

# 汽车轮胎压力监测系统设计\*

周美丽 白宗文

(延安大学 延安 716000)

**摘要:** 汽车在高速公路上行驶由于爆胎而引发的交通事故成了“头号杀手”,要提高行车的安全性就要对因汽车轮胎漏气、充气压力不足或充气压力过大等引发轮胎爆胎的异常状况进行监测。因此轮胎压力检测(TPMS)系统已经越来越受瞩目,但目前市场上 TPMS 成本高、价格贵。为了降低系统的成本,引入了 LF 低频唤醒技术,设计了一款集低功耗、抗干扰、低成本等优点于一体的基于 PIC 系列单片机的汽车轮胎 TPMS。通过实验仿真,该系统能够检测汽车轮胎压力状况等信息,具有高性价比和一定的开发价值。

**关键词:** TPMS; 射频通信; 低频唤醒技术; 动态周期测量

**中图分类号:** TP391    **文献标识码:** A    **国家标准学科分类代码:** 510.99

## Design of the tire pressure monitoring system

Zhou Meili Bai Zongwen

(Yan'an University, Yan'an 716000, China)

**Abstract:** The traffic accidents caused by tire has become “the first killer” when cars driving on the expressway. In order to improve the safety of driving, The effectively monitor system of the abnormal condition of the automobile tire, such as burst, leakage, inflation pressure and excessive inflation pressure is needed. And the TPMS system has been more and more popular, but the current TPMS in market have high cost and price. So a system with low-power, anti-interference, low cost and other advantages is designed in this paper. The LF wake-up technology is introduced in the system which based on the PIC Series MCU. Through simulation experiments, the system can achieve the automobile tire pressure detection index. So it has high performance price ratio and certain development value.

**Keywords:** TPMS; RF communication; low-frequency wake-up technique; dynamic cycle measurement

## 1 引言

近年来随着汽车的普及,驾驶汽车所引发的交通事故也日益频繁。尤其是汽车在高速行驶时,由于轮胎故障造成的突发性交通事故的案例不计其数。根据相关资料表明,约 30% 以上交通事故是由于轮胎爆胎引起的,而在高速公路上其比例高达 42%。致命的是一旦汽车行驶时速高达 160 km/h 以上时发生爆胎的死亡率近 100%<sup>[1]</sup>。由此可见保证轮胎完好是安全驾驶重要措施之一。因此要实时检测车胎的状况,避免由于汽车轮胎漏气、充气压力不足或充气压力过大等引发轮胎爆胎的异常状况发生。

汽车轮胎压力监视系统即 TPMS (tire pressure monitoring system) 是一款高新技术汽车电子产品,它涉及很多先进的技术和领域,如传感器技术、嵌入式系统应用技术、无线通信技术、信息处理实时测控技术等。正因为如此

可以利用它实时对汽车轮胎气压、温度等状况进行检测、预警来避免由于这些原因产生的爆胎现象,从而保障汽车安全行驶。目前市场上的 TPMS 类型主要有 2 种,一种是间接式 WSB TPMS (wheel-speed based TPMS); 另一种是直接式 PSB TPMS (pressure-sensor based TPMS)<sup>[2]</sup>。间接式 TPMS 主要由轮速传感器对车轮之间的转速进行比较来监视胎压。但此系统对于两个以上的轮胎同时缺气的情况以及汽车行驶时速超过 100 km/h 时的情况监测效果明显不佳; 直接式 TPMS 有两种类型分别是主动式 (Active) TPMS 和被动式 (Passive) TPMS。这两种类型各有利弊,主动式 TPMS 的研究已经很成熟了,它适合安装于各厂牌的汽车轮胎,它的主要缺点就是系统的供电需要电池提供,由于电池的局限性,比如它具有一定的重量,还有它的寿命也有限等,这些客观原因使得 TPMS 系统笨重且不太稳

收稿日期:2015-01

\* 基金项目:陕西省自然科学基金(2014JM8357, 2014JQ2-6031)、延安科学技术局科技规划(2013-kg15, 2012kg-07)、延安大学青年基金(YG2013-16, YG2011-16)项目

定<sup>[3-4]</sup>。而被动式 TPMS 系统无须电池提供能量,这使得实现轻盈而稳定 TPMS 系统成为可能,应该是未来 TPMS 发展方向,但就目前来看却是不能够得以推广的。因为它的工作机制决定它不同于主动式 TPMS 的构造,它需要将既可以接收信号也可以发射信号的转发器(Transponder)整合至轮胎中,而这一点牵涉各轮胎制造商需建立共同的标准才有可能实现,也就是说被动式 TPMS 虽然无须电池但目前却无法实现。因此本文研究的是直接主动式 TPMS。

