

基于 ARINC659 总线的 PMC 卡设计与实现

淮治华,田 泽,夏大鹏,杨 峰,姜丽云

(中国航空计算技术研究所,陕西 西安 710119)

摘 要: ARINC659 总线是一个线型多节点串行通信总线,可以满足航空电子对可靠性、故障容忍度、完整性的要求,主要用于在线可更换模块之间的数据传送,其采用表驱动比例访问(TDPA)的通信机制,具有较高可靠性、高容错率以及较高的总线利用率,被广泛应用于现代大型军用、民用飞机中。文中提出了基于 ARINC659 总线的 PMC 卡设计及实现方案。首先介绍了 HK659 芯片,然后详细阐述了 ARINC659 总线的 PMC 卡实现方式,配套的命令表工具实现及命令表的设计,最终完成了系统应用验证。结果充分表明,该 PMC 卡的功能完备,性能良好。它可以满足系统应用的需求。

关键词: ARINC659 总线;命令表;总线接口单元;配置工具

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)03-0158-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.03.036

Design and Implementation of PMC Card Based on ARINC659 Bus

HUAI Zhi-hua, TIAN Ze, XIA Da-peng, YANG Feng, JIANG Li-yun

(Aeronautical Computing Technique Research Institute, Xi'an 710119, China)

Abstract: The ARINC659 bus is a linear multi node serial communication bus and can meet the needs of reliability, fault tolerance and integrity of avionics system, which is mainly used in the replacement of data transformations among modules online. It adopts table driven proportional access communication mechanism and has a high reliability, high error-tolerant rate and high utilization ratio of the bus. The ARINC659 bus is extensively used in modern large civilian and military aircrafts. Present the scheme of design and implementation of PMC card based on ARINC659 bus. Firstly propose HK659 chip, then elaborate on the way of PMC card realization in detail, subsidiary of the command list, and the design of command list. At last, it finishes the system application verification. The results fully show that the PMC card has the good equipments and good performances, which can meet the application demands of system.

Key words: ARINC659 bus; command list; BIU; configuration tool

0 引言

ARINC659 总线协议是由 Honeywell 公司提出的基于时间触发架构的双-双余度配置的容错串行总线^[1],已成为综合化航空电子(IMA)中在线可更换模块(LRM)之间数字数据传送的标准总线之一。采用串行线减少了硬件、简化了全并发监控,从而提高了可靠性^[2]。在 LRM 中,一个 BIU 连接两条总线,两个 BIU 之间的交叉比较使得所有四条总线具有双重自检能力^[3]。四条总线间进一步的交叉检验提高了数据的可用性,被广泛应用于现代大型军用、民用飞机中,在波音 777 的飞机信息管理系统中已得到应用^[4]。

ARINC659 总线网络主要应用于机载网络中板间数据的交互^[5-7],保证内部设备模块间大数据量传输

的高可靠性和高容错性,提高机载网络通信效率。通用化、小型化的 ARINC659 总线的 PMC 卡模块为板间通信提供了有力的保障。文中着重就 PMC 卡的设计与实现进行了阐述,另外还就配套的命令表工具实现、命令表的设计及系统应用验证进行了介绍。

1 硬件设计

ARINC659 总线的 PMC 卡功能框图如图 1 所示。每个 PMC 卡均有 2 个接口芯片,分别为 BIU_x 和 BIU_y。BIU_x 经由 x 总线发送,BIU_y 经由 y 总线发送,每个接口芯片接收所有 4 路总线数据,每路总线都有独立的总线收发器;接口芯片通过 PCI 总线与子系统主机接口连接,完成与子系统主机之间的信息交换,实

收稿日期:2014-05-13

修回日期:2014-08-15

网络出版时间:2015-01-25

基金项目:国家“十二五”微电子预研项目(51308010711)

作者简介:淮治华(1982-),男,硕士,工程师,研究方向为 SoC 设计、验证及嵌入式系统设计;田 泽,博士,研究员,研究方向为 SoC 设计、嵌入式系统设计与 VLSI 设计。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150126.0924.005.html>

