

基于 Labwindows/CVI 数据采集系统 上位机软件的设计

苏淑靖^{1,2}, 李莹²

(1. 中北大学 电子测试技术重点实验室, 太原 030051;

2. 中北大学 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 太原 030051)

摘要: 为了能够完成大量多路信号的现场实时采集处理, 对数据采集系统的上位机软件进行了设计, 在 Labwindows/CVI 软件开发平台下, 设计了人机交互界面, 编写了背后实现程序代码以及 USB 总线通信函数动态库, 实现了对多种环境和状态参数的采集和分析; 文章重点介绍了为实现多种测试功能而采用的多线程、动态链接库关键技术, 给出了功能测试结果, 输入正弦波信号用上位机软件画图功能还原, 结果波形光滑无毛刺, 电压值误差很小; 该软件性能稳定, 满足实际需求。

关键词: Labwindows/CVI; 数据采集; 多线程; 动态链接库

PC Software Design of Data Acquisition System Based on Labwindows/CVI

Su Shujing^{1,2}, Li Ying²

(1. Key Lab. of Technology on Electronic Test & Measurement, North University of China, Taiyuan 030051, China; 2. Ministerial Key Laboratory of Instrumentation Science & Dynamic Measurement, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: For processing a lot of multi-channel signal in real time, PC software of data acquisition system has been designed. In Labwindows/CVI software development platform, designed a human-machine interface, written behind the realization of the program code and USB bus communication function dynamic library, the whole design has realized the acquisition and analysis of multiple environments and state parameters. In this paper, Multithreads technology and Dynamic Link Library technology were introduced specifically, that were used for achieving a variety of testing capabilities, and finally functional test results are given. Input sine wave signal and use PC software drawing functions to restore, the results show waveform is smooth and voltage error is small, the software has stabilized performance, meeting the actual needs.

Keywords: Labwindows/CVI; data acquisition; multithreads; dynamic link library

0 引言

数据采集设备是飞行器研制的测试过程中不可缺少的重要设备, 用于测试飞行器对各种环境的响应特性, 为分析飞行器技术状态和工作性能提供充分的依据。由于飞行器上各类传感器信号的采集、存储、分析和显示需要在上位机集中完成, 本文设计了基于平台 Labwindows/CVI 的上位机测试软件, 该软件与系统硬件的数据传输由 Visual C++ 开发的动态链接库调用 USB 接口驱动程序完成。按照用户操作, 对采集系统下发指令、数据, 同时接收系统上传的数据, 并对接收到的上传数据进行实时分析处理^[1]。

1 系统软件设计

1.1 总体设计

系统上位机软件采用模块化设计, 首先用主程序、子程序、子过程等框架把软件的主要结构和流程描述出来, 并定义和调试好各个框架之间的输入、输出链接关系, 得到以功能块

为单位的算法描述, 针对每个功能块进行开发, 再由接口将不同的功能块组合到一起^[2]。

本软件开发在架构上共有 8 个功能模块: 自检模块、初始化参数装订模块、存储器擦除模块、数据采集模块、数据存储模块、数据分析处理模块、生成报告模块及数据显示模块。组成结构如图 1 所示。

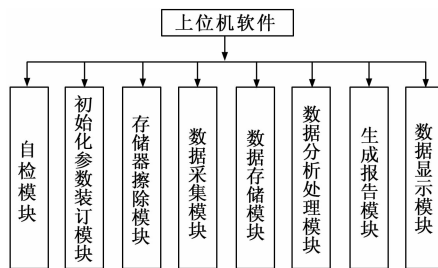


图 1 上位机软件模块组成结构图

自检模块通过下发自加数实时检测下位机的通信状态。初始化参数装订模块将 5 种采样率在上位机设置完成后装订下发。存储器擦除模块下发擦除 Flash 命令, 使之前采集的数据不影响下次的采集。数据采集模块负责各类信号的采集, 按通道传送给数据显示、数据存储、数据处理模块。数据显示模块则是根据不同的需要接收数据采集模块传送的数据并实时显示

