

基于 PCI 总线的数据采集与回放处理系统

李国梁¹ 张 歆¹ 袁建平²

(1 西北工业大学 西安 710072)

(2 中科院声学所 北京 100080)

摘 要 机车信号对机车安全运行非常重要。对机车信号进行可靠的无缝采集和回放分析,是信号检测设备设计的基础。介绍一种基于 PCI 总线的机车信号数据采集、回放与处理系统。详细介绍系统的硬件结构和 PCI 数据采集卡及其控制程序的设计。系统能够进行 12 位精度的双通道信号的同步采集,可在界面上同时监视两个通道所采的数据,进行波形回放,能对机车信号进行实时处理,并实时显示波形与处理结果,能用于长时间连续数据采集与存储。

关键词 PCI 总线 数据采集 波形回放 信号处理

引言

随着铁路向“高速重载”的方向发展,对机车信号的可靠性的要求越来越高,对行车过程中的机车信号进行记录、回放和处理分析,在寻找影响机车显示正确率的因素和设计更可靠机车信号接收系统方面有重大意义。目前机车信号的记录系统主要是基于移动电脑的记录系统^[1],其主要问题是实时性较差且成本相对较高等。

基于以上原因,利用嵌入式计算机,设计一种基于 PCI 局部数据总线的机车信号记录与处理系统。PCI 局部数据总线是一种高性能的局部总线,可同时支持多组外围设备,由于其高数据传输率、通用性较强、廉价等优点,广泛应用在数据采集上。系统利用 PCI 总线高数据传输率的特点,方便地实现机车信号的实时采集、传输和存储,以及其实时波形绘制和处理。本文首先介绍系统的整体结构,并进一步描述采集卡的设计和采集卡控制程序的编写,以及机车信号处理的过程。

1 系统整体硬件结构

基于 PCI 局部数据总线^[2]的数据采集系统,其本质是一个带有 PCI 扩展功能的计算机系统,其主要硬件结构与一般计算机系统类似(见图 1),主要由 PCI 数据采集卡和嵌入式计算机系统(虚线部分)构成,嵌入式计算机系统主要由嵌入式主板、处理器、存储器 and 显示器等构成。PCI 数据采集卡首先对采集信号进行放大、滤波等信号调理和模数转换(A/D)后,由计算机系统从采集卡上读取数据并将其写入硬盘,实

现数据采集功能。采集的数据写入采集卡并经采集卡的 D/A 输出,完成波形回放功能。

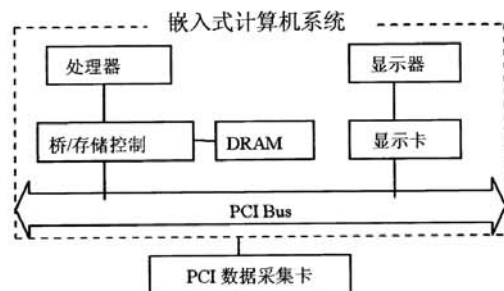


图 1 系统整体硬件结构

本文设计的硬件系统选用威盛 EPIA-V Mini-ITX 主板,采用 VIA C3TM E-Series 处理器,其主频为 800MHz。整个数据采集系统具有体积小、低功耗、低散热、高速度处理的特点,可以方便地用于外场实验采集。在整个硬件系统中,双通道 A/D 和 D/A 数据采集卡是系统核心,下文介绍数据采集卡设计。

2 数据采集卡的设计

双通道 A/D 和 D/A 数据采集卡的结构框图(见图 2)。为保证采集卡在双通道同时采集的可靠性,本系统采用四片 FIFO 缓存,利用 CLPD 对 A/D、D/A 的采样进行控制、FIFO 的读写控制、采样结束中断的产生等功能。此外它还完成数据整合功能,即将两个 A/D 的 FIFO 上的共 24 位的数据整合为一个 32 位宽度的数据,32 位数据的低 16 位为 FIFO1 上的数据,高 16 位为 FIFO2 上的数据;或将总线传来的 32 位宽度的数据分别打到两个 D/A 的 FIFO 上。

总线接口部分选用 PCI 总线控制芯片 PLX9054,由它来实现数据通信。PLX9054 提供 4 种

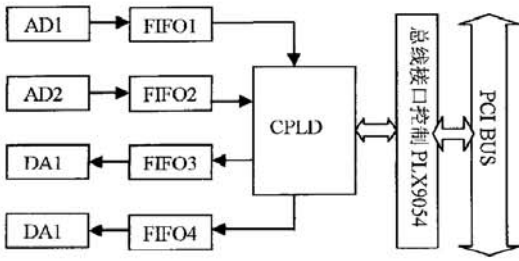


图2 PCI采集卡结构

与PCI总线通信的途径:DMA方式、邮箱方式、FIFO方式和直通方式。为了让系统CPU拥有较多的时间做数据分析处理,本系统采用的是DMA方式,PLX9054设计2个双向的DMA通道:DMA0和DMA1。两个通道各自占用一个FIFO,其中用于DMA0读写的FIFO深度为32,用于DMA1读写的FIFO深度为16,宽度均为32。通过设置DMA控制器的PCI地址寄存器,Local地址寄存器,读写计数器等配置寄存器,可以实现DMA的块传输、分散/聚合(SGL)传输等方式。DMA传输完成以后,PLX9054可以产生相应的PCI或Local总线的中断。