现模块间的数据通信;电源模块用于将 5 V 直流电源转换成各器件所需的工作电压;编程端口用于加载命令表。

转换模块间的数据通信;电源模块用于将 5 V 直流电源转换成各器件所需的工作电压;编程端口用于加载命令表。

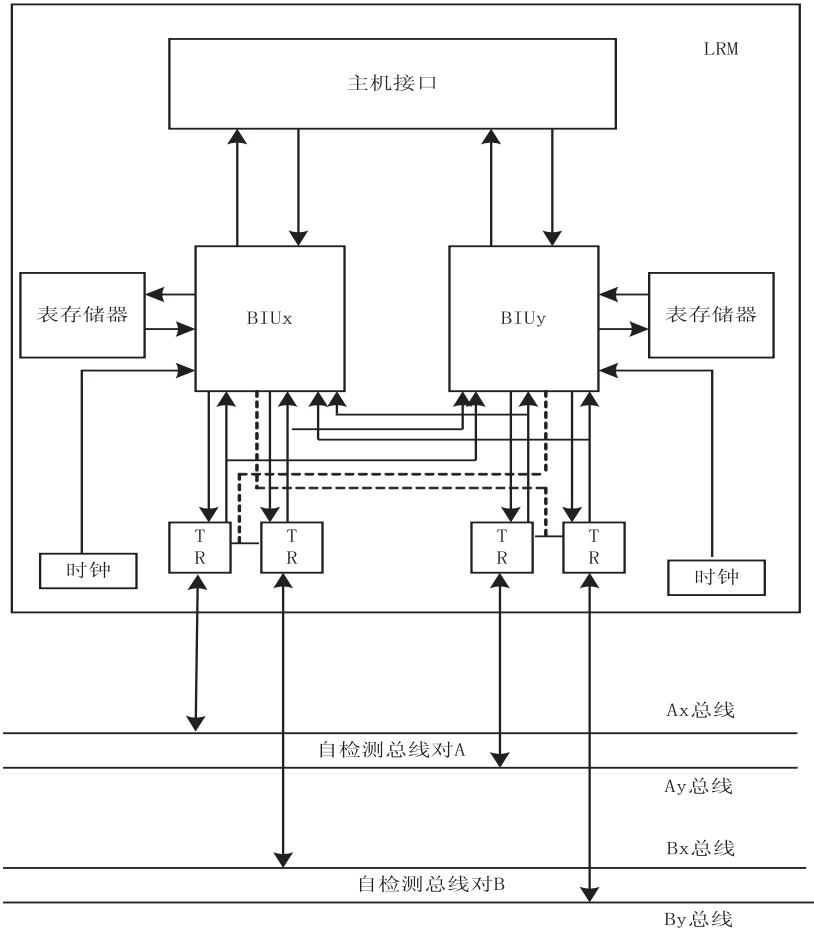


图 1 ARINC659 总线 PMC 卡框图

1.1 主机接口

PCI 主机接口实现 BIU 与 PCI 总线的连接。主要完成 PCI 总线从接口的功能,实现 BIU 与宿主机系统的数据交换。主要完成如下功能。

数据发送服务:BIU 向主机提供发送请求服务,报告发送请求执行的状况。

数据接收服务:BIU 向主机报告接收数据和指示数据的有效性,主机可以读取接收数据状态位描述表,判断接收数据状态(数据有效或有不可纠正的差错)和主/后备的获胜者(标识有效发送模块),以及读取接收的有效数据。

帧切换服务:在命令表帧切换窗口开始之前 BIU 被允许在总线上发送帧切换消息的事件,BIU 应该检查主机是否对适当的帧已经完成了帧切换使能。

1.2 总线接口单元(BIU)

每个 PMC 卡包含两片 HK659 芯片,分别为 BIUx 和 BIUy。HK659 芯片是一款集成了 PCI 主机接口、ARINC659 总线协议处理单元、命令表自加载接口、时钟复位电路、以及丰富的片上存储器资源的专用集成电路,可实现 ARINC-659-1993 中规定的同步脉冲收

