

基于 LabVIEW 和 C 语言的 1553B 串行通讯系统

赵昶宇^{1,2}, 于 平¹, 李东景^{1,2}

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033;
2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘 要: LabVIEW 具有开发效率高、内置函数丰富等优势,但在对底层硬件的驱动方面,却不如 C 语言功能强大。以 1553B 串行通讯系统的开发为实例,利用 C 语言编写中断服务程序,在 Visual C++中将 C 程序转换成动态链接库文件,调用 LabVIEW 中的库函数节点,解决了在 LabVIEW 实现硬件中断的技术难点,同时给出了一种提高 1553B 总线消息传输实时性的方法。实验结果表明,在多种周期消息和非周期消息混合传输的前提下,上述设计方法实时性强、可靠性高、系统可扩展性良好。

关键词: 虚拟仪器; 动态链接库; 混合编程; 串行通讯

中图分类号: TP274

文献标识码: A

DOI: 10.3788/OMEI 20102706.0029

A Serial Communication System of 1553B Based on LabVIEW and C Language

ZHAO Chang-yu^{1,2}, YU Ping¹, LI Dong-jing^{1,2}

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;
2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: LabVIEW had the advantages of high efficiency on development, all kinds of functions and so on. But it was not as good as the C language on hardware driving. Take a serial communication system of 1553B for example, In order to resolve the technical difficulties on hardware interrupt in LabVIEW, the interrupt service routine was programmed by C language, the C program was changed to dynamic link library in the visual C++ and the library function node was called in LabVIEW. At the same time, a kind of method on improving transmission real time characteristic of 1553B was given in this paper. In the condition of transmitting several periodic and aperiodic mes-

sages, the experimental results showed that the method had good performance on real time characteristics and reliability, and the system had good expansibility.

Keywords: virtual instrument; dynamic link library; mixed programming; serial communication

1 引言

1553B 总线是在 70 年代末为适应飞机的发展由美国提出的飞机内部电子系统联网的标准, 由于它的高可靠性和灵活性, 在军事工业中得到了广泛的应用。目前, 基于 1553B 总线的串行通讯仿真系统大多是用 VC、VB、Delphi 等面向对象的可视化编程语言实现的。基于 LabVIEW 的串行通讯仿真系统和上述开发工具相比, 编程更加方便, 开发周期短, 而且人机界面友好, 受到越来越多的测控工程师的青睐。由于 1553B 总线是一种典型的实时总线, 保证数据传输实时性的最佳办法是采用硬件中断技术, 而在 LabVIEW 中实现硬件中断并非易事^[1]。

在 LabVIEW 中可以通过调用库函数节点 (Call library function, 简称 CLF) 和代码接口节点 (Code interface node, 简称 CIN) 两种方式嵌套 C 语言, 使用 C 语言可以实现对底层硬件的编程操作, 从而很容易解决硬件中断的难题^[2]。CIN 节点是 LabVIEW 中用来调用 C/C++ 代码的功能节点。它与调用库函数的不同之处在于, 它能够将代码集成在 VI 中作为单独的一个 VI 发布, 而不需要多余的文件。另外, 它提供了函数入口, 可以根据用户提供的输入输出自动生成函数入口代码, 从而使用户只关注代码功能而不用过于关注函数声明、定义等语句。然而, CIN 的制作过程比 CLF 要复杂得多, 对于 LabVIEW 不支持的硬件设备大部分采用 CLF 这种方法进行驱动。本文通过实例介绍一种在 LabVIEW 中通过 CLF 的方式实现 1553B 串行通讯的方法^[3]。

2 实际应用举例

2.1 硬件组成

运行 1553B 串行通信系统所需要的硬件资源有:

1 台笔记本电脑、1 个 PCMCIA 卡、2 根专用通讯电缆、1 台 PXI-1036 机箱、1 块 PXI 8310 板卡、2 块 QCP1553 单功能板卡、2 根 1553B 通讯电缆和 3 片 BU65170 芯片等, BU65170 芯片作为远程终端 (RT), 2 块 QCP1553 单功能板卡分别作为总线控制器 (BC) 和总线监视器 (MT)。本 1553B 串行通信系统中用到的处理器是 DSPSMJ320C30, 完成传输层协议、对 BU65170 芯片的控制以及通过双端口随机存储器 (DPRAM) 与本地总线进行数据交换。

