

联合式航空电子综合 1553B 总线仿真测试研究

杨笃伟, 周建中

(华中科技大学, 湖北 武汉 430034)

摘要: 对现役飞机的联合式航空电子综合进行了系统分析, 提出了基于 ICD 库控制的总线仿真测试方法, 从而为新机航电综合实验室建设和各类型测控系统的设计提供了简单有效和降低成本的测试方法。

关键词: 航电综合; 1553B 总线; 拓扑结构; ICD 数据库

中图分类号: TP393

文献标识码: A

Study of united combined-avionics emulational testing based on 1553B

YANG Du Wei, ZHOU Jian Zhong

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430034, China)

Abstract: The united combined-avionics in servicing aircrafts is analysed in this paper. The 1553B emulational testing method is put forward based on ICD databank. This method is effective and cheap for building combined avionics laboratory and projecting testing system.

Key words: combined avionics; 1553B bus; logic structure; ICD databank

随着大规模集成电路和计算机技术迅猛发展, 飞机上出现了越来越多的航空电子系统, 它们都具有从传感器、信号采集、信号处理到信息显示与控制一套完整和独立的功能。向飞机平台和各系统提供飞行控制、飞机姿态和导航信息等一系列参数。在现役的三代飞机上, 航空电子系统已与飞机平台、机载武器平台一起作为衡量现代军用飞机作战性能的三要素。可以预见, 今后其功能还会不断扩大。

航空电子综合是飞机电子系统有效综合的技术, 它采用系统工程的方法, 将飞机上通信、导航、电子对抗、任务管理和飞行控制等诸多电子设备, 通过机载计算机网络和控制软硬件综合联系到一起, 以达到资源共享的目的, 为飞机性能大幅提升和降低成本带来保证。目前, 所有飞机上的航空电子综合都采用模块化的开放式结构。因此, 利用有效手段模拟仿真飞机上航空电子综合的真实环境, 对飞机的设计论证、性能验证和测控系统研制具有极其重要的意义, 也是该领域的发展方向之一。

1 航空电子综合的拓扑结构

航空电子综合的拓扑结构代表了航空电子设备之间的交联方式, 也比较具体地反映了设备之间的资源调度和控制方式。因此, 分析拓扑结构, 是航空电子综合环

境仿真与调试验证的基础。迄今为止的数十年发展过程中, 航空电子系统经历了分立式、联合式和综合式 3 个阶段。

分立式航空电子系统突出特点是每个航空电子设备都有其独立的传感器、数据采集与处理和数据分配单元, 各设备之间资源调度不成体系, 没有统一标准, 导致系统的控制复杂, 影响飞机效能的充分发挥。

20 世纪 70 年代美国提出了“数字式航空电子信息系统 DAIS”, 即联合式航空电子系统。该系统机载电子设备子系统之间通过标准的网络式数据总线互连, 目前应用极为普遍的是军用 1553B 总线, 实现了设备之间的信息和资源共享, 并且大大简化了设备之间的连接, 减小了系统综合的复杂程度和电缆重量。通信、导航和飞行控制等功能子系统内的信息处理和操作由标准的机载计算机完成, 各个子系统都作为功能部件连接到多路总线上, 同时各子系统又是独立的计算机系统, 既可作为主总线的功能 I/O, 又可组织更低一层的分立式信息, 显示和控制的信息通过数据总线与各子系统进行交换, 所有信息都由 1 个平显和多个多功能显示器显示。飞机、武器系统及机载传感器主要由综合的操纵杆和油门杆、以及多功能显示器的周边键进行联合控制, 从而

技术与方法 Technique and Method

实现了综合显示与控制。联合式航空电子系统是现役飞机的主流,广泛装备于F-16等三代飞机上,其典型结构如图1所示。

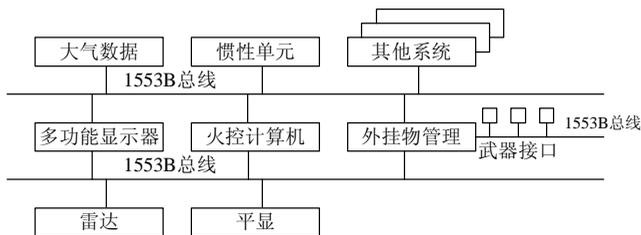


图1 联合式航空电子系统

2 基于ICD数据库的仿真测试

通过联合式航空电子系统拓扑结构分析可以得出,各航空电子设备通过主总线1553B互连,各子系统可以当作1553B网络总线的节点来看待。即如果用模块化的通信单元取代各功能子系统,该通信单元能实时、正确地模拟仿真各功能子系统与总线的信息交换,真实建立航空电子综合的仿真测试环境,目前在飞机设计、验证和应用阶段就采用了这种方法。

