

Mil-Std-1553 总线协议应用分析

常于敏 李新民 张志平

(中国航空计算技术研究所, 陕西 西安 710119)

【摘要】 MIL-STD-1553总线, 又称1553总线, 已在军事和航空等多个领域获得广泛应用。这一标准由美国军方专为飞机设备间的信息传输而制定, 因其高度可靠性和稳定性, 现已扩展至石油等其他工业领域。本文就Mil-Std-1553总线协议进行概述, 介绍MIL-STD-1553B总线的发展及其在航空领域的应用情况, 最后就1553B总线在机载雷达中的应用进行探究, 为更好地把握Mil-Std-1553总线协议应用思路和方法提供参考。

【关键词】 Mil-Std-1553; 1553B; 总线协议; 应用

前言

1553总线是一种公认的数据总线标准, 具备双向输出特性, 实时性强且非常可靠。正因如此, 它不仅被广泛应用于陆军、空军、海军装备, 还进入了国际空间站等航空领域。我国也于1987年制定了相应的军标, 显示出该总线标准的重要性和广泛应用。随着国内通讯和计算机技术的飞速发展, 各种电子设备在飞机、船舶、车辆等机动平台上得到了更为复杂和多样化的应用。近年来, 这一标准还开始逐渐渗透到其他工业领域, 显示出其强大的生命力和广泛的应用前景。

一、MIL-STD-1553B总线协议分析

(一) 1553B总线系统组成

1553B总线, 即数字式时分制指令/响应型多路传输数据总线, 主要包含数据总线与与子系统相连接的终端接口^[1]。这一构造可以参考图1进行理解。此总线通过分时传输(TDM)机制, 使得系统中任意两个终端能够相互交换信息。终端在这里起到了数据总线与子系统之间的电子接口作用, 而根据其功能, 终端可以被分类为总线控制器(BC)、远程终端(RT)以及总线监控器(BM)^[2]。如下图1所示, 为1553B总线系统组成:

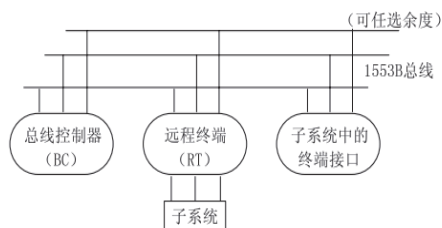


图1 1553B总线系统组成

总线控制器(BC)在1553B总线中扮演着核心角

色, 它负责控制和管理整个总线系统, 并且是信息传输动作的发起者。在任何给定的时间点, 总线上只能有一个总线控制器存在。它的职责包括发送命令、参与数据传输、接收状态响应以及对总线系统进行检测。远程终端(RT)则是对来自总线控制器的有效命令进行响应, 它会发送状态字以完成相应的操作。而总线监视器(BM)的任务是监听并记录总线上传输的命令和数据, 它受到总线控制器的控制, 但并不直接参与任何总线传输活动^[3]。

(二) 1553B总线的传输协议

在1553B总线上, 信息是以消息(Message)的形式进行传输的, 这些消息被调制成曼彻斯特码进行传送。每个消息最多可以由32个字组成, 这些字被分为三类: 命令字、数据字和状态字。每一类的字长都是由20位(bit)构成, 其中前3位是单字的同步字头, 有效的信息部分占据16位, 而最后一位则是用于奇偶校验。这16位的有效信息和奇偶校验位在总线上以曼彻斯特码的形式传输, 每一位的传输时间为1秒(即码速率为1MHz), 可以参考图2进行理解。

