

## 军用车辆常用数据总线性能比较及发展趋势

庞 茂,吴瑞明,杨礼康

(浙江科技学院 机械与汽车工程学院, 杭州 310023)

**摘 要:** 介绍了军用车辆常用数据总线——CAN总线、1553B总线及MIC总线的体系结构,对其实时性、可靠性、经济性等指标进行了比较,分析了各自的应用场合及发展趋势。结果表明,CAN、1553B和MIC三种总线均具有传输速度快、可靠性高、实时性好等特点;CAN总线因其技术开放性和较高的性价比,获得了比MIC和1553B总线更广泛的应用;1553B和MIC总线则在航空、军事等领域应用较多;MIC总线较1553B结构简单,但在实现功能复杂的系统时没有1553B总线灵活。

**关键词:** CAN总线;1553B总线;MIC总线;军用车辆

**中图分类号:** TP336;TJ810.376

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-8798(2015)03-0203-05

## Performance analysis and future trends of data buses used in military vehicle

PANG Mao, WU Ruiming, YANG Likang

(School of Mechanical and Automotive Engineering, Zhejiang University of Science and Technology,  
Hangzhou 310023, China)

**Abstract:** Architectures of data buses often used in vehicle are introduced. We compare performances such as the real-time, reliability and economics of data buses, and analyze the application circumstance and trend in future. Results show there are high transmission rate, high reliability and real-time in 1553B bus, MIC bus and CAN bus. CAN bus is used more widely than 1553B bus and MIC bus because of its opening and low cost. 1553B bus and MIC bus are often used in aviation and military. The structure of MIC bus is simpler than that of the 1553B bus, but MIC bus is less flexible than 1553B bus for complex system.

**Key words:** CAN bus; 1553B bus; MIC bus; military vehicle

随着车辆电子控制技术发展和功能提升,车辆内部功能模块间的信息传输量越来越大,提高数据传输的实时性和可靠性成为车辆电子发展的趋势,总线技术为车辆的整体控制提供了解决方案。总线与

---

**收稿日期:** 2015-03-01

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(51205360)

**作者简介:** 庞 茂(1978— ),男,内蒙古自治区包头人,副教授,博士,主要从事车辆检测、故障诊断研究。

ECU 单元可以使各子系统之间进行实时数据传输和通信,各子系统间可以共享信息资源,从而减少了硬件数量和体积,增强了容错性,提高了系统的可靠性。特别是对于军用装甲车辆,除常规的动力传动外,还包括火力控制、对抗防御、定位导航及战场指挥等,其数据通信量大,对于通信的可靠性、实时性要求也更为严格<sup>[1-3]</sup>。本研究对军用车辆常用的几种数据总线的性能、应用场合及发展趋势等进行了比较分析,为这几类数据总线在车辆中的应用研究提供参考。

## 1 车辆常用数据总线概述

### 1.1 CAN 总线

CAN(controller area network,控制器局部网络)总线是一种多用于汽车内部测量和执行部件间的数据通信总线,最初由德国 BOSCH 公司提出,它采用半双工串行异步通信方式,能够实现节点之间和全局广播等多种方式的数据传输。CAN 总线通信速率最高可达 1 Mb/40 m,传输距离最远可达 10 km/50 kb,节点数最多可达 110 个。CAN 总线系统一般由若干独立的子系统组成,这些子系统通过总线介质相互连接。各子系统可作为独立的终端进行操作,并共享总线上的数据资源。CAN 总线可具有多个主站,挂接在总线上的任何子系统都可以获得总线控制权,作为主站进行信息点对点传输或全局广播通信<sup>[3-4]</sup>。CAN 总线体系结构见图 1。

