

# 基于 LabVIEW 的干扰消除装置测试系统设计<sup>\*</sup>

黄 幸 孟 进 唐 健 张嘉毫

(海军工程大学舰船综合电力技术国防科技重点实验室 武汉 430033)

**摘 要:** 针对实验室干扰消除装置测试系统仪器较多位置分布较远,测控过程中需要操作的项目繁琐重复的问题,利用 LabVIEW 虚拟仪器软件开发平台和 LXI 总线技术开发了一套自动测试系统。该系统结合现实需求,成功与仪器进行通信,能实现试验中仪器参数的设置、波形的读取和测量以及数据的保存等功能,且可以完成信号变频、变幅、调制等多种组合情况下的自动滤波除去干扰,结果表明系统具有良好的人机交互界面,运行过程稳定、高效、自动化程度高,可扩展性好,具有很好的应用前景。

**关键词:** LabVIEW; 干扰消除; LXI 总线; 仪器控制

**中图分类号:** TP273      **文献标识码:** A      **国家标准学科分类代码:** 510.80

## Design of interference cancellation test system based on LabVIEW

Huang Xing Meng Jin Tang Jian Zhang Jiahao

(National Key Laboratory for Vessel Integrated Power System Technology, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

**Abstract:** In allusion to the problems that the distance of so many instruments in the laboratory interference cancellation test system is far and the operation in the process of measurement is tedious and repetitive, this article introduces the way of developing an automatic test system based on virtual instrument software development platform—LabVIEW and LXI bus technique. According to the practical demand, the system can successfully communicate with the instruments and realizes the functions of instruments parameter setting, waveform acquisition and data preservation. It can complete automatic filter in different conditions. The experiment results prove that the system has good human-computer interaction interface, it runs well with highly automation operation and good expansibility, and has all-right application foreground.

**Keywords:** LabVIEW; interference cancellation; LXI Bus; instrument control

### 1 引 言

信息时代来临,通信共平台系统中各类收发天线相互干扰的问题严重。天线之间的辐射耦合干扰问题引起了世界各国的高度重视,美国罗马航空发展中心(RADC)较早开展了这方面的研究。从20世纪80年代开始,国内一些单位对自适应滤波技术进行了相关研究。舰船综合电力技术国防科技重点实验室在该空间耦合辐射干扰的问题上也做了大量研究并取得了可喜成果。实验室模拟共平台收发天线系统,利用信号源产生的信号经耦合作为参考信号,参考信号经过衰减后作为干扰信号,这两路信号输入自主研发的自适应干扰消除装置,利用自适应干扰滤波算法,消除掉参考信号对有用信号的干扰。

实际操作时由于各个仪器距离较远,需要对发射信号的频率、类型进行选择;对滤波前后的状态开关进行控制;以及对接收信号功率谱的数值进行读取;除了这些操作和实验数据的获取,还需记录机柜温湿度、电调和权值的温度等物理变量。获取实验结果的过程不但重复烦琐,而且非常不智能,实施实验时至少需要多人协助才能完成,造成人力资源的负担。通过软件平台将计算机和仪器硬件有机结合组成自动化测试系统,其必要性和实用性不言而喻。

### 2 自动测控系统的总体结构

LabVIEW(laboratory virtual instrument engineering workbench)是一种基于图形编程语言的开发环境,它的功能十分强大,是工业测试领域常用的软件<sup>[1-3]</sup>。利用 Lab-

收稿日期:2015-07

<sup>\*</sup> 基金项目:国家自然科学基金(51422705、61201055)资助项目

VIEW 作为自动测控系统软件开发平台,可以摆脱繁琐编程,轻松实现 PC 与仪器的通信<sup>[4-6]</sup>。

根据实验室现有条件,信号源为 SMB100A、SMC100A,自主研发的自适应干扰消除装置;频谱分析仪 DSA875。由于实验各仪器分布位置距离较远,基于性能和经济的考虑,选择借助 LXI 总线技术<sup>[7]</sup>,利用网线和交换机构成通信接口单元实现对仪器的连接和控制。如图 1 所示为整个测试系统的主流程。

