

橡胶产品监控数据高效传感器设计

宋子光,张铁毅,王跃旭

(神华北电胜利能源有限公司,内蒙古 锡林浩特 026000)

摘要:设计一种橡胶产品承压与耐温能力无线监视系统中的超低功耗数据采集传感器。该传感器数据采集模块的主控单元 MCU(微控制单元)采用能耗较低的 MSP430F149 单片机,RF(射频)天线采用 ATA5749 芯片作为发送 IC(集成电路)的采集器,对休眠状态的采集模块设计唤醒电路;软件中数据系统的工作过程采用中断唤醒的方式;在唤醒采集模块的同时设计了机械式充电系统对电池进行微小充电,可延长传感器电池的使用寿命。

关键词:橡胶产品;数据采集模块;监控数据;露天煤矿;载重汽车

中图分类号:TP29 **文献标志码:**B **文章编号:**1000-890X(2015)09-0562-05

目前,橡胶产品在露天煤矿的应用越来越广泛。为保障人身安全,橡胶产品,尤其是轮胎的承压与耐温能力问题越来越受到煤矿业的重视。轮胎全寿命管理系统(TyreSense,简称 TS)在卡车的行驶过程中可以对轮胎内部的温度与压力数据进行实时监测,并且能够完成轮胎低压、高压和高温等异常状况的报警,进而提高轮胎现场管理水平,确保车辆安全行驶。在轮胎全寿命管理系统中,传感器安装于轮胎内部,更换工艺复杂。因此,降低传感器能耗是延长传感器寿命的关键。本研究采用 ATA5749 单片射频 IC(集成电路),设计一款能耗超低的橡胶产品数据采集模块。

1 传感器设计方案

1.1 轮胎全寿命管理系统

轮胎全寿命管理系统通过置于轮胎内部的传感器对轮胎内部的温度和压力等进行实时测量并进行数据处理,然后将数据通过无线传输的方式传送到 RF(射频)天线,再通过相关算法将数据传送到驾驶室内部的行车电脑上,行车电脑对采集到的数据进行处理并打包发送到驾驶室显示器、后台服务器以及维修人员的手持 PID(比例-积分-微分控制器)上。如果轮胎的压力或者温度数据出现异常情况,系统将会进行声光报警。

作者简介:宋子光(1964—),男,内蒙古乌兰察布人,神华北电胜利能源有限公司高级工程师,硕士,主要从事设备维修工作。

1.2 传感器

本设计的传感器按功能主要分为 MCU(微控制单元)控制电路、射频发送电路、信号传感器电路和中断信号电路。传感器电路检测由数据采集模块采集到的温度与压力数据。MCU 对检出数据进行处理,通过轮胎全寿命管理系统的内置传感器准确测量轮胎内部的温度与压力数据;测量出的数据经过传感器发射模块以无线射频的方式传送到行车电脑内,行车电脑对其进行分析后传送到后台服务器与驾驶室内的显示器。行车电脑对出现异常的轮胎数据进行特殊处理转换成报警信息,再将报警信号传送到后台服务器与驾驶室内的显示器。

2 传感器硬件设计

2.1 数据采集模块

轮胎全寿命管理系统采用 TI(Texas Instruments)公司生产的 MSP430 F149 单片机作为主控 MCU,内置传感器采用 2.4~3.6 V 锂电池作为低电压供电电源,采集数据并存储的过程仅需 0.1 μ A 电流,在进行动态监测时百万条指令的发送耗电 250 μ A,I/O 输入端口的最大漏电流仅有 50 nA 左右;传感器还具备(LP0~LPM4)5 种高效率的工作方式,可提高总体工作效率。另外,传感器的中断功能也非常强大,从休眠模式到唤醒结束仅需 6 μ s;对轮胎摩擦产生的静电具有静电保护作用,同时可屏蔽外界的干扰信号。传感

器 MCU 控制模块电路如图 1 所示,传感器单片机 MSP430F149 的电源采用 CR123 A $\times$ 3.6 V 的锂电池进行供电。8 MHz 的晶振电路外接在单片机 MSP430F149 管脚 8 和 9 处,MCU 的内

