

# 基于单片机技术的轮胎压力监测系统

刘国强, 郑召全

(装甲兵工程学院 机械工程系, 北京 100072)

**摘要:** 基于单片机技术的轮胎监测系统。系统通过嵌入到汽车轮胎内部的压力及温度传感器进行信号采集, 经微型单片机处理后通过信号发射模块将信号发送到单片机处理监测系统, 经监测系统分析处理后得出轮胎的工况, 从而起到预警作用。

**关键词:** 轮胎压力监测系统 单片机系统 NPX-C01780 发射芯片 接收芯片

轮胎是汽车的重要组成部分, 其性能直接影响到汽车的安全行驶和车内的人身安全。每年由爆胎引起的交通事故在所有的交通事故中占有很大比重。据统计, 在我国高速公路上发生的交通事故中有 70% 是由爆胎引起的, 而在美国这一比例更高达 80%。美国汽车工程师协会的调查统计表明, 美国每年有 26 万起交通事故是由于轮胎气压低或渗漏造成的。

正是基于这一事实, 美国运输部(DOT)国家公路交通安全管理委员会(NHTSA)出台了一项法规。法规中规定 2003 年 11 月到 2006 年 10 月 31 日期间美国新出厂的轻型汽车将逐步引入轮胎监测系统 TPMS(Tire Pressure Monitoring System)系统。可见, TPMS 的研究和投产势在必行。

## 1 轮胎压力监测系统硬件设计

影响轮胎正常工作的原因主要有两方面: (1) 轮胎温度过高。由于环境温度过高, 以及轮胎在高速旋转时与地面的摩擦, 都有可能导导致轮胎温度过高, 从而使橡胶老化, 缩短轮胎的使用寿命。(2) 轮胎内部气压过大或欠压。汽车轮胎内部气压过大会发生爆胎; 而当轮胎发生漏气导致欠压, 则会增大轮胎和地面的摩擦, 不仅耗油, 还会缩短轮胎的使用寿命。轮胎机械性能可以通过胎内温度和压力反映。故而, 轮胎监测系统只要能实时监测到轮胎内的温度和压力就可以分析出轮胎的运行状况。

目前, TPMS 主要分为两种类型: 一种是 Wheel-Speed Based TPMS(间接式 TPMS); 另一种是 Pressure-Sensor Based TPMS(直接式 TPMS)。

本轮胎监测系统是直接式, 系统采用无线双向通信方式对汽车轮胎的压力、温度进行实时监测。系统结构框图如图 1 所示。

轮胎监测模块嵌入到轮胎中, 用来监测轮胎内部气压和温度状况, 并通过无线调制方式发送到主机显示模块。轮胎监测模块应包含传感器、微控制器、UHF 发射器以及供电电池。整个模块放置在轮胎内, 在汽车高速

