

MIL-STD-1553B/GJB289-87 总线简介

飞机内部时分制指令/响应式多路传输数据总线

Aircraft internal time division command/response multiplex data bus

一、1553B 总线诞生的背景

在 20 世纪 60 年代以前,飞机机载电子系统没有标准的通用数据通道,各个电子设备单元之间连接往往需要大量的电缆。随着机载电子系统的不断复杂化,这种通信方式所用的电缆将会占用很大的空间和重量,而且对传输线的定义和测试也较为复杂,费用较高。为了解决这一问题,美国 SAE A2K 委员会在军方和工业界的支持下于 1968 年决定开发标准的信号多路传输系统,并于 1973 年公布了 MIL-STD-1553 标准。1973 年的 1553B 多路传输数据总线成为了未来军机将采用的技术,它取代了在传感器、计算机、指示器和其他飞机设备间传递数据的庞大设备,大大减少了飞机重量,并且使用简单、灵活,此标准的修订本于 1978 年公布,即 MIL-STD-1553 标准。1980 年,美国空军又对该标准作了局部修改和补充。该标准作为美国国防部武器系统集成和标准化管理的基础之一,被广泛的用于飞机综合航电系统、外挂物管理与集成系统,并逐步扩展到飞行控制等系统及坦克、舰船、航天等领域。它最初由美国空军用于飞机航空电子系统,目前已广泛应用于美国和欧洲海、陆、空三军,而且正在成为一种国际标准。我国于 1987 年颁布了相应的军标 GJB289。

二、1553B 总线的特点

1553B 总线是 MIL-STD-1553 总线的简称,MIL-STD-1553 总线是飞机内部时分制命令/响应式多路复用数据总线。1553B 总线能挂 31 个远置终端,1553B 总线采用指令/响应型通信协议,它有三种终端类型:总线控制器(BC)、远程终端(RT)和总线监视器(BM);信息格式有 BC 到 RT、RT 到 BC、RT 到 RT、广播方式和系统控制方式;传输媒介为屏蔽双绞线,1553B 总线耦合方式有直接耦合和变压器耦合;1553B 总线为多元余度总线型拓扑结构,具有双向传输特性,其传输速度为 1Mbps,传输方式为半双工方式,采用曼彻斯特码进行编码传输。综合起来 1553B 总线有以下几个特点:

1、实时性好,1553B 总线的数据传输率为 1Mbps,每条消息最多包含 32 个字,传输一个固定不变的消息所需时间短。数据传输速率比一般的通讯网高。

2、合理的差错控制措施和特有的方式命令,为确保数据传输的完整性,1553B 采用了合理的差错控制措施——反馈重传纠错方法。当 BC 向某一 RT 发出一个命令或发送一个消息时,终端应在给定的响应时间内发回一个状态字,如果传输的消息有错,终端就拒绝发回状态字,由此报告上次消息传输无效。而特有的方式命令不仅使系统能完成数据通讯控制任务,还能检查故障情况并完成容错管理功能。

3、总线效率高,总线形式的拓扑结构对总线效率的要求比较高,为此 1553B 对涉及总线效率指标的某些强制性要求如命令响应时间、消息间隔时间以及每次消息传输的最大和最小数据块的长度都有严格限制。

4、具有命令/响应以及“广播”通讯方式,BC 能够以“广播”方式向所有 RT 发送一个时间同步消息,这样总线上的所有消息传输都由总线控制器发出的指令来控制,相关终端

对指令应给予响应并执行操作。这种方式非常适合集中控制的分布式处理系统。但 1553B 总线价格高昂，限制了它在工业领域的普遍性应用。

三、1553B 总线消息传输机制

1553B 总线上的信息是以消息(Message)的形式调制成曼彻斯特码进行传输的。每条消息最长由 32 个字组成，所有的字分为三类:命令字、数据字和状态字。每类字的长度为 20 位，有效信息位是 16 位，每个字的前 3 位为单字的同步字头，而最后 1 位是奇偶校验位。有效信息(16 位)及奇偶校验位在总线上以曼彻斯特码的形式进行传输，传输一位的时间为 1 S(即码速率为 1MHz)。同步字头占 3 位，先正后负为命令字和状态字，先负后正为数据字。

在这三种类型的字中，命令字位于每条消息的起始部分，其内容规定了该次传输的具体要求。状态字只能由 RT 发出，它的内容代表 RT 对 BC 发出的有效命令的反馈。BC 可以根据状态字的内容来决定下一步采取什么样的操作。数据字既可以由 BC 传输到某 RT，也可以从某 RT 传输至 BC，或者从某 RT 传输到另一 RT，它的内容代表传输的数据。

1553B 总线上消息传输的过程是:总线控制器向某一终端发布一个接收/发送指令，终端在给定的响应时间范围内发回一个状态字并执行消息的接收/发送。BC 通过验收 RT 回答的状态字来检验传输是否成功并做后续的操作。

消息是构成 1553B 总线通讯的基本单位，如果需要完成一定的功能，就要将多个消息组织起来，形成一个新的结构叫做帧(Frame)。完成一个消息的时间称为消息时间，两个消息之间的间隔称为消息间隔时间，完成一个帧的时间称为帧时间。在实际应用中这三种时间都是可以通过编程设置的。