收稿日期:2014-01-20; 修回日期:2014-03-11。

基金项目:国家自然科学基金重点项目(60866039)。

作者简介:苏淑靖(1971-),女,山西吕梁人,副教授,博士,主要从事测试系统集成,电路系统检测与诊断,感知与探测等方向的研究。

数据的波形。数据存储模块将采集到的数据按照规定的格式存入计算机。数据分析处理模块则通过对采集到的数据进行后续处理和分析。生成报告模块将分析处理后的数据结果生成 Word 文档保存。

1.2 功能实现

上位机软件和数据采集硬件通过 USB 总线连接, 总线接口软件使用编写的 USB 通信函数动态库与 USB 通信, 进行数据的下发和上传, 下发数据包括各种采集控制命令和参数配置状态, 上传数据包括硬件工作状态和测试数据。不管上传数据还是下发数据, 都是识别人机界面发生的事件, 从而响应用户操作, 进行命令准备、参数装订, 或者对数据进行分析处理, 并输出测试的结果。具体功能描述图如图 2 所示。

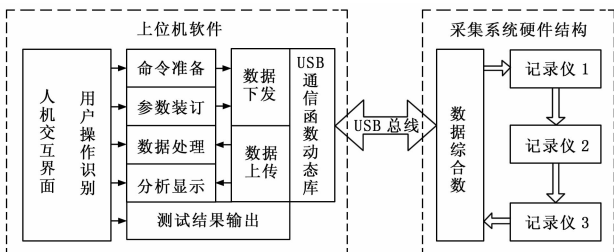


图 2 上位机软件具体功能描述图

本软件可以为试验数据提供连续的数据采集功能, 同时可以将数据实时地存储下来, 也可以有针对性地对所采集到的数据进行实时或后置分析处理以及在需要的情况下进行数据回放。经过总体的把握和具体设计开发, 最后形成的人机交互界面如图 3、图 4 所示。



图 3 上位机软件主界面

图 3 是主界面, 在进行数据采集之前, 应当先进行自检和全局复位, 确保通信状态的良好并使所有参数恢复初始状态, 之后再行地址分配、采样率和采集时长的设置。在这些工作完成之后, 当用户按下“采集数据”按钮时, 程序进行数据采集。图 4 是子界面, 主要用来进行绘制波形, 实时显示采集的数据。由于主界面安排的控件比较多, 因此将此部分安排在子界面, 在按下主界面上的“绘制波形”按钮时, 子界面自动弹出。

2 软件设计中的关键技术

2.1 多线程技术

在进行数据采集时, 经常会遇到多任务处理的情况, 比如数据采集和处理并行进行。若采用单线程编程方法, 需要等到一遍数据采集完之后才能进行数据处理, 大大降低了程序的执行效率, 系统的实时性也难以得到保证。而多线程程序是在同一时间段内至少有两个单独的线程在执行程序代码, 其中每一个线程都有自己的堆栈, 并独立于应用程序内的其它线程而运行, 既保证数据采集的实时性, 又能及时响应用户的其它操作, 最大限度地提高了系统运行速度和响应速度^[3]。

本设计在主线外分别建立 4 个次线程。主线程用于响应用户的操作, 具有最高的优先级, 保证了用户的操作能够被及时地响应处理, 4 个次线程包括采集线程、显示线程、存储线程以及处理线程, 4 个线程同时运行, 这样就可以进行连续数据采集的同时, 执行其他任务, 而不用担心出现数据大量流失的现象。流程图如图 5 所示。