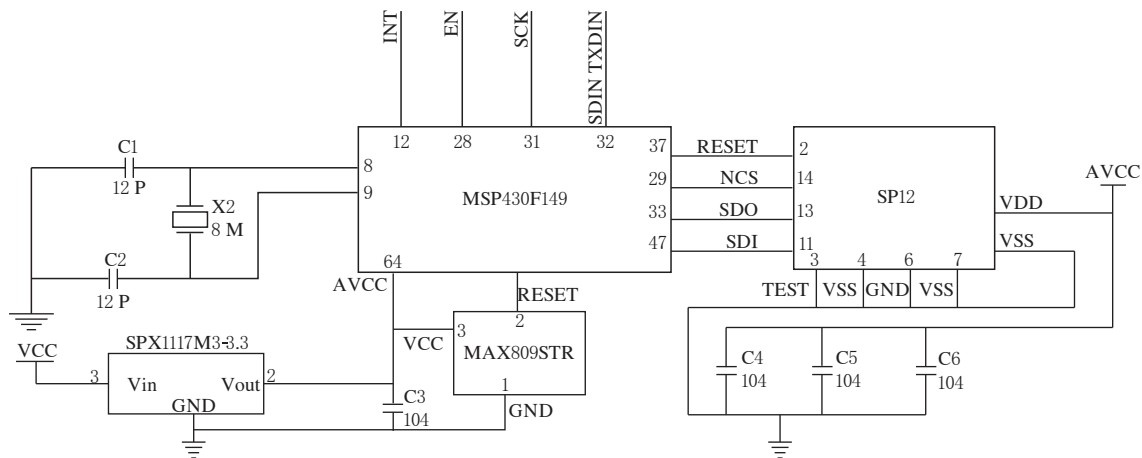


图 1 传感器 MCU 控制电路

产的 SP12 芯片。该芯片将压力、温度和速度等的检测电路集成在一起,同时还集成了 CMOS 集成电路、信号补偿电路与信号调整电路。SP12 传感器具有高效的特点,在唤醒的瞬间就进入工作状态,休眠状态功耗仅 $0.6 \mu\text{A} \cdot \text{s}$,当器件的数字部分与器件的模拟部分都进入工作状态时总耗电流仅为 6 mA 。

传感器管脚如图 1 所示。NCS 管脚可以接收低电平信号,低电平信号能够控制 SP12 的工作状态,当低电平信号输入时 SP12 就进入工作状态,其他信号输入时 SP12 则进入休眠状态;SCK 管脚的主要功能是接收微控器的串行时钟,能够实现初始时钟的输入与输出工作;SDO 管脚的主要功能是实现 SP12 测量数据向单片机的串行数据输出,进而完成传感器的串行数据输出信号工作;SDI 管脚对单片机的串行数据进行接收,完成串行数据的信号输入。

2.2 唤醒中断电路

唤醒中断电路的结构主要由接收频率为 100 kHz 的天线、倍压整流电路以及与天线相匹配的端口构成,如图2所示。天线的匹配电路主要由电容 C12,C14,C15 以及外接天线构成,天线的谐振状态由微调电容 C15 进行调节,而倍压整流电路则位于微调电容的后部分,如果解调后输出的峰值是 W1,在通过倍压整流电路后就能够实现

部晶振状态与外接的晶振状态能够通过寄存器进行控制。传感器安装在载重汽车轮胎的内部,因此在传感器上未设计用于复位的电路。

轮胎的温度与压力传感器使用英飞凌公司生

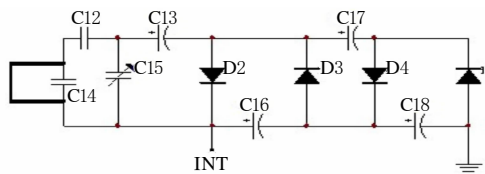


图 2 唤醒中断电路

倍压。微控器的中断接口接位于 INT 管脚上,与传感器电池正极连接着一个 0.3 V 的肖特基二极管,如果接收到的信号经过倍压整流电路后的输出峰值比传感器的电池电压大,此时开始对传感器电池进行充电,实现增加电池节点电压的作用,并有效延长电池的使用寿命。

2.3 RF 发送电路

RF 发送电路如图 3 所示。系统的数据发送器是一种 N 锁相环路发送器,其工作频率为 300~450 MHz,系统能够通过输出功率编程对电流消耗进行相应调整,其中最典型的数值为 7.3 mV(5.5 dBm)。输出功率的设置可以通过芯片的三输入 SP 复合接口进行,其范围为 -0.5~+12.5 dBm。所采用的差分静态 RF 的工作频率为 300~450 MHz,FSK(频移键控)的偏移频率为 396 Hz。系统还具备对数据的曼彻斯特编码功能。

