

# 汽车胎压监测系统的设计与实现

肖辉明, 郭 庆

(桂林电子科技大学 电子工程学院, 广西 桂林 541004)

**摘要:** 汽车胎压监测系统(TPMS)被誉为新一代汽车高科技安全配备用品。针对当前汽车胎压监测系统(TPMS)不能全天候监测轮胎状况以及车辆不能进行远程报警的问题,提出了一种基于nRF9E和GSM模块的新型胎压监测系统的设计方案。介绍了系统的总体结构,从软硬件两方面描述了系统的设计实现方法,重点描述了系统的低功耗设计和按键显示轮胎定位的方法。该系统不仅能够实时监测轮胎状况,对异常情况进行报警提示,并能通过GSM模块通信通知车主,而且具有车载CAN网络接口,在低功耗、可靠性以及安全性方面具有一定优势。

**关键词:** TPMS; nRF9E; 轮胎定位; GSM; 实时监测

**中图分类号:** TP216 **文献标识码:** B

## The design and implementation of tire pressure monitoring system

XIAO Hui Ming, GUO Qing

(Electronic Engineering College, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

**Abstract:** TPMS is honoured as a new generation of high-tech safety equipment supplies for vehicle. In view of the current problems of the TPMS can not monitor the tire situation of vehicle all-weather and the vehicle alarm system could not carry out remote alarm, this article puts forward a design concept of real-time tire monitoring system based on nRF9E and GSM module. This paper introduces the whole structure of the TPMS, the design and realization method are described from hardware and software. The system focuses on low-power design and a method of tire location by key-display. It can monitor real-time parameters of each tire, alarm to prompt the abnormal situation, and can notify the owners by GSM module. It also possesses the vehicle CAN network interface. Especially, the system possesses many advantages in low power, reliability and security.

**Key words:** TPMS; nRF9E; tire location; GSM; real-time monitoring

随着我国汽车工业的发展和人民生活水平的提高,汽车越来越多地进入普通家庭,汽车的安全防盗性能也越来越为人们所重视。在汽车高速行驶过程中,轮胎故障是突发性交通事故的重要原因。据统计,在高速公路上发生的交通事故中约有70%是由爆胎引起的<sup>[1]</sup>。而保持标准的车胎气压行驶和及时发现车胎漏气是防止爆胎的关键,因此对汽车轮胎压力、温度等参数的监控是安全驾驶的重要保障。开发和研究汽车轮胎压力监测系统TPMS(Tire Pressure Monitoring System)是确保行车安全的有效技术措施,也是当前值得研究的重要课题。本文研究的汽车胎压监测系统,不仅能够解决目前的汽车胎压检

测系统不能全天候检测轮胎状况和车辆不能进行远程报警的问题,而且低投入、高效率的特性使其具有较好的使用价值和广阔的市场前景。

### 1 系统的总体设计

#### 1.1 系统的总体结构

系统的总体结构框图如图1所示。系统主要由轮胎检测模块、无线接收模块、人机交互模块和GSM模块组成。轮胎检测模块采用气门嘴外置式安装方法安装在汽车的轮胎上,对轮胎的温度、压力电压、加速度参数进行实时测量,并将测量的数据通过射频(RF)通信接口发送,无线接收模块接收到有效数据后,通过CAN

## 应用奇葩 Example of Application

通信接口将数据传送到人机交互模块来进行处理和显示,如发现异常,及时报警提示。当车主远离车辆时,如果车辆遭到非法破坏,启动 GSM 模块以短消息的形式将具体情况发送到车主手机,车主收到消息后,可及时采取防范措施。更重要的是,由于系统使用 GSM 网络作为系统通信的媒介,凡是 GSM 网络能覆盖的地方就能保证系统正常运行,所以系统基本不受距离的限制<sup>[2]</sup>。

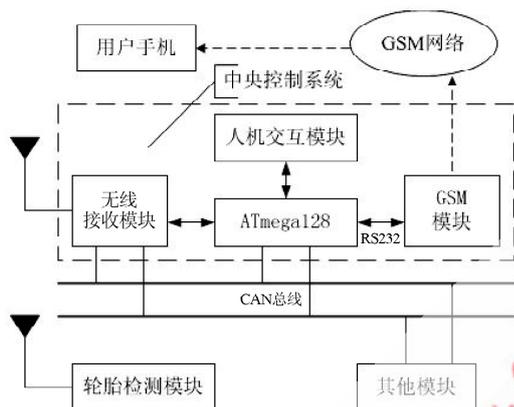


图1 系统总体结构框图

### 1.2 轮胎定位功能的设计

系统轮胎检测模块定位功能设计的出发点是采用可靠、便捷、低成本的轮胎检测模块定位技术<sup>[3]</sup>。本系统采用的是按键显示轮胎定位技术,此方法最大好处在于完全利用已有的硬件资源,不需要添加任何其他硬件设备,完全由软件实现。定位时,可以同时设置报警阈值。