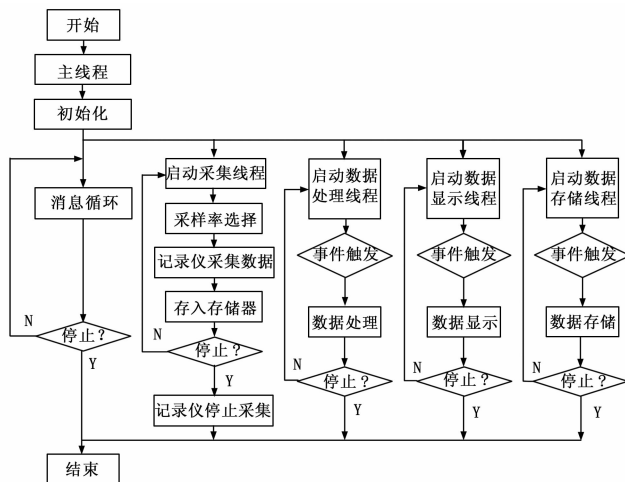


图 5 上位机软件流程图

Labwindows/CVI 给用户提供了两种多线程机制: 线程池和异步定时器。线程池就像一个线程容器, 里面装的就是运行中的线程, 用函数 CmtScheduleThreadPoolFunction 启动一个新线程, 采集线程和数据处理线程在线程池中开辟。异步定时器是一种在程序中适时生成的定时器, 在一定的间隔内反复执行代码实现功能, 生成异步定时器的函数可以是 NewAsyncTimer, 在函数中配置其间隔时间、事件发生次数以及事件的响应函数, 数据显示线程通过异步定时器实现。使用多线程机制后, 数据的读取无丢失, 处理分析时间充足, 大大提高了软件执行性能^[4]。

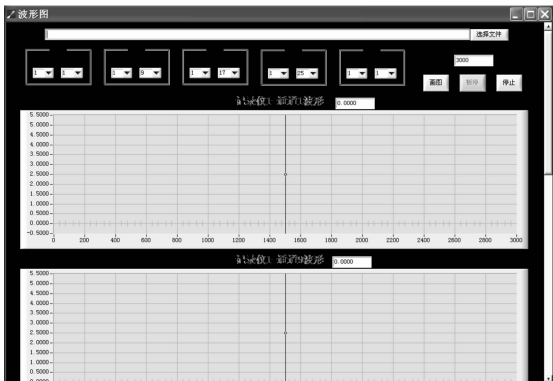


图 4 绘制波形子界面

2.2 动态链接库技术

动态链接库 (Dynamic Link Library, DLL) 是一种基于 Windows 的程序模块, 是运行时时刻被载入和链接的一些函数、数据及 D 类组成的可执行模块。许多应用程序都被分成一系列的主程序和 DLL 程序, 使得多个应用程序共享一段代码, 降低了应用程序的资源开销, 同时减少了应用程序的执行代码^[5]。本设计之所以要用到动态库, 是由于在 Labwindows/CVI 中开发的应用程序不能直接调用 Windows API 函数, 而软件与 USB 的数据通信又必须要用到 Windows API, 因此需搭建 Labwindows/CVI 与 Windows API 间的桥梁, 而动态链接库就是此桥梁, LabWindows/CVI 应用程序可以直接调用动态库函数, 而动态库函数又可以使用 Window API 函数。

本设计中, 利用 Cypress 公司提供给用户的 API 函数进行二次封装, 编写 USB 通信函数, 编译生成动态库。需要注意到, VC++ 编译后, 编译器修改了函数名, 在函数名前添加下划线前缀, 后面则会加上 “@+参数字节数”。如 int fun (int a, int b), VC++ 编译后, 其函数名将变为 “_fun@8”, 在其他 C 语言应用程序调用时, 再使用编写时自定义的函数名将出现无法识别此函数名的错误。为解决此问题, 可在函数定义前加上 extern “C”。VC++ 默认的调用约定是 _cdecl, 而 Labwindows/CVI 默认的调用约定是 _stdcall, 当调用约定发生变化, 即使函数名用 extern “C” 修饰过, 函数名仍然会发生改变^[6]。这时, 应在 VC 工程中新建一个模块定义文件, 在此文件中对函数的导出名作定义, 格式为:

```
LIBRARY 动态库名称
EXPORTS
函数名 1
函数名 2
.....
```

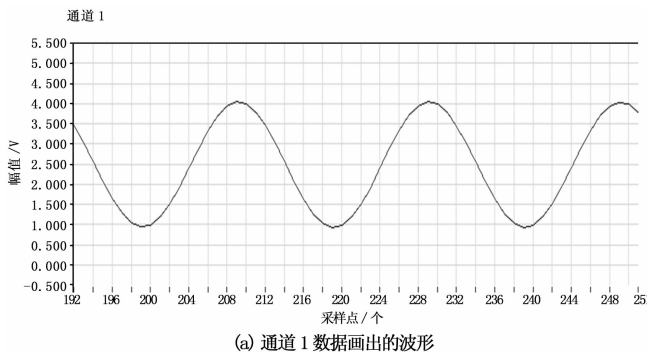
在链接过程中, 链接器识别到该模块定义文件中 EXPORT 关键字下的函数名与函数定义名相同, 就会用文件中的函数名导出。然后在函数定义中, 显式的加上 _stdcall, 使其导出时也使用 _stdcall 调用约定, 如 int _stdcall fun (int a, int b), 从而实现与 Labwindows/CVI 调用约定的兼容。编译好的动态库文件在 Labwindows/CVI 工程中引用时, 首先新建一个头文件, 在里面对 USB 通信函数进行声明, 并将函数调用约定显式声明为 _stdcall 保存, 然后在头文件界面下点击菜单 Option, 选择 Generate DLL Import Library 选项, 在弹出框中选择生成当前兼容模式, 再选择所要引入的动态库文件, 就可以生成对应该动态库的引入库文件了, 最后将刚才的头文件和引入库文件都加到工程中, 就可以正常使用动态库里的函数了^[6]。

