

基于 AS5643 协议的接口模块设计与实现

赵 彬,田 泽,杨 峰,王绮卉,王宣明
(中国航空计算技术研究所,陕西 西安 710119)

摘 要:随着 IEEE-1394 总线成功应用于航空领域,IEEE-1394 总线已成为新一代机载总线中的一员。为解决 IEEE-1394 总线在航空电子系统中的应用,满足机载环境的使用要求,符合 AS5643 协议对 1394 总线的确定性和可靠性要求。文中从硬件架构、FPGA 逻辑架构和软件架构三个方面详细阐述了一种基于 AS5643 协议的接口模块的设计与实现,提出了一种基于 FPGA 逻辑实现 AS5643 协议的解决方案。最后通过实验验证,结果表明该模块满足设计指标,性能良好,实现了较高的传输速率,满足机载环境的应用需求。

关键词:AS5643;IEEE-1394b;FPGA

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)08-0100-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.08.025

Design and Implementation of Mil-1394 Module Based on AS5643 Protocol

ZHAO Bin, TIAN Ze, YANG Feng, WANG Qi-hui, WANG Xuan-ming
(Aeronautical Computing Technique Research Institute, Xi'an 710119, China)

Abstract: With the IEEE-1394 successfully applied in aviation field, IEEE-1394 has become a member of avionics bus. In order to solve the 1394 bus in the application of avionics system, meet the requirement of avionics environment, and correspond the requirement of AS5643 for certainty and reliability requirements of the 1394 bus. Introduced the design and implementation of a module based on AS5643, from hardware architecture, FPGA logic architecture and software architecture in detail, and proposed an implementation based on FPGA logic AS5643 agreement solution. According to experimental verification, the result shows that the module meets the design indexes, has good performance, to achieve the high transmission rate and meet the application requirements of airborne environment.

Key words: AS5643; IEEE-1394b; FPGA

0 引言

IEEE-1394 适用于传输多媒体数据,相对于 1553B 总线,其带宽、传输速度、距离等都有了较大幅度提高^[1]。民用 1394 总线具有传输速度快、传输距离长,可以实现实时、确定的点对点传输等技术特点,非常适用于对总线传输、实时性、可靠性要求较高的新一代航空电子系统^[2,3]。但 IEEE-1394b 协议不能满足机载领域中对网络确定性的需求。为此,SAE(Society of Automotive Engineers)通过对 IEEE-1394b 规范进行裁剪和约束,形成一套军用和宇航应用领域的专用 1394b 协议,即 SAE AS5643,简称军用 1394(Mil-1394)总线协议,以满足军用航空领域高实时、高可

靠、确定性的要求^[4]。以下就从硬件、FPGA 逻辑和软件构架描述应用于机载环境的基于 AS5643 协议的接口模块设计。

1 节点实现

Mil-1394 电子通信系统划分成五层协议:应用层、驱动层、传输层、数据链路层和物理层,如图 1 所示。其中,物理层与数据链路层由 Mil-1394 模块上的硬件实现;AS5643 协议通过硬件逻辑实现;应用软件和驱动软件驻留在上位机中,其中应用软件和特定的子系统有关,应用软件通过调用 Mil-1394 驱动软件实现子系统功能要求。

收稿日期:2012-11-20

修回日期:2013-02-03

网络出版时间:2013-04-22

基金项目:“十二五”微电子预研(51308010601);总装预研基金(9140A08010712HK6101);中国航空工业集团公司创新基金(2010BD63111)

作者简介:赵 彬(1985-),男,陕西铜川人,硕士,助理工程师,研究方向为数字集成电路设计;田 泽,博士,研究员,研究方向为 SoC 设计方法学。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130422.1721.018.html>

