

航天器内无线传感器网络网关的设计

周 莉^{1,2}, 安军社¹

(1 中国科学院空间科学与应用研究中心, 北京 100190; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘 要: 本文提出一种 1553B-to-ZigBee 网关的设计, 将 ZigBee 网络作为一个远程终端(Remote Terminal)接到 1553B 总线控制器上. 网关硬件包括 1553B 接口电路、FPGA、微控制器和 ZigBee 网络接口电路, 1553B 总线协议芯片采用 BU61585, ZigBee 网络接口采用串口 RS232; 网关软件设计主要是微控制器 89S52 对 1553B 接口芯片的初始化和对网络间数据交换的控制. 实验验证了 1553B-to-ZigBee 网关的可行性和有效性.

关键词: 无线传感器网络; 网关; 1553B 总线; ZigBee; 航天器内

中图分类号: TP302.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)01-0110-04

Implementation of an Intra-spacecraft 1553B-to-ZigBee Bridge

ZHOU Li^{1,2}, AN Jun-she²

(1 Center for Space Science and Applied Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: 1553B-to-ZigBee bridge is the key to realize the data communication between 1553B bus and ZigBee network. ZigBee network works as a remote terminal controlled by the 1553B bus controller. The bridge hardware and software design are described. The bridge hardware includes the 1553B bus interface, FPGA, processor and the ZigBee network interface. The proposed design uses BU61585 as the 1553B protocol chip and 89S52 as host processor, and the glue logic needed between them is realized on FPGA. The bridge communicates with ZigBee network through serial port RS232 controlled by processor 89S52. It is tested and verified that command and data can be transmitted successfully between 1553B bus and ZigBee network.

Key words: wireless sensor networks; bridge; 1553B; ZigBee; Intra-spacecraft

1 引言

目前航天器内传统的环境监测需要测试的参数多、分布广^[1], 大量的线缆和连接器造成航天器质量体积功耗增加, 布局布线复杂, 后期测试困难. 无线网络技术空间应用引起了各国航空航天组织的兴趣^[2], 空间数据系统咨询委员会 CCSDS(Consultative Committee For Space Data Systems)对无线网络技术进行了多年的跟踪实验, 旨在制定空间应用中各个场景的无线网络技术标准, 对低速率航天器内环境监测推荐 IEEE802.15.4 标准^[3].

IEEE802.15.4 标准定义了 MAC 层和 PHY

层协议, 广泛应用于工业监测领域的 ZigBee 技术是以 IEEE802.15.4 标准的基础, 在其之上制定了网络层、安全层和标准化的应用程序接口 API, 是 IEEE802.15.4 标准典型应用技术.

针对目前航天器内环境监测的问题, 本文提出了将 ZigBee 技术应用于航天器内环境监测的无线传感器网络系统方案, 并重点介绍航天器内无线传感器网络系统的关键技术 1553B-to-ZigBee 网关的设计. 通过实验对 1553B-to-ZigBee 网关的设计进行验证, 并对本文提出的航天器内无线传感器网络系统的可行性进行验证.

收稿日期: 2012-05-10; 修回日期: 2012-06-21

基金项目: 中国科学院空间科学战略性先导科技专项(XDA04070000)

2 系统体系结构

航天器内环境监测的无线传感器网络系统如图 1 所示. 包括:本地网络^[4],即数据采集和传输网络,采用无线组网技术来采集并传输航天器内的环境参数;网关(也称桥接器),用于桥接本地网络和星载数据网络/总线^[5],实现二者之间的数据交换;星载数据网络/总线,实现该总线上的终端之间及终端与星载计算机之间的通信;星载计算机,用于处理本地网络采集的传感器数据并根据结果发出适当的指令. 本设计中本地网络采用工业监测常用的 ZigBee 技术,星载数据总线采用 1553B 总线.

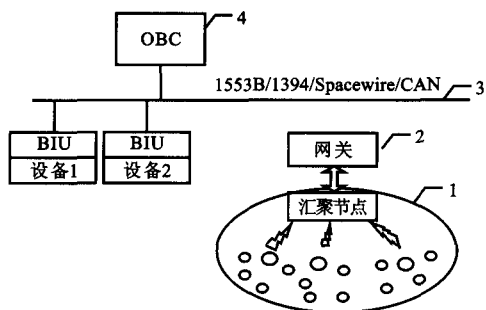


图 1 航天器内环境监测的无线传感器网络设计方案

ZigBee 网络^[6]用于采集和传输温度、湿度等环境参数,将信息汇总 ZigBee 网络的汇聚节点. 节点根据功能分为协调器 ZC (ZigBee Coordinator)、路由器 ZR (ZigBee Router)、终端设备 ZT (ZigBee Terminator)三种设备. 终端设备用于使用传感器采集环境参数,并将数据通过无线发送到路由器或协调器. 路由器,允许其他设备加入网络,进行数据转发. 协调器是本地网络的核心,建立启动网络、允许加入网络、汇聚本地网络的终端设备采集到的数据,并将汇聚到的数据发送给网关.

