

全自动伏安试验仪上位机 界面的图形化编程

潘文诚¹, 费志刚²

(1. 浙江科技学院 自动化与电气工程学院, 浙江 杭州 310012;
2. 湖州爱迪电气有限公司, 浙江 湖州 313023)

摘要: 应用 LabVIEW 图形化语言开发了伏安试验仪的上位机接口界面。设计中, 为适应简单通信协议, 把串行口初始化成直接二进制字节传送的形式; 为满足试验中伏安特性曲线的实时显示, 用循环结构实现了 XY Graph 的实时趋势显示; 为取得试验数据中指定的 15 对索引值, 灵活应用了数组的搜索和插值功能节点; 正确使用文件管理节点, 使试验结果的保存与调出都具有 Windows 菜单选项风格; 试验报告的打印由子 VI (Virtual Instrument) 完成。

关键词: 伏安特性试验; LabVIEW; 串行通信; 实时趋势图; 搜索与插值; 文件管理

中图分类号: TP 274+.2; TP 311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-6047(2006)07-0043-04

研制了一种全自动的伏安试验装置^[1-2], 该试验仪单机使用时, 操作界面由 192×128 点阵字符型液晶显示屏和 4 个按键构成, 试验结果(数据和曲线)可由液晶屏实时显示或由微型打印机打印输出, 并可掉电保持 15 次试验结果, 基本满足了保护用电流互感器现场伏安特性试验的要求。但是, 要查询上千组数据、要使实时曲线具有较高的分辨率、要保存更多的试验结果, 则试验仪单机的资源就略显不足。采用 PC 机(或笔记本电脑)作为上位机, 通过 RS-232 串口与试验仪通信构成自动测试系统, 进一步增强了性能。上位机的操作界面采用美国 NI 公司的 LabVIEW 图形化语言(又称 G 语言)作为编程平台^{①②}。LabVIEW 是一种用图标代码代替编程语言创建应

用程序的开发工具, 它已成为虚拟仪器技术应用与发展的基础^[3-4]。本文结合全自动伏安试验仪上位机接口界面的开发^[5-10], 就所用到的图形化编程的几个关键环节, 介绍应用心得和编程技巧。

1 串行口编程

全自动伏安试验仪通过 RS-232 串行口与上位机通信, 接收命令与实时上传试验数据。图 1 是上位机中 LabVIEW 图形化语言读串行口和对串行输入的数据进行处理的程序框图。LabVIEW 中用于串行通信的节点实际上是虚拟仪器软件规范(VISA)节点, 共有 6 个, 分别实现串口初始化、串口写、串口读、检测串口缓存、中断和串口关闭等功能。

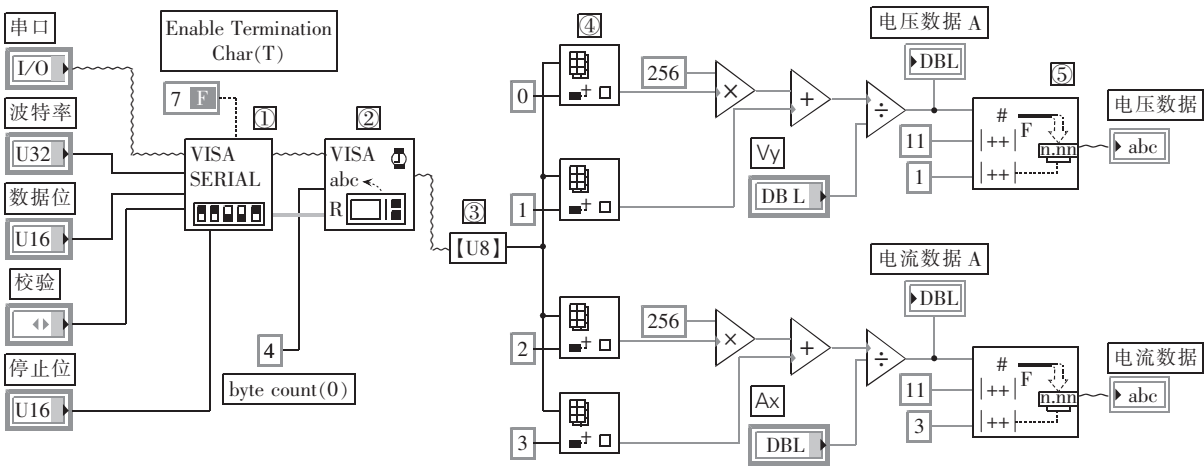


图 1 串口参数设置及输入数据处理程序框图
Fig.1 The block diagram of serial port parameter setting and input data processing

① National Instruments Corporation. LabVIEW Express User Manual. April 2003 Edition.
② National Instruments Corporation. LabVIEW Express Measurements Manual. April 2003 Edition.

