

1553B总线底层重传机制的研究

高贤志¹, 张晨曦², 李宇翔²

(1. 海装驻北京地区军事代表室, 北京 100142; 2. 北京控制与电子技术研究所, 北京 100038)

摘要: 1553B总线是美国军用标准MIL-STD-1553B所定义的一种串行数据传输总线, 测控系统采用1553B总线互联, 在设计上具有许多新的特点, 尤其是其高可靠性, 可以保证测控系统稳定、长时间工作。1553B总线的重传机制是其高可靠性的措施之一, 描述了这一重传机制的机理, 并在实验室环境下对重传机制进行了触发验证。

关键词: 1553B总线; 重传通信链路; 阻抗

Research on the automatic retry of 1553B data bus

GAO Xianzhi¹, ZHANG Chenxi², LI Yuxiang²

(1. Beijing Naval Representatives Bureau, Beijing 100142, China; 2. Beijing Institute of Control and Electronic Technology, Beijing 100038, China)

Abstract: 1553B data bus is a serial data bus defined by MIL-STD-1553B. It brings high reliability to the measurement and control system. The automatic retry scheme is one of the new characteristics of 1553B data bus. Applications and experiments of the automatic retry scheme is described.

Key words: 1553B data bus; automatic retry communication link; impedance

0 引言

1553B总线是美国军用标准MIL-STD-1553B所定义的一种串行数据传输总线, 我国相应的国家军用标准为GJB 289A—1997《数字式时分制指令/响应型多路传输数据总线》^[1]。1553B标准是总线接口规范和信号特性标准, 它在物理层上对硬件部件所产生的电信号特性作了严格的规定, 在数据链路层和网络层上对错误检测的方法和指令响应的格式也作了定义。1553B总线具备高可靠

性、实时性和开放性的特点, 使其非常适合测控系统信息一体化设计的需求。测控系统采用1553B总线互联, 在设计上具有许多新的特点, 尤其是其高可靠性^[2], 可以保证测控系统稳定、长时间工作。1553B总线的重传机制是其高可靠性的措施之一, 本文描述了这一重传机制的机理, 并重点研究了总线线路阻抗变化对重传机制的触发情况。

1 测控系统1553B总线网络

1553B通信线路连接关系如图1所示。

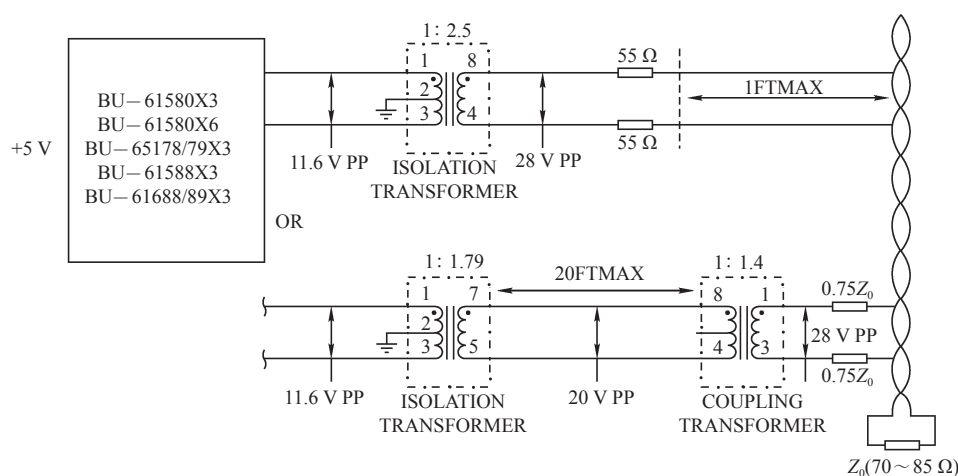


图1 1553B通信线路连接关系

Fig. 1 1553B communication line connection diagram

在1553B系统中,实现终端和主总线之间耦合的方法有两种:直接耦合和变压器耦合。基于抗干扰的考虑,现在的大部分系统都采用变压器耦合方式^[3]。本文提到的实验系统也是采用了变压器耦合方式(见图1下半部分)。

主机(BC)和应答机(RT)是通过一段短接线和一个耦合变压器来与主电缆相连的。变压器耦合方式下,接线长度最长可达6 m。耦合变压器的转换率为 $\sqrt{2}:1$,其高端靠近接线的隔离电阻一端。隔离电阻是串联于终端和主总线电缆之间的电阻器。隔离电阻和耦合变压器共同提供了电气隔离、阻抗匹配和共模噪声的消除。