由于 ZigBee 技术、1553B 总线和星载计算机技术都非常成熟,故构建航天器内环境监测的无线传感器网络系统的关键技术为 1553B-to-ZigBee 网关的设计.

3 网关硬件设计

3.1 网关硬件总体框图

网关是连接本地网络和星载数据总线的桥梁,网关硬件设计框图如图 2 所示. 由 1553B 总线接口单元、FPGA、微处理器和 ZigBee 网络接口电路组成. 网关通过 1553B 总线接口单元连入 1553B 总线,本地网络作为 1553B 总线的远置终端. FPGA 具有集成度高、可现场编程、扩展性好等特点,

可以很好的满足微处理器与 1553B 总线接口芯片之间的接口电路的要求. 微处理器通过串口与 ZigBee 网络的协调器通信,通过 1553B 总线协处理器与 1553B 总线上的其他设备通信,从而实现两个网络之间的数据交换.

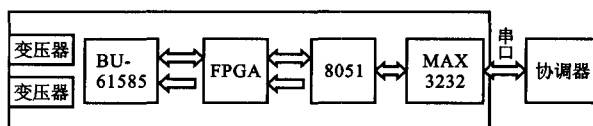


图 2 1553B-to-ZigBee 网关硬件框图

1553B 总线接口电路选用 DDC 公司的 1553B 总线协处理器 BU-61585 和变压器 B-3067; FPGA 采用 Actel 公司的 APA300;微处理器采用 Aterm1 公司的 8 位微处理器 89S52;与 ZigBee 网络通信采用串口,使用 MAX 公司的 MAX3232 芯片. BU-61585 和 89S52 使用的是同一个时钟 16 MHz, APA300 使用的是 40 MHz 时钟. FPGA 上的逻辑设计,即 BU-61585 与微处理器间的硬件接口设计是硬件设计中的关键.

3.2 FPGA 上的逻辑设计

1553B 总线协处理器 BU-61585 与处理器的接口方式共有 6 种,分别是:16 位缓冲方式、16 位透明方式、16 位双口 RAM 方式、16 位 DMA 方式、8 位缓冲器方式和 8 位零等待缓冲方式. 在 1553B-to-ZigBee 网关设计中,选择的处理器为 89S52 芯片,它与 BU-61585 芯片的接口采用 8 位零等待缓冲方式,即 BU-61585 的管脚 $\overline{\text{TRANSPARENT}}/\overline{\text{BUFFERED}}=0$, $\overline{\text{ZERO_WAIT}}=0$.

BU-61585 与 8 位微处理器 89S52 连接通过 FPGA 的内部逻辑实现,因而 BU-61585 和 89S52 主要的控制线都连接到 FPGA 上. FPGA 实现的具体功能^[7]包括:复位逻辑、片选译码逻辑、BU-61585 控制信号逻辑、地址锁存、数据锁存等,如图 3 虚线框内所示. FPGA 使用的编程语言为 VHDL,编译环境为 Actel Libero IDE v8. 4.

图 3 所示的是 FPGA 通过组合和时序逻辑实现的微处理器与 1553B 总线接口芯片之间的接口电路设计. BU-61585 内部包括 $12K \times 16$ 存储器和 25 个内部寄存器, BU-61585 存储器使用的地址线 A0—13. 由于 89S52 是 8 位,所以 BU-61585 工作在 8 位零等待缓冲方式,89S52 的所需地址线从 A0—A14;89S52 的数据总线同时连接到 BU-61585 的数据线 D15—D8 和 D7—D0. 89S52 地址总线的低位(P0. 0)连接到 BU-61585 的 MSB/LSB 引脚

用作高/低位字节的选择. 地址线 P0.1 输出连接到 BU-61585 的 A0 输入, P0.2 输出连接到 BU-61585 的 A1 输入, 以此类推, 即 89S52 地址线 P0.1—P0.7、P2.0—P2.6 与 BU-61585 内部 13 条地址总线 A0—A13 连接. 微处理器的 $\overline{RD}$ 、 $\overline{WR}$ 、P2.5 和 P2.7 用于译码逻辑, 产生 BU-61585 的片选信号 $\overline{SELECT}$ 、读写选通信号 $\overline{STROBE}$ 、存储器选择信号 $\overline{MEM/REG}$. 表 1 是 FPGA 内译码逻辑实现的内存映射以及对应的 FPGA 逻辑.

