

基于无线通信技术和UDS协议实现Bootload功能的TPMS胎压传感模块设计

韩文斌, 韩云霄, 李广宇, 韩小兵

(上海华东汽车电子技术有限公司, 上海 200001)

摘要: 简述轮胎压力监测系统 (TPMS) 的胎压传感模块的软硬件设计, 详细阐述基于无线通信技术和ISO14229标准-车辆通用诊断服务协议 (UDS) 实现无线Bootload功能的设计过程, 为胎压传感模块在生产、测试和售后维护中的程序刷写给出全新而有效的应用方案。

关键词: 无线通信; UDS; Bootload; 胎压; TPMS

中图分类号: U463.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-8639(2014)10-0060-05

Design of TPMS Sensor Module with Bootload Function Based on Wireless Communication Technology and the UDS Protocol

HAN Wen-bin, HAN Yun-xiao, LI Guang-yu, HAN Xiao-bing

(Shanghai Huadong Automotive Electronic Corporation, Shanghai 200001, China)

Abstract: The hardware and software design for TPMS sensor module is briefly described. The design process to realize the Bootload function based on wireless communication technology and the UDS of ISO14229 standard is introduced, thus presenting new and effective way to update the firmware in the process of manufacture, test and after-sales service of TPMS sensor.

Key words: wireless communication; UDS (Unified Diagnostic Services); Bootload; tire pressure; TPMS (Tire Pressure Monitor System)

轮胎压力监测系统 (Tire Pressure Monitor System, 简称TPMS) 在国内经过了近十多年的技术发展和市场应用, 目前已经在许多车上装配, 例如上海通用凯越、通用五菱宝骏、长城腾翼、吉利帝豪等车型, 相信随着TPMS国家标准的建立和推进, TPMS必定成为车辆的标准配件。然而作为轮胎内安装的胎压传感电子模块, 其本体经过了壳体焊接或者灌胶等全密封处理后, 由于无任何外接口可以通信, 将无法对该模块进行程序更新或参数设置。本文设计一种基于ISO14229标准-车辆通用诊断服务协议 (Unified Diagnostic Services, 简称UDS) 进行无线刷写程序的胎压传感模块, 从而为TPMS生产和应用中的程序更新和售后替换提出新的思路和有效的解决方案。

1 基于MPXY8500传感器的TPMS胎压传感模块的设计

1.1 胎压传感模块硬件设计

MPXY8500是针对TPMS应用的高度集成专用芯片, 其内置了压力传感器、温度传感器、加速度传

感器、低电压检测、低频 (Low Frequency, 简称LF) 接收、射频 (Radio Frequency, 简称RF) 发射电路及S08 MCU处理核等, 使TPMS胎压传感模块的设计更加小型化和智能化。图1为胎压传感模块的硬件电路。

由于MPXY8500芯片集成度高, 所以外围电路简单。整个胎压传感模块由一个专用电池供电, 可以满足模块功耗的设计要求; 26 MHz的晶振提供时钟源, 可以通过软件配置PLI经过倍频后输出315 MHz或者434 MHz的射频信号; 经过压力传感器、温度传感器、加速度传感器等采样后, 数据经过曼彻斯特编码 (Manchester) 和FSK或者ASK调制后发射出去; 网络匹配电路用以满足芯片的RF输出与射频天线之间的阻抗匹配; LF低频电路用于接收低频信号, 可以软件配置载波检测模式或调制波检测模式, 且低频灵敏度可以根据需求软件配置为极高、高、低、极低4个级别; RESET、BKGD用于配置该芯片工作于正常模式或调试模式, 为了避免正常工作中对调试模式的误触发, 这两个引脚需要外接上拉电阻。