图 1 中①是串口初始化节点 VISA Configure serial port, 它的初始化设置应与试验仪中单片机的串口设置一致: 波特率 4 800 bit/s、每帧中数据位 8 bit、无校验、停止位 1 bit。①/②是串口号选择。需要注意的是: 该节点的终止符使能参数 Enable Termination Char 的默认状态为 T, 此状态当串行输入的帧字节为 0A 时, 即认为 0A 是 ASCII 码中的终止符而将数据转为 00。试验仪中的单片机系统为简化编程和节省存储器, 没有用 ASCII 码, 而是直接用约定的二进制码进行串行通信, 所以要将参数 Enable Termination Char 的状态设置为 F。

图 1 中②是串口读节点 VISA Read, 其参数 Byte count 规定了每次读入的字节数。试验仪采用 2 个 12 bit A/D 转换器同时转换电压和电流值, 每组 2 个数据 4 Byte, 所以将参数 Byte count 设置为 4。每次读入 1 组数据, 便于在试验时实时描绘励磁曲线。传送时是电压数据在前, 高字节在前。需要注意的是: 串口缓冲区的最大容量可达 4 096 Byte, 如果一次传送的数据总量超过这个数, 或者在多次传送时接收端读出字节的速度跟不上发送端发送字节的速度, 则会造成缓冲区溢出和数据丢失。

串口读节点虽然是按字节读入信息, 但 LabVIEW 认为读入的是 ASCII 码字符串的编码字节, 所以约定用二进制码通信的仪器系统不能直接使用。图中③是“字符串/二进制字节数组转换”节点 String To Byte Array, 它将每次读入的 4 Byte 的“字符串”码转换成二进制字节数组。图中④是数组索引节点 Index Array, 它除了数组输入端外, 还有一个参数 Index, 设置好 Index 后, 节点输出的是 Index 指定元素号的数组元素。通过 4 个这样的节点从数组中分离出 4 个代表二进制字节的元素, 接下去的工作是进行双字节的二/十进制转换, 得到双精度类型的 2 个十进制数据电压数据 A 和电流数据 A, 以供后述的实时图形显示之用。图中 V_y 和 A_x 是数据的量程系数。⑤是“数字/带小数的字符串转换”节点 Number To Fractional String,

它将输入的数字转换成带小数的字符串电压数据和电流数据, 以供上位机主界面中“电流电压数据”指示器显示之用, 字符串宽度和小数位数可由该节点的参数 width 和 precision 设置确定。串口通信的编程还要用到串口写节点 VISA Write 和关闭串口节点 VISA Close, 由于比较简单, 这里不再赘述。

2 实时显示伏安特性趋势图

测量数据的图形化实时动态显示是高级仪器必备的功能, 伏安试验仪单机操作时已经在点阵式液晶屏上做到随着试验的进行实时绘出伏安特性曲线, 只是分辨率还不如人意。LabVIEW 提供的图形显示控件, 一类为事后记录图(Graph), 即全部测量数据一次显示完成; 另一类称为实时趋势图(Chart), 即新接收数据点要接在原有波形的后面连续显示, 但 Chart 方式只能显示单变量随时间变化的趋势(横轴是 time 或等间隔采样序号), 显然不适合体现伏安特性图中电压和电流变化的依存关系。对于显示 Y 值随 X 值变化的曲线, XY Graph 控件比较适合, 但它是一种事后记录图, 在用作实时趋势显示时, 可采用图 2 所示的循环结构, 串口每读进一组数据程序循环一次。

图中①是数组建立节点 Build Array, 它把从左侧端口输入的元素或数组按从上到下的顺序组成一个新的数组。这样, 电流数组和电压数组将随着串口数据的输入而不断刷新增长, 节点② Bundle 将 2 个数组打包成簇送 XY Graph 伏安特性曲线显示, 所以尽管 XY Graph 是事后记录方式, 它也将随着串口数据的输入而不断刷新变化, 与实时趋势图无异。可以看出: 图 2 中电压数据的实时显示也是利用这种思想, 每组显示是由采样组号“组”、“电流数据”、“A”、“电压数据”、“V”拼装而成, ③是连接字符串节点 Concatenate Strings, 把输入的多个字符串连接成一个新的字符串。