定位功能设计要考虑两种情况:一是轮胎置换保养时的定位;二是当更换1个或同时更换2个及以上轮胎检测模块时的定位。轮胎置换保养时的定位非常容易实现,由于轮胎检测模块采用气门嘴外置式安装方式,当轮胎更换位置时,将模块从轮胎气门嘴卸下重新安装到原来的位置即可,而当模块损坏需要更换时,则通过将轮胎检测模块直接连到控制中心的显示模块上进行设置来实现,其具体步骤如下:

(1) 将新的轮胎检测模块旋入显示模块的串口,中心模块的LED亮表示可以进行定位设置;

(2) 按设置键进入设置界面,通过移动键选择轮胎定位设置进入设置界面,选择定位位置时,相应的轮胎指示灯点亮,当按下确定键后,轮胎定位的位置已经确定,接着设置报警阈值,再次按下确认键后,显示模块便把此位置信息通过串口存储到轮胎检测模块中,同时

轮胎检测模块将自身的传感器ID码传送到显示模块;

(3) 旋出轮胎检测模块并安装到相应的位置。

显示模块通过串口发送给轮胎检测模块的位置信息为简单的二元编码00、01、10和11,它们分别代表一个轮胎位置。这种有线的设置方式可靠性高,避免了无线方式的干扰问题,操作简便,成本低。

### 1.3 系统的低功耗设计

系统的低功耗设计包括硬件和软件设计两个方面。硬件设计与元器件的选择有关,而软件设计则主要是采用高效的算法协调工作与睡眠模式的切换,以及各模块间的通信连接及通信效率。

#### 1.3.1 硬件低功耗设计与实现

在硬件的设计上,主要是选择使用低功耗、具有睡眠模式的器件,并进行有效的电路设计。

##### (1) 发射芯片的选择与低功耗设计

考虑到模块的体积,选择MCU和发射芯片集成的器件nRF9E5,既能进一步降低PCB成本,又能降低各模块间的通信能耗。nRF9E5是Nordic VLSI公司推出的系统级RF芯片,适用于汽车工业领域。它内置高性能增强型51单片机(4 clock),单片机全速运行功耗1 mA@4M。工作电压1.9~3.6V,待机功耗2  $\mu$ A,具有完全的低功耗设计,可以直接使用电池工作。它存在发送、接收、待机(空闲)和掉电(睡眠)4种状态。从耗电情况来看,在发送状态的能量消耗最大,典型电流为30 mA;接收状态次之,典型电流为12.5 mA;待机状态典型电流为32  $\mu$ A;而在掉电状态下能量消耗最小,其典型电流为2.5  $\mu$ A<sup>[5]</sup>。因此,提高通信效率、减少不必要的发送和接收,无需通信时尽快进入睡眠状态是降低设备能耗的有效措施之一。另外,nRF9E5是一款发射功率可变的无线芯片,在保证通信质量的前提下,可以尽量降低信号的发射功率。信号发射功率的降低会使发送节点的功耗下降,可以节省能量。

##### (2) 传感器的选择与低功耗设计

对于传感器,需要选择实时性高,稳定性强,具备唤醒功能的低功耗器件。本系统采用英飞凌公司的SP12多功能传感器。该传感器具有唤醒瞬态工作模式,即每6s输出一个唤醒信号,每50 min输出一个复位信号;工作在睡眠模式时,电流消耗仅0.6  $\mu$ A/s。该传感器还集成有加速度传感器模块,利用加速度启动唤醒机制。轮子转速大,离心力大,离心加速度也大;反之,离心加速度小。当检测到加速度很小时(表示汽车没有运动),让系统进入睡眠状态;加速度比较大时,唤醒传感器工作。由车轮转

速可计算出车轮转动的角速度 $\omega$ ,其加速度(轮子转动的离心加速度) $a=\omega^2r$ ( $r$ 为发射模块相对于轮轴的距离)也可方便地测量出来。通过判断加速度的大小,在程序中设定不同的测试时间间隔和发射数据时间间隔,可以有效地控制传感器模块与MCU的通信次数和通信速度,以便最大限度地节约电池损耗,延长电池的使用寿命<sup>[6]</sup>。

### (3) 中央微处理器的选择与节能设计

ATmega128是基于AVR RISC结构的8位低功耗CMOS微处理器。它可由软件配置成6种不同省电模式,而各种低功耗模式又可以通过中断方式回到工作模式。利用ATmega128的这种特性通过编程,适当地对其设置;当没有数据接收处理时,将MCU置于低功耗模式;而当有任务需要处理时,将它从低功耗模式下唤醒,进行工作;当工作完成以后重新进入低功耗模式,从而节约能量。

