

便携式 1553B 电缆测试系统的

设计与实现

□ 董文岳 蒋晓华 颜军

随着航空航天以及武器装备电子信息化程度的日益提高, 1553B 总线的地位也日益突出, 应用也越来越广泛。如何对 1553B 总线系统的电缆网络特性以及终端通讯协议进行全面有效的测试评估是长期以来的重要课题。本文参照 GJB5185.5-2004 以及 GJB289-97 等标准, 阐述了一种新型的便携式 1553B 电缆测试系统的设计和实现。

1 需求分析及功能定义

对 1553B 总线系统的检测主要分为对 1553B 总线电缆网络的检测和对 1553B 终端设备通讯协议的检测两大类。

1.1 1553B 总线电缆网络测试

1553B 电缆网络主要由主总线、短截线、耦合器三大部分组成。受原料质量、生产加工、现场安装、震动、磨损、温度等因素影响, 电缆网络可能会出现线芯短路、线芯开路、线芯与屏蔽网短路、屏蔽网不连续、线芯极性接反等故障, 因此需要对这些参数进行测试。另外, 电缆网络接口松动接触不良、耦合器不良、线圈比例不合格等因素会引起电缆交流参数变化, 给通讯造成隐患, 因此需要对数据完整性以及波形参数进行测试。

1.2 1553B 终端设备功能

检测

1553B 终端设备功能检测是检验被测终端设备是否能正常进行 1553B 数据通讯, 是否满足 1553B 协议。1553B 终端设备可能会出现发送消息信号波形的峰值、时间间隔、对称性等异常, 或接收器无法识别标准的 1553B 信号, 造成消息无法发送出去、无法识别 RT 地址、对接收到的命令字消息无法响应等故障。这些故障都体现在它们在总线网络上传输的数据, 于是可以在总线网络上接入一个工作在 BM 模式下的 1553B 终端设备, 对总线上的数据进行监听, 检测网络上哪个终端设备的数据不对, 发现故障终端后再对该终端进行详细的故障排除、维修。

另外, 由于在外场对航空电子设备或武器装备进行检测时, 所有仪器设备都已经安装在飞机、火箭内部, 维护人员面临设备拆卸不便、测试空间有限等困难。因此, 用于检测的测试系统要具有操作简单、携带方便、长距离通讯等功能。

2 总体设计

根据外场远距离测试要求, 便携式 1553B 电缆测试系统分成两个部分: 测试主机和信号源, 两者通过 Wi-Fi 或 RS485 进行通讯, 互相配合完成 1553B

总线设备的检测。系统框图如图 1 所示, 采用嵌入式平板电脑作为整个系统的主控单元, 其通过外围接口 (USB、Wi-Fi/RS485、RS232) 扩展 1553B 测试专用主板、数据采集板以及 1553B 测试信号源主板, 其中 1553B 测试信号源通过 Wi-Fi/RS485 跟主机通讯, 通讯距离不小于 50 米 (Wi-Fi) /1000 米 (RS485)。

主控单元采用嵌入式平板电脑, 其丰富的外设可满足扩展各个系统模块的要求, 触摸屏设计以及可安装 Windows XP 操作系统, 为设计友好的人机交互界面提供了条件。1553B 测试专用主板上集成了系统供电系统、1553B 电缆网络测试模块以及基于 USB 接口的 1553B 终端设备功能测试模块。1553B 测试专用主板基于 FPGA 设计, 主板控制处理器、网络测试用的 1553B 总线控制器以及终端设备功能测试用的 1553B 控制器全部集成在 FPGA 内部, 集成度高, 体积小, 达到便携式设计要求。数据

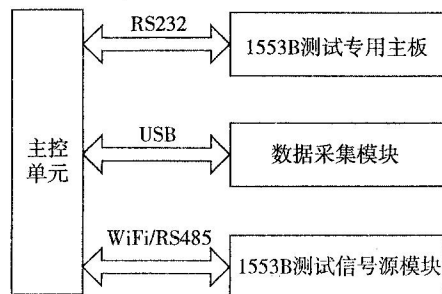


图 1 便携式 1553B 电缆测试系统的组成

采集模块采用基于 USB 接口设计, 负责对 1553B 总线上的数据信号进行采集, 传输到主控单元进行分析处理。1553B 测试信号源模块也是基于 FPGA 设计, 用于产生测试所需要的各种 1553B 数据信号。

另外, 为提高系统使用的便利性以及对环境的适应性, 测试主机和 1553B 测试信号源都设计有锂电池供电, 而且支持一边充电一边工作的模式。

3 硬件设计

3.1 主控单元及数据采集模块

系统的主控单元选用嵌入式平板电脑, 选型要求主要为具有 RS485/Wi-Fi、USB、RS232 接口, 低功耗, 支持触摸输入, 支持 Windows XP 操作系统等。综合考虑系统的要求, 可选用工业控制平板电脑。数据采集系统直接可选用基于 USB 接口的数据采集模块, 要求其具有如下性能: 带宽 200MHz, 采样速率高达 1 GS/s; 支持 2 通道输入; 存储深度为 32Mpts; 垂直分辨率 8 位; 紧凑的便携式结构; USB2.0 接口; 最大输入 CAT 130V_{rms}, 42V_{pk}。

