

某型红外探测系统中 1553B 总线通信设计与实现

黄敬涛 李丙玉 王晓东 周鹏骥

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 长春 130033)

摘要: 为满足某型红外探测系统中 1553B 总线通信高实时性的要求,通过对 1553B 协议特点的研究,提出了一种基于 FPGA 的 1553B 总线接口方案,并详细介绍了该方案在某型红外探测系统中的硬件和软件实现方法。某型导弹的红外探测系统用于对空间弱小目标进行实时跟踪,要求通信具有良好的实时性,以达到对探测系统工作参数实时调整的目的,采用 BU-65170 作为 1553B 协议执行单元,FPGA 作为核心控制单元,控制 BU-65170 对总线消息进行实时读写并对接收的信息进行解析处理。通过仿真和实验测试,验证了该方案实现 1553B 总线通信的实时性与稳定性,为某型红外探测系统中高实时性的 1553B 通信提供了一种可行性方案。

关键词: 1553B 总线通信;可编程逻辑器件(FPGA);RT 模式;BU-65170

中图分类号: TP336 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.80

Design and realization of 1553B bus communication in an infrared detection system

Huang Jingtao Li Bingyu Wang Xiaodong Zhou Pengji

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: According to the requirement of high real time in an infrared detection system, by studying the characteristics of the 1553B protocol, a 1553B bus interface program is proposed and the hardware and software implementation of the program in an infrared detection system is detailed. The infrared detection system of a missile is used to track space dim target, and real-time communication is required to achieve the purpose of adjusting operating parameters timely. Using BU-65170 as 1553B protocol processing unit, and FPGA as the core control unit to control BU-65170 to read and write messages timely and parse the received information. Experimental results show that the 1553B bus interface program has high real time and stability, and provide a feasible solution to meet the high real time in an infrared detection system.

Keywords: 1553B bus communication; FPGA; RT mode; BU-65170

1 引言

某型导弹的红外探测系统,其工作过程是利用红外探测器对空间弱小目标进行跟踪,并将红外图像实时传输到飞控计算机,飞控计算机对图像数据进行实时分析同时根据分析结果发送控制命令,红外探测系统根据控制命令实时调整图像参数。对空间目标的整个跟踪过程,要求红外探测系统与飞控计算机通信传输的实时性要好,以达到图像参数实时调整的目的,因此,采用实时传输性好、抗干扰能力强的 MIL-STD-1553B 总线通信协议^[1]。

MIL-STD-1553B 总线是美国军方专为航空航天设备制定的一种信息传输总线标准,具有抗干扰能力强、实时传输性好、可靠性高等优点^[2]。我国早在 20 世纪 90 年代就开始引进该标准,并且进行 1553B 协议的研究与产品的研发工作,目前国

内的航空航天系统都已将该标准列入系统的核心^[3-4]。

本文通过对 1553B 协议特点的研究,提出了一种基于 FPGA 的 1553B 总线接口方案,并详细介绍了该方案在某型红外探测系统中的硬件和软件实现方法。通过实验验证,该方案实现 1553B 总线通信具有较高的实时性与稳定性。

2 1553B 总线简介

MIL-STD-1553B 总线是一种命令/响应式数据总线,该总线标准规定了航空航天系统内部的数字通信技术要求,同时规定了总线上的信息格式及通信方式,具有可靠性高和实时性好等优点^[5]。

1553B 总线的传输方式为异步半双工,传输速率为 1 MB/s^[6]。1553B 总线通信系统主要由耦合器、电缆连接器和

终端匹配器组成,它们之间通过两根冗余电缆连接,总线上最多可以挂接 32 个终端^[7]。图 1 为 1553B 总线通信系统。

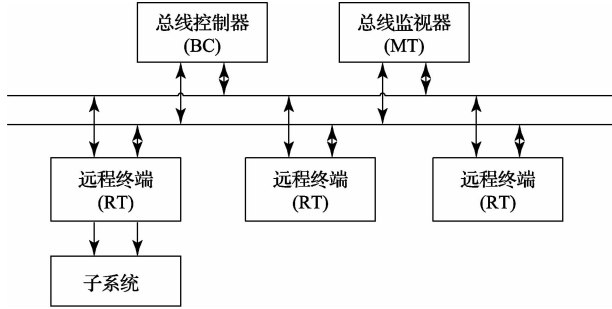


图 1 1553B 总线通信系统

1553B 总线上挂接的终端分为总线控制器(BC)、远程终端(RT)和总线监视器(MT)。BC 是 1553B 总线系统的控制终端,负责建立和启动数据传输任务,总线上所有的数据传输工作均是由 BC 发起,一个 1553B 总线系统中有且只有一个 BC 端;RT 是总线上的用户系统终端,负责向总线发送消息或从总线上接收消息,RT 端的发送或接收均是在 BC 端的控制下完成;MT 负责对总线上传输的信息进行监控,记录并分析总线上传输的数据,其本身并不参与总线通信^[8]。每个终端只能按其用途被分配为唯一的总线形式,本系统中的 1553B 总线终端负责接收飞控计算机发送的控制指令,所以配置成 RT 模式。