收稿日期: 2014-04-28; 修回日期: 2014-07-07

作者简介: 韩文斌 (1978-), 男, 高级工程师, 研究方向为汽车电子产品设计应用, Email: andy_han01@sohu.com。

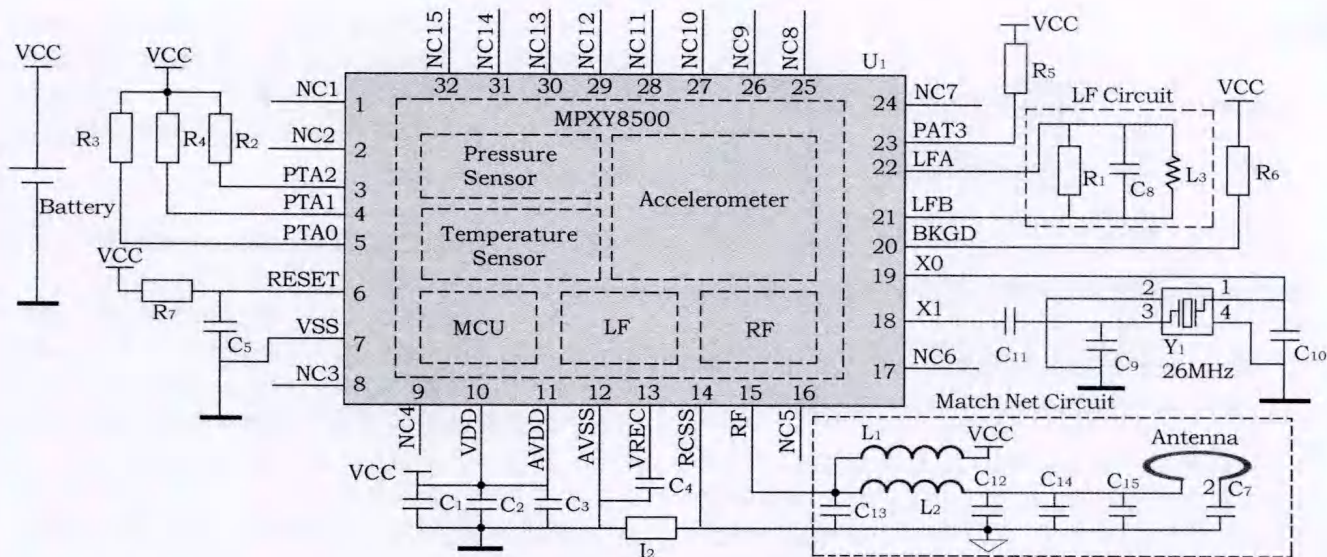


图1 胎压传感模块的硬件电路

1.2 胎压传感模块软件设计

作为TPMS应用，低功耗是系统设计的关键。图2为胎压传感模块的简易工作流程图，该模块大部分时间处于休眠状态，其工作状态主要由中断产生。MPXY8500内置多种中断源，在本设计中采用了4s定时中断和低频唤醒中断。4s中断用于采样和处理压力、温度、加速度等数据，并发送必要的射频信号给TPMS接收机；低频中断用于接收低频命令并执行相应的任务。

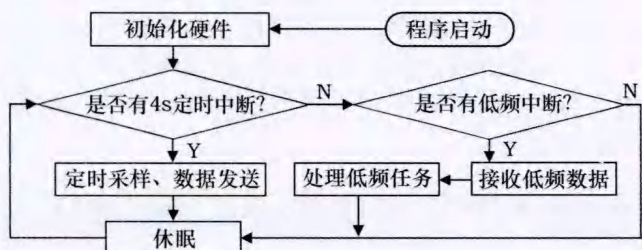


图2 胎压传感模块工作流程图

MPXY8500芯片已经内置了完整的底层驱动函数库，设计人员只需要调用对应的函数，就可以实现对压力温度等采样、低频数据接收、射频信号发送等功能，这就极大地提高了程序设计的效率，使设计人员更多地关注模块和系统架构的设计。

2 通过无线通信技术进行UDS诊断功能设计

2.1 TPMS胎压传感模块的无线通信技术介绍

图3是TPMS诊断工具和胎压传感模块之间的无线通信示意图。LF诊断工具通过LF驱动电路发送125 kHz的低频信号，该信号经过了曼彻斯特编码

(Manchester) 和ASK调制后发射出去，当附近的胎压传感模块侦听到LF信号时，将从休眠模式唤醒并接收低频命令和数据，该模块执行相应的任务后再将数据通过433.92 MHz的射频信号发射给低频诊断工具，由此完成了两个设备之间的无线通信。