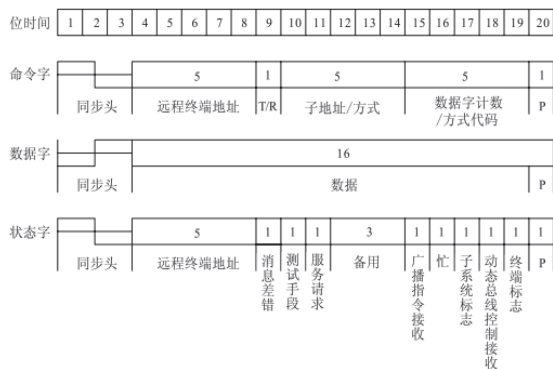


图2 命令字、数据字和状态字的定义

在图2中, 我们可以看到命令字的16位有效信息依次包括5位RT地址、1位RT端收发标志位、5位RT子地址/方式代码、5位数据字计数/方式代码。数据字的16位有效信息则是实际传输的数据内容。状态字的16位有效信息包含5位本RT端地址、8位指示通信状态和RT端及其子系统状态的信息位, 以及3位备用位。命令字由总线控制器(BC)发出, 而状态字则由被寻址的远程终端(RT)发出以回应总线控制器(BC)。命令字和状态字的同步头是相同的, 都包含1个半比特位的高电平和1个半比特位的低电平。而数据字的同步头则与它们相反, 是先低电平后高电平, 以便进行区分^[5]。

(三) 1553B总线的消息格式

一条1553B总线上的信息是由一个或多个字组成的, 并且至少包含一个命令字。除了个别特定方式的命令之外, 所有的信息都至少包含一个数据字, 并且这个数据字可能是32位的。这些信息被整数信息间断所分隔开, 这个间断的范围是从前一个信息的最后一位中位归零交叉点到下一个命令同步字的中位归零交叉点。1553B总线共定义了10种不同的消息格式, 包括从总线控制器(BC)到远程终端(RT)、从远程终端(RT)到总线控制器(BC)、远程终端(RT)之间的通信、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)、控制器向所有远程终端的广播、远程终端之间的广播、不带数据字的广播方式指令以及带数据字的广播方式指令^[6]。前六种消息格式可以在总线控制器的直接控制下进行传输, 而后四种则是广播消息类型(这种类型不需要确认接收端的状态, 因此传输效率较高, 但相应的可靠性可能较低)。

二、1553B总线在机载雷达中的应用

(一) 系统配置

鉴于机载设备的独特性, 航空电子系统选用了共享总线的架构。该架构通过一条公共的1553B总线, 将雷达的各个分机连接在一起。此外, 系统还采用了公共的显示器和操纵仪, 同时能够共享某些传感器信息。这些信息在传输到总线供其他子系统使用之前, 会先经由连接的计算机进行处理和简化。

此系统设计中, 多采用了分布式航空电子系

统结构, 其中双余度的1553B总线起到相互备份的作用^[7]。该结构分为上下两层, 上层为航空电子总线, 下层则为雷达内总线。每一个节点都独立构成一个子系统, 完成各自的功能, 但同时, 这些子系统之间又存在着一定的数据相关性。如, 显示控制综合系统的主要职责是接收飞行员的命令, 并将这些命令转换成特定的格式, 然后通过总线发送给各个子系统。另外, 大气数据计算机采集传感器的信号并进行处理, 处理后的数据会通过总线发送给火控计算机进行火控计算, 并同时传输到显示控制处理器进行显示。RDSP作为雷达信号数据处理机, 主要负责接收DCSS发出的各种控制命令, 并将这些命令转发给雷达的各个单元。RDSP内部包含了两块MBI接口板, 其中MBI1作为上层航空电子系统的接口单元, 负责实现航空电子系统与雷达总线及接口之间的数据传输任务^[8]。而MBI0则负责雷达内部各分机间的通讯。雷达发射机和接收机都作为雷达内总线的远程终端, 它们共享MBI板上的CPU, 并接收MBIO的控制。

(二) 通信机构

为了满足航空电子系统对雷达子系统的特定需求, 设计了以下系统通信架构:

1. 应用层, 它位于整个架构的最顶层, 主要处理管理功能, 如启动、维护、重构以及终止总线通信等。同时, 它还负责表达功能, 即对所交换数据的意义进行解释, 核实、标度并格式化字及消息。

2. 驱动层, 为应用层和较低的层级提供软件接口。这些较低的层级在MBI卡(多路总线接口)中执行。而应用层和驱动层则在宿主计算机(包括CPU和存储卡)的软件中运行。

3. 传输层, 它控制着航空电子多路总线上的通信, 这一层主要在作为总线控制器的MBI卡中执行。其核心任务是规定在物理层上每个消息的访问顺序。此外, 传输层还负责故障处理、主备总线通道间的切换以及同步等功能。

