

# 基于 ATA5749 的超低功耗轮胎监控数据采集器设计<sup>①</sup>

潘 萍

(长沙师范学校 电子信息工程系, 长沙 410100)

**摘 要:** 设计了一种直接式轮胎压力监视系统 (TPMS) 中的超低功耗数据采集器。该采集器以 MSP430 F149 单片机作为数据采集模块的主控 MCU, 以 ATA5749 作为采集器的无 RF 发送 IC, 并设计了采集模块的唤醒电路; 最后以中断唤醒的方式设计了数据系统的软件工作过程; 并且在唤醒信号处理的同时提供了对电池的微小充电, 延迟采集器电池寿命。

**关键词:** 轮胎压力监测系统; 数据采集模块; 超低功耗; ATA5749 芯片

## Ultra-Low-Power of Tire Data Acquisition Design for Tire Pressure Monitoring System Based on ATA5749

PAN Ping

(Department of Electronic Information Engineering, Changsha Normal College, Changsha 41010, China)

**Abstract:** This paper presents a ultra-low power data acquisition in direct-type tire pressure monitoring system (TPMS). The collector uses MSP430 F149 as MCU and ATA5749 as wireless transmission module. The paper gives wake-up circuit of the collector. Finally, it gives software processes of data system by interrupt. The wake-up circuit provides small charge for battery module. The way can delay battery lifecollection module.

**Key words:** tire pressure monitoring system; data acquisition module; low power consumption; ATA5749 chips

## 1 引言

目前, 汽车已经成为社会生活中不可或缺的必需品之一, 怎么防止爆胎已经成为安全驾驶的一个重要研究课题。汽车轮胎压力监控系统 (Tire Pressure Monitoring System, 简称 TPMS)<sup>[1]</sup> 在汽车行驶过程中对汽车轮胎内气压进行实时自动监测, 并对轮胎漏气和低气压进行报警, 以确保行车安全。在直接式 TPMS 中由于数据采集模块安装位置的影响, 采集模块的超低功耗成为 TPMS 应用的一个关键因素。本文采用 Atmel 生产的 ATA5749 单片射频 IC 设计一款超低功耗的直接式 TPMS 数据采集模块。

## 2 数据采集器设计方案

### 2.1 轮胎监控系统

直接式轮胎压力监控系统首先通过放置在轮胎内

部的数据采集模块对轮胎内部的压力、温度等进行测量; 然后采集模块把测量到的数据进行相应的处理后, 根据相关算法通过无线射频方式发送到位于驾驶室的上位机, 最后上位机的控制系统对采集数据进行相应的处理, 在液晶显示屏进行显示, 如果轮胎压力和温度出现异常情况则进行相应的声光报警<sup>[2]</sup>。

### 2.2 数据采集器设计方案

本文设计的数据采集器在功能上主要由信号传感器电路、中断信号电路、MCU 控制电路和射频发送电路组成。数据采集器首先将压力和温度信号从传感器电路中检出, MCU 经过相关公式进关算法通过直接式轮胎压力监控系统首先通过放置在轮胎内部的数据采集模块对轮胎内部的压力、温度等进行测量; 然后把测量到的数据进行相应的处理后, 根据相关算法通过无线射频方式发送到位于驾驶室的上行分析处理计算

① 基金项目:湖南省教育厅科研项目基金(09C001)

收稿时间:2011-02-27;收到修改稿时间:2011-04-15

出轮胎内部的压力和温度数值，判断数据是否需要发送，如果发送经过相关编码后通过串口传输给 RF 芯片，芯片发射传输的数据。

### 3 数据采集器硬件设计

#### 3.1 数据采集模块

本文的主控 MCU 选用 TI 公司的 MSP430 F149 单片机<sup>[3]</sup>，电源采用 1.8~3.6V 低电压供电，RAM 数据保持方式下耗电仅 0.1 $\mu$ A，活动模式耗电 250 $\mu$ A/MIPS（MIPS：每秒百万条指令数），IO 输入端口的漏电流最大仅 50nA；具有 5 种节能工作方式（LP0~LPM4），从而实现对总体功耗的控制；且具有强大的中断功能，唤醒时间短，从低功耗模式下唤醒仅需 6 $\mu$ s；有完善的 ESD（静电释放）保护，抗干扰力强。

本文设计的 MCU 控制模块如图 1，MSP430F149 单片机由 CR123A  $\times$  3V 锂电池供电；管脚 8、9 外接 8MHz 的晶振，MCU 可以通过寄存器来控制工作在外接晶振状态或内部晶振（超低功耗）状态。由于数据采集模块安装在轮胎内部，所以本文未设计复位电路。