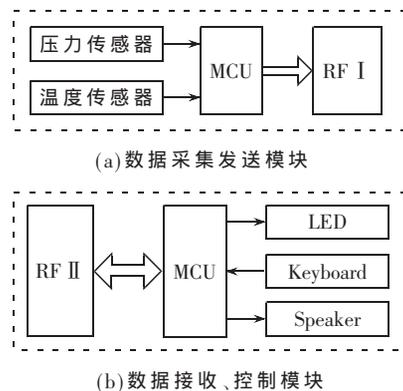


图 1 轮胎监测系统

行驶且轮胎内部高温时要能正常运行, 并能保证有效工作 5~10 年。故而模块的小型化、宽工作温度范围以及低功耗设计尤为重要。

### 1.1 监测系统硬件电路要求

#### 1.1.1 系统低功耗要求

要使 TPMS 轮胎模块在一节锂电池供电下能工作 5~10 年, 系统节能是一个十分重要的课题。因而在汽车不工作时, 要让系统进入睡眠状态才能省电, 从而延长电池寿命; 而在汽车启动及进入高速行驶时, 要唤醒 TPMS 系统使其进入工作状态。通常, 唤醒 TPMS 系统的方法有两种: (1) 汽车启动时 TPMS 自检, 进入高速行驶时用事先设定的软件程序定时巡回检测。为此需要 TPMS 中心机模块发出呼唤信号, 在 TPMS 轮胎模块上安置唤醒(Wake-up)芯片。(2) 在传感器模块中增加加速度传感器, 利用其质量块对运动的敏感性实现汽车启动自动开机, 进入系统自检。汽车高速行驶时按运动速度自动确定检测周期, 用软件设定安全期、敏感期和危险期, 以逐渐缩短巡回检测周期和提高预警能力。

#### 1.1.2 温度/压力传感器

汽车轮胎常常在恶劣环境下工作, 在北方寒冷的冬天, 环境温度会低至零下 40℃, 而在高速公路上飞驰的

# 嵌入式技术

汽车轮胎内部的温度可达 100℃ 以上。汽车轮胎内部的气压也十分大,其变化范围在 6~10 个标准大气压,故而温度和压力传感器必须是能够在恶劣环境下工作的大量程传感器。

## 1.2 轮胎压力监测系统硬件电路

传感器选用 GE 公司的 NPXH(NPX-C01780)。NPXH 传感器集成了硅压力传感器、加速度传感器、温度传感器、电压传感器和低功耗 8 位 RISC 处理器以及一个低频唤醒输入级,以满足各方面的性能要求,其主要参数见表 1。

表 1 NPXH-C01780 的主要参数

基本参数	数值	单位
正常工作温度范围	-40~+125	℃
正常电压范围	2.1~3.6	V
待机静态电流	0.5	μA
片上时钟源范围	0.125~2.0	MHz

NPXH 的主要特性有:

- (1)高集成度:集压力、加速度(NPXII)、温度、电压传感器以及单片机(MCU)于一体;
- (2)数字补偿的压力、加速度(NPXII)、温度和电压测量;
- (3)电源管理:最小化功耗,极低的待机静态电流;
- (4)多种唤醒方式:内部时钟唤醒、低频信号唤醒、外部触发唤醒;
- (5)极佳的轮胎介质兼容性,监测 450kPa、700kPa、900kPa 和 1400kPa 多种压力范围,可定制量程;
- (6)12 位低噪声 ADC;
- (7)内置过热保护功能和传感器故障检测功能。

### 1.2.1 监测系统发射电路

摩托罗拉的 MC33493 器件是高温集成 UHF 无线电发送模块,有 OOK(On-Off Keying)及 FSK(Frequency Shift Keying)两种调制方式。其工作频段为 300~450MHz;抗干扰能力强;采用 PLL 频率合成技术,频率稳定性好,具有较小的发射功率,最大发射功率仅 0.1mW;数据传输速率可达 9.6kbps;1.9~3.6V 低工作电压,功耗低,数据发射时电流为 11.6mA,发射待机状态仅为 0.8μA(工作温度在 125℃)。无线发射电路如图 2 所示。

发射模块中,引脚 BAND 接 3V 高电平,表示系统发射频率为 434MHz,用于选择工作频率;引脚 MODE 接高电平,表示系统选择 FSK 调制模式。发射芯片的 FSK 调制方式由与晶振串联的下拉负载电容 C1 实现。与 CFSK 引脚相连的为内部开关,用以选通下拉电容 C1。当 DATA=0 时(MODE 引脚置高电平),开关关闭,此时输出高频移;当 DATA=1 时,开关接通,此时输出低频移,从而实现了 FSK 调制方式。即如果载波频率是 433.92MHz,而且总的频偏是  $\pm\Delta f$ (MHz),则数字高电平为  $433.92\text{MHz}-\Delta f$ ,数字低电平为  $433.92\text{MHz}+\Delta f$ 。

