

Mil-1394b 总线控制权管理软件的设计与实现

姜丽云,蔡叶芳,田 泽,夏大鹏,淮治华

(中国航空计算技术研究所,陕西 西安 710119)

摘 要: Mil-1394b 总线控制权管理软件是确保网络运行更加稳定、可靠的核心和关键。文中设计了某通信系统节点 Mil-1394b 的总线控制权管理软件,采用对该软件的两大功能模块即总线控制权争用模块和总线控制权切换模块分别分析的方式,详细描述了网络各阶段的控制权管理过程,并在测试验证平台上对该软件进行了有效性验证。结果表明,该软件能够完成对系统总线控制权争用和切换过程管理的要求,并能直观地显示测试过程和验证结果。通过测试验证, Mil-1394b 总线控制权管理软件的实现达到了设计的结果,并且具有驱动模块接口简洁、较好的可移植性、较高的通用性等优点。总之,通过该软件的运行提高了网络运行的稳定性和对突发故障的应对能力,在一定程度上保证了系统的稳定运行。

关键词: Mil-1394b; 控制权; 切换; 离散量

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2015)03-0210-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2015.03.048

Design and Implementation of Control Right Management Software for Mil-1394b Bus

JIANG Li-yun, CAI Ye-fang, TIAN Ze, XIA Da-peng, HUAI Zhi-hua

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

Abstract: The control right management software for Mil-1394b bus is the key to ensure the stabilization and reliability of the network operation. Design the control right management software for Mil-1394b, using the way of analyzing respectively the two function modules of the software which are the bus control contend module and the bus control switching module, give a detailed description of the various stages of the process of control management network, and the test platform was carried out to verify the effectiveness of the software. The verification results show that the software can meet the requirements of the system bus contention and switching process management control, and display the test process and results of the verification. Through the test, the control right management software for Mil-1394b bus has achieved the design's results, and has some advantages such as simple module interface, better portability, high universality. In a word, through the operation of software improves the stability of network operation and the ability to deal with the sudden fault, to ensure the stable operation of the system in a certain extent.

Key words: Mil-1394b; control right; switch; discrete magnitude

1 概 述

IEEE1394 是一种与平台无关的串行通信协议。最初是 1987 年由 Apple(苹果)公司为实时数据传输提出的一个简化计算机连线的高速接口。1995 年, IEEE(国际电气和电子工程师协会)认可为 IEEE1394-1995 规范^[1]。2003 年上半年 IEEE 推出了 IEEE1394b 版本, IEEE1394b 是 IEEE1394 技术的升级版本,其目标是用于传输多媒体数据,其带宽、传输速度、距离等都有了大幅度提高,它将把 IEEE1394 的速

度提高到 800、1 600 和 3 200 Mb/s。

SAE(美国机动车工程师学会)对 IEEE1394b 规范进行了一些裁剪和限定,对 IEEE1394b 进行了进一步的可靠性和确定性的约束,制定了它的军用标准 SAE AS5643,即 Mil-1394 总线协议^[2],包括使用异步包和等时包外的异步流包、由帧开始的包同步的固定帧速率、附加纵向奇偶检查、静态通道号分配、带宽预分配以及匿名签署消息协议的使用。SAE AS5643 协议定义了网络中的数据传输格式、数据传输机制,以及

收稿日期:2014-05-12

修回日期:2014-08-19

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:姜丽云(1988-),女,硕士,助理工程师,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、VLSI 设计。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150126.0924.007.html>

网络的管理等功能,能够满足任务系统对数据传输确定性及完整性的要求是航空领域中的特殊应用^[3-4]。

正常情况下 1394 网络中只有唯一的总线控制器执行对应的网络管理处理任务,通信系统由 1 个 CC(控制计算机)节点和最多 63 个 RN(远程节点)组成,CC 必须配置为根节点,具有最高的总线仲裁权,负责对整个总线进行管理,启动 STOF 包的发送,控制节点间的通信,RN 作为远程节点要受控于 CC,以保证系统良好的时钟同步^[5-7]。总线控制器可以在上电时由网络中的 CC 节点或备份 CC 节点(BCC)来争用,在网络运行出现故障时也可以切换总线控制权,在网络故障恢复时及时归还网络控制权。采用这种备份方式提高了系统的安全性和稳定性,并且更加灵活地应对网络中的各种异常情况^[8-10]。