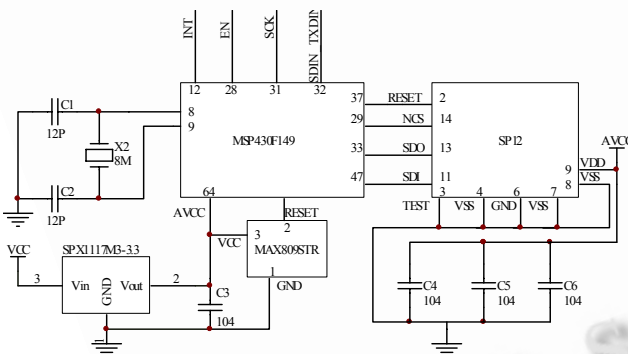


图 1 MCU 控制模块电路

本文采用英飞凌公司的 SP12 芯片作为轮胎压力、温度传感器。SP12 通过硅微机械加工技术集成了压力、加速度温度温度的检测电路，并集成了信号补偿与调整的 CMOS 集成电路。低功耗方面：英飞凌的 SP12 传感器采用了唤醒瞬态工作模式，当它工作在睡眠工作模式时其功耗仅 0.6 微安秒，器件所有数字模拟部分全部工作时的电流消耗是 6 mA。

本文设计的传感器管脚如图 1 所示：NCS：片选使能输入信号，当接收到低电平信号时 SP12 被选中工作，否则进入睡眠状态；SCLK：初始时钟输入、输出，用于接收微控器的串行时钟；SDK：串行数据输入信

号，用于接收单片机的串行数据；SDO：串行数据输出信号，用于向单片机串行输出 SP12 的测量数据。

#### 3.2 中断唤醒模块

中断唤醒模块由 100KHz 天线、天线匹配端口和  $4\sqrt{2}$  倍压整流电路组成。C12、C14、C15 与外接天线构成天线匹配电路，C15 为微调电容，用以调节天线谐振状态，后部分为  $4\sqrt{2}$  倍压整流电路<sup>[4]</sup>，假设解调后输出峰值 E1，通过  $4\sqrt{2}$  倍整流后能达到倍压目的。INT 接微控器的中断接口，并通过肖特基二极管（0.3V）与电池正极连接，当接受信号的倍压整流后的输出值大于电池的电压是，可以对电池充电，有效延迟电池寿命。

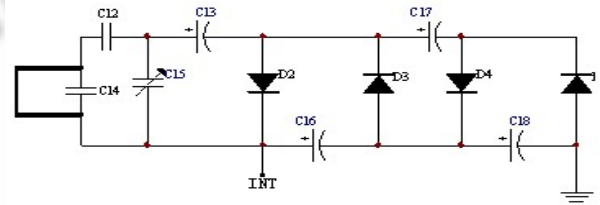


图 2 中断唤醒模块电路

#### 3.3 RF 发送电路

ATA5749 是一种工作频率从 300MHz 到 450MHz 的分数 N 锁相环路发送器，电流消耗可以通过输出功率编程做相应调整，典型值为 7.3mV（5.5dBm）。该芯片可通过三输入 SP 复合接口设置输出功率 -0.5~+12.5dBm，所用差分静态 RF 范围 300~450MHz，FSK 偏移 396Hz，并具有数据曼彻斯特编码功能。

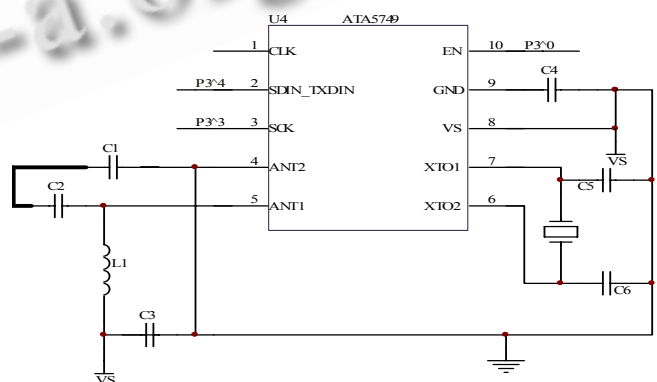


图 3 发射电路

在图 3 中，C1、C2 为 NPO 电容，用以匹配环路天线阻抗，选择 20pF；C3(1nF)和 L1（200nH）以防止电源对芯片 PLL 的干扰；PCB 板上的环线天线为