GJB 289A—1997中规定,所有用于主电缆和短接线的电缆都应当是带屏蔽的双绞线,线与线之间的分布电容不能超过100 pF/m,必须保证电缆每米不少于13绞。电缆的屏蔽层覆盖率不低于75%。电缆的特性阻抗(Z_0)在1 MHz的正弦波作用下,应当在70~85 Ω 之间。在1 MHz频率下,电缆的功率衰减不能超过0.05 dB/m。电缆两端应终止于一个选定电阻,其大小应当为特性阻抗($1 \pm 2.0\%$) Z_0 ,隔离电阻的值应当在($1 \pm 2.0\%$) $0.75 Z_0$ 范围内。

使用变压器耦合的数据总线接口如图2

所示。

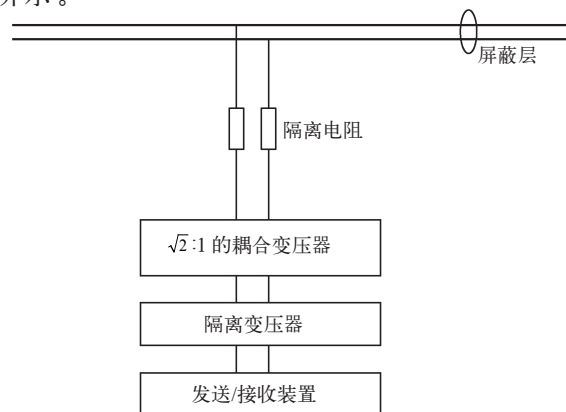


图2 使用变压器耦合的数据总线接口

Fig. 2 Data bus interface using transformer coupling

1553B通信接口电路在硬件上采取了多项措施,如高达20 V的传输电压、采用差分传输、采用曼特斯特编码进行信号编码以及双冗余通道设计。在通信协议上采取命令/应答式,对状态返回错误或根本不返回状态字都视为可能的错误(广播消息除外)。这种情况下,BC或者重传信息或者发送新的信息;所有消息中的所有字都必须通过合法性检查,任何字任何位的错误都被视为整个消息的错误,从而使整条消息被抛弃,并通知BC;如果一条消息发送超过800 μ s将被终止,从而保护数据总线,通过以上措施,1553B通信接口具有极高的可靠性。

在1553B总线应用手册(MIL-HDBK-

1553) 中详细描述了1553B总线的反馈重传机制,即BC利用来自RT的反馈状态字判断消息是否正确完成。如果没有正确完成,则BC会重传消息。当总线线路出现异常时,这一重传机制会被触发^[4]。

2 1553B总线线路阻抗异常触发重传机制的研究

为研究重传机制与1553B总线线路阻

抗的关系,搭建了由一台主机(BC)、一台应答机(RT)和一台1553B总线监视器(BM)构成的1553B总线实验系统。实验主机1553B接口图如图3所示。

主机具有两个1553B通道,记为A通道和B通道,默认通过A通道发送数据。在A通道串接可调变阻箱,以制造线路阻抗异常的情况;B通道保持阻抗正常。在主机上设置重传机制为切换通道重试两次,以便在应答机上

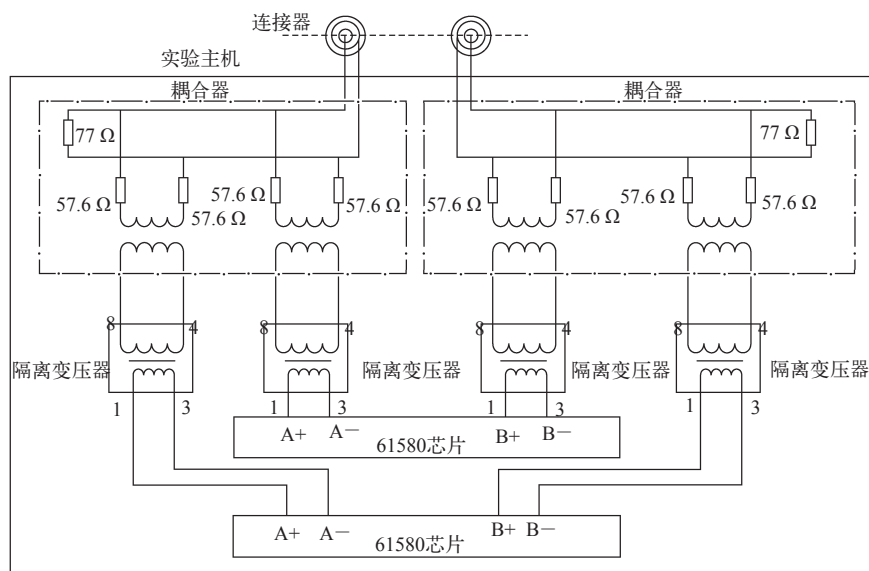


图3 实验主机1553B接口图

Fig. 3 Test host 1553B interface diagram

判断重复的帧序号、锁定重传现象。实验方案为:主机通过1553B接口发送帧序号递增的数据至应答机,应答机判断接收到的数据帧序号是否递增且连续;若帧序号递增且连续,则应答机认为该帧消息正常传输,在应答数据中写入“0001”。