2 Mil-1394b 总线控制权管理软件的架构设计

Mil-1394b 总线控制权管理软件属于 Mil-1394b 模块软件的一部分,主要包括总线控制权争用和总线控制权切换两大功能模块。1394 模块软件架构设计分为主机应用软件和主机驱动软件。

(1)主机应用软件是基于 Windows 操作系统的 VS2008 和 VxWorks 操作系统的 Tornado2.2 集成开发环境,软件驻留于主机,实现控制权管理内容。

(2)主机驱动软件驻留在子系统主机内存中,作为主机访问子卡模块和收发数据的接口,由主机应用层软件进行调用,实现子系统功能要求,完成对子卡控制和总线通信功能。驱动软件采用 CC 和 RN 一体化设计,由设备管理软件、消息控制软件、中断控制软件、网络管理软件和时统管理软件组成,其架构见图 1。

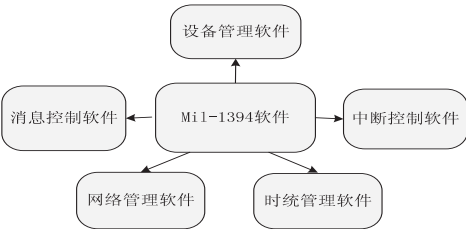


图 1 Mil-1394 软件架构设计

驱动软件接口以标准 C 下的静态库的形式提供给子系统主机应用软件,由主机应用软件进行调用。接下来具体描述控制权争用和控制权切换应用软件的设计和实现过程。

3 Mil-1394b 总线控制权管理软件的设计与实现

3.1 控制权争用软件

Mil-1394b 总线系统在上电时,需要由具有总线

控制权限的节点对总线控制权进行争用,完成 CC 确认,并根据争权的结果启动对应的网络管理处理任务^[11]。具有总线控制权限的节点有两个,称为正常情况下的 CC 节点(以下称为节点 1)和备份 CC 节点(以下称为节点 2)。以下以某通信系统 Mil-1394b 节点通信为例,对软件设计的具体流程进行描述。

(1)系统中定义两路离散量(见表 1)如下:系统上电阶段所有离散量初始化为无效状态。对总线上不具备充当 CC 角色的节点(除去节点 1、节点 2)直接初始化为 RN 工作模式;对总线上具备充当 CC 角色的节点 1、节点 2 执行 PBIT(上电自测试),上电自测试完后两个节点分别加载各自的 WDT 值,启动 WDT 计时。

表 1 离散量定义

序号	来源	目的	有效时定义	离散量方向定义
①	节点 1	节点 2	节点 1 为 CC	节点 1 的输出离散量 节点 2 的输入离散量
②	节点 2	节点 1	节点 2 为 CC	节点 1 的输入离散量 节点 2 的输出离散量

软件实现如下:

```
...
TIC_StartBit(hDev); /* 启动上电 BIT 功能 */
TIC_EnableWDT(hDev, TIC_CONTEST_WDT_CNT_EN, 1000, 1); /* 使能 WDT 功能 */
...
```

(2)检测节点 1、节点 2 的 PBIT 结果,如果节点 1 的 PBIT 结果不正常,此时节点 1 在 WDT 超时后,置控制权离散量信号①为无效,表示本地不具备作为控制的能力,出让总线控制权;节点 2 在 (WDT+Δt) 超时后检测控制权离散量信号①(无效),节点 2 设置为 CC 获取总线控制权。