3.2 1553B 测试专用主板

1553B 测试专用主板采用紧凑型设计, 由系统供电模块、1553B 电缆网络测试模块以及基于 USB 接口的 1553B 终端设备功能测试模块组成。主板的原理框图如图 2 所示。

1553B 测试专用主板的核心理念为一款大容量的 FPGA, 其中内嵌欧比特公司的高可靠嵌入式处理器 S698 IP 核作为主控 SOC,

同时内部集成了电缆网络测试和终端设备功能测试用的 1553B 总线控制器, 配合外围接口模块, 实现了 USB 接口、RS232 接口、1553B 电缆网络测试控制模块以及 1553B 终端设备控制模块的功能。

S698 IP 核是一款可裁减的基于 AMBA 总线架构的内核, 带有丰富的外设, 特点如下:

- 带 IU/FPU 单元, 支持 5 级流水;
- 带有内存控制器, 可以外接 SRAM/PROM/SDRAM;
- 带有中断控制器;
- 带有 2 个 UART 串口;
- 带有 2 个内部定时器;
- 带有 GPIO 接口;

1553B 总线控制器 IP 核是欧比特公司专门为航空、航天测控网络中的设备开发的符合 MIL-STD-1553B (以下简称 1553B) 协议的总线控制器模块。该模块内部实现了 1553B 总线协议处理器和总线数据收发器, 可以完成总线控制器 (BC: Bus Controller)、远程终端 (RT: Remote Terminal) 和总线监视器 (BM: Bus Monitor) 三种总线设备的功能。此处使用的 1553B 内核是集成了 2 个 OBT1553B 的功能,

从而实现具有独立两路 1553B 功能的总线控制器。同时内核内集成了 32K X 16 Bit 静态存储器, 静态存储器容量的大小可以

根据需要修改。

S698 处理器内部带有 RS232 接口, 用于实现 1553B 电缆网络测试模块跟系统主控单元之间的通讯。主控单元根据测试流程通过 RS232 接口向网络测试模块发送命令, 网络测试模块根据命令控制 1553B 控制器模拟某种 1553B 总线工作模式 (BC/RT/BM), 发送或接收 1553B 数据消息, 并控制数据采集通道的切换。

在 S698 处理器的 IO 接口外挂 PHILIPS 公司提供的 ISP1582 芯片, 即可实现 12Mbit/s 全速的 USB 接口功能。USB 接口用于实现 1553B 终端设备功能测试模块跟主控单元之间的通讯, 主控单元通过 USB 接口控制主板上 1553B 终端设备功能测试模块模拟某种 1553B 总线工作模式 (BC/RT/BM), 实现跟外部被测 1553B 终端设备进行数据通讯, 主板把主控单元发送下来的数据组成消息发送出去, 或把接收到的消息数据上传到主控单元进行分析、处理。

3.3 1553B 测试信号源

1553B 测试信号源要根据测试进程, 模拟 BC 或 RT, 产生各种测试用的 1553B 激励信号。

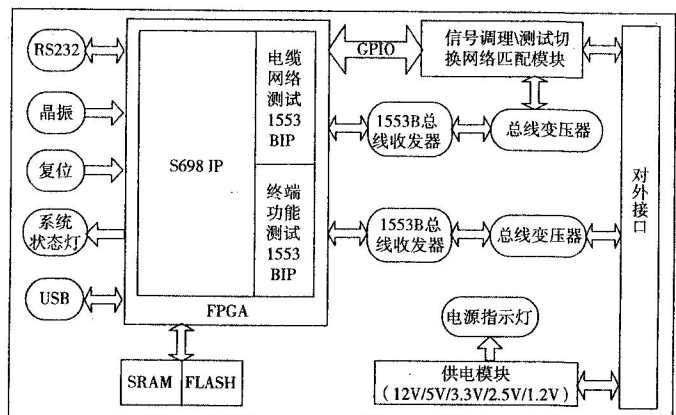


图2 1553B测试专用主板原理框图

基于 FPGA 设计信号源模块, 具体原理框图如图 3 所示。

1553B 信号源模块基于 FPGA 设计, 采用 S698 IP 核作为板上主控处理器, 结合外围晶振、复位、电源、数据存储器, 组成板上控制系统。同时在 FPGA 内部集成了 1553B 总线控制器 IP 核, 实现 BC/RT/BM 功能, 产生各种 1553B 总线数据信号。为实现跟系统的主控单元之间的通讯, 设计有 Wi-Fi 以及 RS485 接口。S698 自身带有串口控制器, 选用 MAXIM 公司提供的 RS485 驱动芯片——MAX3485 作为驱动即可实现 RS485 接口。Wi-Fi 接口选用工业用 WiFi 转串口模块 SocketWireless Wi-Fi, 它支持因特网协议、加密协议、硬件加速协议, 支持无线 IEEE 802.11b/g 标准, 可以方便地把串口设备接入 IEEE 802.11b/g 无线局域网。