RF 发送电路选择了 2 个 20 pF 的 NPO(多层叠层片式陶瓷)电容,与环路天线阻抗匹配;为

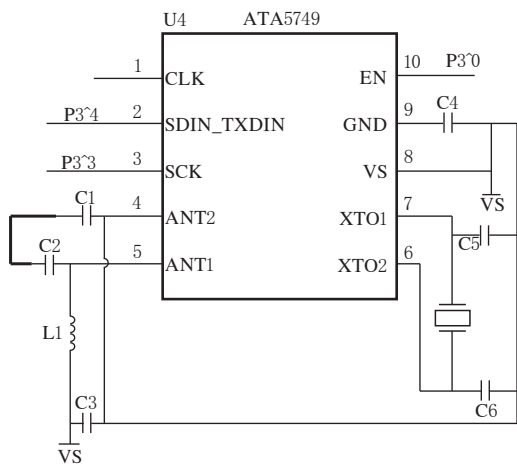


图3 RF发送电路

防止芯片受到电源的干扰,选择C3(1 nF)电容与L1(200 nH)的电感线圈作防干扰电路;为了确保信号质量,选择1.5 mm的环线天线作为PCB(印刷电路板)上的天线;系统中选择了13 MHz的晶振和15 pF的电容与晶体振荡器的谐振频率相匹配。芯片配置寄存器的SPI(串行外设接口)串行输入总线主要由三部分组成,分别是使能线(EN)、总线时钟(SCK)与数据线(SDIN_TXDIN);RF发射器的调制输入工作由编程输入后的SDIN_TXDIN总线完成。

3 传感器软件设计

3.1 高效设计原则

MCU主程序与唤醒中断服务程序共同组成了系统软件的程序,数据采集模块的初始化以及中断请求命令的接受主要由MCU主程序完成;温度、压力、速度等数据的测算以及射频发送功能由唤醒中断程序完成。为了有效提高传感器的整体工作效率,设计过程采用以下手段:在精度允许范围内减少精度计算数量,进而MCU对数据进行运算的时长;采用“中断”功能取代“查询”功能,当车辆停止运行时,轮胎内的传感器则处于休眠状态,此时可有效减少传感器的能耗。传感器的功耗管理采用动态管理的模式。

3.2 传感驱动软件工作流程

为了有效提高数据采集模块的工作效率,设计中使用查询方式取代中断方式对收集到的数据进行处理与发送,轮胎动态温度、压力数据的采集可以通过主控程序(轮胎动态运行检测程序)发生

唤醒信号传递给MCU,进而完成相关任务流程。传感器通过轮胎旋转的圈数确定信号的采集频率(约为3 s),采集模块工作状态判断流程为:当检测到轮胎处于静止状态时,传感器在接收到人员送电指令时被唤醒,并每隔30 min获得一次压力与温度数据,确定采集模块的工作状态是否正常以及数据测量是否精准;当检测到轮胎处于运行状态时每隔3 s发出一次数据采集信号。传感器的这种工作流程既能有效提高工作效率,又能确保数据测量的准确性且正常,同时可满足车辆停机状态的节能要求,减少传感器的工作时间,延长传感器电池的使用寿命。

3.2.1 系统数据采集单元

系统的初始化设定工作主要由采集模块的主程序完成,其中MCU、传感器芯片SP12、无线发生模块ATA5749等的初始化设定工作均由采集模块的主程序完成。当系统的各阶段被初始化后,MCU将会进入L4模式(节能模式),等待系统运行中断电路唤醒。MCU初始化的本质是对MSP430 F149的初始化工作与单片机时钟的定义工作;将系统中与能耗有关的寄存器进行设定,以提高MCU的工作效率,将硬件乘法器和AD转换器等不相干的部件停止工作并处于休眠状态,同时打开中断口,当有唤醒信号发来时寄存器相关节能部件开始启动进入工作状态。主控软件的采集单元流程如图4所示。为了保障数据的正

