

基于 LabVIEW 的振动测试数据采集分析 软件平台设计与实现*

梁忠仔 黄丹羽 姜金辉 张 梁 任小梦

(南京航空航天大学 机械结构及控制国家重点实验室 南京 210016)

摘 要:详细介绍了具有较强拓展性的振动测试数据采集分析的软件平台设计。该软件平台主要通过基于多任务操作的软件架构、活动窗口设计、预留 API 接口以及硬件通用性设计等方面的设计,保证了软件平台强大的拓展性,从而实现软件平台的通用。基于该平台设计的高层次振动数据分析软件,如模态参数识别和动载荷识别软件,利用该平台已有的功能和软件架构,可以方便地进行二次开发,拓展软件功能,实现更复杂振动数据分析处理,减少重复劳动,加快软件开发进程。设计完成后,通过试验对比和软件开发案例,验证了软件的可行性和可用性。

关键词: LabVIEW; 虚拟仪器; 振动数据采集系统; 软件平台设计

中图分类号: TN081 TP311.5 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 410.20

Design and implementation of software platform for vibration measurement data acquisition and analysis based on LabVIEW

Liang Zhongzi Huang Danyu Jiang Jinhui Zhang Liang Ren Xiaomeng

(State Key Laboratory of Mechanics and Control of Mechanical Structure, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: This paper will introduce in detail the software architecture design of vibration test data acquisition and analysis with strong expansibility. The software platform mainly through the multi-task operation based on the software architecture, active window design, reserved API interface and hardware versatility design and other aspects of the design to ensure a strong expansion of the software platform to achieve the common software platform. Based on the platform design of high-level vibration data analysis software, such as modal parameter identification and dynamic load identification software, the use of the platform's existing functions and software architecture, you can easily secondary development, expand software functions, to achieve more complex vibration Data analysis and processing, reduce duplication of effort, speed up the software development process. After the design is completed, through the test comparison and software development case, verify the feasibility and availability of the software.

Keywords: LabVIEW; virtual instrument; vibration data acquisition system; software platform design

1 引 言

现代工程技术领域中存在大量的振动问题,对机械振动进行特性研究能帮助科研人员更好地提升机械的工作性能,避免有害振动造成的工程问题,提高效率^[1]。因此,一直以来,振动的测试、分析和研究一直是科研人员关注的重点。随着时代的发展,传统仪器基于硬件、机动性差、成本高等不利的特性渐渐不能适应振动测试与分析学科

的发展需要。因此,基于软件的振动测试采集分析日益成为未来该领域的主流。

不同于以往的基于 LabVIEW 的振动测试采集分析软件设计,研究数据采集、信号分析与处理、文件存储、人机界面设计等模块的设计^[2]。由于对振动测试进行复杂的分析需要借助能够对数据进行有效地采集、存储、处理和实时显示的软件平台。若每一次复杂的振动测试分析软件编程实现都从最基本的数据采集软件开始,则重复性

收稿日期:2017-05

* 基金项目:国家自然科学基金(51305197)、江苏高校优势学科建设工程基金项目资助

工作过多。故本文侧重于软件通用平台的设计,注重系统的软硬件通用性和扩展性,以求为将来更高层次的软件功能拓展打下基础,避免不必要的重复性工作。

目前的软件平台发展趋势是通用软件平台的设计,伴随着计算机技术和电子技术的发展,软件平台日益被运用到工程实践的各个领域,例如张萌萌^[3]对桥梁安全光纤传感技术检测系统进行软件平台的设计,陈照宇^[4]将软件平台运用于继电器保护装置等。这也是本文的方向。将寻求强拓展性的软件平台设计方案,提高已有模块的利用率,减少重复劳动;创新设计软件架构,提高软件平台的二次开发能力。

2 系统组成及架构设计

基于虚拟仪器技术的动态信号采集分析系统,分上位机和下位机两个部分,上位机由计算机及软件构成,下位机由采集板卡和传感器或激振器构成^[5]。其中,上位机中的软件,基于 LabVIEW 可视化编程语言编写。下位机则采用 LabVIEW 支持的板卡,如 NI 公司的板卡 4431、9234 等,采用的传感器及激振器,如 PCB 公司的力锤、加速度传感器和 NTS 公司的激振器^[6]。系统组成如图 1 所示。