3 系统设计方案

本系统以 FPGA 为核心控制单元,选用 Xilinx 公司的低功耗 Spartan-3 系列芯片 Xc3s400;1553B 通信功能选用集成 1553B 协议的功能芯片 BU-65170,该款芯片是目前实现 1553B 通信功能应用最广的接口芯片,其内部集成了 1553B 总线的电气特性协议,并且资源丰富,使软件设计具有极大的灵活性和可靠性;软件设计采用功能强大的 VHDL 语言,该编程语言语法简单,使用方便,便于系统软件的升级与维护。

FPGA 负责对 BU-65170 协议芯片进行初始化,并负责解析协议芯片从 1553B 总线上接收的消息指令。初始化工作在系统上电之后完成,通过对 BU-65170 内部寄存器的配置,使芯片工作于 RT 模式。在 RT 模式下,BU-65170 可以实现 1553B 总线消息的收发,接收到总线发送的消息后,BU-65170 会向 FPGA 发送中断请求,FPGA 对该中断进行响应并从相应的接收子地址读取消息进行解析处理,同时将系统的工作状态通过发送子地址发送到飞控计算机 BC 端。

4 硬件电路设计

硬件电路主要由两个模块组成:FPGA 模块和 1553B 接口模块。图 2 为 1553B 总线接口结构。

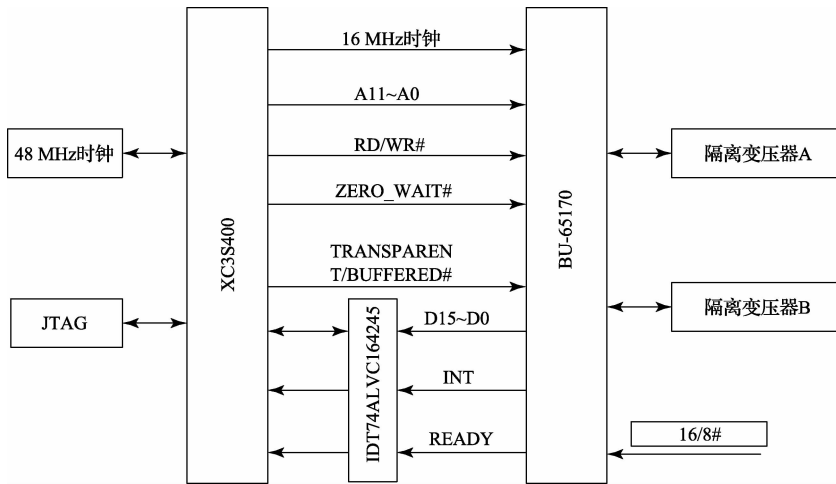


图 2 1553B 总线接口结构

4.1 FPGA 模块

BU-65170 芯片的初始化及信息的读写均由 FPGA 完成,选用 Xilinx 公司的 Spartan-3 系列芯片 Xc3s400,该芯片的最大可用 I/O 数为 264,可以满足系统的设计要求。FPGA 程序采用硬件描述语言 VHDL 编写,在 Xilinx ISE 13.2 环境下开发。选用 FPGA 作为核心控制单元的优点是:FPGA 可配置 I/O 数较多,BU-65170 的 16 根数据线和 12 根地址线可以分别用不同的 I/O 与之连接,免去了 I/O

复用的麻烦;并且 FPGA 外围电路简单,只要硬件连接正确,其余的工作均可通过软件编程来实现,有利于系统的升级与维护。FPGA 根据 BU-65170 提供的中断信号和握手信号处理相应的请求和操作,并且控制读/写信号线、地址线和数据线完成读写操作。