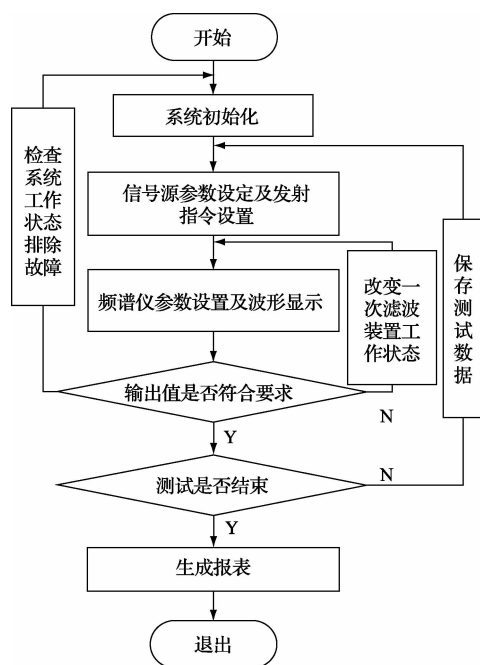


图1 测试系统主流程

按测试流程分用户登录、系统操作界面、信号源数据发射、频谱仪波形读取、数据保存与生成报表 4 个大的模块来实现系统功能。基于 LabVIEW 的系统软件结构如图 2 所示。

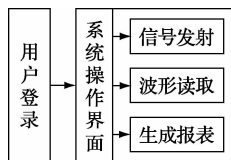


图2 系统软件结构

### 3 测控系统软件设计

#### 3.1 LabVIEW 与仪器设备的通信

实验室的仪器都有 LAN 接口,通过通信接口单元使上位机与仪器相连,利用调试工具 measurement & automation explore, MAX 添加仪器资源,MAX 的网络设备栏目下会陈列连接成功的仪器,显示其资源名称和 IP 地址。打开 VISA 测试面板可向仪器发送 SCPI 指令进行通信测试。

#### 3.2 用户登录界面设计

用户的登录界面如图 3 所示,由于是实验室内部使用

所以当知晓用户名和密码后即可成功进入主测控系统界面。管理者也可依照个人意愿进行更改。如果用户名或者密码有误,模块会给出相应的错误提示,若始终无法认证成功,则只能通过退出按钮退出系统。

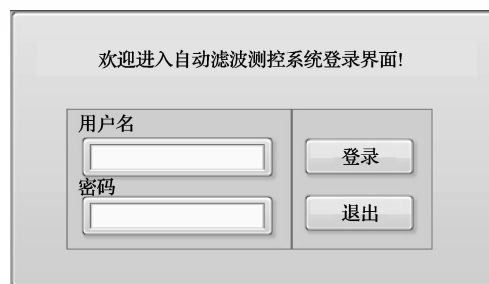


图3 系统登录界面

#### 3.3 VPP 仪器驱动程序的开发及仪器控制

20 世纪 90 年代,世界上几十家最有实力的仪器厂商联合成立了 VXI 即插即用系统联盟(VXI plug&play system alliance)。VPP 规范对于仪器驱动程序的要求,不仅适用于 VXI 仪器,也适用于 GPIB 仪器、串行接口仪器等的驱动程序开发<sup>[8-10]</sup>。用户可以方便调用不同仪器而不考虑仪器的接口类型。且仪器驱动程序隐藏了计算机与仪器通信的繁杂工作,只留出高级命令接口供用户调用,用户可以减轻编写篇幅众多的 SCPI 文字指令的工作量<sup>[11]</sup>。

NI 仪器驱动查找器可用于查找并安装 LabVIEW 即插即用仪器驱动。选择工具>>仪器>>查找仪器驱动即可打开查找界面。输入仪器的型号可找到并直接安装信号发生器 SMC100A 的仪器驱动到 LabVIEW 目录下。

创建新仪器驱动程序项目向导可用于创建符合仪器驱动程序指南的仪器驱动项目。选择工具>>仪器>>创建仪器驱动项目即可打开向导。向导提供两种方式:

- 1) 基于模板的新驱动程序;
- 2) 新驱动程序,复制现有驱动程序。

以 DSA875 实时频谱分析仪为例,RIGOL 公司没有提供其 VPP 驱动程序,给出了仅支持 DSA815 的 VPP 驱动程序,结合自己的需要分别用这两种方式来实现驱动程序的开发。