## 2 硬件系统方案设计

分析清楚了导致车胎爆胎的原因,就可以制定 TPMS 系统设计方案,为了实时监测汽车轮胎的压力和温度数据,需要在汽车轮胎内部安装一具有测量车胎气压和温度数据测量模块,以便实时获取车胎气压和温度数据然后发送给驾驶员。由于汽车在行驶过程中,轮胎始终处于高速旋转的状态,因此必须设计一个无线发送数据模块将测量的车胎气压和温度数据传输给接收信号模块,以便驾驶员能够及时得到预警报警信息,从而采取防爆胎措施。考虑到 TPMS 一般工作在比较复杂室外环境中,因此其发送模块最好是通过无线射频通信方式来传输测量数据信息。

本文所制定的 PSB TPMS 方案主要分为发射模块和接收模块。发射模块由安装在汽车轮胎内部的测量模块即压力传感器和温度传感器、信号处理单元(MCU)以及 RF 发射器<sup>[5]</sup>3 部分构成。接收模块是由安装在汽车驾驶台上 RF 接收器、信号处理单元(MCU)以及液晶显示器(LCD)构成。系统设计方案如图 1 所示。

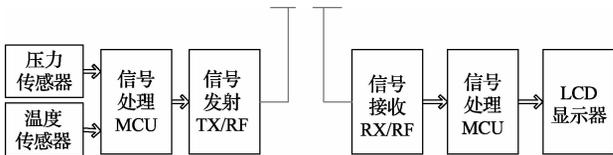


图 1 TPMS 系统构成

其中信号发射模块中压力传感器和温度传感器分别是用来测量轮胎内部压力和温度数据;信号处理器负责管理所有外围设备,如控制发射器的数据发送,管理所有测量所得数据以及整个发射模块的供电等情况。RF 射频发射电路可以将处理模块处理之后的信息用 RF 射频信号发射出去。在接收模块中,LF<sup>[6]</sup>(低频)天线用来接收中央监视器发来的 LF 唤醒信号,由此可见此发送模块与接收模块即中央监视器可进行双向通信。

通常情况每辆汽车有 5 个 S/TX<sup>[7]</sup>单元即发射模块,也就是说每个轮胎包括备用轮胎都有各自唯一对应的 S/TX 单元,为了能够让监测系统清楚地辨别汽车的各个轮胎,这些 S/TX 单元都有自己的编号,也就是说车胎和编号一一对应,因此接收到不同编号单元所发射的信息,就会清楚对

应汽车轮胎的工作状态。完整的 TPMS 框架以及工作原理如图 2 所示。

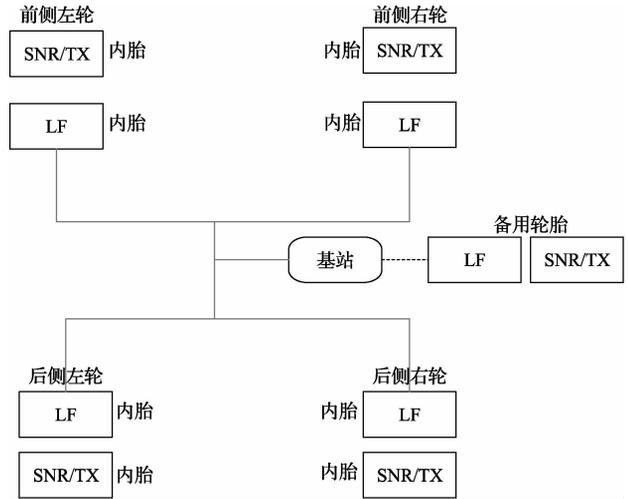


图 2 TPMS 系统工作原理

上述 TPMS 系统中描述核心器件分别是信号处理器 rfPIC12F675、Sensoror 公司的 SP-13 温度压力传感器、引入了 LF 技术的低频发送器等<sup>[8]</sup>。引入了 LF 低频发送技术的中央监视器用于和 S/TX 器件<sup>[9]</sup>通信,从而确保检测系统的稳定性。

## 3 系统软件主程序设计

系统软件程序主要包括信号发射模块和信号接收模块,发射模块主要是将传感器送过来的胎压信号和温度信

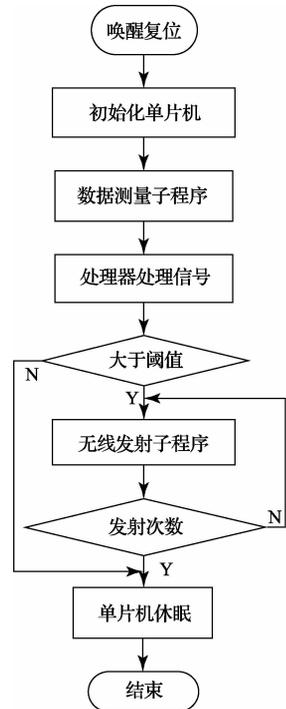


图 3 发射信号主程序流程

号进行分析、比较、编码,控制射频发射电路将其发送出去;接收模块是将接收到的信号进行解调、校验进而判断 ID、CRC 校验码是否正确,若不正确,则舍弃数据继续接收新数据。若判断正确则将数据和标准阈值进行比较,判断轮胎工作是否正常,并显示工作状态或进行报警。此外,接收系统主控程序还可以对轮胎换位后 ID 码和温度、压力阈值进行重新的设定。系统主程序流程如图 3 和 4 所示。