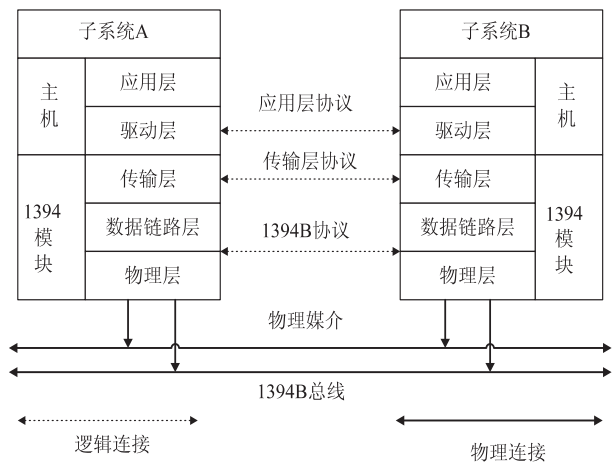


图 1 Mil-1394 通信系统框架

2 硬件设计

Mil-1394 模块实现 CC/RN 一体化设计,其中 AS5643 层协议由 FPGA 实现。主机接口为 PCI 接口,支持 32bit×66MHz。链路层采用 TI 公司提供的 TSB12LV32-EP,物理层芯片选用 TI 公司提供的 TSB41BA3B-EP 芯片。FPGA 主要实现 PCI 接口控制、SAE AS5643 协议和数据传输等功能^[5]。1394 总线信号采用变压器耦合方式,提供 Bilingual 或 Beta 端口,端口模式可配置。该模块主要硬件电路功能框图如图 2 所示。

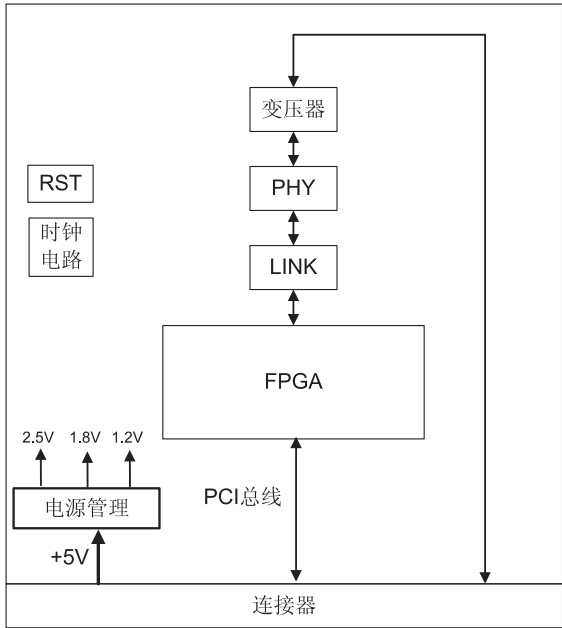


图 2 Mil-1394 模块硬件电路功能框图

3 逻辑设计

实现 SAE AS5643 的逻辑框图如图 3 所示。主机将包含有节点偏移时间、消息配置信息(消息控制字、消息 PayLoad 存储地址、1394 头和 ASM 头)的配置表存入片内存储器,将待发送的数据负载存入片外

DPRAM^[6]。逻辑根据配置表的指示将待发送的消息打包发给 1394 链路层芯片,并在收到链路层芯片传来的数据包后,将接收到的数据负载存入片外 DPRAM 中。

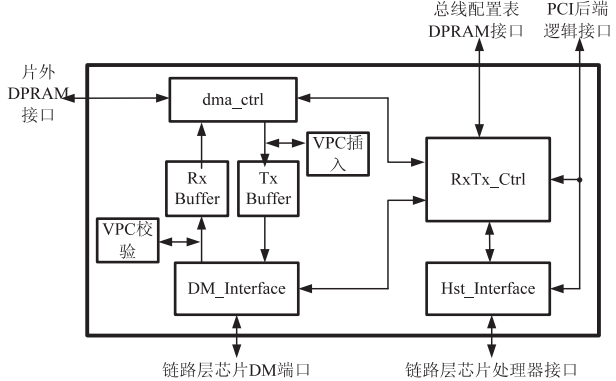


图 3 AS5643 逻辑框图

RxTx_Ctrl 模块:从片内存储器读取总线配置表,并根据总线配置表产生相应的控制信号。

dma_ctrl 模块:当需要发送消息时,负责从片外存储器读取数据 Payload,并把读到的数据写入 Tx Buffer;当从其他节点收到数据时,负责将 Rx Buffer 中的数据存入片外存储器。

DM_interface 模块:当需要发送消息时,负责把 Tx Buffer 中保存的数据发送到链路层芯片的 DM 接口;当从其他节点收到数据时,负责将从链路层芯片 DM 端口收到的数据存入 Rx Buffer 中。

