

# 基于声卡的虚拟数字存储示波器 及其在电学实验中的应用

吕红英,吴先球,刘朝辉,部德才,陈俊芳

(华南师范大学物理与电信工程学院,广州 510642)

**摘要:** 利用虚拟仪器开发工具软件 LabVIEW 及其数字声音记录节点,研制出基于声卡的虚拟双踪存储示波器,其功能和界面都与真实示波器相同。以 RLC 串联电路的幅频特性和相频特性实验为例,说明其应用于电学部分物理实验教学,得到与传统实验仪器一致的实验结果,完全可以代替真实示波器进行教学实验。

**关键词:** 虚拟示波器;声卡;LabVIEW;物理实验

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-4956(2005)10-0095-05

## 1 引言

随着教育规模的不断增长和高等教育课程教学内容的更新,许多院校实验室的仪器设备由于数量不够、功能落后,已经无法满足教学的需要。作为未来仪器发展的方向,虚拟仪器技术克服了传统仪器功能单一、无法灵活配置的缺点。利用一套数据采集硬件设备,通过不同的软件编程,就可实现多个仪器的功能<sup>[1]</sup>,完成绝大部分实验内容<sup>[2]</sup>。利用虚拟仪器技术,不仅大大节约经费,还可以有效提高实验室建设水平<sup>[3]</sup>,为大学物理实验仪器建设提供一条可行的途径。

多媒体计算机的声卡是一个非常优秀的音频信号采集系统,其数字信号处理器包括模数变换器 ADC 和数模变换器 DAC;ADC 用于采集音频信号,而 DAC 则用于重现这些数字声音。由于声卡已成为多媒体计算机的一个标准配置,利用计算机声卡进行采样和输出,就不需要购买专门的数据采集卡,可以大大降低虚拟仪器的成本。本文用 LabVIEW6.1 编程实现了基于声卡的虚拟双踪存储示波器,目前已成功应用于电学部分实验教学,文中以 RLC 串联电路的幅频特性和相频特性实验<sup>[4]</sup>为例。

收稿日期: 2005-01-10

作者简介: 吕红英(1979—),女,山东成武人,硕士研究生

基金项目: 全国教育科学十五规划项目(ECB030477);广东省教育科学十五规划项目(GQA02003);广东省自然科学基金资助项目(011466)。

## 2 基于声卡的虚拟仪器

(1) **虚拟仪器的概念** 虚拟仪器是美国国家仪器公司(National Instruments Corp. 简称 NI)于 1986 年提出的“软件就是仪器”这一口号的基础上发展起来的。其概念是用户在通用计算机平台上,在必要的数据采集硬件的支持下,根据测试任务的需要,通过软件设计来实现和扩展传统仪器的功能<sup>[5]</sup>。虚拟仪器的出现,打破了传统仪器由厂家定义,用户无法改变的工作模式,使得用户可以根据自己的需求,设计自己的仪器系统;用户可以通过修改软件来修改或增减仪器的功能,真正体现了“软件就是仪器”这一新概念。

虚拟仪器包括硬件和软件两个基本要素,如图 1 所示。硬件部分包括通用计算机和数据采集硬件,其功能是获取被测的物理信号,提供信号传输的通道;软件部分是运行在计算机上的应用程序,实现数据采集、分析、处理和结果显示等功能。它们作为一个整体,实现传统仪器的测量功能。

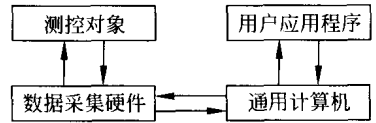


图 1 虚拟仪器结构示意图

(2) **LabVIEW 中的声音记录节点** 虚拟仪器开发工具软件 LabVIEW 函数库中 Sound Input 子模板

(Functions Palette→Graphics & Sound→Sound→Sound Input) 提供了数字声音记录的节点<sup>[6]</sup>,可以通过声卡采集外部数据。包括以下节点:

① **SI Config 节点** 用于设置声音输入设备的参数和数字声音格式,如模数转换器缓存区大小,采样速率,采样通道为单通道或双通道,样本位数为 8bits 或 16bits。本文虚拟示波器程序用双通道采集数据,采用的缓存区大小为 32768bytes,采样速率为 44.1kHz,样本位数为 16bits;

② **SI Start 节点** 驱动声音输入设备开始采集输入的数据;

③ **SI Read 节点** 从缓存区读取数据。根据不同的数字声音格式,输出相应数据格式的数组;