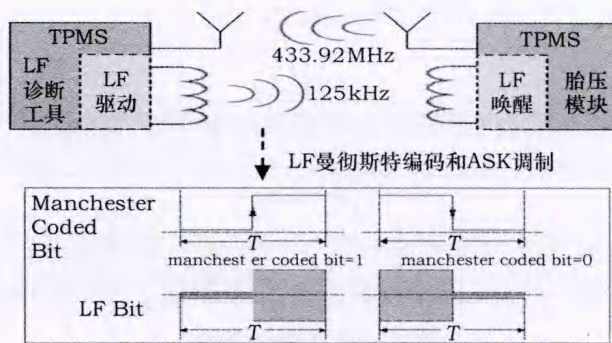


图3 TPMS无线通信示意图

LF低频唤醒技术在TPMS中的应用，其实质是利用了低频近场效应，可以在有限的近场区单独唤醒相应的胎压传感模块，从而让被触发的胎压传感模块通过RF射频信号做出响应。这样可以极大地减少无线通信的相互干扰，并在无线通信中引入ID识别、随机码加密访问、帧校验等方式，使得数据传输更加可靠。

2.2 基于无线通信的UDS协议设计

UDS (Unified Diagnostic Services) 是基于CAN通信的应用层诊断协议，已经广泛应用于汽车诊断服务中。本设计不同于传统的CAN通信，而是基于无线通信的UDS特殊应用。图4是本设计的OSI参考

模型。

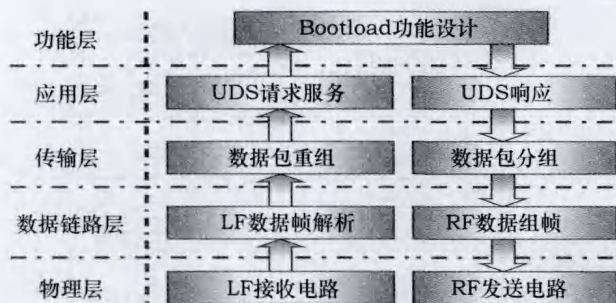


图4 基于无线通信的UDS协议OSI模型

1) 物理层 基于LF和RF的无线通信接口，LF为125 kHz的低频信号，采用了ASK调制和曼彻斯特编码，传输率为3 900 b/s；RF为433.92 MHz的射频信号，采用了FSK调制和曼彻斯特编码，传输率为9 600 b/s。

2) 数据链路层 完成LF和RF通信数据帧的解析和封装。如图5所示，LF数据帧由前导码、同步头、唤醒ID、数据包及校验字节组成，其中前导码和同步头由芯片硬件固化，可以通过软件进行配置，当胎压传感模块收到该低频信号后，可以通过硬件和软件解析出数据包；RF数据帧由前导码、数据头、数据包、校验字节、帧结束组成，最后通过调用RF发送函数将数据无线发射出去。

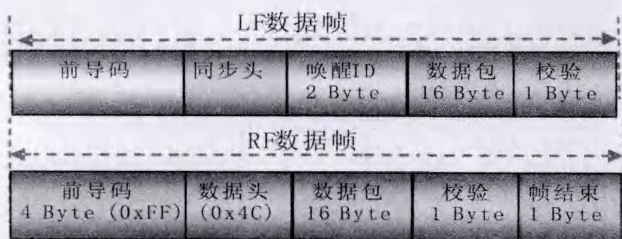


图5 LF与RF数据帧

3) 传输层 参考ISO15765标准对UDS数据包进行分组和重组，通过对单帧(SF)、首帧(FF)、连续帧(CF)和流控制帧(FC)的操作，以满足数据传输的协议要求。但针对此无线通信的特殊环境，必须考虑无线干扰和无线通信中断后，传输层必须具备抗干扰和恢复通信中断的程序处理机制，以保证数据传输的可靠性。