基于总线的航空电子系统仿真测试方法分为2种模式。(1)从总线节点的底层开发做起,对每一个子系统的信息采集与处理、数据的格式转换与输出控制进行具体分析,并对底层资源进行针对性调试,这种模式便于开发,周期很短,但缺点也十分明显。效率较低、系统不具备开放性和通用性。当测试需求发生变化时无法根据需要增加、调整系统资源,测试系统软硬件结构不清晰,调试程序可读性差,给系统的修改、维护造成了极大困难。(2)基于ICD的数据总线测试模式,有效克服了第1种模式的不足,已成为数据总线测试的发展方向。这种模式通过编制详尽的子系统硬件和软件接口控制文档数据库,将网络节点物理层等底层资源控制交给专业计算机人员完成,对应用层等开发进行了统一格式管理,这样对缺少与计算机I/O国际标准定义的公司1553B板卡控制来说就很方便,不必考虑其具体形式的底层资源,同时具有广泛的通用性和开放性特征。当测试需求发生变化时,只需根据统一格式修改ICD文件就能达到资源扩充的目的。

在广泛的ICD总线测试模式实际应用中还涉及了以下几个特点:(1)如果以ICD方式进行,当用具体子系统设备取代模块化通信单元时,可对具体子系统设备进行调试而不影响综合系统的集成环境;(2)各个具体子系统或通信单元既可作为1553B网络总线的节点,同时又具有数据组织和控制功能,现役飞机绝大部分为MIL-STD-1553B数据和ARINC429数据可对机载电子设备的各种类型数据进行处理。

2.1 1553B总线协议

1553B总线的信号传输速率为1 Mb/s,采用曼彻斯特II型双向电平码,可提供最多31个通信终端的总线

型互连,使用屏蔽双绞线为传输介质,电缆两端由与其传输阻抗相匹配的电阻器进行端接,远程终端经由变压器耦合方式短截线连接到主总线。

1553B总线定义了指令字、数据字及状态字3种字格式,每个字为20 bit,包括3 bit同步头、16 bit信息及1 bit奇偶校验,如图2所示。



图2 MIL-STD-1553B总线字格式

指令字是由BC发出的控制RT操作的命令字。它由同步头、远程终端地址字段、发送/接收位T/R、子地址/方式字段、奇偶校验位P组成。

数据字由同步头、数据字段和奇偶校验位组成。同步头为3 bit时,与指令字同步头的波形反相,同步头之后的16 bit是数据内容,最后1 bit为奇偶校验位。

状态字是由接收到指令字的RT发出,表示数据传输及RT状况的响应字。由同步头、远程终端地址字段、消息差错位、测试手段位、服务请求位和备用位等组成,其中同步头和奇偶校验位与指令字的对应位相同。

1553B总线上的数据传输是以消息形式进行的,分为数据传输、方式控制和广播消息3类,包括BC~RT、RT~BC和RT~RT等10种交互形式。

2.2 ICD数据库的设计

针对飞机型号或测控系统的特殊要求,由专业人员和计算机人员配合设计与总线仿真测试系统联接很好的总线ICD数据库,进行总线调试时,直接把要调试的参数通过总线仿真测试卡与总线ICD库对应,就能自动进行对系统资源的控制,实施1553B数据流传输。ICD数据库是一种逻辑电子数据库,在此库中所有总线系统的数据定义都按一定规则存储,包括系统的逻辑控制、物理量的意义、比例关系、物理量的单位、有无符号位、编码形式、故障代码等相关信息,编码根据需求从1个到几十个字节。

基于ICD的数据总线调试系统分为硬件ICD和软件ICD,整个调试系统以ICD数据库为核心,向上对局部网络总线通信的应用层开发数据翻译、显示、网络转发、总线控制等模块;向下对底层物理层等开发数据采集、数据块和RT地址映射等模块,整个ICD库由专用可编程数据库管理工具统一管理,其功能如图3所示。