3 测试结果与分析

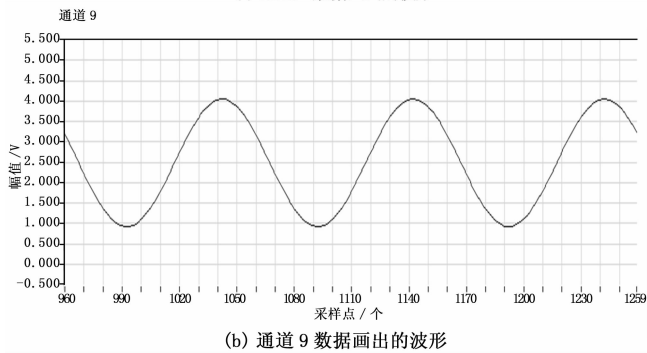
输入一个 3.08V_{pp} 的正弦波, 在上位机软件中设置 ADC1 和 ADC2 的采样率分别是 1 ksp/s 和 5 ksp/s, 选择通道 1 和通道 9, 使用上位机软件的画图功能还原输入信号, 画出的波形分别如图 6 (a) 和图 6 (b) 所示。

在实际采样过程中, 通道 1 以 1 ksp/s 的速率采样, 通道 9 以 5 ksp/s 的速率采样, 两个波形的周期相同, 但每周期中通

道 9 包含的点数应该是通道 1 的 5 倍, 即通道 9 的采样率是通道 1 的 5 倍。从图中可以看出, 在一个周期内, 图 6 (a) 的采样点数大约正好是图 6 (b) 的采样点数的 5 倍, 测试结果与实际相符, 生成的波形光滑无毛刺, 频率稳定, 幅值精确。



(a) 通道 1 数据画出的波形



(b) 通道 9 数据画出的波形

图 6 波形示意图

4 结论

本文介绍了数据采集系统上位机软件的设计与实现。设计以模块化为思路, 贯穿整个设计过程, 将系统所有的功能按模块进行划分, 使程序结构清晰, 便于调试, 提高了编程效率, 增强了软件的可维护性和扩展性。软件开发过程中使用多线程技术, 实现了采集、分析、存储及显示等多任务的并行执行; 使用异步定时器技术, 实现了数据的更新显示; 使用动态链接库技术, 实现了软件与 USB 的数据通信。上位机软件与硬件完成多次测试任务, 性能稳定, 界面美观、操作简便, 使数据采集系统测试更自动化、智能化。

参考文献:

[1] 王建新, 隋美丽. Labwindows/CVI 虚拟仪器测试技术及工程应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.

[2] 于强. Windows 下基于 Labwindows/CVI8.0 的实时数据采集 [J]. 工业控制计算机, 2009, 22 (10): 66-67.

[3] 金昊. 仪器控制系统中多线程技术的应用 [J]. 计算机测量与控制, 1999, 7 (4): 45.

[4] 高亚奎, 支超有. 多线程虚拟仪器测试软件的开发 [J]. 计算机测量与控制, 2003, 11 (12): 986-987.

[5] 洪添胜, 李永刚, 罗锡文. LabVIEW 中数据采集动态链接库的设计及应用 [J]. 计算机测量与控制, 2000, 8 (4): 22-23.

[6] 孔丽. Labwindows/CVI 中调用 VC 动态库的方法与实现 [J]. 海军航空工程学院学报, 2004, 19 (3): 364-366.