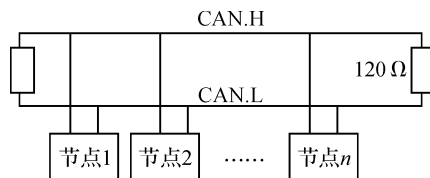


图 1 CAN 总线体系结构

Fig. 1 CAN bus architecture

### 1.2 1553B 总线

1553B 总线是由美国军用标准 MIL-STD-1553B 所定义的一种串行数据总线标准,广泛应用于航空航天、舰船和装甲车辆等军用场合的多终端间数据传输。组成 1553B 的子系统包括总线控制器(BC)、总线监视器(MT)和远程终端(RT)。总线控制器负责总线上信息传输的管理和控制;总线监视器负责接收总线测试信息;远程终端则为执行特定任务的功能模块,每个远程终端都被分配一个唯一的识别地址。同 CAN 总线类似,组成 1553B 总线系统的子系统也由总线介质互联而成,各子系统可作为独立的终端进行操作,同时共享总线上的数据资源。但与 CAN 总线不同的是,1553B 总线是一种广播式分布处理的通信网络,其工作中的任一时刻仅能有一个终端发送消息,其余所有终端均可接收该消息。从可靠性角度看,只要总线控制器和传输线正常,1553B 系统就可以正常工作,远程终端的故障不会引起 1553B 网络系统的失效。因此,一般 1553B 网络对传输线和总线接口采用双冗余备份,正常情况下传输仅在一条总线进行,而另一条总线处于热备份状态,当前工作的总线发生故障时可进行总线通道切换。1553B 最多可寻址 31 个远程终端,每个远程终端上可挂接 30 个子系统<sup>[5-8]</sup>。1553B 双总线通信系统拓扑结构如图 2 所示。

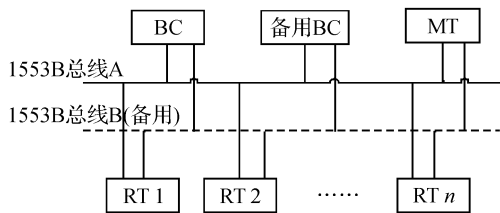


图 2 1553B 总线体系结构

Fig. 2 1553B bus architecture

### 1.3 MIC 总线

MIC(MEPCAM interface chip-multiplexed electrical power control and monitor / management interface chip)总线是专门为解决恶劣军事环境中数据传输而开发的一种高可靠性数据总线。MIC 总线系统是一种主从式单主机查询网络系统,采用命令/响应式半双工串行异步通信方式。MIC 系统包括总线控制器(BC)和远程终端(RT)。其中远程终端又包括远程开关(RSM)、数据输入(DIM)和数据输出(DOM)三种模式。结构上同样采用冗余主从式拓扑,不同于 1553B 的热备份模式的是在任一时刻 MIC 系统的数据都在两条总线上同步传输,以确保数据传输的高可靠性。除备用总线控制器外,MIC 总线系统最多还可寻址 63 个远程终端,每个远程终端又可挂接 32 个设备<sup>[9-10]</sup>。MIC 总线拓扑结构如图 3 所示。

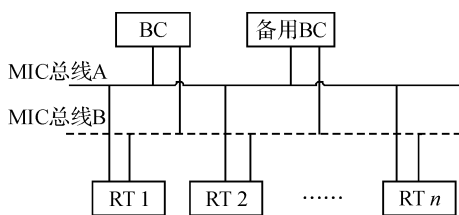


图 3 MIC 总线体系结构

Fig. 3 MIC bus architecture

## 2 几种总线性能比较分析

### 2.1 通信协议

CAN 总线通信控制器集成 CAN 协议的物理层和数据链路层功能,可完成对通信数据的成帧处理,包括位填充、数据块编码、CRC 校验及优先级判定等。CAN 协议以报文为单位进行信息传送,取代了传统的站地址编码,可使不同节点同时接收到相同的数据。CAN 协议有 A、B 两种版本,对应有两种帧格式:一种为标准帧,含 11 位标识符;另一种为扩展帧,含 29 位标识符。在报文传输中,报文分为数据帧、远程帧、错误帧和超载帧<sup>[4]</sup>。图 4 为 CAN.0A 数据帧结构图。