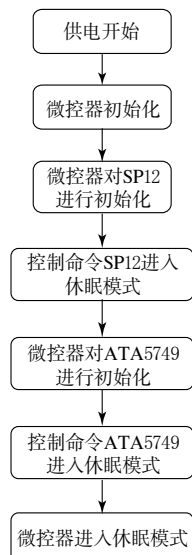


图4 采集单元流程

常传输,严格按照 SP12 数据传输时序要求进行设计,因此本设计的响应数据接收子程序与控制命令发送子程序都是遵循时序要求进行的,解决了与 SP12 数据通信的任务。系统控制命令发送子程序工作流程为:当 $NSS=1$ (高电平)、时钟 $SCK=0$ (低电平) 时,延时;当 $NSS=0$ (低电平) 时,延时;这时系统单片机开始以数据高位在后、数据低位在前的方式向 SP12 串行发送控制指令;此时发送完毕 8 位控制指令, $NSS=1$ (高电平),延时, $SCK=1$ (高电平);系统控制命令发送子程序工作流程结束。

配置寄存器的 32 位数据需要进行编程以保障 ATA5749 的正常工作。配置寄存器由 EN、SDIN_TXDIN 与 SPI 总线、SCK 组成;在 SCK 上升沿加载 SDIN_TXDIN 数据,配置寄存器内容的编程设置需要在 SCK 下降沿完成。当 EN 和 SDIN_TXDIN 同为低电平时,ATA5749 芯片则会启动关断模式;当 EN 处于低电平而 SDIN_TXDIN 处于高电平时,则进入复位寄存器模式。

3.2.2 中断程序工作流程

MCU 接收到上位机模块无线发射的唤醒信号时进入中断模式,首先保存现场信息,同时相关寄存器的置位操作开始,然后采集数据并发送。中断程序工作流程如图 5 所示。

当 SP12 处于休眠状态时,需要接收 MCU 发出的唤醒信号后才能进入正常的工作状态,再对收集到的原始数据进行处理,将处理后的数据进行编码,同时以最快的速度将消息发送出去;然后

再将 ATA5749 进行唤醒,持续完成几个周期后将编码的数据进行打包,再将整个数据包发送至服务器,最后 ATA5749 芯片再次进入休眠状态。MCU 的整个中断流程运行完毕,MCU 再次休眠。

4 效率分析

将传感器的感应模块、主控模块和发射模块等不同工作状态下的能源消耗情况进行采集。能源消耗情况如表 1 所示。当车辆处于工作模式时,轮胎内置传感器每隔 3 s 向行车电脑发送一次数据信号,同时向 MCU 发送唤醒信号,MCU 接收到唤醒信号后进入中断模式,传感器随即被唤醒并进行数据的采集工作,这时 SP12 开始对传感器测量到的数据进行采集,最后再次进入休眠模式。MCU 将 SP12 采集到的数据进行处理和编码,完成后 RF 芯片启动工作模式,并在很短的时间内将数据发送出去。因此采集器在 60 s 内的平均工作电流约为 0.027 mA。

表 1 系统各模块理论消耗电流

模 块	工作状态	理论值	工作时间/s
传感器 SP12	待机	2.3 μ A	59.97
	测量	2.8 mA	0.03
RF 芯片 ATA5749	待机	10 μ A	59.90
	发射	7.3 mA	0.10
单片机 MSP430F149	待机	0.1 μ A	59.80
	工作	200 μ A	0.20

由计算结果可知,传感器使用 600 mA · h 的锂电池作为供电源,车辆不间断地工作,锂电池的理论寿命能够达到 2.14 年。然而,矿用车辆需要进行整修以及保养等工作,本传感器在休眠模式下电流消耗远小于工作模式。因此本传感器锂电池使用寿命能够满足矿山实际运行需求。

5 结语

使用 ATA5749 射频发射芯片作为设计基础,数据传感器采用 SP12,单片机采用功耗较低的 MP430F149 为 MCU,设计了轮胎全寿命管理系统的各个模块。各模块的唤醒信号采用主程序的无线信号,可以有效降低传感器的工作频率,明显提高系统各模块的使用效率;再将唤醒信号处

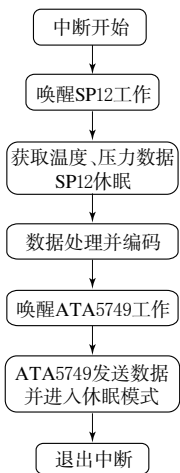


图 5 中断程序工作流程

理后的倍压对锂电池进行电量补充,虽然每次充电量较小,但对高效率的系统模块而言,可有效延

长电池的使用寿命。

收稿日期:2015-05-11

杜仲橡胶产业急需国家政策扶持

中图分类号:TQ332.2 文献标志码:D

杜仲橡胶是我国独有的战略资源。世界上2 000种含胶植物中,绝大部分植物仅含顺式异戊橡胶,含有反式异戊橡胶的植物则非常稀少。杜仲橡胶正是典型的反式异戊橡胶,其独有的抗冲击、耐疲劳、耐磨、形状记忆、密封以及透X光等性能,使其可广泛应用于交通、医疗、军工、体育等领域。