另外, 在每次新的试验开始时, 一定要清空所有与数据、曲线显示有关的“容器”, 历史痕迹不能覆盖

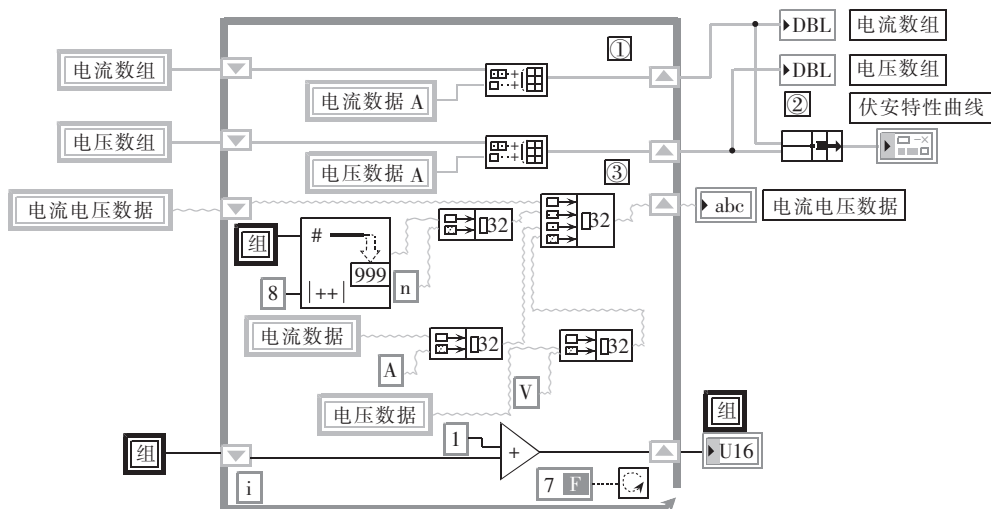


图 2 形成实时曲线和数据显示的程序框图

Fig.2 The block diagram of data and real-time curve display

也覆盖不了。清空的方法是输给字符串控件空字符串,通过数组初始化节点 Initialize Array 创建空数组,图 2 中循环结构左侧的 4 个局部变量是用于清空循环结构中的移位寄存器。

3 数据索引

伏安试验仪单机工作时除了能显示打印伏安特性曲线外,还能查看和打印 15 对指定点的电流、电压数据,这些点是根据传统人工试验方法的习惯定下电流值(不同的电流量程指定点不同),然后在试验数据中找出对应的电压值,如果指定的点上不存在测量数据,就根据前后点的数据用线性插值的方法得到。这些数据 and 特性曲线一起,形成了试验报告的主要内容。

联机试验时,上位机操作界面中的“电流数据索引”和“电压数据索引”就是这项功能。鼠标点击“最大电流选择”时,程序就给出了相应的“电流数据索引”的 15 个值,全部试验数据接收完后显示对应的 15 个“电压数据索引”值。数据搜索和线性插值很方便地由 LabVIEW 完成,它在数组操作中具有专门的搜索节点和线性插值节点。图 3 是程序框图,是一个执行 i 次($i=0\sim14$)的循环结构,①是数组索引 Index Array 节点,它的输出端索引出“电流数据索引”中的第 i 个电流值;然后,由节点② Threshold 1D Array 搜索出它在“电流数组”中的位置(如果数组中不存在这个值,则给出它前后值的“插值”位置);节点③ Interpolate 1D Array 根据这个位置在“电压数组”中找出对应的值或插值;最后,通过节点④ Replace Array Subset 把这个值替换进“电压数据索引”的第 i 点。

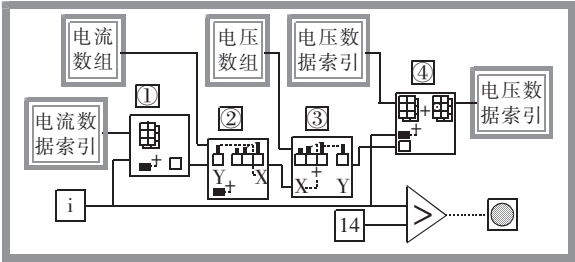


图 3 搜索和线性插值程序框图

Fig.3 The block diagram of search and linear interpolation

4 文件存取及打印

数据输入/输出是测试系统最主要功能之一,常常需要将测试数据保存,以便日后调出分析对比或生成试验报告。伏安试验仪单机工作时只能保存 15 次试验结果,实际使用中略显不足。联机试验时上位机为试验结果的保存提供了资源共享。LabVIEW 的文件输入/输出操作包括 3 个基本步骤:打开一个已存在的文件或创建一个新文件;对文件读或写;关闭文件。图 4 是试验结果文件存取的程序框图。