④ **SI Stop 节点** 声音输入设备停止采集数据;

⑤ **SI Clear 节点** 关闭声音输入设备,释放占用的计算机资源。

利用这些声音记录节点,在 LabVIEW6.1 环境中编程,设计虚拟双踪存储示波器,通过声卡采集外部数据,并用软件实现了触发控制、波形显示、波形调节、数据存储等功能。

(3) **虚拟双踪存储示波器** 虚拟双踪存储示波器的面板的设计参考了真实的示波器 SS2020,用户界面与真实示波器的操作面板相似,如图 2 所示;其中显示的波形为虚拟示

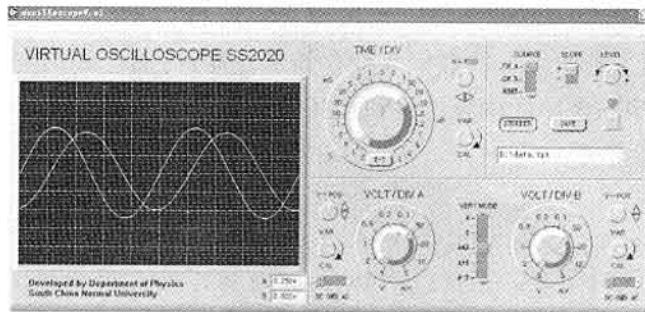


图 2 虚拟示波器用户界面

波器用于  $RLC$  串联电路的幅频特性实验时,电流的频率为 2000Hz 时的波形。虚拟示波器面板上各个旋钮、开关的功能与真实示波器相同,包括时间/分度选择器“TIME/DIV”、水平位置调节旋钮“X-POS”、扫描速度微调旋钮“VAR”、触发选择器“SOURCE”、触发极性选择器“SLOPE”、触发电平调节旋钮“LEVEL”、A/B 通道电压/分度衰减器“VOLT/DIV”、A/B 通道位置调节旋钮“Y-POS”、A/B 通道幅度微调旋钮“VAR”、A/B 通道直流-接地-交流开关。不同于真实示波器的部分有:

① **显示屏** 用于显示声卡采集的信号波形。水平方向和垂直方向上各有 10 个格,每个格又分 5 个小格。用户可以通过单击鼠标右键,选择“Visible Items”选项,显示“Plot Legend”和“Graph Palette”,实现传统示波器无法实现的操作;如查看显示屏上未显示的部分、进行图形的放大和缩小,以完成特定的测量;

② **水平-垂直接钮“X-Y”** 按下此按钮,示波器处在 X-Y 工作方式下,显示屏上显示出李萨如图形,可用于测量正弦信号的频率和两个同频率正弦信号的相位差;

③ **暂停按钮“PAUSE”** 按下此按钮,可暂停信号采集,方便用户观察屏上波形;

④ **存盘路径设置文本框和存盘按钮“SAVE”** 用户可在文本框中指定保存文件的位置,点击“SAVE”按钮,以文本文件的格式存储数据。文本文件可直接导入 EXCEL、MATLAB 等软件中,对实验数据进行处理。可用“Print Screen”键剪取波形图;

⑤ **显示模式选择器“VERT MODE”** 只观测 A 或 B 通道信号时,选择器置于“A”或“B”。设计程序时,线路输入插孔左声道采集的信号送入 A 通道,右声道采集的信号送入 B 通道。“A&B”用于同时显示两通道信号。“A + B”和“A-B”用于显示两通道信号相加和相减后的波形;

⑥ **A/B 通道电压显示** 虚拟示波器附加了电压表的功能,显示屏下两个文本框分别用于显示 A、B 通道的电压幅值。

使用前,需要制作一根测试电缆用于输入信号。方法是用一个立体声插头,接一段 1~2m 长的三芯屏蔽线,分别对应立体声插头的地线、左声道、右声道,构成测试电缆,电缆的另一端接上三个鳄鱼夹。为确保虚拟仪器正常工作,要正确设置声卡:送入虚拟示波器的信号若为电信号,通过线路输入插孔输入,在音量控制面板的录音属性中选择“线路输入”一项;若为声音信号,通过麦克风插孔输入,在录音属性中选择“麦克风”一项。输入电压不能超过声卡的承受范围,以免损坏声卡,一般为  $-1V \sim +1V$ 。若测量的信号超过此范围,可先将信号衰减。