发、数据传输校验、总线故障容错以及总线调试等功能,是一款通用化和小型化的通信处理电路。HK659 芯片功能框图如图 2 所示。

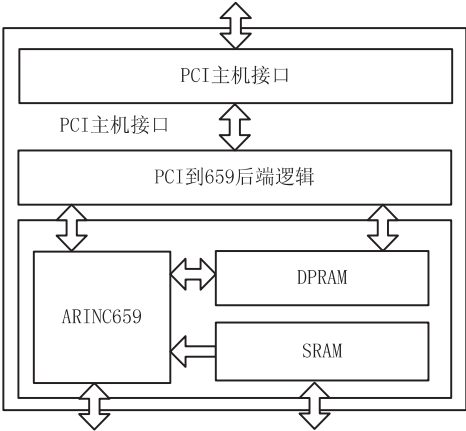


图 2 HK659 芯片功能框图

主要特点如下:

- 驱动协议(Table Driven Protocol);
- 时钟采用 30 MHz,最大数据传输速率 60 Mbps;
- 4 条双-双配置的串行总线传输数据;
- 支持 4 余度热备份。

1.3 时 钟

ARINC659 总线时钟频率为 30 MHz, HK659 芯片内部工作时序为 60 MHz, PCI 总线接口工作时序为 33 MHz。

1.4 表存储器

根据 ARINC659 总线规范定义, 完整命令表的所有数据存放在 HK659 芯片外部的 PROM 中, 外部 PROM 采用 Xilinx 公司的 XC18V04。

当系统上电后, HK659 芯片的命令表自加载逻辑自动将外部 PROM 中的命令表搬到内部 SRAM 中。命令表自加载模块自动产生地址从外部 FLASH 中读出数据, 并写入内部 SRAM 中, 不需要主机干预。命令表加载完成后, HK659 芯片将开始初始化、预译码命令, 并且按命令表执行命令。

1.5 ARINC659 总线收发器

ARINC659 总线在物理层上使用 BTL 电平标准, 而处理芯片多采用 3.3 VTTL 电平, 因此 ARINC659 总线系统需要使用 TTL 和 BTL 的双向转换收发器。每个 BIU 接收所有 4 路总线数据, 每路总线都有独立的总线收发器; BIU_x 控制 Ax、Bx 总线收发器的传输使能, BIU_y 控制 Ay、By 总线收发器的传输使能。

2 命令表工具及命令表设计

2.1 命令表配置工具的实现

ARINC659 命令表配置工具是根据系统应用要求, 对系统内各节点间的通信和节点各任务进行可视化配置和设置、生成总线命令表, 并对命令表进行图形化仿真, 为设计人员提供图形化显示命令表各窗口信息, 从而迅速准确地设计命令表。ARINC659 底板总线配置工具软件具体实现的功能如下:

(1) 命令表项目配置管理。

ARINC659 总线配置工具可同时打开多个项目, 同时对多个命令表项目进行配置管理, 每一个项目对应底板总线中的一个命令表。根据需求, 对总线命令表进行配置, 主要操作包括机架的建立与配置、模块的定义、命令表帧的管理与配置、命令表帧中窗口的管理与维护, 并在对命令表进行配置的过程中, 对输入的配置参数进行合法性检查。

(2) 命令表自动生成。

ARINC659 总线配置工具根据用户对命令表项目的配置信息, 自动生成符合 ARINC659 总线协议规范格式的命令表。

(3) 命令表编译。

在命令表视图中, 对当前命令表进行编译, 命令表编译主要步骤包括命令表预处理模块、标号扫描模块、语法检查模块、mif 文件生成模块、布局布线文件生成

模块、mcs 文件生成模块。

mcs 文件生成模块为编译器最终生成的命令表文件, 需要下载到 ARINC659 总线 PMC 卡的目标板上进行加载运行。该文件由 mif 文件生成, 其格式符合 Intel MCS-86 Hex Object 文件标准。

(4) 命令表仿真。

ARINC659 总线命令表的仿真, 在命令表中无语法错误的前提下, 以命令表中的帧为单位, 对该帧周期内总线活动进行分析, 以图形化的形式显示总线命令表指定帧的窗口活动时序图。使用不同的窗口颜色标识不同类型的窗口。