四、MIL-STD-1553B 总线的优点

1、线性局域网络结构。合理的拓扑结构使得 1553B 总线成为航空系统或地面车辆系统中分布式设备的理想连接方式。与点对点连接相比，它减少了所需电缆、所需空间和系统的重量。便于维护，易于增加或删除节点，提高设计灵活性。

2、冗余容错能力。由于其固有的双通道设计，1553B 总线通过在两个通道间自动切换来获得冗余容错能力，提高可靠性。通道的自动切换对软件透明。

3、支持“哑”节点和“智能”节点。1553B 总线支持非智能的远程终端。这种远程终端提供与传感器和激励器的连接接口。十分适合智能中央处理模块和分布式从属设备的连接。

4、高水平的电器保障性能 由于采用了电气屏蔽和总线耦合方式，每个节点都能够安全地与网络隔离；减少了潜在的损坏计算机等设备的可能性。

5、良好的器件可用性。1553B 总线器件的制造工艺满足了大范围温度变化以及军标的要求。器件的商品化使得 1553B 总线得以广泛地应用在苛刻环境的项目当中。

6、保证了的实时可确定性。1553B 总线的命令/响应的协议方式保证了实时的可确定性。这可能是大多数系统设计者在设计使命关键系统中选择 1553B 总线的最主要的原因。

五、1553B 总线在武器通信中的应用

基于军事上的需要,现在武器上的电子设备不断增加,如何将电子设备加以有效的综合,从而使之达到资源和功能的综合已成为武器发展的必然要求。武器综合电子系统的基础就是采用数据总线结构,利用数据总线使处理机(包括硬件和软件)、信息传输以及控制显示 3 个分系统为各种任务所共用。这样就具有以下优点:减少武器设备体积和重量,提高武器系统可靠性,降低成本,提高检测精度等。现代武器对本身通信系统的要求一般有以下几点:

- 1、能有效实现各子系统之间的数据传输,且满足特定的通信特性;
- 2、通信子系统相对独立地工作,对应用软件尽可能透明,且占用主机的时间尽可能少。
- 3、通信系统灵活,易于修改。
- 4、通信子系统具有较强的抗干扰能力。

而 1553B 总线的优良性能恰好能满足上面几点要求,从而使其在现代武器系统中得到了越来越多的重视,从近几年正鸿航科为诸多航空、兵器及中船单位开发的由基于 ISA、PC104、PCI、CPCI/PXI 到 USB2.0、VME 等计算机总线下的 1553B 总线接口模块及测试系统来看,1553B 总线的应用已由原航空电子系统拓展至车载、舰载等战车、舰船武器平台的电子系统中,并且其应用越来越广泛。

航空电子系统通常包括十多个机载计算机子系统,如何有效的实现各子系统之间的数据通信对整个航空系统的成败无疑起着关键性的作用。自 1973 年美国公布了军用标准 MIL-STD-1553B 总线后,它就迅速的被应用于空军,在 F-16、F-18、B-1 和 AV-8B 等多种飞机上得到应用。

目前世界上可以作为军用标准和专门的舰用战术数据总线有许多种,但使用的最多的还是当推美国的 MIL-STD-1553B。1553B 的传输介质有同轴电缆、屏蔽双绞线、光缆等,通过变压器耦合或直接耦合方式把终端耦合到总线上。这种数据总线的传输速率、传输距离、远程终端数,能较好的满足各类中小型舰艇以及潜艇系统通信的要求,故应用十分普及。

军用车辆及各类战车作为陆军地面武器的作战平台,经常工作在强振动、高噪音、粉尘多,温度变化大的恶劣环境中。因此,其内部电子设备间的数据通信要求通过严格的故障检测,以达到较高的可靠性、残存性和容错能力。在实时性方面,动力系统一体化控制要分别对发动机和变速器进行控制,二者之间的数据通信要求一条消息的最大响应时间一般极短,这样才能实现对发动机和变速器的实时控制,从而提高整个动力系统的综合性能。此外,还有一些对数据通信的特殊要求,如协议简单性、短帧信息传输、信息交换的频繁性、网络负载的稳定性、高安全性和性价比高等。1553B 总线具有很高的可靠性和很好的实时性,对于动力传动一体化控制这种数据通信种类多、数据量大、实时性要求较高、网络节点少的系统,1553B 总线比现有的绝大多数总线具有更多的性能优势。

六、1553B 总线在武器通信系统应用中的关键技术:

1、总线接口硬件和软件设计。采用接口卡或接口控制器形式与武器各子系统的硬件连接。同时,需要编写相应的通信控制软件,包括传输层软件和驱动层软件,通过信息和资源的共享,按照武器的作战目标,在应用层上真正实现功能的综合。

2、接口控制文件(Interface Control Document 缩写 ICD)。ICD 由通过 1553B 数据总线

在武器各电子设备之间互联的接口信号组成。根据武器的控制策略和控制目标，必须编写符合要求的 ICD 文件，确定总线上传输的周期性数据和随机数据。只有这样才能确定数据流之间的相互关系，高效率的实现功能的综合，有效提升武器的作战性能。

3、总线表。总线表是指一个周期内所有可能传输的总线命令集。根据武器平台的控制要求，确定一个周期内传输的命令和消息队列，按照大小周期划分时间片，对消息队列进行排序和优化，使总线负载达到平衡，提高总线的利用率和数据传输的实时性。

2008.7.16 研发部资料