##### 3.3.1 基于模板的新驱动程序

LabVIEW 2012 中 NI 提供的模板包括计数器、函数发生器、频谱分析仪等 8 大类。选择频谱分析仪模板按向导提示步骤即可生成毛坯式驱动程序。接下来需要对生成的驱动程序作出调整和修改。主要包含以下几个方面:

- 1) 删除不支持的 VI;
- 2) 修改常用的驱动程序 VI;
- 3) 修改仪器配置 VI;
- 4) 创建新的仪器配置 VI;

5)更新 VI Tree;

6)更新选板文件。

借助模板生成的驱动程序默认为串行总线配置,而实验室系统中用到的都是 LAN 总线,VPP 的核心是 VISA 和 SCPI,以 Fetch Trace.vi 为例,删除程序框图里的串行配置,以 IEEE 488.2 为准设置为支持 LAN 的配置,查询 DSA875 的编程手册,将数据格式和获取发送指令:FORM INT,32,;FETC? 修改为:FORM ASC,;TRAC?

TRACE%d;利用“VISA 写入”函数输入获取图形指令,利用“VISA 读取”函数得到数据,在模板中修改缩放比例系数至合适的范围或者设置适当的字节总数来获取波形样点的值,如图 4 所示即为修改串行总线为 LXI 总线设置的波形获取程序框图。在 VISA 资源名称中输入为仪器配置的 IP 地址,单独运行该子 vi 结果显示无误。照此法结合自身需要修改 VITree 里的 VI。

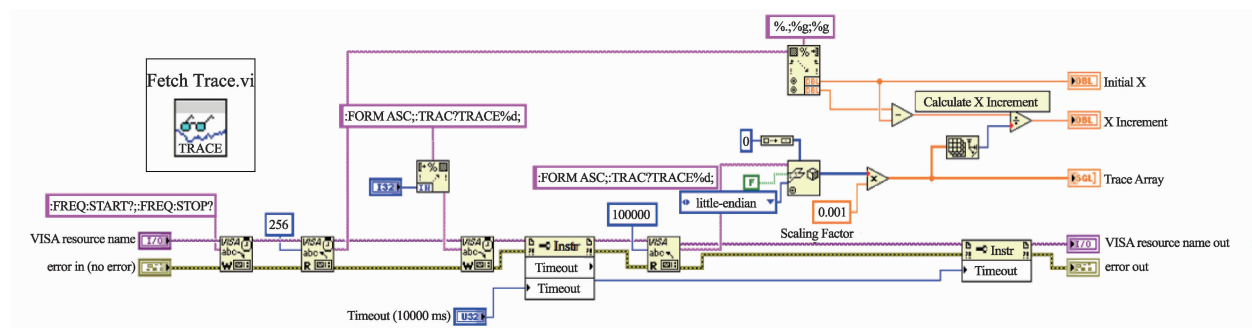


图 4 修改后运行成功的 Fetch Trace.vi

### 3.3.2 新驱动程序,复制现有驱动程序

VPP 联盟遵循开放源码的规则,即便是没有完全一致的可替换代码,也往往可以找到类似的代码。所以从设计中在已有的驱动程序中寻找与本模块类似的功能模块作为参考,也可以大大提高驱动程序的开发效率。复制 DSA815 的驱动程序后同样遵循上述 6 个方面对程序进行调整和修改。由于 DSA815 和 DSA875 是同一公司的同系列产品,它们的 SCPI 语言是一致的,所以借助其生成的模板有很多地方不需要大的改动,只要熟练掌握

仪器使用上的区别,做出适合仪器的更改即可,故而复制现有的类似驱动可以大大简化开发者的工作。在 Initialize.vi 中增加 \*IDN? 指令的预期反馈值为 Rigol Technology, DSA815 和 Rigol Technology, DSA875。使两种频谱仪都能够被识别和连接控制。由于波形数据是以数组的形式输出的,数组的第一项为 0 项,故在将数据用波形图表显示出来和求最大值时注意需要加 1 索引数组,如图 5 所示为借助生成的模板设计获取波形并测得 Peak 值的程序。