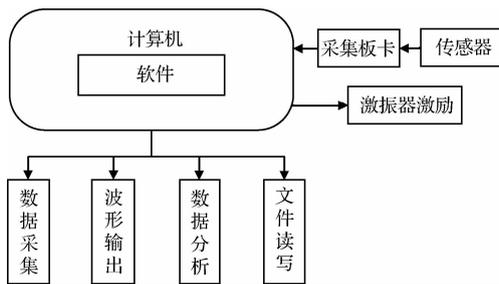


图 1 系统组成及架构

软件运行逻辑如图 2 所示。系统启动后,进行参数初始化,然后等待软件操作。软件操作引起程序事件响应,完成数据采集、波形输出或者数据分析功能。其中,数据采集、波形输出需完成相关的参数设置后方可使用。软件可以同时运行波形输出、数据采集以及对采集的数据进行简单处理,如快速傅里叶变换(FFT)或者求频响函数。图 2 所示的数据分析指高层次的数据分析,如从频响函数矩阵中进行模态频率、模态振型和模态阻尼识别;从数据采集得到的响应信息,求取施加在结构上的载荷;从频响函数矩阵中进行工作模态分析等。

3 软件平台的拓展性设计与实现

3.1 基于多任务操作的软件框架

软件采用大型多任务结构,共 4 循环 4 队列,可同时处理 4 个任务,充分利用了现有计算机 CPU 的多核多线程性能,满足实际试验时的需求。如若需要增加更多的同步多任务处理,可以参考现有的软件框架,通过增加循环数量和队列完成软件多任务处理需求。具体的软件多任务架构如图 3 所示。

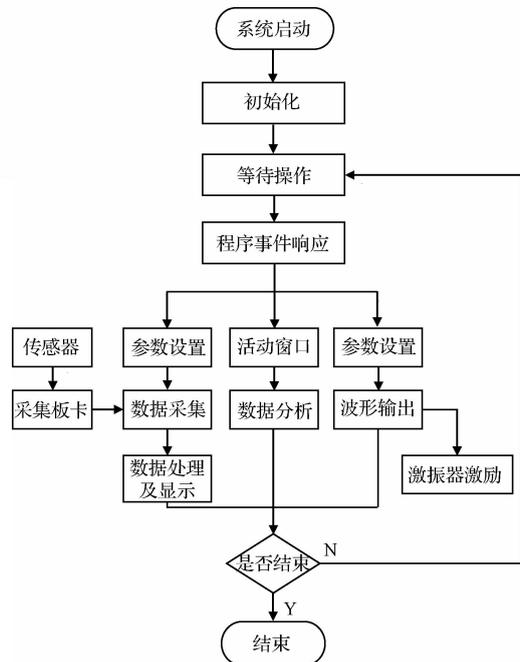


图 2 软件运行逻辑

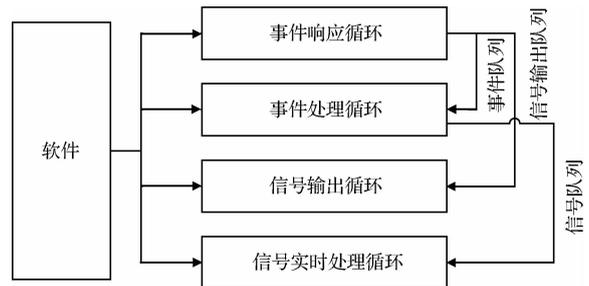


图 3 软件的多任务框架

3.2 承载功能拓展的活动窗口

软件采用模块化设计,许多功能模块均封装在子 VI 中。当使用到这些功能模块时,通过动态调用将子 VI 加载,子 VI 的前面板也将加载到主程序的活动窗口中^[7]。正是活动窗口的存在,为软件功能拓展提供了极大的便利。为了软件合乎人性化操作的逻辑,即跳跃性、随意性地使用活动窗口,该部分的运行逻辑如图 4 所示。

其中的关键在于,当需要加载下一个功能子 VI 时,通过主程序强制关闭上一个功能子 VI,从而回收活动窗口的操作权限。此外,参照图 4 的执行逻辑,可以方便地使用活动窗口来拓展功能。

3.3 预留软件拓展的 API 接口

为了方便软件的二次开发,软件开发了多种常用的子 VI 方便使用者调用,如标准时间格式输出的子 VI,用于数据采集文件的命名;求解频响函数的子 VI,用于多通道数据求解各个通道的频响函数。