4) 应用层 由于TPMS胎压传感模块对程序功能的高效性和精简性有极高的设计要求，因此本设计主要针对Bootload应用而定义了必要的UDS诊断服务功能，例如ISO14229标准中定义的ECUReset、SecurityAccess、RequestDownload、TransferData、RequestTransferExit等服务。

5) 功能层 MPXY8500芯片内置了对Flash读取的库函数，LF诊断工具基于无线通信的UDS协议将程序代码传给胎压传感模块后，该模块的Bootload引导程序调用Flash读写函数即可完成程序刷写功能。

3 基于MPXY8500芯片的Bootload功能设计

3.1 基于MPXY8500芯片的内存分配

在Bootload功能设计中，内存分配是程序架构设计的关键。图6所示为芯片存储空间在Bootload和应用程序之间的划分。其中中断向量表、库函数调用表、库函数的空间都为芯片硬件固化，物理地址可惟一访问，因此这些空间函数可以共同调用。那么主要的分配任务是针对8 K用户Flash的划分：ROM_INIT放置于Bootload存储区，用于系统加电后的堆栈和变量初始化，由系统工程文件产生，引导程序进入主函数；ROM_BOOT_MAIN为Bootload程序区，主要通过精简的无线通信和UDS协议栈实现程序下载功能；ROM_APP_MAIN为应用程序区，实现TPMS胎压检测功能，该区域可以通过Bootload功能实现程序更新；INT_ROUTINE_TAB为中断向量映射表，这个区域为Bootload和App应用程序共用区。为了实现Bootload程序和应用程序对中断的可靠响应，中断向量映射表必须分配在相同的物理地址，且需要在Bootload程序和应用程序编译中采用相同的中断入口和中断函数，这样无论程序运行于Bootload程序区还是App应用程序区时，如有定时中断、低频中断等发生，中断向量将直接跳转到映射表执行相应的中断服务程序即可。需要说明的是由于中断服务程序会被Bootload和App应用程序交互调用，所以必须绝对对变量的操作而转为对物理地址的直接访问。

MPXY8500 MCU 存储区划分	Boot存储区分配		App应用程序 存储区分配	
USER FLASH 8128 BYTES	0xC000	(此空间BOOT未使用)	ROM_APP_MAIN 4706 BYTES	0xC000 0xD1FF
		INT_ROUTINE_TAB 0xD200 0xD244	INT_ROUTINE_TAB	0xD200 0xD244
		ROM_BOOT_MAIN 3178 BYTES	(此空间App未使用)	
		ROM_INIT 0xDEB0 0xDFBF	(此空间App未使用)	
USER VECTORS	0xDFC0 0xDFFF	中断向量表共用		
FIRMWARE_JUMP_TABLE	0xE000 0xE03F	库函数调用表共用		
FIRMWARE_FLASH 8128 BYTES	0xE040 0xFFFF	库函数共用		