虚拟示波器程序安装在不同计算机上时,对于信号频率的测量没有影响。由波形计算出的信号频率与真实值一致。对于信号幅度的测量,由于线路输入音量大小的不同,在使用前需要定标:将电压/分度衰减器“VOLT/DIV”档位旋至 0.1 伏/格,输入幅值为 0.1 伏的信号,调节线路输入音量大小,直到波形在垂直方向上占两个格,这时由示波器波形读出的电压幅值与信号真实值一致;以后的测量中,不必再调节线路输入音量大小。

### 3 $RLC$ 串联电路的幅频特性和相频特性实验

实验器材包括计算机、运行在计算机上的虚拟示波器程序、一根三芯音频输入电缆,用以取代传统实验中的双踪示波器和电压表;另外有信号发生器 DS345、GX9/4 型十进式

电感箱、RX7-4 型十进位电容箱和 ZX91 直流电位器,按图 3 连接。音频输入电缆的左声道采集信号发生器  $e$  的输出信号,经计算机线路输入插孔,送入虚拟示波器的 A 通道;右声道采集  $R$  两端的电压,送入虚拟示波器的 B 通道。虚拟示波器面板上 A、B 通道电压显示框分别代替图 4 中的电压表  $V_1$  和  $V_2$ 。图 3 和图 4 中的  $R_L$  为电感的直流电阻。

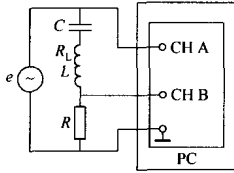


图 3 虚拟示波器用于 RLC 串联电路特性实验的仪器连接器

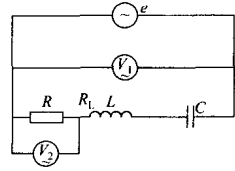


图 4 传统实验中测量 RLC 串联电路幅频特性的电路图

(1) 测量 RLC 串联电路的幅频特性 选取  $R + R_L = 80\Omega$ ,  $C = 0.1\mu\text{F}$ ,  $L = 0.1\text{H}$ 。调节信号发生器  $e$  的频率为  $1000\text{Hz}$ , 输出电压幅值为  $0.25\text{V}$ , 即虚拟示波器上 A 通道电压显示框的示数。B 通道电压显示框的示数, 即为  $R$  上的电压, 计算  $I = V_B/R$ 。以后每增加  $100\text{Hz}$  测一点, 直到  $2500\text{Hz}$ 。在谐振点 ( $f = 1590\text{Hz}$ ) 附近每隔  $50\text{Hz}$  测一点。每次测量时注意, 当 A 通道电压显示框的示数发生变化时, 就要重新调整信号发生器的输出, 保持输出电压幅值为  $0.25\text{V}$  不变。根据所测结果, 作 RLC 串联电路的幅频特性曲线, 如图 5 所示。从图形可知, 虚拟示波器上电压表测得的结果符合实际实验结果。

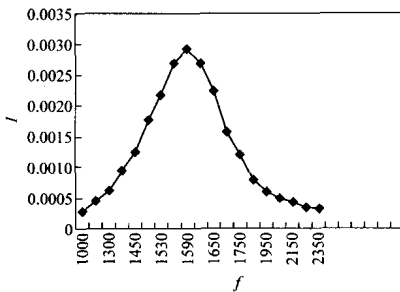


图 5 实验得到的幅频特性曲线

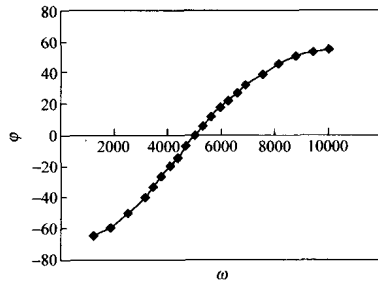


图 6 实验得到的相频特性曲线

(2) 测量 RLC 串联电路的相频特性 选取  $r + r_L = 500\Omega$ ,  $C = 0.4\mu\text{F}$ ,  $L = 0.1\text{H}$ 。调节信号发生器  $e$  的输出电压为  $0.3\text{V}$ , 以后的实验中不再调节信号发生器的输出。调节信号发生器的频率, 从  $200\text{Hz}$  至  $2000\text{Hz}$ , 每隔  $100\text{Hz}$  测量  $l_1$  与  $l_2$  (如图 7 所示), 在谐振点附近每隔  $50\text{Hz}$  测一次计算出相位角  $\varphi$ 。图 8、9、10 所示分别为谐振时 ( $f = 796\text{Hz}$ )、电路呈电容性 ( $f = 200\text{Hz}$ )、电路呈电感性 ( $f = 2000\text{Hz}$ ) 时示波器的波形。根据测量结果, 作 RLC 串联电路的相频特性曲线, 如图 6 所示。