3 系统软件设计

整个系统的软件工作流程(见图3),分为采集流程和回放流程,其中从采集卡到存储器为数据采集工作流程;回放流程是本系统的核心工作流程,它首先将数据从存储器读出,然后把数据复制成三份:一份用于显示原始波形,一份写到采集卡通过D/A以模拟信号的形式输出,最后一份用于数据处理和分析。

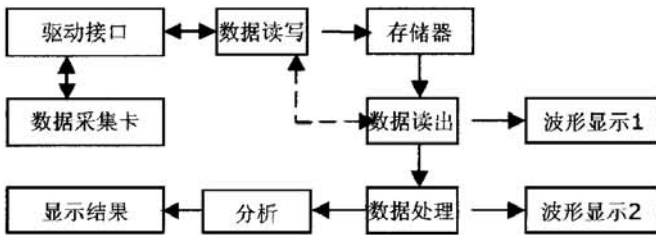


图3 数据采集及处理系统软件工作流程

系统的软件设计主要是板卡控制和信号处理两大部分。在整个软件设计过程中,是在VC开发环境中,借助PLX SDK v3.30软件开发包进行软件编程设计,它提供大量的接口API,使得软件开发难度大大降低,同时利用PLXMon监视系板卡的寄存器状态并进行系统的调试。

在软件设计时,首先设计系统的操作界面(可参考图6),界面上包括启动采集或回放等基本操作按钮,以及两个波形显示视口,以便于监视两个通道的信号采集和回放情况。两个显示视口可以同时用于双通道信号的采集或回放,也可以回放一个通道的

原始波形和经过处理后的波形。此外界面上还有一个专用的机车信号灯型显示区,用于显示在回放时信号处理的结果。下面分别介绍板卡控制和回放信号处理的程序设计。

3.1 板卡控制程序

VC下的板卡的控制,即循环采集数据和向D/A FIFO写数据,它们是通过两个优先级较高的线程完成,这两个线程的设计方式基本类似,采集线程工作框图(见图4),在线程中首先要用API函数³Select-Device(&Device)获得设备句柄,然后用PlxPciDeviceOpen(&Device, &hDevice)打开设备,用PlxBusIopWrite()函数对采集卡AD进行初始化以及采样率的设置,对DMA通道进行设置并用函数PlxDmaSglChannelOpen()打开DMA通道,当有中断时,用函数PlxDmaSglTransfer()进行数据传输。我们调用Win32 API函数WaitForSingleObject等待中断,在中断未到时,自动使所在线程进入睡眠状态(不消耗CPU时间)。在采集结束后用PlxDmaSglChannelClose()关闭DMA传输通道,用PlxBusIopWrite()关闭AD,最后用函数PlxPciDeviceClose(hDevice)释放数据采集卡。

3.2 回放信号处理的实现

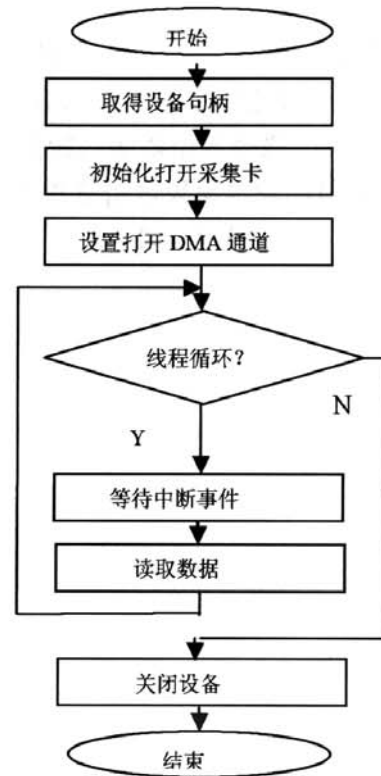


图4 采集线程工作框图

回放数据的实时信号处理是利用相邻两次读写数据中断事件间的时隙来实现的,这就要求中断事件间的时间间隔足够长,处理器的速度足够高,信号处理程序的计算量不能太大。而中断事件间的时间间

隔是由采样频率和采集卡的 FIFO 容量决定的,也就是由所采信号的特征决定的;而处理器速度的提高会使嵌入式系统的成本成倍提高,因此只能通过减小信号处理程序的计算量来实现信号的实时处理。