节点 1 软件实现代码如下:

```
...
TIC_GetBitResult(hDev, &bitResult); /* 获取输入离散量标志 */
if((bitResult.DPRAMAccess_bit! = 0) || (bitResult.HostInterface_bit! = 0) || ..... (bitResult.FlashAccess_bit! = 0) /* PBIT 检测结果不正常 */
{
    TIC_SetContestSign(hDev, 0); /* 设置输出离散量为无效 */
}
}

节点 2 软件实现代码如下:
```

```
...
TIC_GetContestSign(hDev, &ContestSign); /* 获取输入离散量标志 */
if(ContestSign = 0) /* 输入离散量无效 */
{
    TIC_SetNodeRole(hDev, CC_NODE); /* 设置节点角色为
```

```
CC */
TIC_Connect(hDev, 1); /* 设置本节点状态为上网 */
TIC_SetContestSign(hDev, 1); /* 设置输出离散量为有效 */
*/
}
```

(3) 如果节点 1 的 PBIT 结果正常, 节点 1 在 WDT 超时后检测控制权离散量信号②并进行判断, 如果离散量信号②无效(值为 0), 表示节点 2 未设置为总线控制器, 则节点 1 设置为总线控制器, 并置系统控制离散量信号①有效, 表示获得总线控制权, 争用完成;

如果离散量信号②有效(值为 1), 表示节点 2 已设置为总线控制器, 则节点 1 暂不设置为总线控制器, 先初始化为 RN, 并置系统控制离散量信号①无效, 然后向当前总线控制器节点 2 发送上网请求消息, 表示需要获取总线控制权; 使用当前 CC(节点 2)发送的 WDT 加载消息加载自身 WDT, 在 WDT 超时后继续检测控制权离散量信号②, 重复这一步操作直到获得总线控制权。其中由节点 1 发送的上网请求需约定特殊字段, 供节点 2 收到后判断区分其他 RN 的上网请求。

节点 1 软件实现代码如下:

```
...
TIC_GetContestSign(hDev, &ContestSign); /* 获取输入离散量标志 */
if(ContestSign == 0) /* 输入离散量无效 */
{
TIC_SetNodeRole(hDev, CC_NODE); /* 设置节点角色为 CC */
TIC_SetContestSign(hDev, 1); /* 设置输出离散量为有效 */
*/
}
else if(ContestSign == 1) /* 输入离散量有效 */
{
TIC_SetNodeRole(hDev, RN_NODE); /* 先初始化为 RN */
TIC_SetContestSign(hDev, 0); /* 设置输出离散量为无效 */
*/
TIC_ConnectReq(hDev); /* 发送上网请求 */
}
```

(4) 节点 2 在 $(WDT + \Delta t)$ 超时后检测控制权离散量信号①: 如离散量信号①有效, 表示节点 1 已设置为总线控制器, 则节点 2 设置 RN, 并置系统控制离散量信号②无效, 表示未获取总线控制权; 如离散量信号①无效, 表示节点 1 未设置为总线控制器, 则节点 2 设置为总线控制器, 并置系统控制离散量信号②有效, 表示获得总线控制权; 如获得总线控制权后, 收到来自节点 1 的上网请求消息, 则节点 2 禁止发送 WDT 加载消息, 设置为 RN, 并置系统控制离散量信号②无效, 表示已让出总线控制权。

节点 2 软件实现代码如下:

```
...
TIC_GetContestSign(hDev, &ContestSign); /* 获取输入离散量标志 */
if(ContestSign == 1) /* 输入离散量有效 */
{
TIC_SetNodeRole(hDev, RN_NODE); /* 初始化为 RN */
TIC_SetContestSign(hDev, 0); /* 设置输出离散量为有效 */
*/
}
else if(ContestSign == 0) /* 输入离散量无效 */
{
TIC_SetNodeRole(hDev, CC_NODE); /* 初始化为 CC */
TIC_Connect(hDev, 1); /* 发送上网请求 */
TIC_SetContestSign(hDev, 1); /* 设置输出离散量为无效 */
*/
}
...
TIC_GetRTStatus(hDev, 2, &onlinestatus); /* 获取当前远端节点状态 */
if((onlinestatus == 1) && (Node2TxRN2Flag == 0))
{
TIC_SetNodeRole(hDev, RN_NODE); /* 初始化为 RN */
TIC_SetContestSign(hDev, 0); /* 设置输出离散量为无效 */
*/
}
```