除了子 VI,软件还有较多可直接使用的变量,如主面板选项卡,用于主面板显示内容的切换;VI 路径,用于活动窗口的控制^[8]。

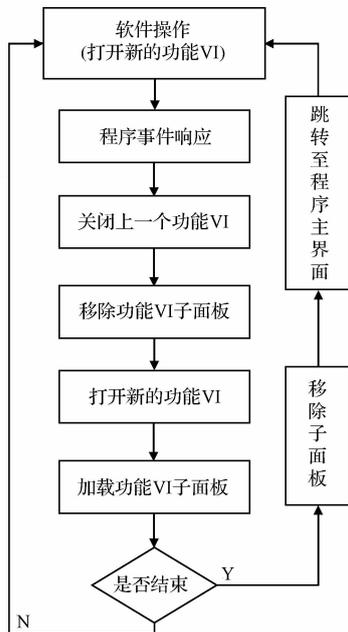


图4 软件活动窗口的运行逻辑

3.4 硬件通用性设计

NI公司只有少数的采集板卡支持信号触发,而数据采集方式为有限采集时,常常需要用到信号触发,如锤击法

测振动响应的频响函数时,就需要用到上升沿信号触发。为了使软件平台更具通用性,软件在设计实现时,采用对采集信号实时监测的方式,当信号达到一定的电平时,触发采集记录,间接实现信号触发功能^[9]。从而在使用板卡时可以无视板卡触发性能的有无,实现了系统对更多的采集板卡的支持^[10]。

此外,软件采用多通道的设计,原生支持32通道信号采集,而且支持多种传感器信号的采集,如加速度、速度、力传感器等,实现了硬件通用性设计。

4 软件开发实例及试验验证

基于上述设计,进行软件的详细开发。软件采用4循环4队列作为软件底层框架,循环一为事件响应循环,软件操作响应均在此循环进行控制;循环二为事件操作循环,软件大部分的功能完成在此循环中进行;循环三为波形输出循环,用于控制波形向激励器输出;循环四为数据实时处理循环,包含FFT变换、频响函数求解等常用的振动测试数据实时处理。软件采用32通道设计,支持多种传感器的使用。软件设计采用人性化设计,根据具体的试验需求过程设计了软件界面和试验设置流程^[11-12]。具体的软件信号采集设置界面如图5所示。