4 专用软件设计

为利于系统的维护及功能扩展, 专用软件的设计遵循软件结构化和模块化的设计思想。专用软件主要包括 WIFI/RS485 用户管理模块、系统配置管理模块、

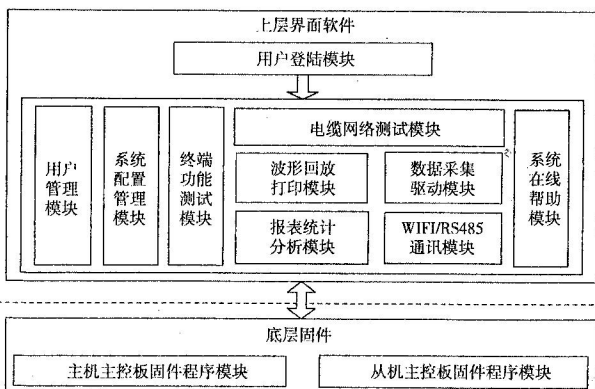


图 4 专用软件总体框图

通讯控制模块、数据采集控制模块、1553B 电缆网络测试模块、1553B 终端设备功能测试模块、测试波形回放打印模块、测试报表统计分析模块、系统在线帮助模块, 总体结构如图 4 所示。

上层界面软件通过主控单元的外设驱动接口跟底层固件之间实现通讯。USB 接口采用常用的通讯协议, 在此不作详述。RS485 以及 RS232 接口采用标准的 MODBUS RTU 通讯协议。该协议采用请求和应答机制, 并对数据帧进行了 16 位 CRC 校验, 通讯过程中采用重发机制, 从而保证了通讯的安全性和准确性。

Modbus 协议是应用于电子控制器上的一种通用语言。通过此协议, 控制器相互之间和其它设备之间可以通信。该协议已经成为一通用工业标准。它定义了一个控制器能认识使用的消息结构, 而不管它们是经过何种网络进行通信的。它描述了一控制器请求访问其它设备的过程, 以及怎样侦测错误并记录。它制定了消息域格局和内容的公共格式。

当在一 Modbus 网络上通信时, 此协议决定了每个控制器须要知道它们的设备地址, 识别按地址发来的消息, 决定要

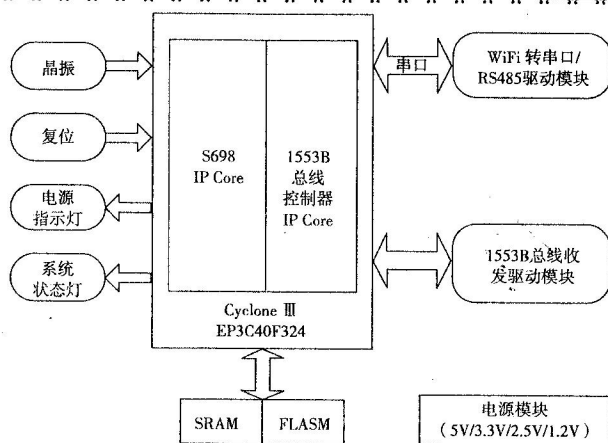


图 3 信号源模块功能框图

产生何种行动。如果需要回应, 控制器将生成反馈信息并用 Modbus 协议发出。MODBUS 通讯过程如图 5 所示。

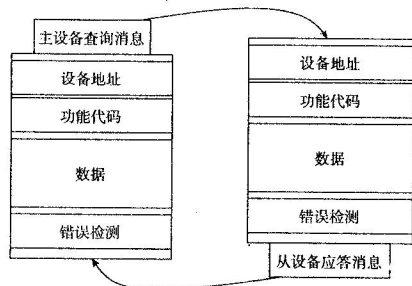


图 5 MODBUS 通讯过程示意图

5 结束语

本文提供了一种新型的便携式 1553B 电缆测试系统的设计方案, 该方案可以提供 1553B 电缆网络故障检测以及定位、电缆网络性能测试分析以及 1553B 终端设备功能和协议测试功能, 具有高集成、高稳定、高可靠以及操作简单、通用性强、携带方便等特点。目前, 该方案已经在珠海欧比特公司的 OBT1553B-CTS-P 型便携式 1553B 电缆测试系统产品中得到实现和应用, 该产品也已经在我国多家装备研制和维护检修单位中得到了实际的应用, 用户反映良好。□