

飞行试验中军用 1553B 总线的实时采集技术

李国星, 刘明, 黄如昌

(中国飞行试验研究院, 西安 710089)

摘要: 针对飞行试验中 1553B 总线的实时采集, 提出了一种新型的实时采集方法, 充分利用 DSP 的灵活性和 FPGA 的快速并行性, 构建了一种快速定位的 1553B 总线数据信息的查表机制, 实现将 1553B 总线特定的数据字从总线数据中实时挑选出来, 用于飞行试验的遥测监控; 详细论述了飞行试验 1553B 总线采集的方法与特点, 阐述了 1553B 总线数据快速过滤的方法与实现; 该方法经过实验和飞行试验验证, 不仅可以实现对机载 1553B 总线的数据采集功能, 还可以将需要的 1553B 总线数据字从总线上实时筛选出来, 满足飞行试验的遥测监控需要。

关键词: 1553B 总线标准; 实时采集; 实时过滤; 查表法

Way of Real-time Acquisition 1553B Data in Flight Test

Li Guoxing, Liu Ming, Huang Ruchang

(Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China)

Abstract: Aiming at real-time acquisition of 1553B bus in flight test, the new technique of real-time acquisition is proposed, fully utilizes DSP flexibility and FPGA parallelity, the way of finding the words of 1553B bus data message by look-up table is proposed, in order to data monitoring in flight test. The detailed description is discussed in the acquisition way of 1553B bus, and realization. The way and realization of the rapid filtration about 1553B details is also discussed. It is proved that finishing the function of acquisition 1553B data, also the 1553B words filtering of 1553B bus data message to meet the demand of flight test.

Keywords: 1553B bus standard; real-time acquisition; real-time filtration; look-up table

0 引言

现代飞机内部对各系统及设备之间的数据传输和控制要求越来越高, 促使了航空电子综合化技术的快速发展, 从而使航空电子系统越来越复杂、越来越庞大。为此, 现代飞机大量采用了先进的总线技术, 通过总线连接起航空电子系统中几个到几十个子系统(或终端设备), 以完成各子系统之间的通信和数据交换, 实现各子系统的集中控制和显示。早期的航空数据总线有 RS422、RS485 和 ARINC429 总线等。随着航空电子技术的发展, 航空电子设备间的交联也变得越来越复杂, 出现了与之相应的“联合航空电子系统”, 它通过 1553B 总线将大多数航空电子系统交联起来, 实现了信息的统一调度与管理。1553B 总线是一种时分制指令/响应式多路传输总线, 是美国军方 1978 年为军用飞机、车辆制定的一种总线标准, 由于其传输可靠性、技术成熟和易于扩展等优良特点, 广泛应用各种军用、民用飞机以及船舶领域^[1]。随着航空电子设备的发展, 1553B 总线几乎成为航空电子设备间互联的必选总线。

在飞行试验中, 1553B 总线上有着各种大量的数据信息, 其中有描述飞机状态的参数、有描述动力装置和飞机系统的参数以及航空电子系统内部各种设备的参数, 还有系统内部传输的各种信息。为了考核飞机的性能与指标, 试飞测试系统往往需要实时采集 1553B 总线, 将总线中的关键数据通过遥测链路实时上传。在传统中的 1553B 总线实时采集模块中, 采用分离元器件或者纯 FPGA 逻辑电路实现, 分离元器件电路体积大、功耗大、协议芯片昂贵, 而纯 FPGA 逻辑电路用户可编程的灵活性差。在试飞测试系统的架构下, 基于 DSP 灵活性与 FPGA 的快速并行性, 本文提出了一种 1553B 总线实时采

集技术, 可以将 1553B 总线中的部分数据从 1553B 总线中快速过滤出来, 用于飞行试验的需要。本文将重点阐述试飞 1553B 总线采集技术的特点、方法, 1553B 总线数据的快速过滤的方法与实现。

1 1553B 总线采集的特点与方法

1.1 1553B 总线协议简述

1553B 总线, 采用半双工传输方式, 具有双向传输特性, 采用命令/响应传输协议, 以曼彻斯特 II 型码调制信号, 以屏蔽双绞线为传输介质, 最大传输速率为 1 Mbps^[2]。