1.5mm, 确保恰当的 Q 因素; C5, C6 为了匹配晶体振荡器的谐振频率, 本文采用 15pF, 晶振选用 13MHz。芯片的配置寄存器由使能线 (EN)、数据线 (SDIN\_TXDIN) 和总线时钟 (SCK) 复合组成 SPI 串行输入总线; 编程输入后, SDIN\_TXDIN 线为 RF 发射器的调制输入。

## 4 数据采集器软件设计

### 4.1 低功耗设计原则

数据采集模块的软件程序主要包括 MCU 主程序和中断唤醒服务程序组成, 主程序主要完成对采集器进行初始化配置和接受中断请求, 中断唤醒程序完成压力、温度数据的采集, 数据计算及数据的射频发送等。为了完成采集模块的超低功耗, 采用以下相关方法: 减少精度计算, 降低运算量来减少 MCU 数据计算时间; 用“中断”代替“查询”, 当微控器和整个采集电路处于待机和停止状态时, 能有效降低功耗; 采集模块采用动态功耗管理。

### 4.2 微控器软件流程设计

为了数据采集模块的超低功耗, 本文中采用中断代替查询方式进行数据采集和数据发送, 温度、压力采集数据可以由主控程序 (驾驶舱显示系统) 通过发生唤醒信号通知 MCU 完成相关操作。主控程序可以接合 ABS 速度信号来确定采集频率, 假定如下流程: 当检测到速度 0km/h (汽车停止时) 每隔 30 分钟发送一次唤醒信号, 获得压力、温度数据, 以复用确认采集模块是否正常工作; 当检测到速度 0-40 km/h 时每隔 5 分钟发生唤醒信号; 当检测到速度 40-80 km/h 每隔 2 分钟发生检测信号, 当检测到速度超过 80km/h 每隔 40 秒发生唤醒信号。这种策略既能保证正常的数据采集, 又能很好的降低功耗。毕竟汽车停止的时间一般大于运行时间, 运行在高速状态的时间则更少。这样通过软件控制就能较好的减少数据采集模块工作时间, 延迟模块电池工作寿命。

#### 4.2.1 数据采集模块 MCU 主程序

采集模块的主程序主要完成对 MCU 初始化设定, 对传感器芯片 SP12 初始化设定和对无线发生模块 ATA5749 进行初始化设定, 初始化设定后 MCU 进入低功耗 L4 模式, 等待中断唤醒。

MCU 自本身初始化主要是对 MSP430 F149 进行初始化, 定义单片机时钟、上升沿捕获和输入输出端

口设置等工作; 设定相关的寄存器, 使 MCU 工作在最小功耗状态, 使不相干的部件处于休眠状态, 如硬件乘法器、AD 转换器等全部停止工作, 开中断口等待唤醒信号的到来。主控软件流程如图 4 所示。

由于 SPI2 数据传输时对时序的要求严格, 必须完全按照其时序要求设计才能实现数据的正常传输, 所以本文中严格按照其时序要求分别设计了控制命令发送子程序和响应数据接收子程序, 实现了与 SPI2 的数据通信。(1)控制命令发送子程序设计: 将 NSS 设置为高电平(NSS=1)时钟 SCK 设置为低电平(SCK=0), 延时; NSS 设置为低电(NSS=0), 延时; 单片机在 SCK 时钟下开始向 SPI2 串行发送控制指令(数据低位在前, 数据高位在后); 8 位控制指令发送完毕, 将 NSS 置高(NSS=1), 延时, 将 SCK 置高(SCK=1); 控制命令发送子程序结束。

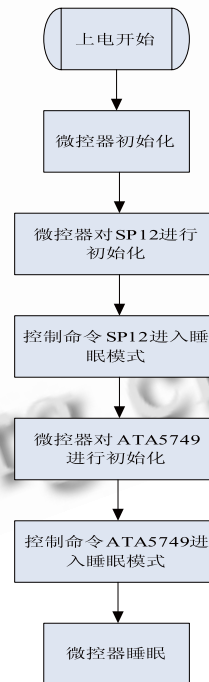


图 4 采集器主控制程序流程图

ATA5749 正常工作时必须编程配置寄存器的 32 位数据。利用 SPI 总线对配置寄存器进行编程, 配置寄存器有使能线 (EN)、数据线 (SDIN\_TXDIN) 和 SPI 总线时钟 (SCK) 组成, SDIN\_TXDIN 数据加载在 SCK 上升沿, 在 SCK 下降沿完成配置寄存器内容的编程设置。ATA5749 进入关断模式, EN、SDIN\_TXDIN 必须同时为低电平; 要进入复位寄存器模式, EN 必须保持低电平, DIN\_TXDIN 必须维持在高电平。