## 4 结论和讨论

本文利用 LabVIEW 中的数字声音记录节点, 编程实现了基于声卡的虚拟双踪存储示波器, 其功能和界面都与真实示波器相同。以 RLC 串联电路的幅频特性和相频特性实验为例, 说明其用于电学部分物理实验教学, 得到与传统仪器一致的实验结果。另外, 利用

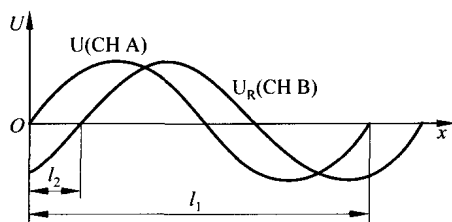


图7 相位差的测量

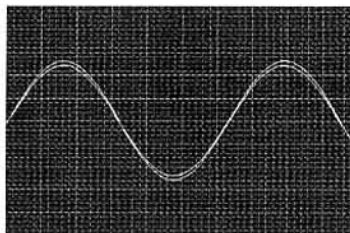


图8 谐振时的波形

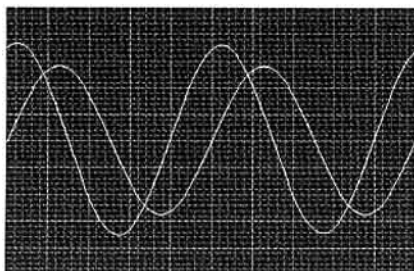


图9 电路呈电容性时的波形

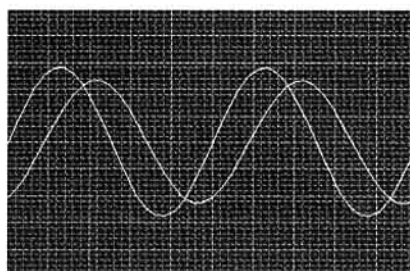


图10 电路呈电感性时的波形

LabVIEW 中的声音输出节点,开发了基于声卡的虚拟信号发生器,能产生可叠加噪声的正弦波、方波、锯齿波和三角波四种信号,已用于实验;并正在进行虚拟频谱仪的设计。

虚拟仪器用于物理实验有以下优点:①虚拟示波器具有仿真的用户面板,学生通过操作虚拟面板就可学习和掌握仪器原理、功能与操作。虚拟示波器采集的是现场真实的物理数据,可通过与其他仪器、电路的相互配合,完成实际测试过程,达到与用实际仪器相同的目的,完全可以代替真实仪器进行实验,并且学生在进行实验时不必担心弄坏仪器,也极大地提高学生的学习兴趣;②利用声卡构建的虚拟仪器,其优点是成本低、兼容性好、通用性和灵活性强。在使用时,只需把用户程序安装在多台计算机上,就可以作为多台实验仪器供学生使用。学生还可以将用户程序安装在自己的计算机上,这样就可以拥有自己的信号发生器、示波器和电压表等仪器。由于计算机在各个高校都已普及,这样便可实现以很低的成本,在较短的时间内更新和扩充实验室仪器设备,解决当前实验室仪器设备落后、数量不够的问题;③虚拟仪器代表着未来仪器的发展方向,把虚拟仪器引入实验教学,在改善实验条件的同时也推动传统实验教学的改革,在改进实验教学方法、更新实验教学内容方面提供了入手点。

#### 参考文献:

- [1] Topalis F. V., Gonos I. F., Vokas G. A.. Arbitrary waveform generator for harmonic distortion tests on compact fluorescent lamps[J]. Measurement,2001,(30): 257 - 267.
- [2] 马月辉,等. 虚拟仪器在电工实验中的应用[J]. 实验技术与管理,2003,21(4): 57-59.
- [3] 裘伟廷. 基于 LabVIEW 的虚拟仪器和虚拟实验[J]. 现代科学仪器,2002,(3): 20 - 23.
- [4] 李 静,历志明. 普通物理实验[M]. 广州: 华南理工大学出版社,1994. 8.
- [5] 杨乐平,李海涛,等. 虚拟仪器技术概论[M]. 北京: 电子工业出版社,2003. 3.
- [6] LabVIEW User Manual[EB/OL]. National Instruments Corporation,2001. 11.