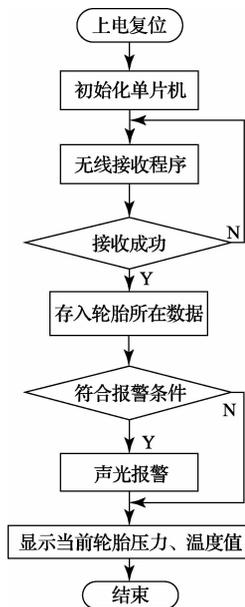


图 4 接收信号主程序流程

如上述流程图所示,发射程序模块是通过 S/TX 对汽车胎压、温度和电池状况进行周期性地测量。然后将测量信息转换成 RF 信号发送到中央接收器,若发送成功则等待下个周期的测量,若不成功则再次发送直至成功发送;接收程序模块主要是接收发射模块所发射的周期测量数据,若接收不成功则利用 LF 低频唤醒技术<sup>[10]</sup>反馈给发射模块让其重新发送。若接收成功,则对接收数据进行处理、判断是否达到预警状态,若达到则进行声光报警,若正常则通过汽车仪表盘内的 LED/LCD 显示器显示各个轮胎的气压、温度状况等。整个软件系统工作频段为 440 MHz FSK 信号调制格式,仿真调试软件系统得出该系统通过发射波特率为 9 600 bps 数据帧格式来记录轮胎状况的信息如表 1 所示。

表 1 表示轮胎状况信息的数据帧格式

起始位	传感器 ID	压力	电压	温度	加速度	位置信息	轮胎状态	校验值	停止位
16	8	8	8	8	8	2	6	8	8

## 4 结 论

综上,本文设计了 TPMS 的硬件系统和软件系统,并对软件系统进行了仿真实验,结果表明该软件系统具备检测汽车轮胎状况信息的功能,并能够适时预警。该 TPMS 系统利用低成本的 Microchip RFPIC 器件降低了整个 TPMS 系统的成本。基于 S/TX 的 RFPIC 的使用提供了灵活的解决方案,能够实现轮胎检测模块的安装和定位,并且能够与现有的其他系统兼容,如安全系统、PKE 及其他更多系统。因此本文所设计的 TPMS 系统不但性价比高而且具有可进一步开发的潜力和优点。

## 参考文献

- [1] 滕学志, 韦江波, 王俊石, 等. 无源无线轮胎压力监测系统研究[J]. 农业装备与车辆工程, 2014, 52(4): 32-36.
- [2] 邵军, 谭励, 王晓垚, 等. 汽车胎压监测系统的设计及其通信抗干扰研究[J]. 测控技术, 2014, 33(3): 11-14.
- [3] 李敏. 汽车轮胎压力及温度实时检测系统设计[J]. 激光杂志, 2014, 35(10): 127-130.
- [4] 王昊, 陈仁文. 基于 SP37 和 MSP430 的汽车轮胎压力监测系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(10): 67-71.
- [5] 杨旸, 沈强, 闵云龙, 等. 汽车轮胎压力监测系统的通讯传输与天线设计[J]. 清华大学学报:自然科学版, 2011, 51(11): 1640-1646.
- [6] 黄友, 张向文. 基于 SP37 的轮胎压力监测系统的设计与实现[J]. 仪表技术与传感器, 2013(12): 144-147.
- [7] 许秀香. 中国汽车轮胎气压监测系统(TPMS)标准研究[J]. 中国标准化, 2013(7): 78-83.
- [8] 祝文静. 基于单片机的轮胎压力无线监测系统设计[J]. 科技信息, 2013, 9(3): 87-88.
- [9] 黄晓峰, 龙永红. 基于 MPXY8300 的轮胎压力监测系统设计[J]. 自动化与仪表, 2011, 24(10): 31-34.
- [10] 刘奇元, 车晓毅. 基于无线技术的汽车轮胎压力监测系统设计[J]. 重庆邮电大学学报:自然科学版, 2010, 22(6): 808-812.

## 作者简介

周美丽, 工程硕士, 讲师。主要研究方向图像处理、信号检测。

E-mail: zml\_beauty@sina.com