运行 PXI-1036 机箱, 在 PXI 8310 板卡工作后, 启动 1553B 串行通信系统, 要发送的消息和命令通过 PCMCIA 卡和专用通讯电缆被存储在了 QCP1553 板卡 (作为总线控制器) 中, 再通过 1553B 通讯电缆将上述消息和命令存储到 BU65170 芯片的 RAM 中; BU65170 芯片 RAM 中的数据通过 1553B 通讯电缆被存储在 QCP1553 板卡 (作为总线控制器) 中, 数据通过 PCMCIA 卡和专用通讯电缆显示在 1553B 串行通信系统界面上^[4]。

2.2 软件设计

基于 LabVIEW 和 C 语言开发的 1553B 串行通信系统的功能是模拟总线控制器的功能, 向 3 片 BU65170 芯片 (作为 RT) 周期广播时间码、平台参数、长抱环测试数据和系统状态, 突发方式发送控制命令、工作指令和重要事件, 接收每个 RT 反馈的工程参数; 实时监控总线上的各种消息, 记录异常消息或者状态并报警。本软件系统的结构框图如图 1 所示。

软件设计采用 LabVIEW 和 C 语言混合编程实现, 主要有 3 个软件模块: 数据显示和记录模块、消息传输模块和异常检测模块^[5]。数据显示和记录模块包括界面设计、实时显示并保存接收/发送的数据以及回放数据功能; 消息传输模块实现 QCP1553 板卡的

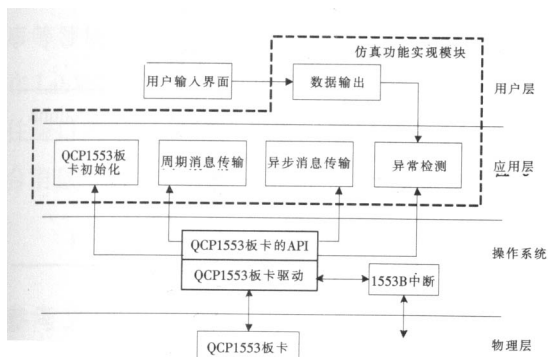


图1 1553B 串行通信系统软件结构

初始化和发送/接收各种周期消息和异步消息的功能，对于已接收/发送的消息的处理是在 1553B 中断程序中完成的，该中断程序采用 C 语言实现；异常检测模块负责捕捉总线异常并对异常产生报警。

软件设计的重点和难点是实现 1553B 总线上周期消息和异步消息实时完整的传输。在传输消息之前，首先按照每条消息的序号建立消息帧，并设定消息主帧的周期。消息主帧的周期等于所有消息中最小消息的周期，由于查询矢量字的周期最小(32 ms)，因此设置消息主帧周期为 32 ms，其余周期消息的次帧周期设置为消息主帧周期的 2^n 倍。安排消息时，在消息块中按 1553B 消息格式填写 BC 消息块，这包括被主处理器加载的被 BC 协议逻辑从 QCP1553 板卡 RAM 中读出的控制字、命令字和传输数据的位置。此外，后续邻近地址必须为接收返回地址、RT 状态和数据字的存储分配位置。BC 消息块中第一个字是 BC 控制字，用来选择活动总线、消息格式、离线自检允许和指定“广播命令接收 RT 状态位”的预期值^[6]。消息传输处理的流程图见图 2 所示。

在上述的消息帧中为每一条消息设置消息结束(EOM)中断。由于总线上所有消息的传输都由 BC 激励和控制，当发送完 BC→RT 类型消息、RT→BC 类型消息以及方式指令后会自动触发相应的中断处理线程。在主程序中注册中断响应线程，并设定线程的执行优先级为较高，使系统优先处理。在中断响应线程中设置中断头指针(Head_index)和尾指针(Tail_index)，当在中断 FIFO 中有未处理的中断时两

