

基于 1553B 数据总线的可靠性及冗余模式设计

郭小和^{1,2}, 王少萍¹, 焦宗夏¹

(1. 北京航空航天大学自动化科学与电气工程学院, 北京 100083; 2. 南昌航空工业学院, 南昌 330063)

摘要:介绍了 1553B 总线协议的实时性和可靠性, 从系统拓扑结构探讨了 1553B 冗余配置模式, 通过分析 1553B 状态字和方式代码说明了其余度管理手段, 并以某飞行控制系统地面实验台为例说明了双总线双 RT 冗余系统的应用方法。对进一步应用高速总线有一定的参考价值。

关键词:可靠性; 冗余; 1553B

Design of Reliability and Redundant Methods Based on 1553B Data Bus

GUO Xiaohé^{1,2}, WANG Shaoping¹, JIAO Zongxia¹

(1. School of Automatical Science and Electrical Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083;

2. Nanchang Institute of Aeronautical Technology, Nanchang 330063)

【Abstract】This paper introduces the real-time feature and reliability of 1553B, studies the redundant configuring modes and analyzes its management methods of redundancy by status word and mode codes of 1553B. A simulation test of a flight control system with dual buses and dual RTs is realized.

【Key words】reliability; redundant; 1553B

MIL-STD-1553B总线^[1]是 20 世纪 70 年代末为适应机载设备通信要求由美国提出和开发的传输速度为 1Mb/s、传输方式为半双工方式的飞机内部时分制指令/响应式多路传输数据总线标准, 因其可减少电子设备的体积、重量、复杂性, 并具备高可靠性和实时性等特点, 大量应用在航空、舰船、坦克、导弹、人造卫星、国际空间站等机动系统平台的电子设备上, 同时在测试设备、模拟器等地面基础设施上也得到了广泛采用。随着现代作战飞机性能日益提高^[2], 要求在异常复杂电磁环境下航空数据总线上信息传输的误码率远低于 10^{-8} , 要满足这种高可靠性要求, 一般只有采用冗余技术才能实现。

本文对 1553B 从通信协议和拓扑结构两方面分析了其可靠性及冗余组网技术, 并通过实例说明其应用方法。

1 1553B 协议分析

1553B 线最初是作为一种命令与控制式总线标准被开发的, 而不是像大多数高速本地局域网 (LANs) 一样作为数据传输网络, 它限制了数据包的长度, 最大只允许传输 64B 的数据包, 以确保信息包能在小的、预定的时间窗口下完成传输并确保其可靠性和完整性。

另一方面, 1553B 只专一地提供数据总线通信, 没有现代局域网所拥有的典型的低层数据传输协议。1553B 定义了 3 类终端: BC, RT 和 BM。总线控制器(BC)是总线上的核心设备, 是在数据总线上被指定执行启动信息传输任务的终端, 所有在总线上的指令和数据都由一个单独的总线控制器 BC 控制和激活, 其他任何终端无法启动总线通信。BC 的责任是确保它的信息计划表能为所有对时间依赖性较强的处理过程提供合理的任务分配, 而总线终端 RT 则可为当前进行的总线事务的成功或失败提供状态指示。为了实现完整的总线控

制模式, 1553 标准尽量要求 RT 在指定的时间间隔内回应 BC 发出的命令, 如果回应在规定时间内未被接收到, BC 有权判断当前事务正处在“无响应”状态, 并继续进行它的下一个任务过程。这种控制方式可以确保没有总线事务会超过限定时间, 否则一个超时的任务会影响其它的总线事务, 造成中断或暂停, 从而保证通信的实时性。

2 系统冗余模式设计

2.1 冗余模式

为进一步提高应用系统的可靠性, 1553B 还可以从系统设计层次上对系统关键单元进行冗余设计, 包括总线层次和终端层次, 终端层次又分为 BC 和 RT 层次, 根据系统的不同要求, 可以进行不同的组合:

(1)单总线冗余 RT: 总线终端上的信息需要量不大, 也不要求太多的带宽扩展, 不需要对终端功能进行分开隔离, 对冗余和易损性问题不很重视的场合, 但个别 RT 终端是关键设备, 可冗余此 RT, 并挂在同一总线上。

(2)单总线冗余 BC: 总线终端上的信息需要量不大, 也不要求太多的带宽扩展, 各 RT 重要性差不多, 但整个系统比较重要, 可冗余关键的总线控制器 BC, 当主 BC 故障时, 启用备份的 BC, 以提高系统的可靠性。

(3)冗余总线单 RT/BC: 当单总线带宽不够、总线带宽将来还需要扩展、或需要对多个终端按功能进行子系统分离时, 可采用双总线或多总线结构。

作者简介:郭小和(1965 -), 男, 副教授、博士研究生, 主研方向: 机电系统仿真, 网络控制及可靠性; 王少萍、焦宗夏, 博士、教授、博士生导师

收稿日期:2006-08-20 **E-mail:** guoxiaohé@asee.buaa.edu.cn

(4)冗余总线冗余 RT:当系统需要冗余总线且个别 RT 是关键设备,可冗余此 RT,让冗余 RT 同时挂在不同的总线上,以确保此 RT 的通信可靠。

(5)冗余总线冗余 BC:当系统需要冗余总线且按功能进行子系统分开隔离时,不同子系统可以采用不同的 BC 并互为备份,从而提高整个系统的可靠性。

例如,某系统由武器、显示、传感器和诊断控制等 4 部分组成,可根据功能采用四重总线体系结构:分配给 WMUX 的终端与武器相关,分配给 DMUX 的终端与显示相关,EMUX 终端主要控制电子传感器,AMUX 终端主要用于诊断和控制子系统。这种分配是几个功能被区分的一个例子,在单总线系统中不可能做到这一点。然而,终端分配并不是纯粹基于区分功能的目的,本系统采用的这种子系统终端分配情况,还可以防止任何单个的总线带宽的溢出。