#### 1.3.2 软件低功耗设计与实现

系统软件的低功耗设计是实现系统低功耗设计的另一个重要方面。软件设计中,重要的是要充分保证模块间通信的可靠性,模块的稳定性和各模块的协调性。

在轮胎检测模块中,利用唤醒和加速度传感器相结合的方法来实现低功耗设计。由于汽车大部分时间处于静止状态,让系统进入休眠模式可以极大地延长电池使用寿命。轮胎检测模块从休眠模式转为工作模式可以通过传感器SP12的wakeup信号实现。当测试的加速度为0时,说明汽车处于停止状态,模块进入休眠状态,当唤醒5次的时候,再次测试加速度若加速度还为0,测试气压,如果气压正常,进入休眠模式;如果气压异常,说明轮胎遭到破坏,继续测试其他参数等待发射;当加速度大于0并且大于设定的阈值时,汽车处于高速运行状态,每隔1s测量一次轮胎的参数,当加速度小于设定的阈值时,汽车处于低速行驶状态,以较长时间间隔测试轮胎的参数。

由于射频信号的发射功耗是胎压检测模块电量消耗最多的部分。为了有效减少能耗,当汽车进入行驶状态时,通过检测压力来决定发送轮胎信息的频率。当测量的压力值正常时,较长时间发射数据一次;由于汽车的工作环境复杂多变,采集到的信号有可能出现尖峰毛刺现象,特别是轮胎压力信号。因此,当压力值超标时,为了防止误报警,采取中值滤波的方法来确认压力值,若确实超标,进入快速发送模式,立即发射数据,接收到返回的确认信号后,进入待机模式,等待下一次的唤醒。

同样,中央控制器采取中断方式操作,当有有效数据显示时,中断唤醒MCU进行数据处理并显示,完成之后,继续进入省电模式,等待下一次的唤醒。

## 2 系统的硬件实现

轮胎检测模块采用锂亚电池供电,SP12的唤醒信号向单片机提供外部中断,定时唤醒单片机工作。通过SPI接口与nRF9E5实现信号的采集与传输。其电路框图如图2所示。



图2 轮胎发射模块电路框图

## 3 系统的软件设计

### 3.1 无线通信协议

无线传输采用GFSK调制方式,其曼彻斯特编码/解码由片内硬件自动完成。轮胎模块以数据包(帧)的形式发送数据,其数据帧格式如表1所示。

表1 数据帧格式

前导位	轮胎ID	压力值	温度值	电压值	状态位	校验位
10	32	8	8	8	8	16

其中,状态字节前6位分别用于确认压力、温度、电压值是否超标、是否报警提示和启动GSM通信,剩余的2位用来确认轮胎位置,加上前面的轮胎ID确认,提高了系统的可靠性。

### 3.2 轮胎检测模块流程

整个模块流程如图3所示。当汽车静止时,传感器每隔一段时间测试轮胎的压力参数,如果气压正常,不发送数据,待机一段时间后继续测试;如果气压异常,即轮胎遭到破坏时,数据采集后立即发送,所以,在静止时,nRF9E5大部分时间处于待机模式;当汽车进入行驶状态时,通过检测轮胎的气压来决定发送轮胎信息的频率。当测量的压力值正常时,每1min发送一次数据;当压力值超标时,进入快速发送模式,立即发送数据,当接收到返回的确认帧信号后进入休眠模式,否则,一直重发数据。