3.2 控制权切换软件设计

与 Mil-1394b 总线系统上电时的控制权争用机制类似, 在系统正常工作时, 若当前网络管理器出现故障、不能正常担负网络的管理、时统等功能的情况下, 为了保证应用对网络的可控管理, 而对网络控制权进行切换处理, 从而设计了相应的处理机制^[12-13]。

节点 1 为当前总线控制器, 出现故障后, 导致本地 WDT 超时, 此时节点 1 的硬件逻辑自动设置输出离散量为无效。备份总线控制器(节点 2)的 WDT 出现超时, 上报主机; 节点 2 检测总线拓扑, 判断节点 1 是否还连接在总线上; 如果不在, 则节点 2 直接设置为总线控制器; 如果还在, 检测输入离散量是否为无效, 如果无效则表明节点 1 的硬件逻辑已自动复位, 如输入离散量继续有效, 则表明节点 1 还未让权, 需继续等待下次加载 WDT 超时再次判断; 节点 2 切换角色为网络控制器, 并执行链路复位功能, 并置输出离散量为有效, 表示获得总线控制权, 完成控制权切换。

在控制权争用和切换过程中, 网络远程终端的软件操作如下: 总线中其他 RN 节点的 WDT 因无法收到网络管理器(节点 1 或节点 2)加载的 WDT 信息, 出现超时后, 上报主机中断, 驱动设置为下网; RN 节点检测收到的 STOF 包, 根据 STOF 包中的总线模式字表示的当前网络控制器为节点 1 或节点 2 重新加载相应配置表; 加载完成后, 重新向当前网络控制器申请上网。

整个控制权切换过程的软件实现方式与控制权争用类似,在这里就不再赘述。

4 Mil-1394b 总线控制权管理软件验证

为验证 Mil-1394b 总线控制权管理软件而搭建的通信验证环境由 1394 子卡测试系统、仿真卡测试系统、连接线缆、测试适配器等组成。该验证环境中 1394 子卡模拟网络中的 CC 节点,仿真卡模拟 BCC 节点,在通信过程中验证总线控制权的争用和切换过程,验证环境的连接如图 2 所示。

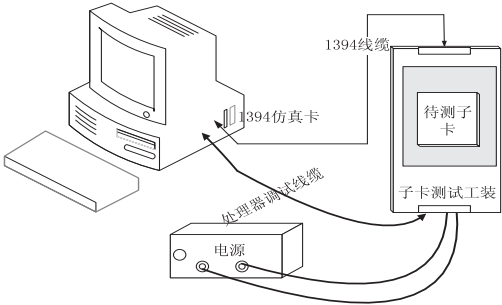


图 2 Mil-1394b 总线控制权管理软件验证系统连接图

其中,1394 子卡与验证平台(包括处理器与测试母板搭建)连接,验证平台通过串口延长线和以太网线与 PC 机相连,网口用于连接处理器模块进行软件验证。测试验证时将 Mil-1394 总线控制权管理软件代码下载到子卡 CPU 模块中,上电启动操作系统即可。1394 仿真卡插在 PC 机环境中,通过 1394 线缆与测试平台连接,同样运行控制权管理软件,测试结果通过界面显示给用户。

软件验证结果显示界面如下图。其中,图 3 为 CC 抢到总线控制权的验证示例;图 4 为 BCC 抢到总线控制权,在 CC 恢复正常后再次让权给 CC 的验证示例。