4.2 1553B 接口模块

考虑到本系统只做 RT 端使用,所以 1553B 接口模块采用 DDC 公司的 1553B 接口芯片 BU-65170,该芯片只提

供 RT 模式,相应的配置寄存器 1 设为默认值即可,简化了芯片寄存器的配置工作。但由于 BU-65170 的接口电平为 5 V,而 FPGA 的接口电平为 3.3 V, BU-65170 发出电平信号不符合 FPGA 的信号分辨范围,所以需要用电平转换芯片 IDT74ALVC164245,将 5 V 电平转换为 3.3 V 输入到 FPGA 中。BU-65170 具有缓冲模式和透明模式两种工作方式,当工作于缓冲模式时,芯片只寻址其内部的 4 K 字的 RAM;在透明模式下,芯片的寻址范围扩大为 64 K 字,即可以寻址到外部 RAM。在实际应用中根据具体应用环境选择工作模式,本设计中仅使用芯片内部的 4 K 字的 RAM 即可满足要求,所以选用缓冲模式。另外,在对 BU-65170 提供的零等待和非零等待模式进行选择时,由于 FPGA 可提供握手信号,所以选择非零等待模式。在此模式下,微处理器在对 BU-65170 的读写都可通过 READY 信号来判断,读操作时表示有消息可以读,写操作时表示消息已传输完毕。BU-65170 与微处理器的接口非常灵活,提供 8 位和 16 位连接模式,由于本设计采用 FPGA 作为微处理器,其 I/O 足够用,所以选用 16 位连接模式。为保证通信的可靠性, BU-65170 总线接口采用双通道冗余设计,每个通道分别通过一个耦合变压器连接到总线上。芯片工作所需时钟由 FPGA 的外部 48 MHz 有源晶振,经过 3 分频得到的 16 MHz 时钟信号提供。

5 软件设计

1553B 接口程序采用 VHDL 语言编程设计,主要完成对 BU-65170 的初始化、中断响应以及信息处理。接口程序的组成如图 3 所示。

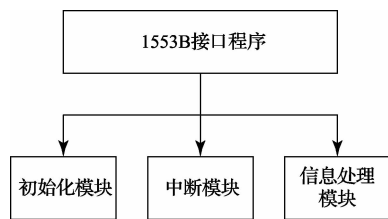


图3 1553B 接口程序结构

5.1 初始化模块

在 1553B 接口程序中,初始化模块是非常重要的部分,对 BU-65170 协议芯片进行正确的初始化,才能使芯片正常工作。初始化的主要任务是对各个寄存器进行配置,其中主要是配置寄存器 1、2、3 和开始/复位寄存器以及中断屏蔽寄存器。另外,这些寄存器的配置顺序是有严格要求的,如果配置顺序有误,则整个初始化将会失败。各寄存器的具体配置顺序如下:

1)首先配置开始/复位寄存器,将其设置为 0x0001,实现对 BU-65170 的软件复位;

2)其次将配置寄存器 3 的值设置为 0x8000,使用 BU-65170 的增强模式;

3)中断屏蔽寄存器的值设置为 0x0001,选择使用消息中断使能模式;

4)配置寄存器 2 设置为 0x801A,选择中断模式为增强中断,电平信号为低电平有效;

5)配置寄存器 1 设置为 0x8F80,开启 RT 传输模式。

按照以上顺序对各个寄存器进行配置,即可完成 BU-65170 工作于 RT 模式的设置。图 4 为芯片初始化流程。

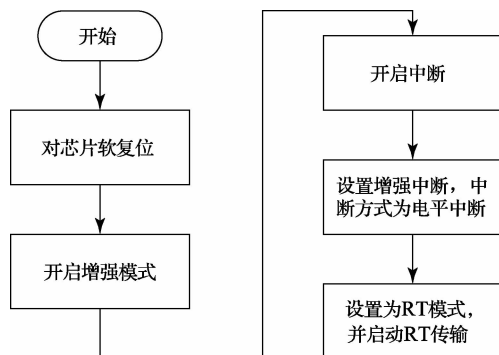


图4 BU-65170 初始化流程

5.2 中断模块

中断模块用于响应 1553B 总线上的数据中断请求,并接收 1553B 总线数据,由于设置为电平触发方式,在 FPGA 中通过判断 BU-65170 芯片的 INTn 管脚是否为低电平,来确定 1553B 总线是否产生中断。在接收到中断信号后读中断状态寄存器,判断是否为非法中断,若为合法中断则根据命令字的 T/R 位来判断是接收数据还是发送数据。如果 T/R 位是 '0',则表示接收数据,此时远程终端从总线上的读取数据并存储到相应的接收子地址;如果 T/R 位是 '1',则表示发送数据,此时远程终端将对应的发送子地址存储区中的内容写入到 1553B 总线。

5.3 信息处理模块

本系统中 BU-65170 协议芯片作为 RT 端,实时接收 BC 端传输的消息指令。信息处理模块根据协定好的 1553B 通信协议,解析并执行 BC 端传输的各种指令。协定的通信协议包括自检,启动和返回工作参数等多种指令,中断模块将从总线上接收的数据传输到信息处理模块,信息处理模块根据通信协议解析命令,并产生命令标志信号,供后续模块调用。