通过 1553B 总线, 飞机各子系统可以交联起来, 从而实现各子系统间信息的无缝融合与快速处理, 如图 1 所示。

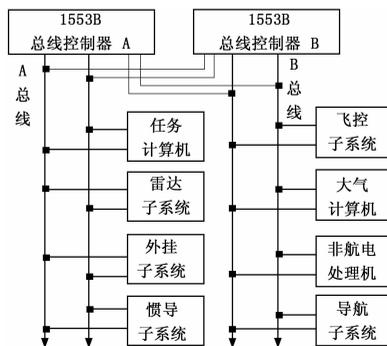


图 1 1553B 总线应用示意图

1553B 总线具有 3 种字格式, 分别为数据字、命令字和状态字。字长均为 20 位: 其中 3 位为同步头, 16 位为信息段, 1 位为奇偶校验位。命令字的 16 位信息段中, 包括 5 位的 RT 地址, 1 位收发标志位和 5 位 RT 子地址及 5 位字数长度; 数据字的 16 位信息段为有效的数据负载; 状态字的 16 位信息段为 5 位 RT 地址、8 位通信状态和 3 位备用^[3]。

1553B 总线具有 10 种消息类型: BC → RT、RT →

收稿日期: 2015-10-27; 修回日期: 2015-11-09。

作者简介: 李国星(1981-), 男, 河南洛阳人, 硕士, 工程师, 主要从事飞行试验、测试系统方向的研究。

BC、RT→RT、不带数据字的方式指令、带数据字的方式指令(发送)、带数据字的方式指令(接收)、BC向各RT的广播(广播接收)、RT→RT广播、不带数据字的广播方式指令、带数据字的广播方式指令^[4-5]。

1.2 1553B总线的测试方法

飞行试验中,1553B总线主要由两种方式,分别为100%采集和实时部分采集。100%采集方式,是对1553B总线上全部信息都进行采集(包括时间间隔),主要用于事后对飞机航电系统进行总体性能评估和分析飞行故障,通常这些信息是不通过遥测实时传输,仅在机上记录,事后分析处理。实时部分采集是从1553B总线上按照事先设定的过滤条件,快速挑选出部分数据,与机载其它被测参数一起进入通用数据采集器,形成综合的PCM数据流,通过遥测传输到地面站进行监控处理。

飞行试验中1553B总线的采集设备,相当于总线系统中一台总线监视器BM作用,即只接收1553B总线信息,而不向总线中发送任何信息,遵循1553B总线标准中关于BM的规定^[6]。

1.3 1553B总线的采集

在飞行试验中,1553B总线采集的工作流程如图2所示。首先,系统通过变压隔离器与1553B总线进行间接物理耦合,并通过物理层协议芯片实现对1553B传输码型的信号解调,解调后的信号送入FPGA逻辑电路中,由内嵌在FPGA内的1553B协议IP实现对1553B总线的消息解析,解析后的数据按照一定的格式暂存在FPGA的RAM中,等待DSP数据过滤程序读取。DSP程序根据1553B配置信息,对FPGA解析出来的消息进行实时过滤,并将过滤结果再次发送至FPGA的输出缓存中,等待采集器背板总线读取。系统采用FPGA技术进行1553B总线的协议转换,避免使用专用的协议芯片。同时,系统采用DSP进行1553B消息的实时过滤,提高了系统工作的灵活性。

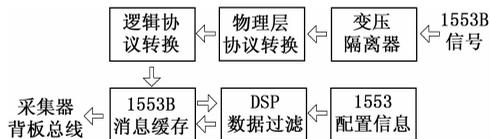


图2 系统工作流程图

2 1553B总线数据实时过滤的方法与实现

2.1 1553B总线数据实时过滤的方法

1553B总线实时数据过滤的方法由循环法和查表法两种。循环法,将实时过滤的条件依次存储在DSP的RAM中,当收到新的数据时,将该数据逐一与存储在RAM中的过滤条件进行比较。若两者相同,则保留数据;否则,丢弃数据。查表法,将每一个过滤条件的值为地址,在RAM中存储判断值,比如“1”(代表过滤条件存在)或者“0”(代表过滤条件不存在)。当收到一新的数据时,以该数据为地址在RAM中寻址,若读取到“1”时,说明该数据符合过滤条件,保留;若读取到“0”,说明该数据不符合过滤条件,丢弃。