图6 MPXY8500 内存分配表

3.2 Bootload程序与应用程序的交互架构设计

图7为整个程序运行架构，分为Bootload程序开

发和应用程序开发。其中BOOT_MAIN和APP_MAIN分别作为两种程序的入口函数，在两种程序的交互运行中必须对入口函数进行物理地址的访问以保证系统的可靠性。

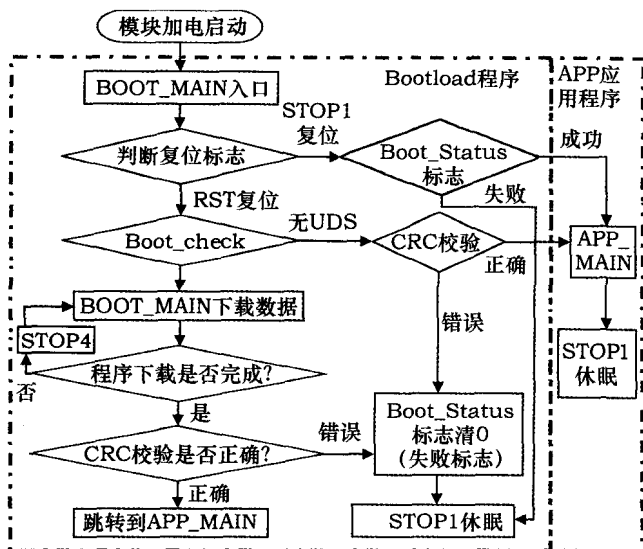


图7 Bootload 程序架构

当应用程序被低频诊断工具通过UDS命令复位后，程序将跳转到BOOT_MAIN主函数入口，由于复位后SPMSC2_PDF的复位标志被清零，程序进入Boot_check进行判断是否连续有UDS命令传输，如有则程序进入BOOT_MAIN进行无线Bootload功能，在此Bootload过程中，MCU处于STOP4工作模式以便于无线通信的UDS数据可靠传输，直到Bootload成功，程序将自动跳转到APP_MAIN进行应用程序运行。如果Bootload过程失败，程序将自动设置于STOP1低功耗模式，并自循环于BOOT_MAIN函数中，等待下一次Bootload功能启动。Boot_Status作为Bootload成功与否的标志，如Bootload失败，该标志清零，如Bootload成功，该标志置位，由此当模块从STOP1唤醒后，程序将根据Boot_Status标志位来确定程序运行于BOOT_MAIN循环还是跳转到APP_MAIN应用程序。

3.3 基于UDS协议的Bootload程序设计

针对TPMS应用，由于程序空间有限，本设计只采用了精简后必要的UDS服务，图8所示为基于UDS协议的Bootload流程设计。当程序在应用程序APP_MAIN中运行时，如果启动ECUReset服务将用于从应用程序跳转到Bootload程序；Security_Access用于密码访问，确保应用程序不会被误删除，只有密码访问成功才可以程序下载功能；RequestDownload用于程序下载请求，并传递程序下载信息如起始地址、程序大小等；TransferData用于接收程序包，并

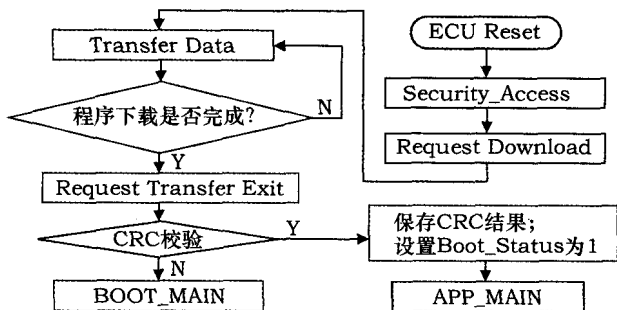


图8 Bootload 的 UDS 流程

调用Flash写函数进行程序写入；当程序下载完成后，通过RequestTransferExit退出数据下载模式，并进行CRC计算对应用程序区进行校验，以确保程序写入正确，设置程序下载成功标志Boot_Status，最后直接跳转到APP_MAIN入口进行应用程序运行；如果程序下载中途停止或者CRC校验失败，程序将以低功耗自循环于BOOT_MAIN中运行，避免程序跑飞或者电池快速消耗完导致模块失效。

4 设计要点和功能验证

该Bootload功能是基于TPMS无线通信技术的特殊应用。首先胎压传感模块无论处于Bootload程序还是应用程序，为了满足整个模块的寿命要求，就必须进行低功耗设计；当程序运行在UDS数据下载中，STOP4浅休眠模式确保UDS数据可靠接收；当UDS数据中断或者程序下载失败，系统能自恢复到STOP1低功耗模式。其次基于无线通信的UDS协议设计中，由于无线信号容易干扰和衰减，因此必须在通信协议中设计增强数据包的校验能力和应对通信中断的处理机制。再次由于无线通信速率较低，如何缩短程序下载的时间也是系统设计的关键，在本设计中对UDS数据包由标准的8字节扩展到16字节，这样可以将数据传输的时间减少一半，极大提高了程序下载的效率。