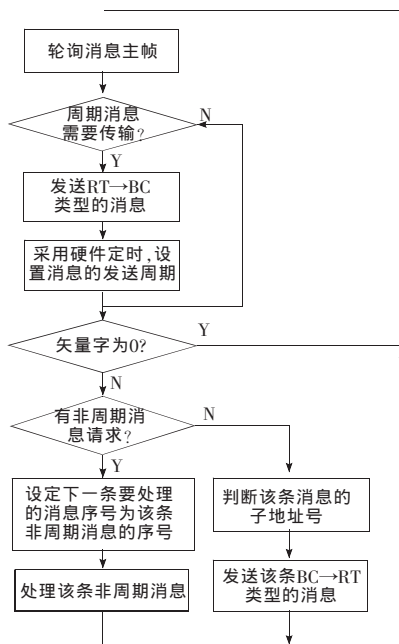


图2 消息传输处理的流程图

指针将不同，循环累加尾指针以遍历中断 FIFO。当中断事件和需要处理的事件吻合时，处理中断。主程序停止时，注销中断响应线程。采用中断方式读取 BC 发送的数据能够快速响应并实时处理弹上 BC 发送给 RT 的数据，最大限度地保证了数据在总线上传输的实时性并提高了程序的执行效率。

中断处理程序见如下代码：

```
Int _stdcall my_handle (unsigned int cardnum,
struct api_int_fifo *IntFIFO)
{
    tail = IntFIFO->tail_index; /*get tail_index */
    while (tail != IntFIFO->head_index)
        /*Unhandled messages exist*/
    {
        if (IntFIFO->fifo[tail].event_type)
        {
            /*Handle message received from RT1 SA1 transmit*/
            if ((IntFIFO->fifo[tail].rtaddress==6)&&
                (IntFIFO->fifo[tail].transrec==1)&&
                (IntFIFO->fifo[tail].subaddress==0)&&
```

```
(IntFIFO->fifo[tail].wordcount==16))
```

```
{
/* handle message here*/
}
}
```

在 VC 中使用 MFC Application (dll) 建立一个名字为 1553B 的工程, 然后在 1553B.cpp 中键入以下代码:

```
typedef struct api_int_fifo
{
int head_index; //Index of element being added t
int tail_index; // Index of element to be removed
struct BT_FIFO // FIFO structure: events.
{
int event_type; // EVENT definitions below.
int rtaddress; // Terminal address of message.
int transrec; // Non-zero if transmit message, zero
for receive
int subaddress; // Subaddress of message
int wordcount; // Word count of message
}
fifo [MAX_FIFO_LEN]; // FIFO has exactly 64 en-
tries.
} API_INT_FIFO;
extern"C" _declspec (dllexport) int _stdcall
my_handle (unsigned int cardnum, struct api_int_fifo
*IntFIFO)
{
/*insert interrupt service routine here*/
}
```

上述代码完成后, 构件并产生最终的目标文件 1553B.dll。在 LabVIEW 中调用库函数节点, 配置 CLF 节点的各项参数。第一个选项为函数库文件名和路径, 选择刚才编译的文件 1553B.dll; 第二个选项为函数名, 选择 my_handle; 第三项设置返回和传递参数^[7]。具体设置如表 1 所示。

表 1 CLF 节点参数配置

Parameter	Type	Datatype	Dimensions
Return type	int	u32	-
Cardnum	int	u32	-
intFIFO	array	u32	1

3 关键技术分析

本 1553B 串行通信系统运行时, 由于在总线上同时存在周期消息和非周期消息, 可能出现在周期消息传输的过程中触发了非周期消息, 导致当前周期消息处理失败; 或者在非周期消息的处理过程中, 周期消息的执行时间到了, 造成非周期消息的处理被打断^[8]。为了避免上述现象发生, 需要对总线上消息传输的策略进行优化。