循环法占用RAM空间比较小,但是效率低下,适用于1553B配置信息量比较少少的情况;查表法占用RAM空间大,但是效率高,适用于1553B配置信息量比较大的情况。由于飞行试验所要提取的1553B消息数量一般都比较大,本文采用查表法进行1553B数据字的实时过滤。

2.2 1553B总线数据实时过滤的实现

1553B数据字的查表法过滤,需要在DSP外部RAM中按照1553B配置信息构建若干配置表格。这些配置表以1553B消息类

型进行划分,表格1存储BC→RT的配置信息,表格2存储RT→BC的配置信息,表格3存储RT→RT的配置信息,依次类推,表格10存储“带数据字的广播方式指令”的配置信息。根据1553B配置信息,在相应的表格中以配置值作为地址进行写“1”存储,那么没有写入“1”的地址即是没有被配置的1553B信息。如图3所示,当收到一条新的1553B消息时,根据此条消息的类型,映射到某一个配置表格,再取出收到1553B消息的命令字,取出相应的RT号和子地址号,组合为一个新的数据,以这个数据为地址在该表格中寻址,若读取到数据“1”,则保留该数据,若读取到数据为非“1”,则丢弃该数据。

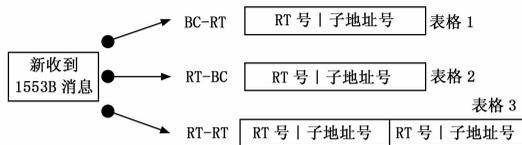


图3 1553B消息过滤的查表机制

过滤后的1553B数据字符合1553B的配置,最终按照特定的格式与序列存储在FPGA的双口RAM内,等待采集器背板总线读取。

3 实验

为了验证该方法的有效性,开展了实验室验证和飞行试验验证。一方面,实验室验证通过1553B总线信号源为采用该方法而研制的1553B总线采集板卡传送总线数据,并根据需要设定特定的1553B总线数据字作为过滤条件,通过计算机软件实时观察过滤结果,并计算机数据延迟量。根据验证结果,该方法可以实现1553B总线的数据字过滤;另一方面,开展了必要的飞行试验验证,将根据此方法而研制的1553B总线采集板卡与采集器一起安装在飞机中,以便采集机载1553B总线数据。预先在1553B总线采集板卡中设定需要的1553B总线数据字。飞行试验后,将这些采集到的数据与机载数据源进行对比,从而验证该方法的有效性性与实用性。经飞行试验验证,该方法可以将机载1553B总线的数据字按照特定的条件过滤出来,满足飞行试验的需要。

4 结束语

针对飞行试验中1553B总线数据实时采集,基于FPGA和DSP技术,本文提出了一种快速、灵活的1553B实时采集技术,详细论述了飞行试验中1553B总线采集特点与方法,阐述了1553B总线数据的快速过滤方法与实现。根据此技术方法而研制的1553B总线采集板卡,不仅可以实时采集1553B总线,还可以对1553B总线中的部分数据进行实时过滤,可以满足飞行试验的工程需要。

参考文献:

- [1] 李鹏,郑宾.基于FPGA的MIL-STD-1553B总线控制器的设计[J].电脑知识与技术,2012,8(1):112-114.
- [2] 徐贵贤.1553B总线简介及其实现[J].通信技术,2011,44(5):166-168.
- [3] 赵爽.通用1553B总线消息解析软件的设计与实现[J].电子测量技术,2010,33(1):78-81.
- [4] 张豫榕.1553B总线原理及其应用[J].现代电子工程,2004(4):27-28.
- [5] 卢虎.1553B总线接口通用测试系统设计与实现[J].电子测量技术,2008,31(6):76-78.
- [6] 臧佳.基于SOPC的1553B通信系统设计[J].计算机测量与控制,2011,19(11):2831-2833.