本设计已经成功上市并应用于美国Tesla Model S、上海通用凯越、上汽通用五菱宝骏等车辆，在TPMS胎压传感模块的生产制造和售后维护中，避免了有线程序更新时的拆壳、除胶等大量复杂工作，特别是针对安装于轮胎内的胎压传感模块将不再需要拆卸轮胎，即可对轮胎内的模块进行程序更新，这将极大地方便TPMS的生产、测试、市场应用和维护。图9为无线Bootload功能测试，分别针对轮胎外和轮胎内的胎压

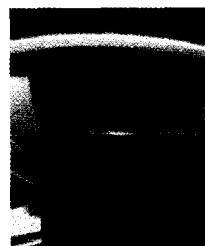


图9 轮胎内 Bootload 功能测试

传感模块进行测试,通过低频诊断工具能够在较短的时间内完成程序下载功能,即使低频工具远距离移开从而短期中断通信后,再将低频工具靠近胎压传感模块,无线通信仍然可以恢复并最终完成程序下载功能。

参考文献:

[1] Freescale Semiconductor. MPXY85xxD Tire Pressure

Monitor Sensor[DB/OL]. <http://www.freescale.com>, 2013.

[2] ISO14229, Road vehicles—Unified diagnostic services (UDS) specification and requirements[S],2006.

[3] ISO15765, Diagnostics on Controller Area Networks (CAN)[S], 2004.

[4] 韩文斌, 韩云霄. 综合CAN和LIN通信功能的TPMS系统设计和应用[J]. 世界电子元器件, 2009 (11): 65-69.

(编辑 文珍)

50多年精心打造的专业杂志

国内汽车电子电器行业的权威技术期刊

《汽车电器》

栏目简介

综述 汽车电子电器行业科研动态及分类产品的述评等专著论文

设计研究 汽车电子电器行业相关产品的设计研究成果及专业技术介绍

改革创新 新品介绍,旧品改造的范例介绍

专利产品 有关电子电器专利产品介绍

工艺材料 汽车电子电器行业相关的新工艺、新材料介绍

标准规范 汽车电子电器行业标准、规范及其应用

整车电路 各型汽车整车电气线路(原理)介绍

资料速查 各型汽车整车电气线束(连接)资料

使用维修 汽车电子电器相关产品的工作原理及使用、维护、检修

故障实例 来自汽车维修第一线的故障排除实例

经验建议 汽车维修使用小经验、小窍门,应急措施,自制简易工具

问与答 读者与作者的交流园地

软件应用 汽车电器方面相关的设计、应用软件介绍

专题讲座 汽车电子电器(产品或技术)专项连载详述

教与学 以教学方式讲解汽车电子电器的维修及应用

测试设备 汽车电子电器行业相关测试设备的专业技术推广

读者论坛 对业内有争议的技术、工艺或产品各抒己见

知识园地 介绍汽车电子电器相关的基础理论知识

信息动态 汽车电子电器行业相关信息动态

企业之窗 业内企业展示的窗口(生产、管理、技术、产品、市场等)

产品市场 汽车电器产品及市场介绍

长期征集“汽车电子电器行业”原创文章

本刊不接受一稿多投! 来稿一经录用,即按规定付给稿酬并赠寄样刊。

投稿邮箱: qcdq@qcdq.cn (全文字数含图表控制在8000字以内,整车电路除外)

来稿请作者注明承诺:“此稿为原创,专投《汽车电器》”

声明: ①本刊不接受一稿多投。②凡投入本社稿件,一经发表即一次性支付稿酬。本社随即拥有其专有出版权和网络传播权,本社网站享有刊发权,本社享有对外公开展示及宣传权利;同时,本刊作为《中国学术期刊网络出版总库》、CNKI系列数据库、“万方数据-数字化期刊群”、“中国核心期刊(遴选)数据库”和《中文科技期刊数据库》源刊,所有刊发文章将被前述群库同步收录,但相关著作权使用费包含在已付稿酬之中而不再另行支付。如作者不同意将文章编(录)入,请务必在来稿时书面说明,本刊将作适当处理。

特此声明。

汽车电器杂志社