多总线结构在实现过程中,每个单独的总线都需要有 BC 的功能,这些单独总线的 BC 功能可以取自同一个物理终端,或者分别取自不同的终端。不管是使用单终端,还是多终端的总线控制,主要都是基于能提供冗余功能和解决易损性问题考虑的。在许多多总线结构中应用了备用 BC,来保证即使主 BC 发生故障时整个总线平台仍能正常工作。

冗余系统的设计是为了在不提高单一部件或系统可靠性的基础上提高整个系统的可靠性,但冗余的余度不是越多越好,除导致系统成本提高外,冗余系统的余度管理会带来额外的系统开销,同时系统也变得更加复杂,并可能引起新的问题。所以实际应用时要根据系统特点和可靠性要求,选择余度方法,进行余度设计。

2.2 余度管理方法

冗余系统的关键是余度管理和调度,1553B 字包括命令字、数据字和状态字 3 类,其余度管理主要是通过编程利用响应的状态字来判断总线和终端的工作状态,并借助方式代码实现总线和终端的余度管理和调度功能。

(1)状态字:状态字^[3]是终端接收 BC 发来的命令后按一定格式要求在规定时间内返回给 BC 的信息,以指明命令执行的结果及终端当前的状态,共 20 位,如表 1 所示。

表 1 状态字定义

位数	功能描述
1-3	同步头
4-8	RT 地址
9	数据字错误标志位
10	测试手段
11	服务请求位
12-14	保留位
15	广播接收位
16	终端总线忙标志位
17	子系统忙标志位
18	动态总线控制接收位
19	终端故障标志位
20	奇偶校验位

余度管理时可以通过状态字的位 9、位 16 来判断终端和总线的当前工作情况,并决定是否切换冗余 RT 和总线;通过状态字的位 18 来决定是否接收备份 BC 的启用;通过状态字的位 19 把 RT 置为故障等,而保留位可编程自定义来协助管理。

(2)方式码:方式码^[3]主要用于多总线冗余硬件的通信管

理及信息流调度,其定义如表 2 所示。通过方式码“00000”与状态字位 18 的配合可以实现冗余总线控制器 BC 的调度管理;通过“00100/00101”可以实现双余度总路线的管理,而通过“10100/10101”则可以实现多余度总线的调度。

由此可见,综合应用状态字和方式码命令,通过编程就可以实现冗余总线、冗余 BC 和冗余 RT 组合而成的冗余系统的管理和调度。

表 2 方式码定义

收发位	方式码	功能
1	00000	动态请求总线控制器
1	00001	同步
1	00010	传上次命令状态字
1	00011	初始化自检
1	00100	关闭冗余总线发送器(双余度总线)
1	00101	重开关闭的冗余总线发送器(双余度总线)
1	01000	复位远程终端
1	10000	发送矢量字
0	10100	选择关闭冗余总线发送器(三余度以上总线)
0	10101	重开关闭的冗余总线发送器(三余度以上总线)

3 仿真实例

某飞行控制系统仿真实验台主要由飞控机、仿真机、航电模拟器等设备组成,航电模拟器主要由两台计算机组成,一台用于模拟总线控制器 BC,管理数据收发,即一方面通过 1553B 与飞控机、惯导模拟转台等相连,负责与飞控机交互;另一方面通过实时网与仿真相连,从仿真机获取飞行参数和当前状态信息;另一台通过以太网负责从 BC 接收数据驱动模拟座舱综合显示系统。

飞行控制系统中飞控机是关键设备,必须冗余以提高可靠性,为模拟实际飞行控制系统工作,实验台飞控机配置也是冗余的,本系统采用 Excalibur Systems 公司的 EXC-1553PCI/MCH 卡及其多端口耦合器实现与飞控机的 1553B 连接。EXC-1553PCI/MCH 卡支持双通道冗余通信,两条数据总线能根据 1553B 的数据管理命令主动地切换,同时也支持根据某总线信息传输的误码率被动地将信息传输切换到另一条备份的总线上。通过编程可指定作为 BC、RT、BM 或 RT/BM4 种工作模式。从结构上看,本系统为双总线双 RT 冗余系统,如图 1 所示。

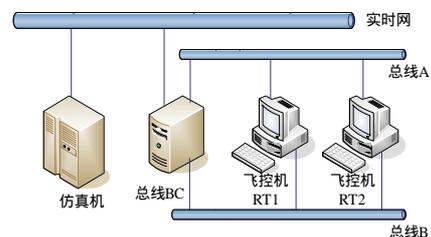


图 1 双总线双 RT 冗余系统结构

3.1 系统加电准备阶段

BC 在加电准备完成后,通过方式命令发送自测试字“10011”确定飞控系统两个 RT 是否已连接到总线并可以开始正常通信。若确认此时飞控系统两个 RT 无法与 BC 进行通信,则继续周期查询两个 RT 状态。

3.2 建立通信阶段

总线控制管理计算机(BC)周期性发送方式命令“10000”查询飞控系统两个 RT 状态,由飞控系统两个 RT 反馈状态字

(下转第 243 页)