### 1.2.2 监测系统接收电路

摩托罗拉的 MC33594 器件是高温集成 UHF 超外

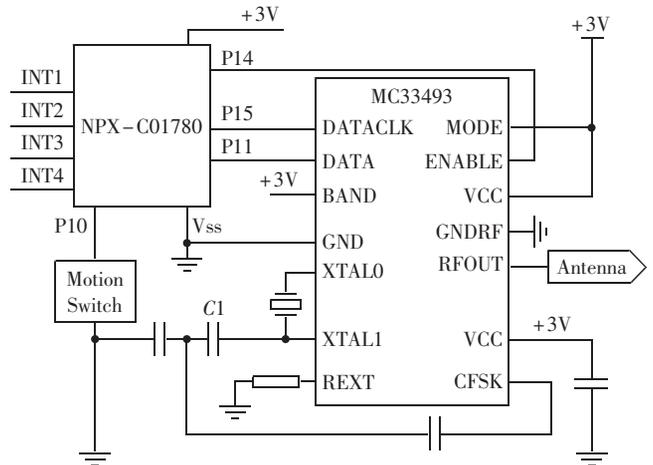


图 2 发射电路

差无线电接收模块。该芯片工作在 300~450MHz 频段,电压在 4.5~5.5V 范围内;接收灵敏度高达 -103dBm。芯片最大特点是带有一串行外设接口 SPI(Serial Peripheral Interface)。通过 SPI,允许 CPU 与各种外围接口器件以串行方式通信。SPI 接口使用四条线:串行时钟线(SCK)、主机输入/从机输出数据线 MISO、主机输出/从机输入数据线 MOSI 和低电平有效的从机选择线 RESET。监测系统接收电路如图 3 所示。

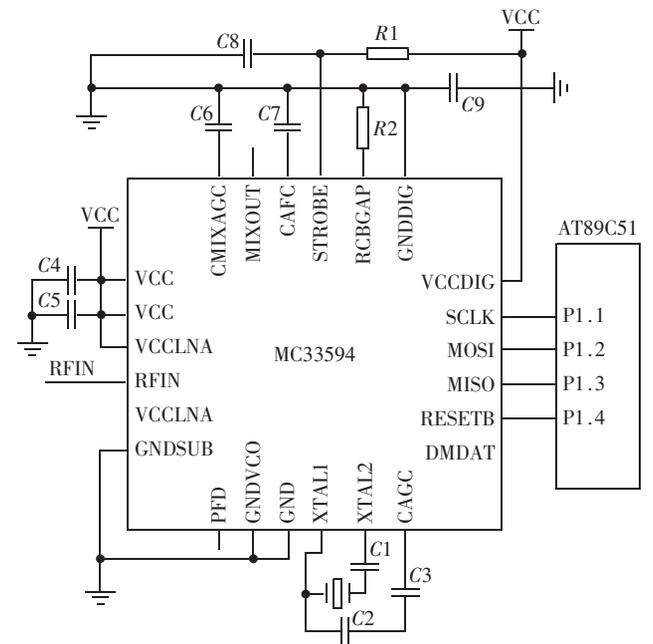


图 3 监测系统接收电路

## 2 轮胎智能监测系统软件流程

### 2.1 系统通信协议

为了实现四个轮胎模块与中央机接收模块的无线通信,必须制定一个通信协议。这里采用曼彻斯特编码、FSK 信号调制方式和 9 600bps 的传输速率。轮胎模块以数据帧的形式发送数据。当轮胎模块中 MCU 决定发送数据时,MCU 通过发送数据帧的前导位唤醒接收模块,

随后发送数据帧。数据帧的格式如表 2 所示。

表 2 数据帧格式

前导位	设备 ID	压力值	温度值	状态值	CRC 校验码
2B	4B	1B	1B	1B	2bit

## 2.2 系统软件设计

### 2.2.1 发射模块数据采集及发射流程

系统软件需要具有测量、处理和传输数据三种主要功能。由于轮胎模块只由一块电池供电,所以系统需要具有高效率的计算能力,因此设计时必须综合考虑以下问题:

(1) 选择适当的气压、温度测量频率及数据发送频率;