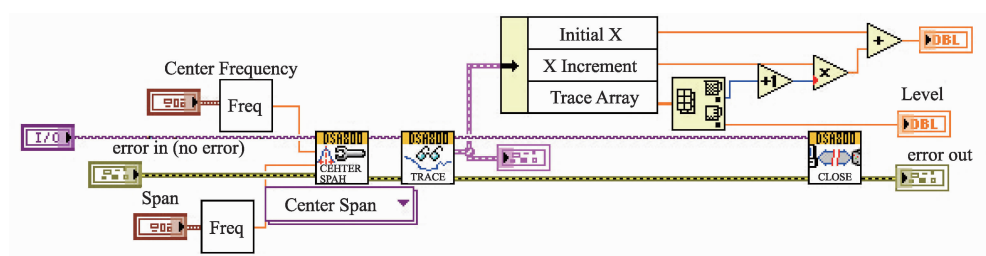


图 5 DSA875 获取波形和 Peak 值程序

借助已有的信号发生器和频谱分析仪的仪器驱动程序,在 LabVIEW 中可以分别编写对应仪器的控制子模块 vi 程序,利用 While 循环+事件结构可以调用子 vi 构成主测控系统。对于并行事件,While 循环+条件结构能同时

有效利用时间,而对于触发事件,While+事件结构能更快的响应和执行任务,如图 6 所示即为系统的主程序结构。图 7 所示为测控系统主界面。

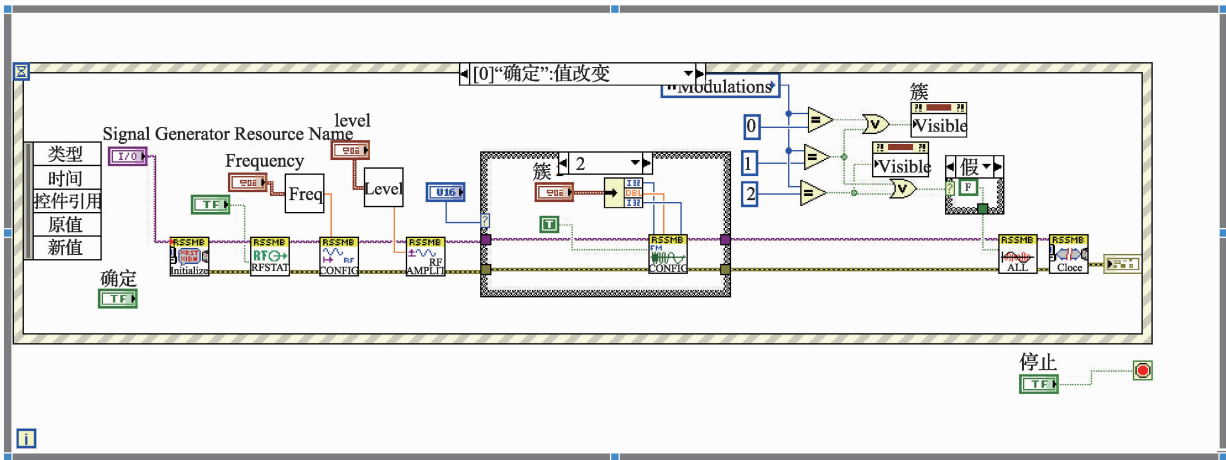


图 6 系统的主程序结构

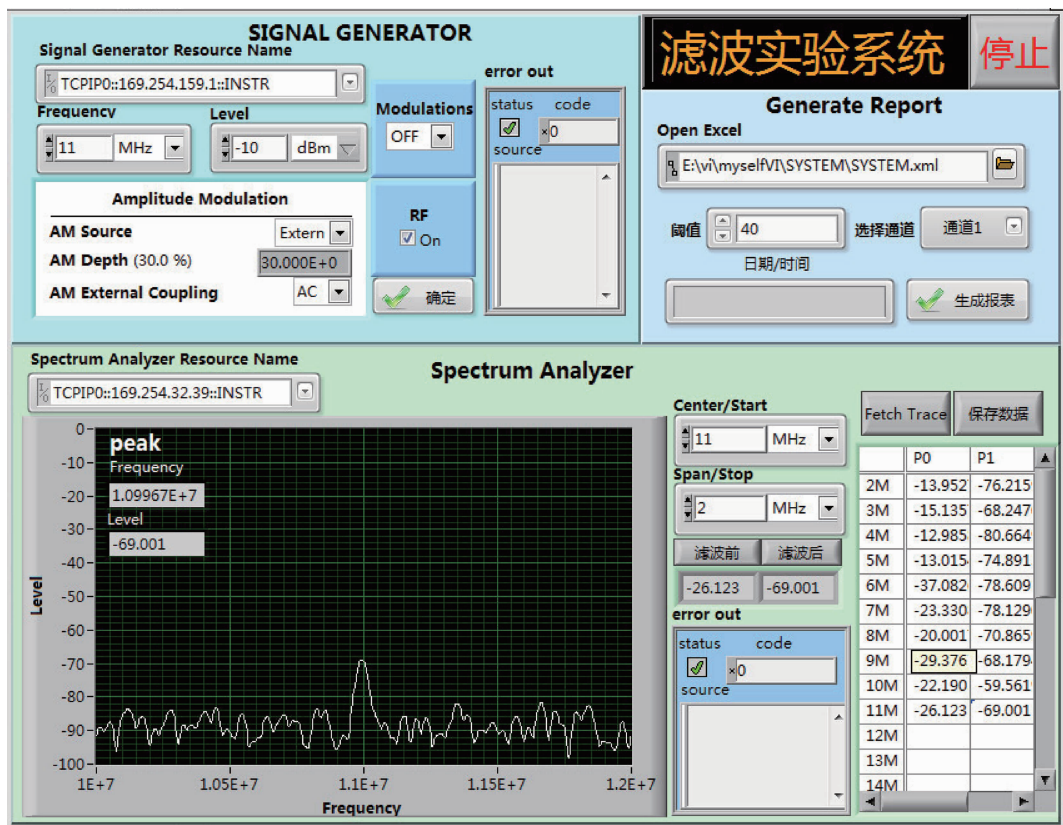


图 7 测控系统主界面

此外 LabVIEW 可以生成安装文件和在 Web 上发布程序。安装文件可以使整个测试系统在其他没有 LabVIEW 的电脑上运行,利用 Web 使系统的远程控制成为可能。由于篇幅限制且这两种生成方法都比较简单,需要注意的是不管是生成安装文件还是在 Web 上发布程序,在其他没有安装 LabVIEW 的电脑上需要安装 LabVIEW Run Time Engine 以确保 VI 的运行。