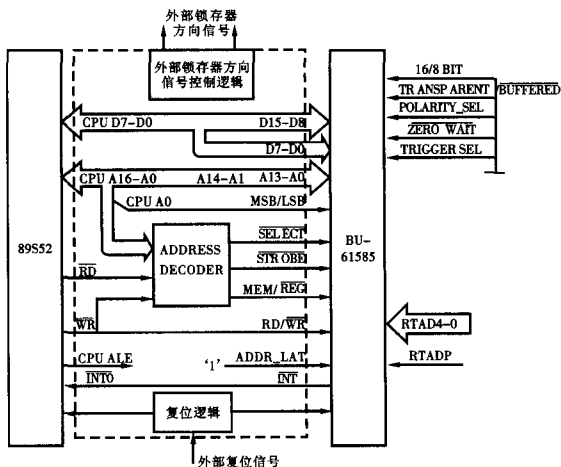


图 3 FPGA 实现的功能

表 1 FPGA 内译码逻辑实现的内存映射

BU-61585 内存 分配(字)	对应的 89S52 地址(字节)	译码实现
0x0000—0x2fff	0x0000—0x5fff	P2.7 & (NOT($\overline{RD}$ & $\overline{WR}$)) → $\overline{SELECT}$
0x0000—0x001	0x6000—0x603f	P2.7 & (NOT($\overline{RD}$ & $\overline{WR}$)) → $\overline{STROBE}$
		NOT(P2.5 & P2.6) → $\overline{MEM/REG}$

4 网关软件设计

在 1553B 总线系统中, 网关作为其中的一个远置终端, 设置为远置终端 3. BU-61585 存储器管理根据子地址控制字的选项, 网关存储器管理: 由于发送到 1553B 总线上的数据量大, 故发送子地址采用循环缓冲器模式; 而网关接收的是星载计算机的指令信息, 数据量很少, 故接收子地址采用单消息模式. 网关采用中断方式处理 1553B 消息和串口消息, 对应外部中断 0 和串口中断. 图 4~图 6 是网关的微处理器 89S52 的程序流程图.

图 4 是网关微处理器的主程序流程图. 首先是

单片机初始化, 主要是中断设置和串口初始化, 中断初始化包括外部中断 0 和串口中断. BU-61585 的中断输出接 89S52 的外部中断 0, 中断优先级为 1; 为了保护本地网络的数据的完整性和连续性, 设置 89S52 的串口中断的优先级为 0. 串口设置为 8 位数据位, 一位停止位, 无校验, 波特率为 57600bps. 微处理器初始化后, 是对 BU-61585 进行软件复位, 通过配置相应寄存器和初始化内部共享 RAM, BU-61585 进入 RT 模式, 此后主要是填充和读取接口芯片 RAM 空间. 在 while(1) 循环中, 首先检查 1553B 接收标志位是否为 0, 不为 0 时, 说明接收到 BC 发送过来的数据包, 需要对接收到的数据进行处理: 将 1553B 接收标志位清零, 读取数据并根据数据的定义进行操作, 如通过串口将接收到的数据发送到本地网络的协调器. 然后检查串口接收标志位是否为 0, 不为 0 时, 说明接收到本地网络发送过来的数据, 对接收的数据进行处理: 将串口接收标志位清零, 读取接收到的数据并保存到 BU-61585 相应的数据缓冲区.

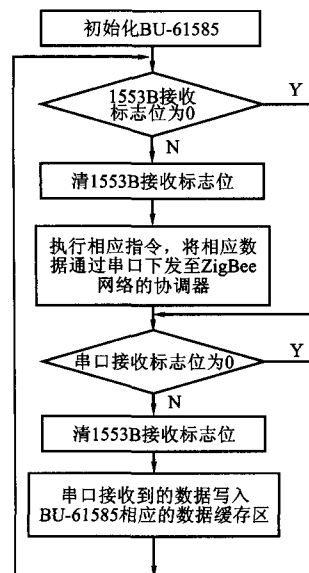


图 4 桥接器微处理器的主程序流程图

图 5 是网关微处理器的外部中断程序流程图. 当有外部中断时, 读 BU-61585 的中断状态寄存器, 判断是否为干扰信号; 若非干扰信号, 读取块状态字, 判断是否为非法指令或者子地址忙; 若指令合法, 读命令字, 判断收发; 若为接收, 从接收缓冲区读取数据至微处理器, 然后置 1553B 接收标志位; 若为发送, 则将要发送的数据缓冲区地址写入相应的发送子地址查询表. 最后中断返回.

图 6 是网关微处理器的串口中断程序流程图.