文件的存取由 Windows 风格的菜单选项或快捷键操作选择结构 Case Structure,图中选择框左侧的节点 Get Menu Item Info 给出选择条件。图中 File Dialog 节点给出对话框,让操作者选取路径和确定文件名;在“保存”帧中,节点 New File 用于创建一个新文件,新文件的形式由节点参数 datalog 决定。图中这个参数连到了写文件节点 Write File 的 data 输入端,即新文件的形式就是写入的文件的形式。现在

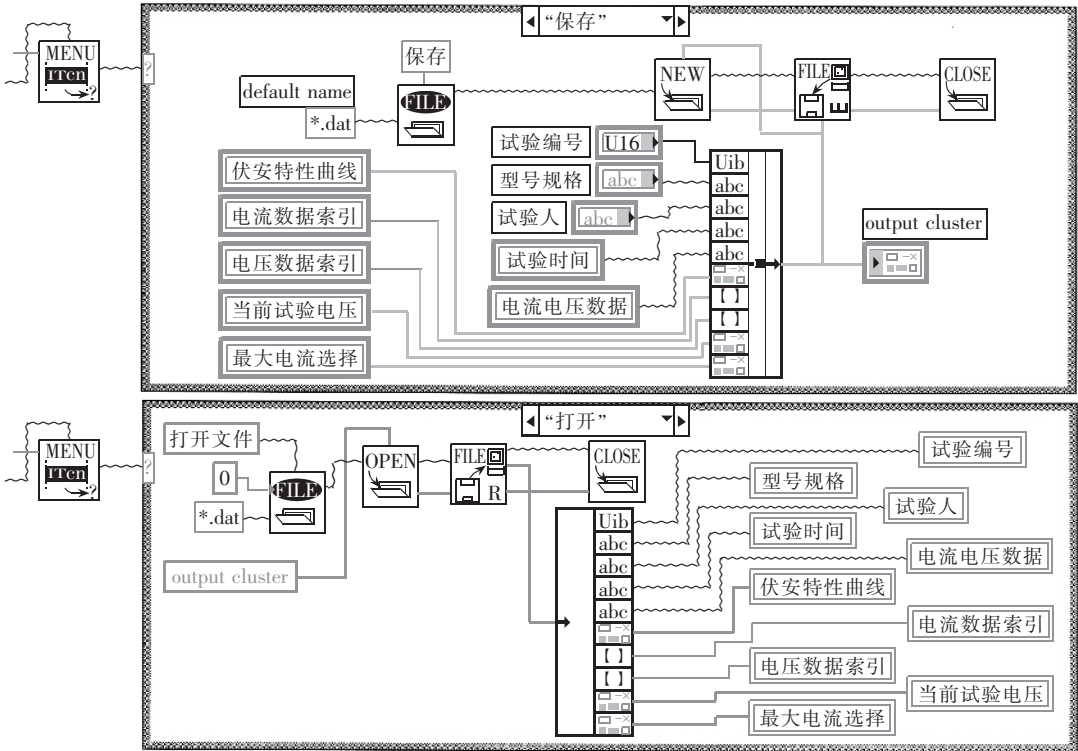


图 4 试验结果文件存取的程序框图

Fig.4 The block diagram of open and save of result file

的形式是一个块记录文件,它是多种数据类型打包成的一个簇(图中的 output cluster)。在“打开”帧中,用 output cluster 的局部变量连接到 Open File 节点的 datalog 参数端,则打开的文件形式就是写入时的块纪录文件的形式。通过读文件节点 Read File 读入后再由 Unbundle 节点解包送给各个显示“容器”。要注意写入时的打包和读出时的解包,簇中各成员的顺序要一致。无论是写文件还是读文件,完成后都要由 CloseFile 节点关闭文件。打印功能由子 VI(Virtual Instrument)完成。设计一个子 VI,子 VI 的前面板置成欲打印的试验报告形式,包含电压、电流数据索引,伏安特性曲线显示的 XY Graph 及必要的字符串等内容。执行打印命令时,让主 VI 把数据传送给子 VI 中的对象,在子 VI 的 Operate 菜单下选择 Print at Completion 功能,即让子 VI 在运行完毕后自动打印窗口,这样就通过编程控制了对对象的打印输出。

5 结语

LabVIEW 是一种图形化编程语言,它把高级语言中的函数封装为图形功能模块(节点),图标间连线表示在各功能模块间的数据传递,编程方式简单、直观、便于使用。基于 LabVIEW 的上位机接口界面与伏安试验仪通过串口组成的主从测试系统,加强和扩展了试验仪的功能。简易的操作方式提高了试验工作的效率;实时显示的伏安特性曲线不但分辨率高,还能由用户选择坐标形式(线性或对数);用户不仅能查看和打印指定的数据索引,还能查看和打印出每次试验所得的上千组电压、电流数据;能无限量地保存试验原始结果,给设备试验管理工作提供了有效手段。