根据系统的设计要求,信号处理主要是对机车信号的解调。通用机车信号⁴⁾分为交流计数、移频和 UM71 3 种信号制式,其中移频信号和 UM71 都是多载频的 FSK 调制信号。对交流计数信号的处理是测试出信号的码型参数、幅度和频率,对移频和 UM71 信号的处理需要测试出信号的幅度、载频、上下边频和低频。移频和 UM71 信号是目前较为常用的机车信号,在处理上也比交流计数信号复杂,因此我们着重介绍移频和 UM71 信号的处理。

信号处理框图(见图 5),由于机车信号是一种多载频 FSK 信号,所以在解调前需要对载波进行判

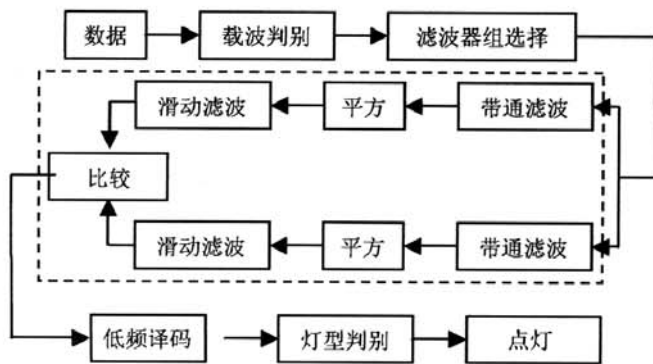


图 5 移频信号的处理框图

别,这可以通过比较通带输出幅值来实现的,然后再让其通过相应的带通滤波器组,之后再经过平方、滑动低通滤波,可得到信号的低频包络,然后经过比较得到信号的低频信息,根据低频频率给出相应的信号灯型。系统工作在回放处理机车移频信号时的情形(见图 6),两个蓝色视口分别显示原始波形和处理后得到的低频信息波形,最右边为机车信号灯型。为降低信号处理的运算量,系统的所有带通滤波器均采用 4 阶 IIR 椭圆带通滤波器,其带内波动系数为 0.5dB,带外衰减为 40dB。此外还采用二阶节级

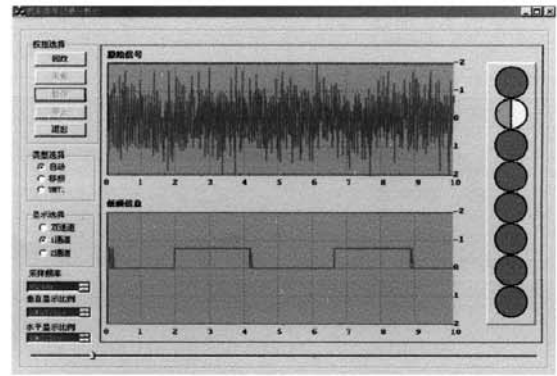


图 6 系统在回放处理机车移频信号

联实现,并对各基本节的零点、极点单独进行调整,降低每个二阶节的分子、分母系数差异,提高稳定性,在此借助 Matlab 软件来分析计算安排二阶节各节的增益,保证在要求的输入范围,没有数据溢出发生,使 IIR 带通滤波器的稳定性得到保证,也使得整个系统能够稳定的运行。

4 结束语

基于 PCI 总线的双通道数据采集与回放处理系统,它采用 PLX9054 中断模式下的 DMA 模式下的分散/聚合(SGL)传输方式,基本实现数据的无缝采集,同时也使系统 CPU 拥有足够的时间来处理信号;在机车信号处理中,采用 IIR 滤波器进行信号滤波,使得信号处理的运算量降低到 10 倍左右,使得整个系统的稳定性和实时性提高。这一系统目前已在机车信号采集实际应用中取得良好的效果。

参考文献

- 1 许迅,张民,赵林海. 机车信号记录器的功能设计[J],北方交通大学学报,2000,24(5):76~81
- 2 李贵山,陈金鹏. PCI 局部总线及其应用[M],西安:西安电子科技大学出版社,2003
- 3 PLX SDK Programmer's Reference Manual (version 3.2) [CP/CD], PLX Technology, 2001
- 4 张铁增. 信号工[M],北京:中国铁道出版社,2002
- 5 丁玉美,高西全. 数字信号处理(第二版)[M],西安:西安电子科技大学出版社,2001

Data acquisition and replay processing system based on PCI bus

Li GuoLiang¹ Zhang Xin¹ Yuan Jianping²

(1 Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072)

(2 Institute of Acoustics, Chinese Academy of Science, Beijing 100080)

Abstract Cab-signal is very important to the train travel. The reliable and seamless Cab-signal acquisition and replay analysis are the bases of the design of Cab-signal detecting and processing systems. A system of the data acquisition, replay and process based on PCI local bus is introduced in this paper. 12-bit data could be synchronous sampled in double channels. Sampled signals or replay signal waves of the two channels can be showing on the screen at same time, when Cab-signals were replaying, the results of the signal processing could be showed in the same time. The device can used for long time data acquisition and storage.

Key words PCI bus Data acquisition Wave replay Signal processing