(2) 为确保在任何恶劣的环境下都能使数据到达接收器,轮胎模块应能多次发送告警信号。

为了节约能量,将车辆的行驶状况分为停放、启动、高速行驶三种状态,由测得的轮胎加速度决定车辆处于哪种状态,不同的状态轮胎需测量的数据和发送的频率不同。如果车辆为启动状态,则只发送一次数据帧。如果车辆进入高速行驶状态,则表示若任何轮胎出现状况都会产生严重后果,应保持警戒状态,此时为了增加数据接收的可靠性连续发送 255 帧。

轮胎测量及数据发射模块流程如图 4 所示。

### 2.2.2 接收模块程序流程

接通电源后,接收机自行初始化和配置。一旦确认接收机配置完成,所有的 LED 闪烁一次,告知使用者模块准备就绪。在接收到一个数据帧后,重新计算校验和并与已接收到的数据帧进行比较。数据帧经过确认后,某个轮胎的 ID 则要与存储在 KX8 存储器中的 4 个 ID 值比较。如果发现一个相配的 ID,则数据被处理并点亮相应的 LED。最后,数据帧通过串行口发送以供外部接收和存储。接收模块流程如图 5 所示。

TPMS 是保障汽车安全行驶的关键技术指标之一。本设计对轮胎的压力、温度进行了检测,完全符合

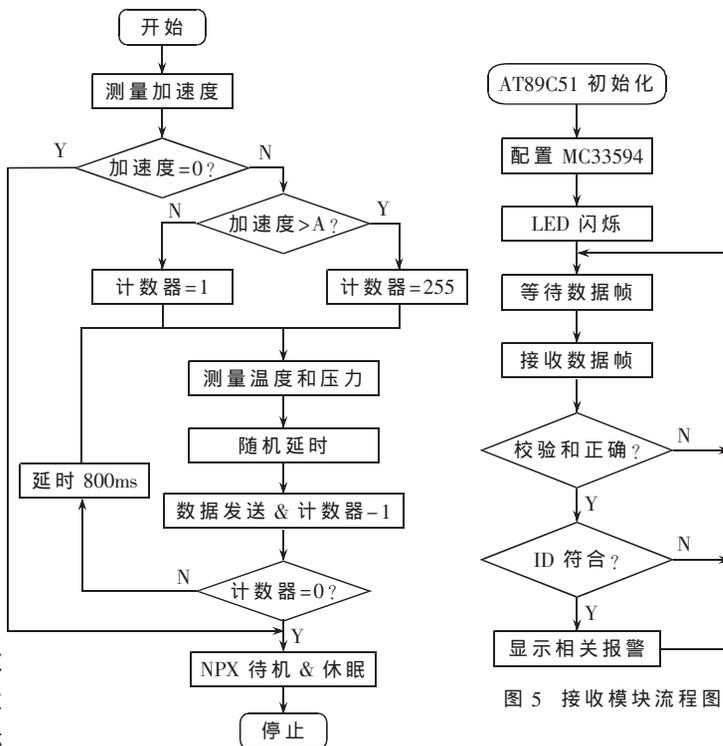


图 5 接收模块流程图

图 4 轮胎测量及数据发射模块流程图

NHTSA 制定的基本标准。随着各种标准的不断完善以及人们对安全行驶的日益重视,轮胎压力、温度的实时监测及报警系统将成为汽车安全系统必备的功能之一。本文所研究的轮胎智能监测系统将会有广泛的应用。

### 参考文献

- 1 RTPM Pressure Sensor NPX-C01780.GE Nova Sensor, 2006
- 2 陈法国,陈伟,周鹏等.无线接口电路设计及其在 TPMS 中的应用[J].单片机与嵌入式系统应用, 2005; (7)
- 3 雷旖旎,卢益民.轮胎压力直接监测系统的设计[J].计算机与数字工程, 2005; (5)
- 4 MC33594/D PLL Tuned UHF Receiver for Data Transfer Applications.Motorola, Rev 1.1

(收稿日期: 2006-06-20)