2.3 联合式航空电子综合仿真测试

基本设计思路是用具有BC/RT/BM功能的31个仿真能力的1553B总线仿真测试卡,与对应的多台控制计算机进行功能子系统数据的集中采集和总线数据格式

技术与方法 Technique and Method

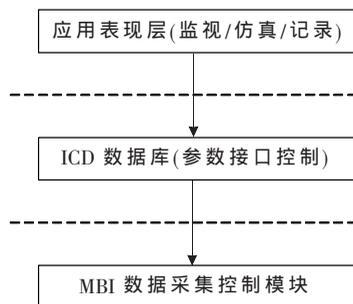


图3 ICD 数据库功能

转换。计算机作为网络节点具有联合式方式,从而组成高度仿真的测试系统硬件环境。其中,各计算机配合总线板卡可以进行数据的仿真、采集、记录、网络总线数据发送、总线系统状态的监控、总线负载的测量。由于各总线

节点可以独立仿真,因此这种综合仿真测试系统可以真实模拟 1 个 BC 和多个静态 RT 的实时系统,对联合式航空电子系统进行综合调试。

这种测试模式的优点在于:(1)能够实时采集不同总线的所有数据,并通过网络将采集到的数据广播到其他节点上;(2)可随时根据 1 个或多个已定义好的数据块号,从数据库中把相关的逻辑含义读到控制程序中,当从 1553B MBI 板卡采到数据时便可自动依照逻辑含义进行解释处理,结果传输给显示模块;(3)总线节点具有数据采集和处理的完全存储功能,对控制信息、数据信息和状态信息进行模块管理。

3 ICD 库总线测试的要求

3.1 实时性数据传输控制

MIL-STD-1553B 总线是半双工方式的串行异步通信,是维系航空电子设备间协调工作的数据平台。因此,必须考虑数据的综合调度与分配和数据的同步,解决的方式是按固定的数据传输时间表工作,即周期性地安排数据传输,需要根据数据通信任务的最大和最小发送周期以及允许的传输延迟来确定时间表的安排,控制原则是消息传输过程中数据刷新率最低的设为大周期(称为大帧);消息传输过程中数据刷新率最高的设为小周期(称为小帧)。在 1 个大周期内,所有周期性的传输至少发生 1 次。为了设计方便,大周期通常被分为 2^N 个小周期,当周期性的消息传输完成后,在总线的空余时间进行非周期消息或临时消息传递,考虑到总线负载的均匀分布,每个小周期安排总的消息传输量应该是相当的,其控制方式如图 4 所示。

3.2 总线负载

联合式总线控制一般采用基带传输方式,总线负载

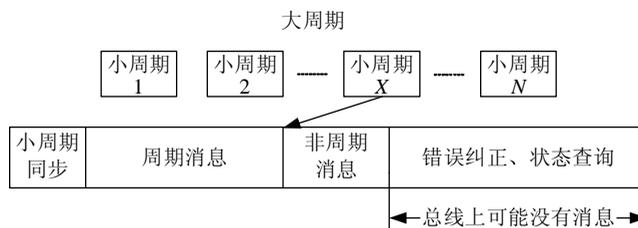


图4 总线消息的周期控制方式

描述了承担的数据传输量,它是一段时间内总线传输活动时间与这段时间的比值,一般用百分率表示。总线负载反映了数据总线的传输总能力的利用率,是衡量总线效率和总线系统设计合理性的重要因素。由于总线系统大体上是按大周期循环进行数据传输的,因此,在实际计算总线负载时取大周期为基本时间段。

在实际测试系统设计时,要求总线负载不超过 50%,为系统的扩展留出余地,同时可以充分考虑突发性的消息重试、故障恢复和总线控制权的切换等因素。

在院校新机教学实验室建设和工厂各类型测试系统研制过程中,利用本文研究的方法,重点搭建基于 ICD 库方式的总线仿真调试环境,对联合式航空电子综合进行了高度仿真实装环境的动态调试,为分析航空电子设备系统机理和故障模式等因素提供了基础平台。实践证明,这种调试方式符合国际发展趋势,具有良好地推广应用前景。

参考文献

- [1] MIL-STD-1553B 飞机内部时分制指令/响应式多路传输数据总线[S].美国军用标准,1978.
- [2] 熊华刚,王中华.先进航空电子综合技术[M].北京:国防工业出版社,2009.
- [3] 支超有.机载数据总线技术及其应用[M].北京:国防工业出版社,2009.
- [4] 罗志强.航空电子综合化系统[M].北京:北京航空航天大学出版社,1990.
- [5] 王勇,史军勇.机载计算机总线技术[M].西安:空军工程大学工程学院,2005.

(收稿日期:2009-07-03)

作者简介:

杨笃伟,男,1968年生,副教授,主要研究方向:航空信息领域的应用。