图 4 CAN.0A 数据帧结构图

Fig. 4 CAN.0A data frame

1553B 总线系统是主从式单主机查询网络系统,编码和解码采用具有固定检错能力的双极性曼彻斯特 II 型码。数据传输时一般有三种格式:命令字、状态字和数据字。命令字用于明确传输消息的要求,只能由总线控制器发出。状态字用于发送对总线控制器指令的响应结果,只能由远程终端发出。数据字用于总线系统中各终端之间数据信息的交互,数据字信息可在总线控制器与终端间任意交换。每种类型字依次由 3 位同步位,16 位有效信息位和 1 位校验位组成,总长为 20 位<sup>[8,12]</sup>。三类消息字的数据帧如图 5 所示。



图 5 1553B 总线数据帧格式

Fig. 5 1553B bus data frame

作为一种主从式单主机查询网络系统,MIC 总线系统的编码和解码采用双极性曼彻斯特 II 型码,通信方式为命令/响应式半双工串行异步通信。通信协议包括 9 种基本命令,除了执行命令外,其他 8 种命令均依次由 3 位同步脉冲、32 位数据字及 1 位校验位组成。图 6 所示为 MIC 总线命令的串行数据字格式。其中模块地址 6 位,可寻址 63 个远程模块;设备地址 5 位,对应每个远程模块可寻址 32 个设备;功能代码 5 位,用来识别数据功能,指明该条指令具体功能为命令、响应、广播或数据字等;数据长度 5 位,用于传输数据或指明要传输数据字长度;确认码 11 位,用于进行命令执行或自检时进行数据的确认,避免远程模块的输出控制接口出错;校验位 1 位,用于数据串的奇偶校验<sup>[9,12]</sup>。系统检错功能由 MIC2320 芯片硬件实现。

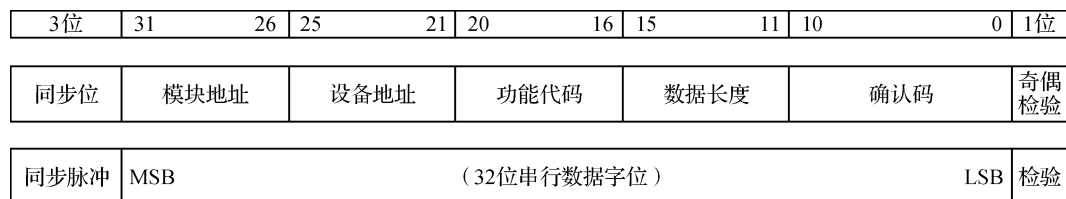


图 6 MIC 总线数据帧格式

Fig. 6 MIC bus data frame

### 2.2 实时性

CAN 总线是总线式网络结构,MIC 总线和 1553B 总线则均为主从式结构。CAN 的总线式网络结构

使得其上的每一个子系统都可以作为主站进行数据收发,而子系统要获取总线控制权需进行仲裁。当总线开放时,如果多个终端同时申请总线控制权,则按标识符大小进行排序,最高优先权的节点首先获得总线访问权。因此,从这个角度来讲,CAN 总线网络中的信息传输的延迟时间是不确定的,其实时性不如 1553B 和 MIC 总线。

1553B 和 MIC 总线均为主从式结构,不存在 CAN 总线的争抢总线控制权的问题,其数据传输和响应都具有确定的时间。如 1553B 总线传输速率为 1.0 Mb/s, MIC 总线数据传输率最高为 2 Mb/s, 单次传输最多 32 个数据字,每个字 16 位,进行一次信息收发所用的时间很短,具有较好的实时性。但同时也应注意到,1553B 和 MIC 主从式结构使用的查询工作模式,会逐个扫描网络中终端的状态,导致其响应时间随着网络中的远程终端数量增加而显著增加。而 CAN 总线的非破坏性仲裁能够快速协调总线控制权的转换,实际收发数据的时间也很短,而且这种拓扑式结构数据响应的速度对网络中节点数目的多少并不敏感。