2.2 命令表的设计

ARINC659 总线介质访问采用表驱动比例访问协议^[8-9], 命令表是控制总线活动的核心^[10], 数据传送按照命令表中预先确定的传送调度进行。ARINC659 总线操作被划分为一系列的窗口, 命令表定义每一个窗口的长度, 还定义了哪一个 LRM 在安排给该窗口的时间里发送、接收和忽略总线。每一个窗口由帧描述语言定义, 形成命令表。帧描述语言如表 1 所示。

表 1 帧描述语言

标识符	指令说明
FREE	空闲
BOW、TX、RX	数据命令
SSYNC	短同步
ERU	进入同步
FCU	帧切换
JUMP	跳转
CALL	调用
RET	返回
INT	中断
ERV	带版本校验的进入同步
FCV	带版本校验的帧切换
JUMPI	带固有空闲的跳转
CALLI	带固有空闲的调用
RETI	带固有空闲的返回

ARINC659 总线的数据通信按此语言对应生成的命令表进行, 时间行为通过设计阶段的命令表确定。

3 系统应用验证

ARINC659 总线的 PMC 卡验证系统包含 5 个节点的总线通信平台。它由 3 个部分构成: 故障注入电路、PMC 卡和 CPU 处理模块。系统整体结构如图 3 所示。

3.1 帧组织验证

根据协议要求, 系统使用时, 需要在不同帧之间进行切换, 例如飞行帧和地面测试帧之间切换, 验证芯片是否能够在各种帧之间切换执行, 执行结果符合协议要求^[11-12]。通过长时间验证, PMC 卡满足协议要求。

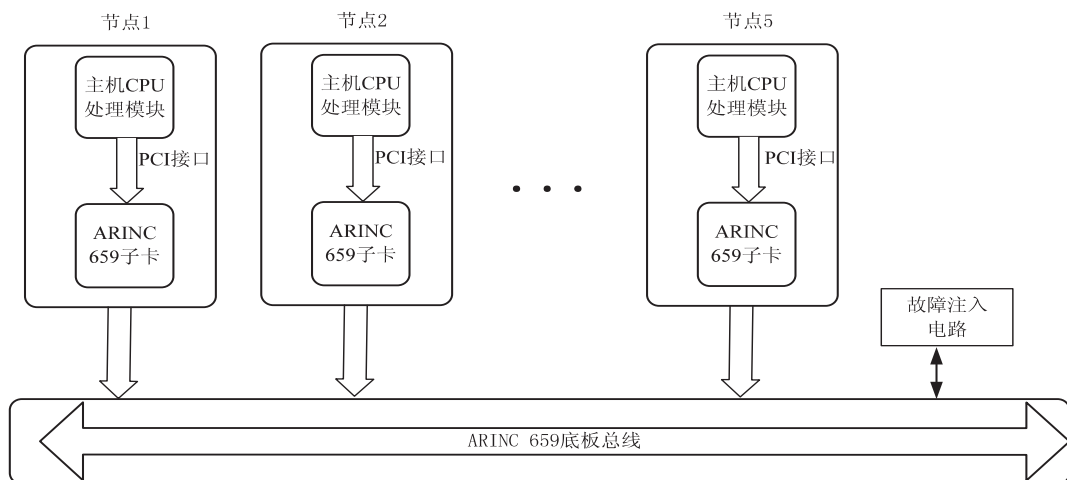


图3 验证系统框图

3.2 数据传输功能的验证

ARINC659 总线的数据传输功能包括基本消息通信和主/后备消息通信两种。基本消息通信用于从单个发送节点向一个或多个接收节点传送数据。主/后备消息通信用于多个可选的发送节点(最多4个)之一向一个或多个接收节点传送数据。基本消息通信功能测试验证方法是:检测接口芯片能否按照总线调度表的规定发送正确的数据信号,比较发送数据和接收数据是否一致。主/后备消息通信功能的测试验证分为:主模块发送;主模块断开,备模块发送。通过长时间大数据验证,系统传输功能正常。