Hst_interface 模块:根据逻辑需要发送或是接收消息,来配置链路层芯片的内部寄存器。

Tx Buffer 模块:保存当前将要发送的数据。

Rx Buffer 模块:保存当前收到的数据。

VPC 校验模块:校验当前收到数据的 VPC 是否正确。

VPC 插入模块:为要发送的数据插入 VPC。

4 软件设计

Mil-1394 模块驱动软件作为主机应用层和传输层的中间层,负责提供应用层软件访问、配置 Mil-1394 模块传输层的接口函数^[7]。这些接口函数由主机应用层软件进行调用。Mil-1394 模块驱动软件的功能模块结构如图 4 所示。

Mil-1394 模块主机接口采用标准的 PCI 接口,支持 PCI 2.2 标准。通过调用主机接口初始化模块进行初始化 PCI 总线,分配 Mil-1394 模块在主机中使用的地址空间、中断号等。

基本资源访问模块主要包括对 Mil-1394 模块传输层资源的访问接口,有 DPRAM 访问接口、AS5643 访问接口、1394 链路层访问接口和 1394 物理层访问

接口。应用层软件通过调用这些接口对传输层资源进行访问。

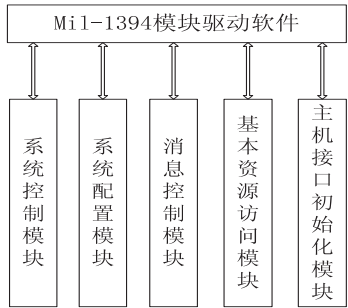


图 4 Mil-1394 模块驱动软件结构

系统控制模块实现对 Mil-1394 模块的工作模式控制。该类接口需要传输层进行配合,该模块接口对 Mil-1394 模块发送相应的工作模式命令,传输层对该命令进行响应,将 Mil-1394 模块切换进入相应的工作状态^[8]。

系统配置模块主要完成应用层对传输层的参数配置。根据 SAE AS5643 协议,传输层需要根据应用层配置的参数进行总线周期数据的收发,该类接口即完成这类参数的配置。其中 STOF 周期设置接口为 CC 初始化时需要配置的,1394 总线需要按固定周期发送 STOF 包,用以确保整条总线的正常工作和保证总线的可确定性延迟。

为方便应用层使用,驱动层软件将应用层与传输层以下的 1394 数据传输相隔离,使应用层开发人员可以不用详细了解 1394 传输机制而进行 1394 数据传输^[9]。消息控制模块向应用层提供接收、发送、刷新等消息接口,同时还提供读取消息计数器接口,供应用层监控 1394 传输。

5 模块测试

根据 AS5643 协议体系中的相关测试协议,分别对该模块的电气特性和产品功能进行了测试。

在 Beta 发送端测试中,对同一个节点的两个端口均进行了测试,测试结果表明,物理层 Beta 发送测试的各项指标均通过规范的要求,如图 5 所示。

在 Beta 接收端测试中,按照 SAE AS5706 规范中规定的 1×10^{-12} @ 99.9% 的目标对节点的端口进行测试^[10,11],测试结果表明,接收各项指标通过要求。

在协议层操作测试中,对数据包的帧速率以及包格式进行了测试,测试结果均通过。

在性能测试中,400Mbps 速率模式下,每条消息包长按 2Kbyte 计算,发送 128 条消息为例,通过总线分析仪监控 128 条消息共耗时 5.757ms,其总线性能计算^[12]如下:

