低频唤醒模块流程

5 系统测试

本文汽车胎压监测系统适用于绝大多数的汽车,针对家用轿车标准胎压 220 kPa 为例设置了预警胎压值,偏离标准胎压 15% 则进行预警,低压预警值为 190 kPa,高压预警值为 250 kPa,轮胎胎压误差控制在 $-5/+5$ kPa 以内,高温预警值为 70℃^[8-11]。实验测试阶段,首先对无负载的静止轿车进行数据采集,然后间隔 20 min 对公路上相对匀速行驶的汽车进行胎压等数据采集。数据统计如表 1 所示。

表 1 汽车胎压及温度数据

汽车行驶 时间/min	左前轮		右前轮		左后轮		右后轮	
	胎压/kPa	温度/℃	胎压/kPa	温度/℃	胎压/kPa	温度/℃	胎压/kPa	温度/℃
0	221	18	219	18	220	18	218	18
20	226	21	223	21	225	20	223	21
40	230	23	228	23	229	23	227	22
60	233	24	230	23	232	24	231	24
80	235	27	233	26	234	26	233	26
100	236	29	233	27	235	26	234	27
120	236	30	234	29	235	27	234	27

汽车行驶的最初 20 min 内胎压和温度值急剧上升,之后缓慢上升,60 min 后胎压趋于平稳。胎压及温度值随着汽车的行驶逐渐升高,最后趋于稳定。轮胎信息采集端得到的胎压与温度数值变化由一定的差异,存在一定的误差,原因是传感器本身存在着测量误差^[12-13]。测得的胎压和温度值误差都在设计范围之内,实验的胎压监测系统具有一定的可靠性。在轮胎高、低压强测试预警器阶段,本文实验监测系统也较好的进行了预警,符合实验设计要求,达到实验预期目的。

6 结 论

分析了胎压监测系统的各模块硬件及软件设计,基于集成度的 SP37 芯片,把胎压传感器、微控制器、RF 射频发射器集成于一体,胎压监测系统可通过 LF 低频唤醒或 SP37 内部加速度传感器响应来启动,降低了系统的功耗,同时方便驾驶员随时随地掌握汽车胎压状况^[10-14]。经实验测试,当汽车轮胎处于气压过低、过高、漏气、高温等危险情况下,胎压监测系统会及时预警实时显示胎压数值,提醒驾驶员行驶安全,具有较高的使用价值,市场前景非常广泛。

(下转第 95 页)