4. 数据链层。负责则控制着每条消息的传输顺序, 并在MBI卡中实现。数据链层遵循的是一个命令/响应协议。

5. 物理层, 它处理在物理介质上的位流传输, 并确保只有满足特定物理传输特性的信号才能被传送到数据链层。

三、总线通讯协议

在进行1553B总线通讯时，必须遵循确定的规则，确保信息的正确传输。这些规则被统称为通信协议，它明确规定了信息的传输格式、内容解读方式和传输方法。

（一）1553B总线终端

在1553B总线上，每个连接的计算机结点都被称为终端，且有三种类型：总线控制器BC、远程终端RT以及总线监控器BM。每种终端都有一个独特的总线地址。在任何给定时刻，只能有一个终端以总线控制器的方式运作。

1553B总线支持多种存取协议，如静态存取、动态存取和ISBC协议。在本系统中，结合ISBC协议与周期调度。ISBC的作用是改进静态总线控制，其核心在于总线控制器是固定的，并且只有当数据块内容更新时，才会组织相应的数据传输。

总线控制器BC的主要职责是控制和管理总线，通过“总线指令”来组织每一次的信息传输。在此系统中，DCSS作为上层总线的控制器，而RDSP则同时作为雷达内总线的BC和上层航空电子系统的RT。对于BC发出的总线指令，系统会用“状态字”进行响应。

（二）总线通讯的核心-1553B接口板

1553B接口板，作为总线通讯的核心部分，采用了一体化的设计方法，并具备双重功能。根据其运行的程序不同，它可以以主动或从动方式工作。其主要任务是遵循1553B协议，将宿主机发送的数据转化为1553B的信息格式并发送到总线上。同时，它还负责监测总线上的传输信息，将特定的信息转化为宿主机可以识别的数据格式，并存储在公共存储器中，然后通知宿主机进行提取。

（三）1553B的信息格式

根据MIL-STD-1553B总线标准，总线上存在一个主结点，即总线控制器。只有当主结点向某个从属结点发出总线指令后，该从属结点才能进行数据传输。这些指令包括发送指令、接收指令和方式指令，分别用于命令从属节点进行发送、接收或执行方式指令所指定的动作。主结点会通过检查从属结点回应的状态字来验证传输是否成功。总线上的信息是以消息的形式，经过曼彻斯特码调制后进行传输的。每条消息都由指令字、

数据字和状态字组成。

结语

本文对MIL-STD-1553B总线协议发展及其在航空领域的应用情况进行了说明，对1553B总线协议进行解析，并对其在机载雷达中的具体应用进行探究，旨在为有效把握MIL-STD-1553B总线协议技术原理和应用方案提供思路。

参考文献：

- [1]LIU TIANMING.CAN Bus Application Layer Protocol Design for Space Manipulator Communication System[C].//2017 IEEE 2nd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC 2017) (2017 IEEE 第2届先进信息技术、电子与自动化控制国际会议) 论文集.2017: 1627-1630.
- [2]CARSTENSEN, CHRISTOPH, CHRISTEN, ROLF, VOLLENWEIDER, HANNES, et al. A converter control field bus protocol for power electronic systems with a synchronization accuracy of $\pm 5\text{ns}$ [C].//2015 17th European Conference on Power Electronics and Applications: 2015 17th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE 15-ECCE Europe), 8-10 September 2015, Geneva, Switzerland.Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2015: 1-10.
- [3]段曙凯, 魏士皓, 范玲.一种针对不同总线协议测试设备通信的通用ICD设计[J].测控技术, 2022, 41 (10): 89-93+106.
- [4]张佳.基于DSP的MIL-STD-155总线测试系统设计[J].自动化与仪表, 2020, 35 (05): 61-66.
- [5]耿嘉宇.1553总线协议分析及在随钻系统中的应用[J].化工管理, 2015, (16): 93-94.
- [6]张惠宇宸, 王晓曼, 刘鹏, 仵宗钦, 叶琳琳, 张立媛.基于FPGA的1553总线的接口设计[J].吉林大学学报(信息科学版), 2015, 33 (02): 125-131.
- [7]喜珣.MIL-STD-1553总线在ARM中的实现[J].电子测量技术, 2013, 36 (09): 60-64.
- [8]杨现萍, 段亚.FC-AE-1553总线数据处理技术研究[J].现代电子技术, 2011, 34 (12): 29-32.