总线实际带宽 = $\frac{2048B \times 128 \times 8bit}{5.757263ms} = 347.387Mbps$

由上式可以看出,在 1394 接口的情况下 400M 的带宽利用率能够达到 87%。

IEEE-1394b-2002 Transmitter				
Short Haul Copper				
Signal Integrity Test Results				
Test Parameters				
Port Under Test	Port2	Port1	Port0	
Signaling Speed	S400	S400	S400	
Run ID	UUT123	UUT123	UUT123	
Test Point	Transmit	Transmit	Transmit	
11:25:28 AM	STP	STP	STP	
Macro Version	Ver 1.3	Ver 1.3	Ver 1.3	
Normative Measurements				
Baud Rate	491.5053	491.4874	491.5456	Mhz
Max Diff Amplitude	727.1	728.0	722.6	mV
Min Diff Amplitude	703.6	704.1	699.1	mV
Min Rise/Fall Time	240.1	295.7	248.7	ps
Max Rise/Fall Time	404.4	372.0	408.6	ps
Differential Skew	-43.3	-47.3	-41.2	ps
Common Mode	1.5	1.5	1.6	V
Normalized Eye	0	0	0	Violations
Absolute Eye	0	0	0	Violations
Calculated DJ	PP 205.2	199.6	189.5	ps
Calculated TJ	PP 442.5	426.9	402.4	ps
Informative Measurements				
Measured TJ	PP 132.9850648	135.7512855	131.8080709	ps
RMS	66.39721623	56.68570754	53.88243846	ps
Calculated RJ	PP 16.95280412	16.23032769	15.20539827	ps
Rising/Falling DJ	PP 2.374553685	8.690268343	4.726480063	ps
T State DJ	PP 2.887217807	7.73567864	12.80849002	ps
Running Disp DJ	PP 46.71250334	47.80252654	57.35629499	ps
Frequency 1 DJ	PP 118.9426456	97.01547978	87.84956219	ps
Frequency 2 DJ	PP 34.29281704	38.39996081	26.78512614	ps
Samples Measured	5086	5086	5086	
Specification Limits				
Baud Rate	Hz	491.4708	491.4708	491.4708 Mhz
	Hz	491.5692	491.5692	491.5692 Mhz
Differential Amplitude	mV	300	300	300 mV
	mV	800	800	800 mV
Rise/ Fall 10%-90%	ps	80	80	80 ps
	ps	800	800	800 ps
Differential Skew	ps	50	50	50 ps
Tx Deterministic Jitter	ps	244	244	244 ps
Tx Total Jitter	ps	529	529	529 ps
Common Mode	V	2.415	2.415	2.415 V

图 5 发送电气特性测试报告

6 结束语

文中分别从硬件、FPGA 逻辑和软件构架详细阐述了基于 AS5643 协议的接口模块的设计与实现,并进行了大量的仿真实验和数据分析。实验结果表明该模块达到了能够满足机载环境的应用需求。

参考文献:

[1] IEEE 1394-1995 IEEE Standard for a High Performance Serial Bus[S]. 1995.

[2] IEEE 1394a-2000 IEEE Standard for a High Performance Serial Bus[S]. 2000.

[3] IEEE 1394b-2002 IEEE Standard for a High Performance Serial Bus[S]. 2002.

[4] Bai Haowei. Analysis of a SAE AS5643 Mil-1394b Based High-Speed Avionics Network Architecture for Space and Defense Applications[C]//Proc. of IEEE Aerospace Conference. [s. l.]:[s. n.],2007.

[5] SAE AS5643/1 S400 Copper Mediainterface Characteristics Over Extended Distances[S]. 2004.

[6] 张大朴,王 晓,张大力,等. IEEE1394 协议及接口设计

耗负载平衡上的优势。

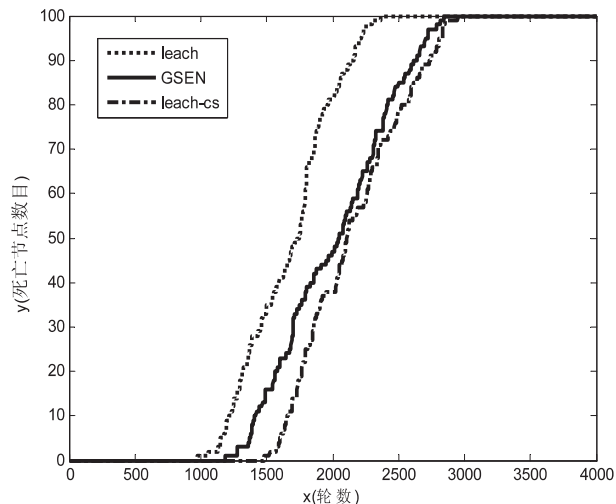


图 4 网络的生命周期

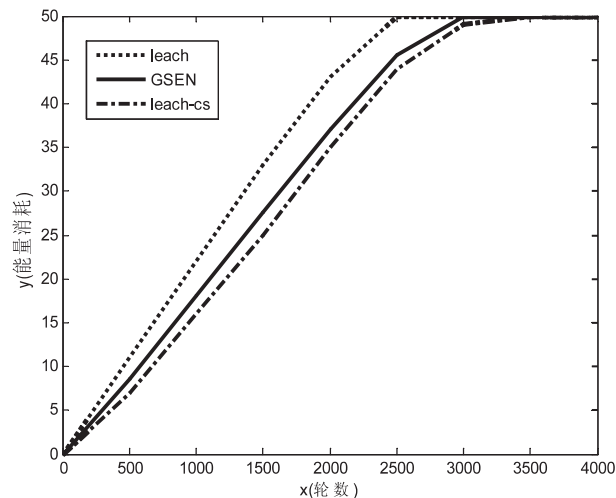


图 5 网络总耗能比对

4 结束语

针对无线传感器网络 LEACH 协议节点分布不均匀,簇首传输过程中能耗过大的缺点,提出了一种基于社团结构的 LEACH-CS 新算法。该算法构造基于社团结构的节点拓扑分布,并采用多跳簇首传递代替单跳簇首传递,提高了网络能耗负载平衡度,延长了网络内每个节点的存活时间,减少了网络总的能量负载,从而有效提高了网络的生命周期。