6 仿真实验及分析

6.1 仿真测试

对 1553B 芯片的初始化配置进行时序仿真测试,时序仿真图如图 5 所示。

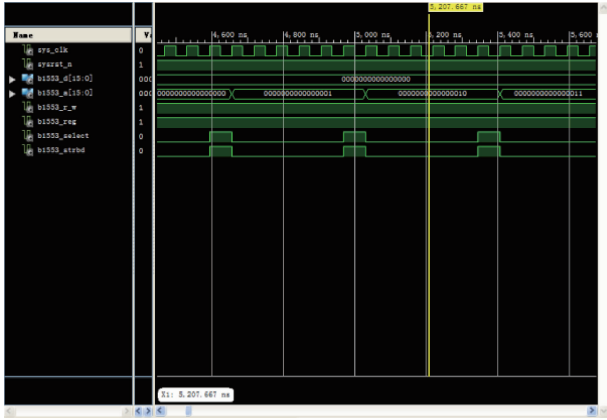


图5 时序仿真

图中 B1553_STRBD 和 B1553_SELECT 为芯片的写控制信号,低电平有效,一次写操作需要至少 5 个时钟周期。B1553_A 为地址线,通过地址线的变换来选择需要配置的寄存器,图中各信号的时序变换严格满足 1553B 读写配置要求。

6.2 实验测试

通过 1553BQuickView 模拟飞控计算机 BC 端,与本系统 RT 端进行通信。图 6 为 BC 端控制界面,本系统 RT 地址为 25,通过发送子地址 1 接收控制命令。实验测试证明,基于 FPGA 的 1553B 总线接口方案可以较好实现 1553B 通信功能,且通信稳定可靠。

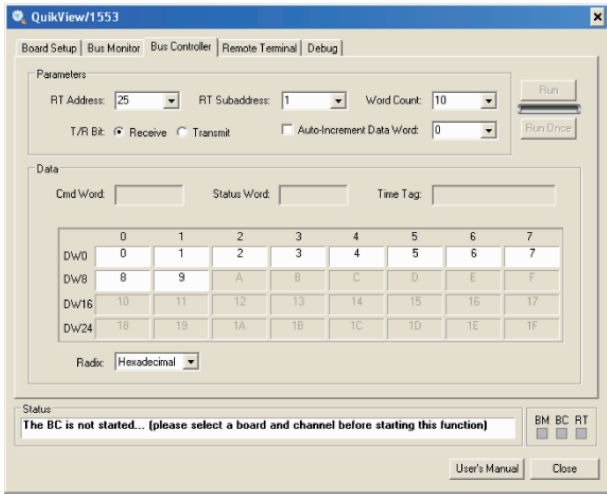


图6 QuickView BC 端控制界面

7 结 论

本文通过对 1553B 协议特点的研究,提出了一种基于 FPGA 的 1553B 总线接口方案,并详细介绍了该方案在某型红外探测系统中的硬件和软件实现方法。通过仿真和实验测试,验证了该方案可以满足某型红外探测系统中高实时性通信的要求,并且通信稳定可靠。

参考文献

- [1] 喜璐. MIL-STD-1553B 总线在 ARM 中的实现[J]. 电子测量技术, 2013, 36(9): 60-64.
- [2] 李文海,刘勇,王怡苹. 串行总线合成仪器设计与实现[J]. 电子测量与仪器学报, 2011, 25(10): 917-923.
- [3] 陈建明,丑力,刘军辉. 1553B 总线系统的可靠性计算[J]. 国外电子测量技术, 2010, 29(9): 36-38.
- [4] 李鹏,上官瑞春,曹磊,等. 基于 1553B 总线和 PXI 总线的某型航天动力控制系统关键技术研究[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(3): 46-50.
- [5] Data Device Corporation. MIL-STD-1553 DESIGNER'S GUIDE (sixth edition) [M]. Data Device Corporation, 2003.
- [6] 李刚,程志峰. 基于 FPGA 的实时电子稳像[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(12z): 8-13.
- [7] 付瀚毅,刘伟奇,柳华. 高激光显示中的色彩复现系统[J]. 光学精密工程, 2014, 22(7): 1774-1780.
- [8] 王海峰,梁晶晶,田苗. 某型测试系统中 1553B 总线通信设计及应用[J]. 现代电子技术, 2013, 36(7): 44-46.
- [9] 黄长春,徐抒岩,胡君. 基于 DSP 的 1553B 总线系统设计及实现[J]. 电子设计工程, 2010, 18(8): 4-7.
- [10] 申志永,胡昌华,何华峰,等. MIL-STD-1553B 总线接收器 IP 核设计[J]. 电子测量技术, 2011, 34(5): 68-69.

作者简介

黄敬涛,工学硕士,助理研究员。主要研究方向为嵌入式测控技术。

E-mail: 3511643@163.com