参考文献:

- [1] 潘文诚,唐根宝. 保护用电流互感器全自动伏安特性试验仪研制[J]. 电力自动化设备,2006,26(5):50-53.
PAN Wen-cheng,TANG Gen-bao. Development of automatic volt-ampere characteristic tester for current transformer[J]. Electric Power Automation Equipment, 2006, 26(5):50-53.
- [2] 谢玉冰,游大海,黄上游. 基于 LabVIEW 的光电式电流互感器测试系统[J]. 电力系统自动化,2004,28(22):95-96,99.
XIE Yu - bing, YOU Da - hai, HUANG Shang - you. A LabVIEW

- based testing system for the Rogowski optical current transformer [J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(22):95-96,99.
- [3] 杨乐平,李海涛,杨磊. LabVIEW 程序设计与应用[M]. 2 版. 北京:电子工业出版社,2005.
- [4] 张凯. LabVIEW 虚拟仪器工程设计与开发[M]. 北京:国防工业出版社,2004.
- [5] 徐云,杨川. 基于串行通信的主从式虚拟仪器技术[J]. 仪器仪表学报,2003,24(3):291-294.
XU Yun,YANG Chuan. Master-slave structured virtual instrument based on serial communication[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2003, 24(3):291-294.
- [6] 程玉进,达来,杨煜普,等. 基于 LabView 的电流互感器励磁特性自动测量系统[J]. 微型电脑应用,2004,20(10):15-18.
CHENG Yu-jin, DA Lai, YANG Yu-pu, et al. An automatic test system on the excitation feature of current transformers based on LabView[J]. Microcomputer Applications, 2004, 20(10):15-18.
- [7] 张丽平,缪希仁,林苏斌. 基于 LabVIEW 的电器虚拟测试技术[J]. 福州大学学报:自然科学版,2005,33(4):464-468.
ZHANG Li - ping, MIAO Xi - ren, LIN Su - bin. LabVIEW - based virtual technology applied in electrical apparatus testing[J]. Journal of Fuzhou University: Natural Science, 2005, 33(4):464-468.
- [8] 林凯,何川,毛乐山. 基于 LabVIEW 的多通道振动测试与分析系统[J]. 清华大学学报:自然科学版,2003,43(5):659-661.
LIN Kai, HE Chuan, MAO Le - shan. Multi-channel system for vibration measurement and analysis based on LabVIEW[J]. Journal of Tsinghua University: Science & Technology, 2003, 43(5):659-661.
- [9] 蔡共宜. 基于 LabVIEW 的单片机电数据采集与处理系统 [J]. 郑州工业高等专科学校学报,2003,19(3):3-4.
CAI Gong-xuan. Data acquisition and processing system of microcontroller based on LabVIEW [J]. Journal of Zhengzhou Polytechnic Institute, 2003, 19(3):3-4.
- [10] 吴忠杰,林君,韦建荣,等. 基于虚拟仪器技术微型阻抗测试仪的设计[J]. 电测与仪表,2005,42(1):38-42.
WU Zhong - jie, LIN Jun, WEI Jian - rong, et al. The design of micro - impedance instrument based on virtual instrument technique [J]. Electrical Measurement and Instrumentation, 2005, 42(1):38-42.

(责任编辑:柏英武)

作者简介:

潘文诚(1952-),男,江苏宝应人,教授级高级工程师,从事信号处理、智能化测控技术的教学与研究工作(E-mail: pwch@sohu.com);

费志刚(1955-),男,浙江湖州人,工程师,从事电力试验仪器研发工作。

Graphic programming of MMI for auto volt-ampere tester

PAN Wen-cheng¹, FEI Zhi-gang²

(1. Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310012, China;

2. Huzhou Aide Electric Equipment Company, Huzhou 313023, China)

Abstract: The man-machine interface of superordinate computer for the volt-ampere tester is developed by LabVIEW graphic language. To fit the simple communication protocol, the serial port is initialized to direct binary byte transfer. By using loop structure, the real-time trend of volt-ampere characteristic curve is shown in XY Graph display mode. The search and interpolation function nodes of array are neatly used to acquire the desired 15 pairs of indexes from testing data. The correct use of file management nodes makes the save and open of test results have the style of Windows menus. The test report printing is achieved by sub virtual instrument.

This project is supported by the Science and Technology Project of Zhejiang Province(2005C31069).

Key words: volt-ampere characteristic test; LabVIEW; serial communication; real-time trend; search and interpolation; file management