参考文献:

- [1] Heinzelman W R, Chandrakasan A, Balakrishnan H. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor network [C]//IEEE Proceeding of the Hawaii International Conference on System Science. Washington: [s. n.], 2000:3005-3014.
- [2] Younis O, Fahmy S. Heed: A hybrid, energy-efficient, distributed clustering approach for ad-hoc sensor networks [J]. IEEE Trans. on Mobile Computing, 2004, 3(4): 660-669.
- [3] Qiu L, Wang Y, Zhao Y L, et al. Wireless Sensor Network Routing Protocol Based on Self-organizing Clustering and Intelligent Ant Colony Optimization Algorithm [C]//Proc. of 9th International Conference on Electronic Measurement & Instruments. [s. l.]: [s. n.], 2009:223-228.
- [4] Guan X, Wang Y. An energy-efficient clustering technique for wireless sensor networks [C]//Proceedings of International Conference on Networking, Architecture, and Storage. [s. l.]: [s. n.], 2008:248-252.
- [5] Tabassum N, Ahsanul Haque A K M, Urano Y. GSEN: An efficient energy consumption routing scheme for wireless sensor network [C]//Proceeding of IEEE International Conference on Systems and International Conference on Mobile Communication and Learning Technologies. [s. l.]: [s. n.], 2006.
- [6] 张品, 姜亚光, 陈磊. 基于加权优化选择两级簇头的 WSN 路由协议 [J]. 传感技术学报, 2011, 24(3): 447-451.
- [7] Newman E J. The structure and function of complex networks [J]. SIAM Review, 2003, 45(2): 167-256.
- [8] Helmy A. Small world in wireless networks [J]. IEEE Communications Letters, 2003, 7(10): 490-492.
- [9] Zhou T, Zhao M, Chen G R. Phase synchronization on scale-free networks with community structure [J]. Phys. Lett. A, 2007, 368(6): 431-434.
- [10] Zemanova L, Zhou C S, Kurths J. Structural and functional clusters of complex brain networks [J]. Physica D, 2006, 224(1-2): 202-212.
- [11] Girvan M, Newman M E J. Community structure in social and biological networks [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2002, 99(12): 323-330.
- [12] 杨伟伟, 刘润杰, 申金媛. 一种基于 LEACH 的高效节能协议 [J]. 传感技术学报, 2010, 23(8): 1153-1157.

(上接第 102 页)

- [M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2004.
- [7] 王萌, 陈益, 林坚. 关于飞行器管理计算机标准的研究 [J]. 航空标准化与质量, 2009(2): 34-38.
- [8] 陈宗基, 孔繁峨, 李卫琪, 等. 先进战斗机的飞行控制计算机系统研究 [J]. 航空学报, 2007, 28(4): 935-942.
- [9] 冯莎, 卢选民, 王兴亮. 一种基于 SAE AS5643 总线协议的驱动程序设计 [J]. 测控技术, 2012, 31(10): 98-100.
- [10] SAE AS5657 Test Plan/Procedure for AS5643 IEEE-1394b

Interface Requirements for Military and Aerospace Vehicle Applications [S]. 2007.

- [11] SAE AS5706 Test Plan/Procedure for AS5643/1 S400 Copper Media Interface Characteristics Over Extended Distances [S]. 2007.
- [12] SAE AS5643/2 IEEE-1394b Interface Requirements for Military and Aerospace Vehicle Applications [S]. 2006.

基于AS5643协议的接口模块设计与实现

作者：[赵彬](#)，[田泽](#)，[杨峰](#)，[王绮卉](#)，[王宣明](#)，[ZHAO Bin](#)，[TIAN Ze](#)，[YANG Feng](#)，[WANG Qi-hui](#)，[WANG Xuan-ming](#)

作者单位：[中国航空计算技术研究所, 陕西 西安, 710119](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

ISTIC

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2013(8)

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201308025.aspx