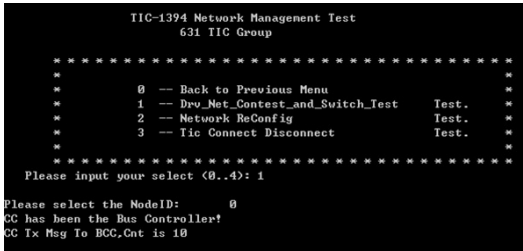


图 3 验证结果 1

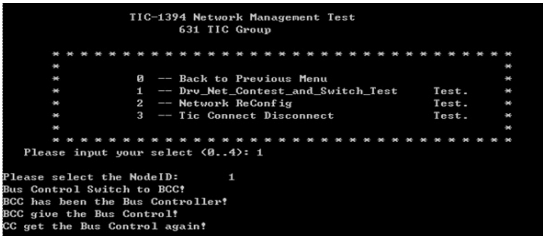


图 4 验证结果 2

验证结果表明,Mil-1394b 总线控制权管理软件能完成对系统总线控制权争用和切换过程管理的要

求,能直观地显示测试过程和验证结果。通过测试验证,Mil-1394b 总线控制权管理软件达到了设计结果。

5 结束语

文中设计了一种 Mil-1394b 总线控制权管理方法,并以某通信系统 Mil-1394b 节点通信为例,对控制权争用切换的流程在软件设计和实现上进行了描述,同时该软件设计具有一定的优点。首先,软件驱动模块接口简洁,应用软件可以灵活调用来模拟控制权管理中的各种情况;其次,软件具有较好的可移植性,可以只需更改小部分配置信息即可应用在不同操作系统平台上,提高了软件的通用性^[14]。总之,通过该软件的运行提高了网络运行的稳定性和对突发故障的应对能力,在一定程度上保证了系统的稳定运行。

参考文献:

[1] IEEE standard for Automatic Test Markup Language (ATML) for exchanging automatic test equipment and test information via XML[S]. IEEE Std 1671-2010,2011.

[2] IEEE standard for a high-performance serial bus-redline [S]. IEEE Std 1394-2008,2008.

[3] 田 泽,李 娜,程国建. 飞行控制系统中 Mil-1394b 仿真节点实现[J]. 电脑知识与技术:学术交流,2011,7(5): 3120-3121.

[4] 张大朴,李玉山,陈 亮,等. 一种基于 IEEE-1394 接口的数据采集系统的设计[J]. 计算机应用,2003,23(z1):54-55.

[5] Society of automotive engineers. IEEE 1394b interface requirements for military and aerospace vehicle applications[S]. SAE Aerospace Standard 5643,2004.

[6] SAE AS5643/1 S400 copper medianinterface characteristics over extended distances[S]. 2004.

[7] 李世平,戴 凡,汪旭东. IEEE 1394(FireWire)系统原理与应用技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2004.

[8] 刘 莎,阴亚芳. VxWorks 下 1394b 总线系统驱动软件设计[J]. 测控技术,2013,32(5):96-99.

[9] 万月亮,段大高,江洁琴,等. 航天电子系统 IEEE1394 总线可靠性模型研究[J]. 计算机工程与设计,2012,33(8): 2943-2946.

[10] 王海涌,黄江艳. 一种基于 IEEE1394 总线的高速数据传输设备的设计[J]. 测控技术,2009,28(6):65-68.

[11] 汪国有,何 虎,文华均. IEEE1394 设备的 WDM 驱动程序设计[J]. 计算机测量与控制,2006,14(12):1739-1741.

[12] 张大朴,王 晓,张大为,等. IEEE1394 协议及接口设计 [M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2004.

[13] 何 霞,刘青昆,张 玲. IEEE1394 异步传输模式下数据通信机制的研究[J]. 淮北煤炭师范学院学报:自然科学版,2008,29(2):57-61.

[14] 马存宝,朱媛婷,宋 东. 航空总线通用测试方法研究及应用[J]. 计算机测量与控制,2009,17(10):1880-1882.

Mil-1394 b总线控制权管理软件的设计与实现

作者:

[姜丽云](#), [蔡叶芳](#), [田泽](#), [夏大鹏](#), [淮治华](#), [JIANG Li-yun](#), [CAI Ye-fang](#), [TIAN Ze](#), [XIA Da-peng](#), [HUAI Zhi-hua](#)

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: [姜丽云](#). [蔡叶芳](#). [田泽](#). [夏大鹏](#). [淮治华](#). [JIANG Li-yun](#). [CAI Ye-fang](#). [TIAN Ze](#). [XIA Da-peng](#). [HUAI Zhi-hua](#) [Mil-1394 b总线控制权管理软件的设计与实现](#) [期刊论文] - [计算机技术与发展](#) 2015(3)