3.3 容错能力的验证

节点间收发数据时,任意注入一路总线时钟信号线故障,或者一路总线数据信号线故障或者特定的两路数据信号线故障时,节点间也能正常收发数据;注入两路或以上的不可纠正的时钟信号线故障或数据信号线故障,节点间数据通信出错或停止。通过故障注入验证,满足要求。

4 结束语

ARINC659 总线是一种具有总线传输时间确定性的多节点串行数据总线^[13-14],支持鲁棒的时间分区和空间分区^[15],并以其特有的总线校验机制,很好地解决了航空电子系统对于底板总线的高可靠性要求问题。而基于 ARINC659 总线的 PMC 卡是构成其系统的关键要素。文中分别从 PMC 卡的实现,命令表工具及命令表的设计、实现和系统验证三个方面进行阐述。通过验证表明,该 PMC 卡的功能和性能满足要求,具有良好的可靠性和应用前景。

参考文献:

[1] ARINC specification 659 backplane data bus[S]. [s. l.]:The

Airlines Electronic Engineering Committee,1993.

- [2] 张喜民,魏 婷. ARINC659 背板数据总线应用研究[J]. 航空计算技术,2011,41(5):105-109.
- [3] 田 泽,郭 亮,刘宁宁,等. ARINC659 芯片协议符合性验证关键技术研究[J]. 航空电子技术,2013,44(1):37-42.
- [4] 强新建,田 泽,淮治华. 基于 ARINC659 的 FPGA 原型验证平台的构建与实现[J]. 计算机工程与设计,2010,31(12):2726-2728.
- [5] 马 宁,李 玲,田 泽,等. ARINC659 总线协议芯片的仿真验证[J]. 计算机技术与发展,2010,20(1):205-208.
- [6] 魏 婷,张喜民. ARINC659 背板总线调试方法研究[J]. 测控技术,2008,27(S0):84-86.
- [7] 徐文辉. ARINC659 总线简介[J]. 航空电子技术,1999,30(2):22-27.
- [8] 郭 亮,李 玲,田 泽,等. ARINC659 总线接口芯片的 FPGA 原型验证[J]. 计算机技术与发展,2009,19(12):240-242.
- [9] Airlines Electronic Engineering Committee. Design guidance for integrated modular avionics: ARINC Report651-1[R]. Annapolis, Maryland, USA: Aeronautical Radio, Inc, 1999.
- [10] 王世好,王歆民,刘明业. 嵌入式系统软硬件协同验证中软件验证方法[J]. 计算机研究与发展,2005,42(3):514-519.
- [11] Sturdy J. An innovative commercial avionics architecture military tanker/transport platforms[J]. IEEE AES Systems Magazine,2000,15(7):33-39.
- [12] 李济世,王 鹏,金德鹏,等. MSTP 芯片的软硬件协同验证平台设计[J]. 光通信技术,2005,29(11):4-6.
- [13] Rushby J. CSL technical report:a comparison of bus architectures for safety critical embedded systems[R]. Menlo Park, California:SRI International,2003.
- [14] 冯福来. 容错计算系统的特性、性能/可靠性量度及其评价[J]. 航空与航天,1993(3):47-52.
- [15] 孙晓华. 基于 PCI 总线的 ARINC629 数据通讯卡设计[J]. 计算机测量与控制,2008,16(6):821-823.

基于ARINC659总线的PMC卡设计与实现


作者:

[淮治华](#), [田泽](#), [夏大鹏](#), [杨峰](#), [姜丽云](#), [HUI Zhi-hua](#), [TIAN Ze](#), [XIA Da-peng](#), [YANG Feng](#), [JIANG Li-yun](#)

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](#) 

英文刊名:

[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期):

[2015\(3\)](#)

引用本文格式: [淮治华](#). [田泽](#). [夏大鹏](#). [杨峰](#). [姜丽云](#). [HUI Zhi-hua](#). [TIAN Ze](#). [XIA Da-peng](#). [YANG Feng](#). [JIANG Li-yun](#) [基于ARINC659总线的PMC卡设计与实现](#) [期刊论文] - [计算机技术与发展](#) 2015(3)