当通信出现错误时,会出现以下情况:

1) 主机通过1553B接口发送帧序号递增的数据至应答机。

2) 若重传机制因通信错误被触发,则主机切换至B通道并按预先设置好的规则进行重传;因B通道阻抗正常,具有相同帧序号的同一消息会在B通道被正确重发两次。

3) 应答机从1553B接收缓冲区中收到正确数据后,进行帧序号判断,如帧序号重

复,在应答数据中写入“0003”。

4) 无论重传机制是否被触发,主机均会在BC-RT消息成功发送后回到A通道,再次发出一条RT-BC消息,以取回应答机写入发送缓冲区的应答数据。

5) 若取回的应答数据为“0003”,主机会在屏幕显示“消息重发”,并结束此次通信。

为进一步确认底层重传被触发,主机实时读取底层1553B电路的中断状态寄存器、BC块状态字信息。中断状态寄存器定义如图4所示。BC块状态字定义如图5所示。根据中断状态寄存器定义,若Bit8被置位,表示BC确实有重传。因此,若进行了消息重传,主机底层读回的中断状态寄存器为0x8109,而在未进行重传时该值为0x8009。同时,若

BC块状态字为0xB220,表示出现了传输错误且为无响应超时错误,发生了重传。

位	中断状态寄存器(读/写 06h)
15 (MSB)	主要的中断
14	保留
13	发送超时
12	BC/RT 命令堆栈翻转
11	MT 命令堆栈翻转
10	MT 数据堆栈翻转
9	保留
8	BC 重发
7	RT 地址奇偶校验错误
6	时间标记寄存器翻转
5	RT 子地址循环缓冲翻转
4	BC 控制字消息结束/RT 子地址控制字消息结束
3	BC 帧结束
2	格式错误
1	BC 状态置位/RT 方式代码/MT 模式触发
0 (LSB)	消息结束

图4 中断状态字定义

Fig. 4 Interrupt status word definition

位	BC 块状态字描述符
15 (MSB)	消息结束 (EOM)
14	消息开始 (SOM)
13	通道 B/A*
12	错误标志
11	状态置位
10	格式错误
9	无响应超时
8	循环测试失败
7	屏蔽状态位置位
6	重发计数 1
5	重发计数 0
4	正确数据块传输
3	错误的状态地址/没有间隔
2	字计数错误
1	不正确的同步类型
0 (LSB)	不正确的字

图5 BC块状态字定义

Fig. 5 BC block status word definition

根据上述实验方案,开展了总线线路阻抗变化对重传机制的触发实验,实验步骤如下:

1) 在1553B的A通道中串接可调变阻箱,将串入的电阻阻值调为0 Ω ,启动主机和应答机的1553B总线通信,主机未显示“消息重发”,表示1553B总线通信未出现错误,未发生重传现象。

2) 手动调整阻值至80 Ω 时,主机第一次显示“消息重发”,通过总线监视器可发现有消息重传现象;在主机上读取1553B通信电路BC端底层中断状态寄存器为8109,读取BC块状态字为B220。

3) 继续调大电阻值,直到300 Ω ,在不

断调整阻值过程中,通过监视数据分析可以看出进行消息重传的消息数量变多,主机在屏幕显示“消息重发”增多。

4) 将变阻箱阻值调为0 Ω ,重传现象消失,主机不再显示“消息重发”,1553B通信恢复正常。

由此可见,总线线路阻抗异常会触发总线重传机制工作,随着阻抗增大,1553B重传机制被触发的次数增加。

3 结束语

1553B总线重传机制是保证总线通信高可靠性的措施。本文的实验现象表明,总线线路阻抗异常增大会对通信带来严重的不良影响,而在实际工程项目中,这些总线线路上的异常情况无法完全避免。通过合理采用重传机制,可以降低这些异常情况带来的风险,保障总线通信的高可靠性。

参考文献

- [1] 数字式时分制指令/响应型多路传输数据总线: GJB 289A—1997[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [2] 黄晓明, 陈加林, 杨文俊. 基于4M 1553B总线的导弹控制系统设计[J]. 导弹与航天运载技术, 2016(6): 23-26.
- [3] 张卫东, 裴艳慧, 李杨. 变压器总线设计方法与实例[J]. 磁性材料及器件, 2017, 48(6): 45-48.
- [4] 杨福宇. 1553B通信协议的可依赖性讨论[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2017, 17(1): 5-8.

作者简介



高贤志

高贤志(1978—),男,本科,工程师,主要研究方向为电气工程。

(收稿日期: 2019-07-16)EA