因此,在网络的远程终端数量较少时,1553B 和 MIC 总线系统在实时性上有一定的优势,但随着网络中节点数量的增加,CAN 总线的实时性会更好。

### 2.3 可靠性

MIC 总线为单主机工作方式,只要总线控制器功能正常,其他远程模块发生故障不会导致整个通信系统的瘫痪,而总线控制器和总线均为双冗余备份,一旦主控制器因故障无法正常通信时, MIC 接口总线能够自动将总线控制权交接至备用总线控制器。而且 MIC 总线的双冗余总线同步传输,具有全功能备份。此外, MIC 总线的编码采用的是双极性曼彻斯特 II 型码,具有固定的检错能力。数据传输的每条命令和响应都包含模块地址和设备地址,利于地址定位,从而有效提高了系统的诊断能力。因此, MIC 总线具有极高的可靠性。

1553B 总线也为单主机工作方式,只要总线控制器功能正常,其他任何一个远程终端发生故障时其自身功能将会失效,但不会导致整个总线系统瘫痪。1553B 总线控制器和总线虽然也采用双冗余备份,但不同于 MIC 总线的双冗余总线同步传输,它只在当前激活的总线上进行信息传输,其他冗余总线均处于热备份状态,只有当激活总线发生故障无法正常工作,才会由备用的总线建立通信。为提高系统的可靠性,1553B 总线对 BT 也采取冗余备份方法。因此,1553B 总线也具有很高的可靠性。

作为一种技术相对成熟及应用广泛的总线技术, CAN 总线同样具有较好的检错容错能力。 CAN 的标准帧长度仅为 11 位,数据收发持续时间短,受干扰发生错误的概率低,同时对数据帧采用循环冗余校验(CRC)、位填充等来检测传输中的错误。 CAN 采用多主机单总线传输模式,当检测到总线上某一节点出现故障, CAN 能够识别其为偶然故障或永久性故障,对于偶然故障将对其进行错误标定并尝试重新发送数据,对于引起严重错误的永久性故障则可关闭该节点的通信功能,从而避免整个系统的瘫痪。

## 3 应用发展趋势

### 3.1 CAN 总线应用趋势

作为一种支持分布式控制系统和实时控制的串行通信网络, CAN 总线在汽车的动力传动控制、车身控制、底盘控制及车辆网络通信等方面取得了非常成功的应用,并在大型客车、公交、混合动力等车型中也得到日益广泛的应用。当前,国内外仍在致力于 CAN 总线性能的优化研究,特别是高速 CAN 总线性能优化,包括抗干扰能力、智能性、响应速度及其特性的测试评价方法等<sup>[2,13-14]</sup>。相信随着其性能的进一步提升, CAN 总线在军用车辆数据通信中将得到更广泛的应用。此外, CAN 总线规范已被 ISO 标准组织制定为国际标准,其较高的性价比和成熟公开的技术,使其在汽车之外的其他工业领域,如过程控制、机电检测、数控机床、建筑环境监测、医疗器械及传感器等领域也获得了广泛而成功的应用。

### 3.2 1553B 总线应用趋势

1553B 总线的 BC 和 RT 均为智能系统,可对每个子系统编程,具有很大的灵活性,可实现复杂的功

能。基于 1553B 总线系统的电子设备在智能性、容错性、小型化、抗干扰性等方面都具有明显的优势,它在航空领域得到广泛的应用,并逐步向地面武器装备中扩展。1553B 控制系统在复杂功能的控制系统构建中具有极大的灵活性,相信其在坦克电子综合化、轮式战车智能化发展中较 MIC 总线和 CAN 总线的优势更明显<sup>[2,7]</sup>。同时,对于性能更为优越的 10 Mb/1553B 总线的研发已取得较大进展<sup>[5,15]</sup>。与传统的 1553B 总线相比,10 Mb/1553B 总线具有更快的传输速率、更高的可靠性和更强的环境适应性。因此,1553B 仍是未来一段时期军用车辆使用的主要数据总线。