4 系统测试验证

如图 8 所示实线方框图即为实验室条件下人工操作的自适应滤波系统,虚线方框图所示的由计算机控制的自动测控系统。



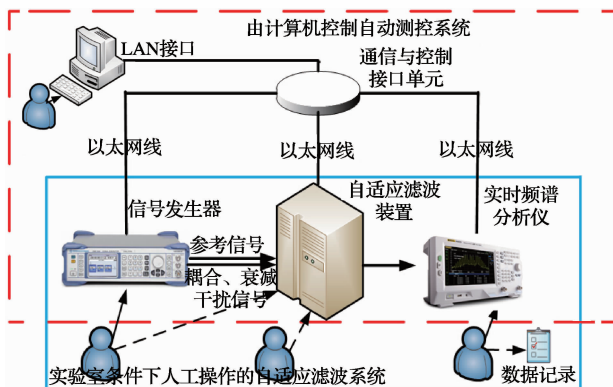


图8 实验室自适应干扰消除装置测试系统

由图8可以看出原本需要2~3人配合完成的实验现可以1个人进行,测试系统能自动记录测试时间,以前需要半天完成的多个通道测试的工作量在2h之内即可解决。

本测试系统实现了:

1)系统初始化和工作状态监测,仪器的驱动程序中Initialize.vi可以对仪器进行初始化,当发送的仪器指令或与仪器的连接发生错误时,系统给出提示;

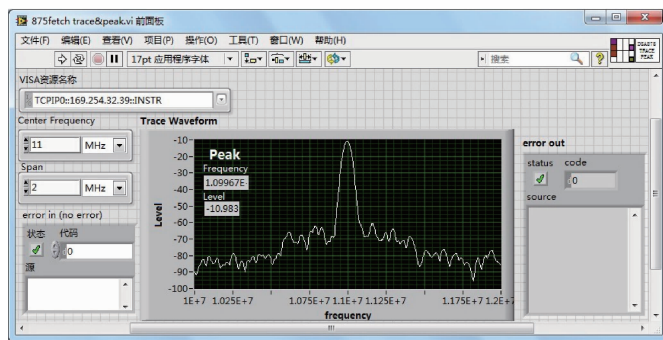
2)对信号发生器频率、功率等参数的配置以及信号调制状态的选择及设置,上位机可以任意发送仪器工作范围内的Frequency和Level值,根据具体要求,选择是否调制信号,设定好发射信号的参数后,点击前面板RF键决定是否发射;