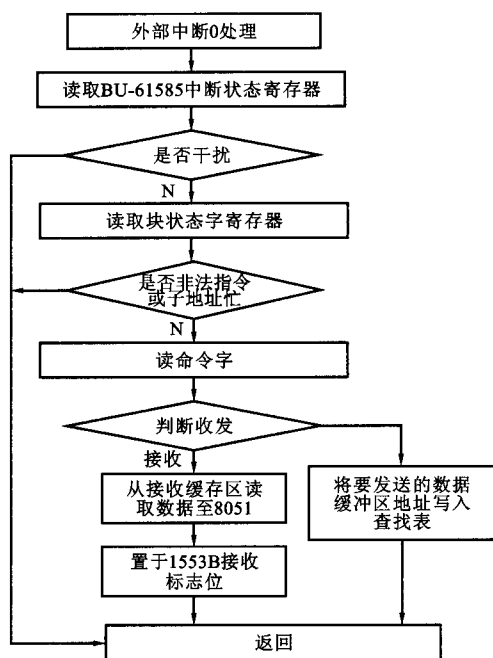


图5 桥接器微处理器的外部中断程序流程图

当串口中断到来时,首先判断发送还是接收中断;若为发送中断,清中断标志位;若为接收中断,则读取SBUF寄存器数据至微处理器,置串口接收标志位,清中断标志。

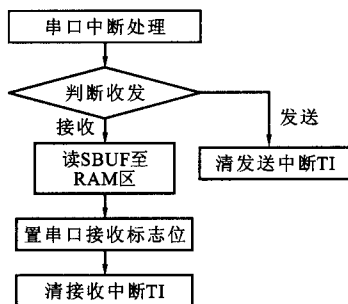


图6 桥接器微处理器的串口中断程序流程图

5 网关功能验证

星载无线传感器网络演示系统中本地网络采用 ZigBee 技术,采用插有 1553B 板块的计算机来模拟星载计算机。模拟星载计算机的 PC 使用的 1553B 板卡为 BU-65570I1-300 板卡,BU-65570I1-300 板卡通过应用软件设置,在 1553B 数据总线上可以同时模拟 1 个 BC,多达 31 个 RT 和 1 个 MT 的数据通信。另外还可与其他板卡或 1553B 终端连接,用作总线监视器。1553B 测试仿真软件为 DDC 公司的 BU-69065 Test/Simulator Menu。在本演示系统中,BU-65570I1-300 板卡通过软件设置,在 1553B 数据总线上同时模拟 1 个总线控制器(BC)、1 个总线监视器(MT);网关作为 1553B 总线上的远置终端 3。为了实现自动测试方式和测试的

有效性,在双方通信过程中,BU-65570I1-300 板卡模拟的总线控制器 BC 处于主动状态,网关处于被动状态。

功能验证具体实现方式是:星载计算机通过 1553B 总线接收本地网络中节点采集的传感器信息,同时通过串口直接接收本地网络节点发送上来的传感器信息,通过比较证明接收到的同一节点采集的信息一致,验证了 1553B-to-ZigBee 网关设计和演示系统的可行性。

6 结束语

本文提出了航天器内环境监测的无线传感器网络系统方案,设计实现了基于 ZigBee 技术的星载无线传感器网络演示系统,并从软硬件详细介绍了系统的关键技术—1553B-to-ZigBee 网关的设计,通过实验验证了网关设计和演示系统的可行性。^[8]

参考文献:

- [1] 刘蕴才.无线电遥测遥控(下)[M].北京:国防工业出版社,2001.
- [2] John F. Connolly, NASA Mars program chief architect, speaking on the new NASA Mars Initiative [R]. 2003.
- [3] IEEE P802. 15. 4/D18, Draft Standard: Low Rate Wireless Personal Area Networks[S]. 2003.
- [4] 孙利民,李建中,陈渝,等.无线传感器网络[M].北京:清华大学出版,2005.
- [5] 谭维炽,顾莹琦.空间数据系统[M].北京:中国科学技术出版社,2008.
- [6] 王东,张金荣,魏延.利用 ZigBee 技术构建无线传感器网络[J].重庆大学学报:自然科学版,2006,(08): 121-127.
- [7] 周远林,吴忠,丑武胜.基于 BU-61580 的 1553B 总线接口设计[J].计算机工程与应用,2010,46(35): 65-68.
- [8] 中国科学院空间领域战略研究组.中国至 2050 年空间科技发展路线图[M].北京:科学出版社,2009.

作者简介:



周莉女,(1986-),博士研究生.研究方向为空间飞行器综合电子系统、星载无线数据网络。

安军设男,(1969-),研究员,博士生导师.研究方向为空间飞行器综合电子系统、星载计算机平台、星载数据网络技术。