### 3.3 MIC 总线应用趋势

MIC 总线系统采用单处理器模式,仅能对 BC 和微处理器进行应用编程,然后由 BC 来配置终端的寄存器和计数器,进而实现对系统的控制。该种模式在保障总线系统可靠性的同时,也极大地限制了其功能实现的灵活性。而其极高可靠性的工作模式使 MIC 总线在军用车辆及航空等特殊领域的特殊场合得到更广泛的应用,如坦克或轮式战车等在正常总线通信失效的紧急情况下,通过高可靠性的 MIC 总线可保障系统的基本功能。同时,在军用车辆的电源分配及供电管理等基础功能方面 MIC 具有明显的优势和广阔的应用前景,但由于缺乏拥有自主知识产权 MIC 芯片和进口产品价格昂贵的价格,使得其应用推广的进度较为缓慢<sup>[10]</sup>。

## 4 结 语

CAN 及 1553B 和 MIC 三种总线结构均具有传输速度快、容错能力强、实时性好的特点,CAN 总线因为其技术开放性和高性价比,在汽车、工业领域及军事航空等特殊领域都已得到较广泛的应用。1553B 和 MIC 总线控制芯片目前仍需进口,成本较高,其应用目前仅限于军用、船舶及航空等领域。1553B 总线控制系统在程序编制上具有更大的灵活性,容易实现功能丰富的分布式控制。MIC 总线在实现功能上没有 1553B 灵活,但其结构较 1553B 简单,用硬件实现了 1553B 大部分软件和硬件功能。在重要的军用车辆上,也采用 MIC 总线和 1553B 总线的双备份,正常情况下使用 1553B 总线实现丰富功能,在 1553B 总线失效的紧急情况下,启用 MIC 总线控制器保障车辆的基本功能。国内对于 1553B 和 MIC 总线核心技术的研究尚处于起步阶段,因此,开发具有自主知识产权的高性能数据总线仍是军用车辆通讯技术的主要研究内容。

### 参考文献:

- [1] 陈正捷,陈志昊,张浅秋. 坦克电子综合化[M]. 北京:兵器工业出版社,2006.
- [2] 杨云飞,葛玉,黄林昊,等. 基于 CAN 总线的某型数字化战车自动测试系统设计[J]. 计算机测量与控制,2015,23(1):127-131.
- [3] 舒华,陈适,薛乃恩,等. 基于 CAN 总线的军用汽车控制系统数据传输研究[J]. 军事交通学院学报,2008,10(2):58-61.
- [4] 张玲. 车用 CAN 总线网络性能分析系统的设计与实现[D]. 重庆:重庆邮电大学,2012.
- [5] Song C L. Analysis of an intelligent 1553B-bus communication module design based on ARM platform[C]//Proceedings of the 4th International Conference on Computer Engineering and Networks. New York: Springer International Publishing, 2015:879-887.
- [6] 牟少锋,谷师泉,陈刚. 装甲车辆 1553B 总线系统试验方法[J]. 自动测量与控制,2007,26(3):88-89.
- [7] 王红梅. 1553B 总线在车辆动力传动一体化控制中的应用[D]. 长春:长春理工大学,2005.
- [8] MIL-STD-1553 designer's guide (6<sup>th</sup> edition)[Z]. DDC Corporation,2003.
- [9] MIC bus controller reference manual[Z]. Vetrionix Research Corporation,2001.
- [10] 宋小庆,陈永星,赵梓旭,等. 基于 MIC 总线的军用车载网络故障诊断与测试方法研究[J]. 计算机测量与控制,2014,22(12):4001-4004.
- [11] 陈亚宁. MIC 总线控制器的设计及应用[D]. 南京:南京理工大学,2013.
- [12] 周福宽,马彪. MIC 总线与 1553B 总线综合分析比较[J]. 测控技术,2006,25(2):40-44.
- [13] 陈水华,李雪晶. 汽车高速 CAN 线的特性阻抗研究与测试[J]. 电气自动化,2015,37(1):37-39.
- [14] 白秉旭,田光兆. 自主导航农业车辆无线总线系统设计[J]. 中国农机化学报,2015,36(1):308-311.
- [15] 王蒙,张强成,李耀军. 高速 1553B 总线通讯控制器测试验证系统研究[J]. 计算机测量与控制,2014,22(10):3253-3255,3258.