为确保消息的完整性, 提高消息传输的实时性, 设定周期消息的传输大周期为 1 024 ms, 并将其分成 32 个小周期 (每周期为 32 ms)。每次在传输消息时, 以 32 ms 为周期轮询消息主帧, 先执行周期消息的判断和传输, 然后查询消息矢量字, 若矢量字为 0, 表明当前没有非周期消息, 发送 RT→BC 类型命令, 执行周期消息的传输; 若矢量字非 0, 表明触发了非周期消息, 通过解析矢量字判断非周期消息的类别, 通知 BC 组织非周期消息的传输。若需要传输多条非周期消息, 将相邻两条非周期消息的发送间隔设置为轮询矢量字的周期。若能保证该条非周期消息在矢量字的轮询周期内发送完毕, 则发送完一条非周期消息后, 将消息计数值减 1, 在中断服务程序中判断消息数目, 循环至该矢量字对应的非周期消息传输完毕。经反复试验, 上述方法在周期和非周期消息混合发送的情况下, 可以保证总线上所有消息的完整性。

4 结束语

1553B 总线是一种集中式控制的串行总线型网络, 由于其高可靠性和实时性, 在航空、航天、军

事等领域的电子联网系统中得到了广泛应用。本文在 LabVIEW 中利用 DLL 技术方便地实现了对底层硬件端口的直接访问,并给出了提高 1553B 总线上混合消息传输实时性的一种解决方法。在 LabVIEW 平

台下开发实现 1553B 通讯,其开发周期短、成本低、界面简洁美观,而且可移植性好。实践证明,通过调用动态链接库的方法,第三方 1553B 通信设备可以更协调地使用于 LabVIEW 开发环境中。

参考文献

- [1] 王华,袁中凡. Visual C++, LabVIEW, LabWindows/CVI 与 MATLAB 接口技术的研究[J]. 计算机应用研究, 2007(2): 281-285.
- [2] 吴化柱,乔毅,栾美艳,等. LabVIEW 在现场总线控制系统的应用研究[J]. 仪表技术与传感器, 2005(4): 28-29,34.
- [3] 彭宇宁,朱后. 利用 DLL 技术实现 LabVIEW 和 MATLAB 混合编程[J]. 计算机与现代化, 2007(8): 93-95.
- [4] 夏修现,张晓斌,席代迪. 基于 1553B 总线的先进飞机电气终端的仿真[J]. 计算机仿真, 2005, 22(10): 58-62.
- [5] 罗晨,刘森. 虚拟仪器在 1553B 总线通信系统中的应用[J]. 航空计测技术, 2002, 22(4): 25-27.
- [6] 赵昶宇,于平. 基于 LabVIEW 的 1553B 通讯的设计与实现[J]. 光机电信息, 2009, 26(5): 23-26.
- [7] 尹德强,周新力. 基于 VI 的 1553B 总线系统仿真[J]. 航空计算技术, 2004, 34(2): 75-78.
- [8] 马捷中,陆艳洪,翟正军. 1553B 总线控制器和远程终端软件设计[J]. 测控技术, 2003, 22(2): 38-40.

作者简介:赵昶宇(1982-)男,汉族,陕西汉中,助理研究员,2004年于吉林大学获得学士学位,主要从事虚拟仪器的控制和嵌入式系统的软件设计研究。Email: zcyscg001@163.com

《中国光学与应用光学》(双月刊)

《中国光学与应用光学》由中国科学院长春光学精密机械与物理研究所和中国光学学会光电技术专业分会共同主办。

★中国科技核心期刊

★中国光学学会光电技术专业委员会会刊

★中国学术期刊(光盘版)源期刊

★中国科学引文数据库源期刊

报道内容:基础光学、发光理论与发光技术、光谱学与光谱技术、激光与激光技术、集成光学与器件、纤维光学与器件、光通信、薄膜光学与技术、光电子技术与器件、信息光学、新型光学材料、光学工艺、现代光学仪器与光学测试、光学在其他领域的应用等。

E-mail: gxyygx2007@126.com 电话: 0431-86176852; 84627061