### 3.3 报警显示模块流程

中央控制系统的软件设计主要包括无线接收、CAN通信、显示报警以及GSM通信4部分,由于篇幅有限,只介绍显示报警程序的设计。

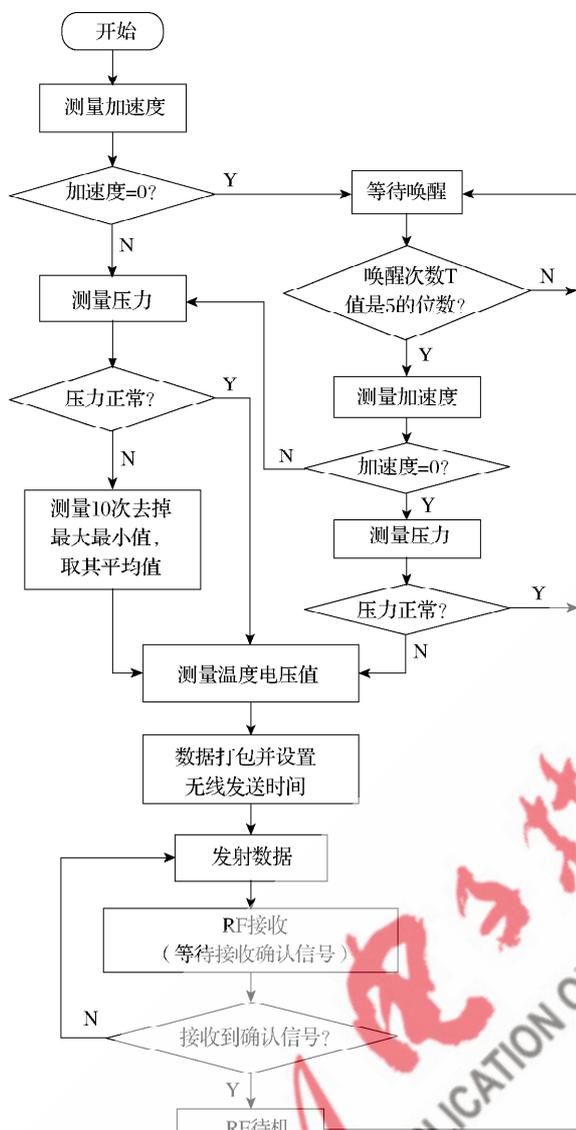


图3 轮胎检测模块流程

在该模块中,报警分为压力报警、温度报警以及电压报警三部分,显示由LED和LCD共同完成,具体的显示报警流程如图4所示。

当中央监控模块接收到有效数据后进行处理显示,如数据异常,进行报警。当汽车遭到破坏而车主远离车辆时,报警并启动GSM模块通信,及时通知车主,以便车主同时采取防范措施。

本文所设计的汽车胎压监测系统,不仅能全天候检测轮胎状况,进行远程报警;而且整个系统在低功耗、稳定性以及安全性方面具有一定的优势。系统提出的按键显示轮胎定位方法,抗干扰性能高、操作简便、成本低廉,具有很高的实用价值。另外,系统还具有CAN网络接口,采用GSM网络进行远程防盗报警,符合未来汽车车载网络发展和智能车辆研究的发展趋势。

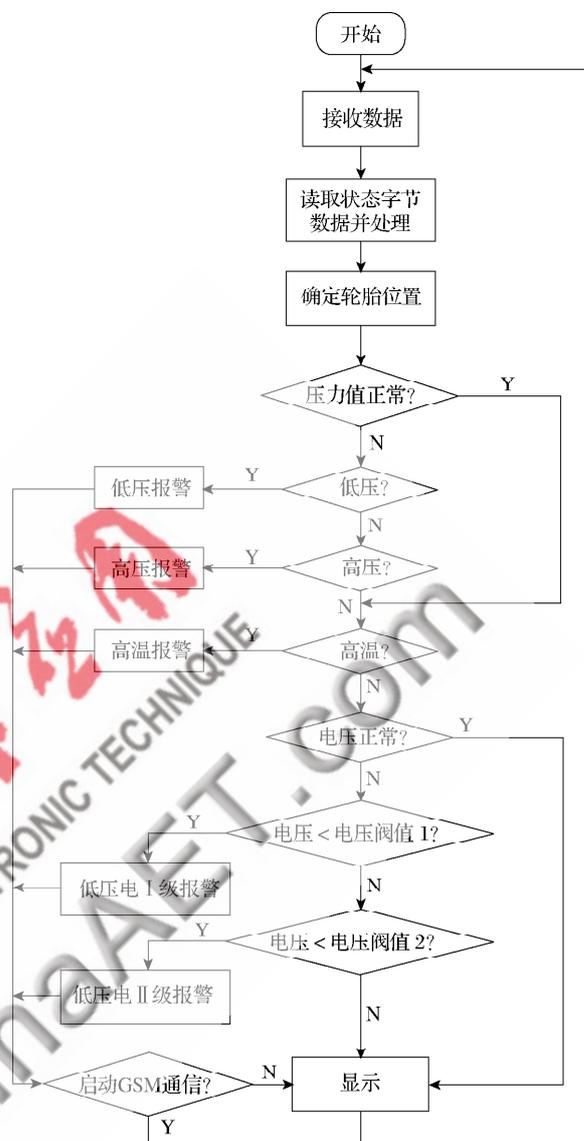


图4 报警显示流程

#### 参考文献

- [1] 秦拯,胡建国,刘志贤.汽车胎压智能监测系统研究与实现[J].微计算机信息,2008,(24):230.
- [2] 黄晓妍.汽车远程控制防盗报警系统设计[D].武汉理工大学硕士学位论文,2007.
- [3] 李凯.汽车轮胎压力监测系统(TPMS)的设计[D].武汉理工大学硕士学位论文,2007.
- [4] 陶桂宝,庞丽.直接式汽车轮胎压力监测系统设计[J].重庆大学学报,2008,(31):9-10.
- [5] NRF9E5 RF transceiver product specification. Nordic sensor.Inc. 2005, 1.
- [6] 王基一,郭启军,张浩然.低功耗轮胎压力监测系统的设计与实现[J].计算机时代,2008(8):36-37.

(收稿日期:2008-12-10)