我国橡胶消耗量已经连续13年居世界首位,2014年天然橡胶表观消费量约495万t,自给率不足20%。发展杜仲橡胶资源不仅是破解我国天然橡胶严重不足的重要途径,也是实施橡胶强国战略的重要组成部分。为此,中国橡胶工业协会杜仲综合利用工委秘书长王凤菊建议国家在“十三五”期间对于杜仲橡胶产业的发展应给予政策和科技专项的支持。

(1)产业发展基础条件已具备。杜仲育种和栽培技术可大幅提高胶产量。杜仲适应性极强,在我国亚热带至温带的27个省(区、市)均可种植,杜仲栽培模式的改良和杜仲良种选育的进展,已经为杜仲资源的发展奠定了很好的基础。利用杜仲高产胶良种培育的果园化杜仲林每公顷产果量达到3.5~4.5t,每公顷产胶量可达400~600kg,比传统乔林栽培模式提高40~60倍。杜仲叶林栽培模式试验结果表明,杜仲叶林定植3年后,每公顷可年产杜仲干叶15t,杜仲干皮0.5t,木材22.5t。每公顷杜仲胶产量500~600kg,这为杜仲橡胶的规模化开发奠定了良好基础。

杜仲橡胶材料产业化开发的理论基础已建立。原中科院化学所研究员严瑞芳于1982年在世界上首次用新的硫化方法将合成杜仲橡胶制成弹性体,并从微观结构和宏观性能的关系上找到了杜仲橡胶获得高弹性的基本规律,证明利用杜仲橡胶的橡塑二重性、优良共混性及独特的集成特性,可将杜仲橡胶加工成三大类用途不同的材料:热塑性功能塑料、热弹性形状记忆材料及橡胶材料,这为杜仲胶的广泛应用开发奠定了理论基础。

近年来,我国在轮胎、高铁及汽车部件、塑料改性等领域的应用开发均证明了杜仲橡胶集成材料所具有的独特性能和巨大的发展潜力。

(2)急需国家政策资金支持。杜仲橡胶的开发及应用受到美、日等国的高度关注。日立造船公司和大阪大学已先后得到日本经济产业省和日本新能源及产业技术综合开发机构的资助,开展了杜仲橡胶提取和应用开发的系列研究,并已申请多项专利。美国固特异公司已将合成杜仲橡胶应用于高端轮胎的商业化制造。相比之下,我国对杜仲橡胶的高效提取和应用仍处于弱势。

支持杜仲橡胶高效绿色提取和应用开发关键技术。全生物酶解杜仲橡胶生物提取技术是目前行业普遍认为最有前途的提取技术。目前国内只有极少数高校在进行杜仲酶学特性研究及利用生物酶降解杜仲植物组织的理论研究和工艺开发,由于缺乏经费和试验条件,进展迟缓。急需国家提供资金支持和组织力量开展联合攻关,开发无污染、高效率杜仲橡胶生物酶解提取技术及其装备。

鉴于我国杜仲橡胶机理基础研究还很薄弱,严重制约了杜仲橡胶的应用开发进度,建议将杜仲橡胶高效提取和应用开发列入国家重点专项给予科技支持。集中科研力量开展重点攻关,尤其要攻克杜仲橡胶应用于绿色轮胎制造的关键技术。

将杜仲橡胶应用纳入新材料应用补偿机制。我国合成杜仲橡胶产品2014年已经批量供给美国固特异轮胎公司用于高端轮胎的制造,而在轮胎及其他领域的应用仍然处于试验阶段。建议国家对杜仲橡胶使用单位实施应用风险补偿机制,鼓励更多企业积极进行应用试验,尽早实现商业化应用,带动杜仲橡胶的规模化发展。

将杜仲橡胶列入新材料产业“十三五”重点产品目录。建议将杜仲橡胶列入新材料产业“十三五”重点产品目录,为杜仲橡胶生产和应用企业以及研究机构提供更多获取国家政策和资金支持的机会。

(摘自《中国化工报》,2015-07-02)