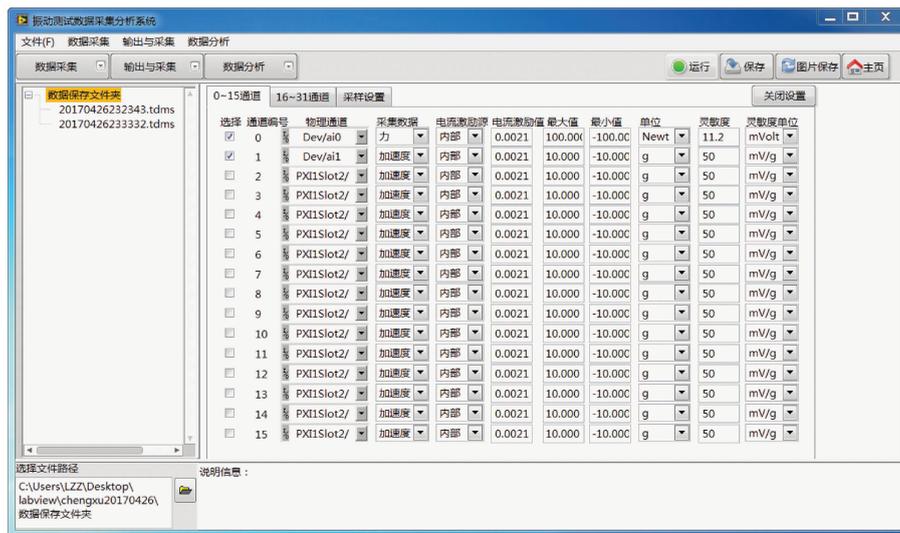


图5 软件信号采集设置界面

为了验证系统的可用性,将本系统与m+p公司的smartoffice软件进行对比,试验为悬臂梁的频响函数的获取。试验结果如图6和表1所示。

由表1可知,本系统与商业软件m+p公司的smartoffice数据采集系统频率无误差,幅值误差小于4%,在试验允许范围之内。经试验验证,该系统的软件平台可用。

此外,以上面设计的软件平台进行二次开发,完成了分布动载荷识别系统的设计与开发,详见文献^[6]。此案例表明了本文所述的软件平台的可行性,如图7所示。

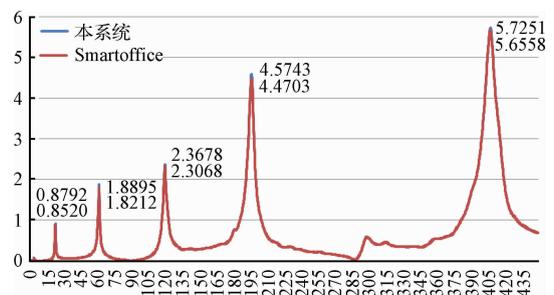


图6 试验频响函数对比

表 1 试验频响函数误差

		本系统 Signalexpress		误差
第 1 阶	频率/Hz	22.50	22.50	0%
	幅值/(g/N)	0.879 2	0.852 0	3.19%
第 2 阶	频率/Hz	61.25	61.25	0%
	幅值/(g/N)	1.889 5	1.821 2	3.75%
第 3 阶	频率/Hz	120.00	2.367 8	0%
	幅值/(g/N)	120.00	2.306 8	2.64%
第 4 阶	频率/Hz	196.00	4.574 3	0%
	幅值/(g/N)	196.00	4.470 3	2.33%

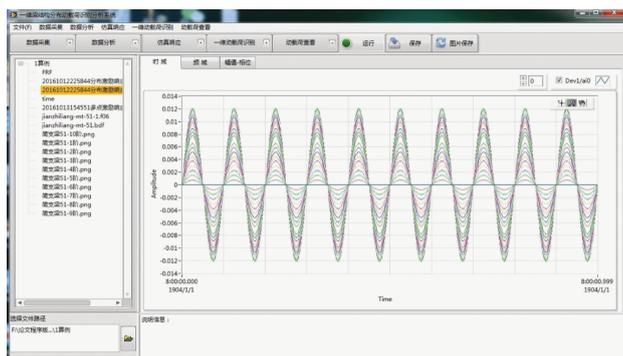


图 7 基于 LabVIEW 的梁分布动载荷识别系统软件界面

5 结 论

介绍了具有较强拓展性的振动测试数据采集分析的软件平台设计。采用软硬件结合的方式构成系统,合理设置软件功能,确定软件运行逻辑。通过基于多任务操作的软件框架,为同时进行多任务处理打下基础;通过活动窗口设计,轻松满足多种功能拓展需求;为了方便软件二次开发,预留软件拓展的 API 接口;软件支持多通道的数据采集,通过对采集信号实时监测的方式实现信号触发,实现对更多采集板卡的硬件支持。最后,本系统通过与成熟的商业软件试验对比,证明了其数据采集部分的可用性;通过一个二次开发案例,表明了其软件平台的可行性。

参 考 文 献

[1] 王健. 基于 LabVIEW 的虚拟测振仪设计与实现[D]. 秦皇岛:燕山大学,2011.

[2] 梁忠仔,姜金辉,陈洋,等. 基于 LabVIEW 的智能语音控制振动数据采集系统设计[J]. 国外电子测量技术,2017,36(2):63-68.

[3] 张萌萌. 桥梁安全光纤传感技术检测系统软件平台设计[D]. 济南:山东大学,2015.

[4] 陈照宇. 通用性继电保护装置软件平台设计与开发[D]. 保定:华北电力大学,2015.

[5] 周伟. 基于 LabVIEW 虚拟仪器实验教学系统的研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2007.

[6] 马新强,姜金辉,黄丹羽,等. 基于 LabVIEW 的梁分布动载荷识别系统设计与实现[J]. 国外电子测量技术,2016,35(12):83-87.

[7] 梁忠仔,姜金辉,张哲. 基于 LabVIEW、MATLAB 及 Nastran 混合编程的软件快速开发[J]. 中国科技论文,2016,11(5):508-512.

[8] 姜洲,丁华平,沈庆宏. 具有瞬时较大波动的信号降噪方法研究[J]. 电子测量技术,2015,38(3):116-119.

[9] 张志飞,陈思,徐中明,等. 基于反问题的正则化波束形成改进算法[J]. 仪器仪表学报,2015,36(8):1752-1758.

[10] 刘正琼,胡丽莉,唐璇,等. 基于虚拟仪器的肢体姿态检测系统研究[J]. 电子测量与仪器学报,2015(6):907-913.

[11] JIANG D, LIU X K, WANG D Y, et al. Analysis of sensitivity and errors in Maglev vibration test system[J]. Instrumentation,2016,3(1):70-78.

[12] 王显军. LabVIEW 对串口采样测量数据的处理[J]. 电子测量技术,2014,37(3):107-111.

作 者 简 介

梁忠仔,1992 年出生,硕士研究生,主要研究方向为振动测试与数据处理。

E-mail:84292756@qq.com

黄丹羽,1995 年出生,本科,主要研究方向为飞行器总体设计与虚拟仪器设计与实现。

E-mail:yuer_dan@163.com

姜金辉,副教授,主要研究方向为动载荷识别、振动测试。

E-mail:jiangjinhui@nuaa.edu.cn