3)对频谱仪的频率和Span等的设置及波形的读取和峰值测量,干扰消除装置的性能主要通过干扰消除前后的信号功率P0和P1的对比来体现,系统由频谱仪测得波形的Peak值来显示;

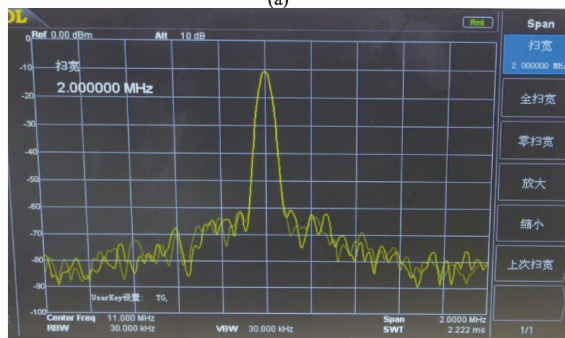
4)测试过程中数据的显示保存和测试完成后报表的生成。

如图9所示为DSA875子模块控制单元的实验效果,图(a)为模块对仪器的参数设置和波形获取操作界面,图(b)为仪器的波形显示,仪器能很好地响应上位机发送的指令,响应时间在ms级,波形数据获取精准。

多个通道多种实验条件下测得的数据数量庞大,系统最后借助Report Generation Toolkit For Microsoft Office函数模块和Report Generation类函数模块生成了界面清晰明了、功能复杂、内容专业的Microsoft Excel格式报表。如图10为两个通道的测试结束后选择保存数据生成报表的结果,假设实验拟定 $ICR = P_0 - P_1$ 的阈值为40 dB,在将实验数据写入表格后,系统会计算出ICR值,并对小于40 dB的结果会自动注红显示。



(a)



(b)

图9 DSA875子模块控制单元的实验效果

通道1实验数据 (2015/8/12 20:26:41)				通道2实验数据 (2015/8/12 20:35:05)							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
频率	P0(dB)	P1(dB)	ICR=P0-P1	频率	P0(dB)	P1(dB)	ICR=P0-P1				
2MHz	-13.592	-76.215	62.623	2MHz	-14.682	-75.337	60.655				
3MHz	-15.135	-68.247	53.112	3MHz	-16.275	-70.26	53.985				
4MHz	-12.985	-80.664	67.679	4MHz	-14.958	-77.452	62.494				
5MHz	-13.015	-74.891	61.876	5MHz	-12.015	-75.015	63				
6MHz	-37.082	-78.609	41.527	6MHz	-36.475	-75.218	38.743				
7MHz	-23.33	-78.129	54.799	7MHz	-24.352	-79.131	54.779				
8MHz	-20.001	-70.865	50.864	8MHz	-19.875	-68.964	49.069				
9MHz	-29.376	-68.179	38.803	9MHz	-27.986	-70.225	42.239				
10MHz	-22.19	-69.561	47.371	10MHz	-21.394	-69.684	38.29				
11MHz	-26.123	-69.001	42.878	11MHz	-27.448	-79.973	52.525				
12MHz	-27.376	-70.546	43.17	12MHz	-27.21	-72.019	44.809				
13MHz	-24.134	-69.369	45.235	13MHz	-22.229	-71.507	49.278				
14MHz	-17.247	-71.339	54.092	14MHz	-19.856	-70.257	50.401				
15MHz	-19.151	-83.944	64.793	15MHz	-26.805	-86.187	59.382				
16MHz	-21.581	-73.152	51.571	16MHz	-21.396	-80.051	58.655				
17MHz	-21.259	-67.051	45.792	17MHz	-25.287	-86.985	61.728				

图10 保存数据生成报表

整个测控系统能完成:

- 1)定功率变频率干扰消除测试;
- 2)定频率变功率干扰消除测试;
- 3)CW等幅波干扰消除测试;
- 4)外部调制信号(AM、FM调制)干扰消除测试。

经验证开发的自动测控系统满足实验室的测试需求,且相比于最初的人工测试系统,其优势十分明显。

对于编程者而言:

1)LabVIEW是一种功能强大的图形化编程语言,不同于C语言等编程方式,它更形象直观,也更容易上手,它支持多种硬件设备驱动,使面向仪器编程、与仪器进行通信更为方便;

2)VPP驱动程序的核心是VISA,VISA的I/O控制功能增强了系统的兼容性,它是一种即插即用仪器驱动,系统不仅能实现对 GPIB、USB 等仪器的控制,也能实现对 LXI 仪器的控制;

3)LXI 总线与交换机构成的通信与接口控制单元使用上位机与仪器间的通信易于实现,相比于常用的 GPIB、USB 等总线,它不仅节约了开发成本,速度快而且有更大范围的工作距离。

对于使用者而言:

1)LabVIEW 良好的人机交互界面和虚拟仪器面板使用户能很简单、便捷、无障碍地使用系统;

2)系统对工作状态的监测能及时报错,提醒用户;

3)LabVIEW 生成安装文件和在 Web 上发布程序工具使其他上位机获得系统控制权成为可能;

4)自适应滤波前后信号的功率值可以记录到小数点后3位有效数字,人工读取时只能保留到小数点后一位存在较大的误差,结果保存精确明晰、数据处理高效无误,相比于手动操作,自动测试系统大大提高了效率并使数据测试和保存更为准确和可靠,这也正是开发此系统的目的和意义。

## 5 结 论

本文研究了一种基于 LabVIEW 软件开发平台,设计搭建符合实验室需要的自动化干扰消除测试系统。给出了系统的硬件体系和软件结构,主要采用 VPP 即插即用程序驱动实现上位机通过软件平台对仪器硬件的控制,系统利用 While+Event 结构使不同的仪器能及时响应上位机对之发出的指令,响应时间达到 ms 级。LXI 总线技术突破了距离限制,上位机能在较远的距离保持与多个仪器的通信。通过测验表明,该系统完全满足现场试验要求,测量数据精度高,运行过程可靠稳定,大大节省了人力和时间。LabVIEW 是一个开放的平台,本文中用到的驱动程序生成方法、报表生成技术等均可以类推到其他仪器以及其他总线技术中。

## 参 考 文 献

- [1] 李亚楠,张续猛,姬宇航,等.基于 LabVIEW 的材料磁性状态随温度变化测量系统[J].电子测量技术,2014,37(2):91-94.
- [2] 朱维娜,林敏.基于随机共振和人工鱼群算法的微弱信号智能检测系统[J].仪器仪表学报,2013,34(11):2464-2470.
- [3] 王海霞,颜桂定,李宝辉,等.直线电机运动控制系统的软件设计与实现[J].电子测量与仪器学报,2013,27(3):264-269.
- [4] TRAVIS J, KRING J. LabVIEW for everyone: graphical programming made easy and fun (national instruments virtual instrumentation series) [M]. Prentice Hall PTR, 2006.
- [5] 张黎,蔡亮.基于 LabVIEW 的虚拟信号发生器的设计与实现[J].国外电子测量技术,2014,33(1):82-85.
- [6] 罗明.基于虚拟仪器技术的远程仪器测控实验系统的设计[D].长沙:中南大学,2009:16-17.
- [7] 刘浩,于劲松,周振彪,等.LXI 仪器的通用平台研究[J].电子测量与仪器学报,2012,26(2):95-100.
- [8] 史君成,张淑伟,律淑珍.虚拟仪器设计[M].北京:国防工业出版社,2007.
- [9] 陈勇,吴晓男,戴洪德.基于 VXI 总线的自整角机数字转换器的驱动程序设计[J].仪表技术,2013(4):11-13.
- [10] 刘劲松.基于 VXI 总线技术的自动测试系统研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2008:15.
- [11] 任赫然.基于局域网的 LXI 综合测试系统集成技术研究[D].西安:西安电子科技大学,2012:48.

## 作 者 简 介

黄幸,1991 年出生,硕士研究生,主要研究方向为电磁兼容技术。

E-mail:yehaonvzi@hotmail.com