#### 4.2.2 数据采集模块中断服务程序

上位机模块通过 100KHz 无线发生唤醒信号使 MCU 进入中断模式, MCU 进入中断后首先保存现场信息, 对相关寄存器进行置位操作, 然后进入数据采集和数据发送阶段。中断服务程序如图 5 所示。

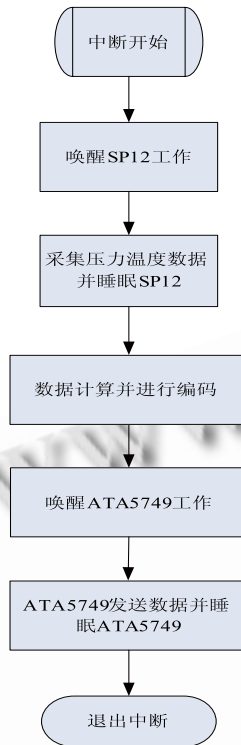


图 5 中断服务程序流程图

首先 MCU 向 SP12 发出唤醒信号, 使其正常工作, 在空集获得的原始数据进行数据计算, 并进行数据编码, 以便快速发送消息; 然后向 ATA5749 发生唤醒信号, 空置几个指令周期后向无线模块发生编码后的整包数据, 然后休眠 ATA5749 芯片。MCU 在完成以上工作后退出中断状态, 进入休眠模式。

### 5 超低功耗分析

数据采集器中传感模块、发射模块、主控模块在休眠状态和工作状态下的能耗情况如表 1 所示。当汽车工作在 40-70km/h 时, 驾驶舱控制系统每隔 60s 发送一次唤醒信号, MCU 单片机唤醒进行中断模式; MCU 首先唤醒传感器进行数据采集, SP12 在 30ms 内完成数据采集, 然后进入睡眠模式; MCU 在 50ms 的时间内完成数据计算及编码工作; 然后唤醒 RF 芯

片进行数据发送, RF 模块在 100ms 内完成数据发送。则在 60s 内采集器的平均工作电流约:

$$I(mA) = \frac{2.3 \times 10^3 \times 59.97 + 2.8 \times 0.03 + 15 \times 10^6 \times 59.9 + 7.3 \times 0.1 + 0.1 \times 10^3 \times 59.8 + 0.2 \times 0.2}{60}$$

= 0.026615mA。当用 700mAh 锂电池为轮胎供电时, 其工作寿命为:  $t = 700mAh / (0.026615 \times 1.2) = 21917h = 2.5$  年。由分析知在为其他器件留有 20% 的消耗电流前提下, 且轮胎 24 小时工作在 40-70km/h 时, 电池寿命可达 2.5 年; 一般情况下, 汽车大部分时间处于停止状态, 本文设计的采集器静止状态所消耗的电流远小于运行状态下的消耗电流。所以, 本采集器电池的寿命可满足实际运行需要。

表 1 数据采集器模块理论电流消耗

模块名称	工作状态	理论值	工作时间(60s)
传感器 SP12	待机状态	2.3μA	59.97s
	测量状态	2.8mA	0.03s
RF 芯片 ATA5749	待机状态	10μA	59.90s
	发射状态	7.3mA	0.10s
单片机 MSP430F149	待机状态	0.1μA	59.80s
	工作状态	200μA	0.20s

### 6 结论

本文以 ATA5749 射频发射芯片为基础并以 SP12 为数据传感器和 MP430F149 低功耗单片机为 MCU 设计了轮胎监控系统的数据采集模块。用主控程序的无线信号作为数据采集模块的唤醒信号, 这样能够保证采集器绝大部分时候处于休眠模式, 能显著的降低模块功耗; 利用唤醒信号处理后的倍压给锂电池进行充电, 虽说电能很小, 但对于超低功耗模块来说能延长电池供电时间。

#### 参考文献

- 1 National Highway Traffic Safety Administration. US Department of Transportation. An Evaluation of Existing Tire Pressure Monitoring Systems, 2001.
- 2 秦拯, 胡建国, 刘志贤. 汽车胎压智能监测系统研究与实现. 微计算机信息, 2008, 24(2-3): 230-232.
- 3 沈建华, 杨艳琴. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与应用. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- 4 康华光. 电子技术基础模拟部分. 北京: 高等教育出版社, 2010.