

测量有源滤波电路频率响应的虚拟扫频仪设计

谢路生¹, 陈晓玉^{1,2}, 李继芳¹, 林 春¹, 曾念寅¹

(1. 厦门大学 航空航天学院, 福建 厦门 361005; 2. 厦门大学 嘉庚学院, 福建 漳州 363105)

摘 要: 为了满足有源滤波电路等模拟电子电路频率响应测量的需要, 克服传统测试方法中仪器比较多, 步骤较复杂且容易产生较大误差的缺陷, 介绍了一种基于LabVIEW的虚拟扫频仪设计方法。简述了该扫频仪的整体设计方案和测量原理, 详述了扫频仪主要的软件设计模块。实验结果表明, 该扫频仪能直观测试电路的频率特性及绘制出相应的幅频特性和相频特性曲线, 能较好的满足有源滤波电路频率响应的测量。

关键词: 有源滤波电路; 虚拟扫频仪; 频率响应; LabVIEW

中图分类号: TP 311.5 **文献标志码:** A

文章编号: 1006 - 7167(2016)08 - 0091 - 03



Virtual Frequency Sweeper Design for the Measurement of Active Filter Circuit Frequency Response

XIE Lu-sheng¹, CHEN Xiao-yu^{1,2}, LI Ji-fang¹, LIN Chun¹, ZENG Nian-yin¹

(1. School of Aerospace Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. Xiamen University Tan Kah Kee College, Zhangzhou 363105, China)

Abstract: In order to satisfy needs of frequency response measurement of the analog electronic circuits such as the active filter circuit, and overcome defects of the traditional testing method such as equipment is more, steps are too complicated and prone to a larger error, a design method of virtual frequency sweeper based on LabVIEW is introduced in this paper. The overall design scheme and measurement principle of the frequency sweeper are described briefly, main software modules of the frequency sweeper are described in detail. The experimental results show that the frequency characteristic of the frequency sweeper can direct test circuit and draw the corresponding amplitude-frequency characteristic and phase frequency characteristic curves. The virtual frequency sweeper can better carry out the active filter circuit frequency response measurement.

Key words: active filter circuit; virtual frequency sweeper; frequency response; LabVIEW

0 引 言

在进行模拟电子电路设计时经常需要测试电路的频率响应。用于测量被测网络的幅频特性和相频特性的仪器就是频率特性测试仪也称扫频仪^[1-3]。在传统

实验中, 测量激励信号和响应信号的频率、幅值和相位差大多使用示波器和频率计等仪器, 然后手工绘出频率特性曲线, 因为用到的仪器比较多, 步骤过于复杂而且容易产生较大的误差^[4]。

频率特性测量是现代电子测量的重要组成部分。在频域内研究动态特性一般采用正弦输入得到频响特性。在电子科技发展的今天, 对智能化、数字化的高性能扫频仪需求量越来越大。虚拟仪器是一种新的仪器结构, 综合了测试技术和先进的计算机技术^[5-6]。虚拟仪器的发展是信息技术的一个重要领域^[7]。

收稿日期: 2015 - 12 - 03

基金项目: 国家自然科学基金(61403319); 福建省自然科学基金(2015J05131)资助项目

作者简介: 谢路生(1977 -), 男, 福建省龙岩人, 硕士, 工程师, 从事虚拟仪器技术及电工电气技术研究。E-mail: xls706@xmu.edu.cn

1 虚拟扫频仪整体设计

1.1 虚拟扫频仪的测量原理

用 LabVIEW 虚拟仪器软件设计扫频仪,其测量原理为用虚拟仪器产生某扫频信号,将这个扫频信号加到被测电路,如某种有源滤波器的输入端,则该滤波器工作后,其输出端会输出被滤波后的信号,再将此滤波后的信号重新采集回虚拟仪器,虚拟仪器通过对比激励信号和响应信号,计算出所要求的各参数曲线。

1.2 虚拟扫频仪的总体设计方案

虚拟扫频仪的总体设计方案^[8-9]如下:①首先需要根据测试需求,确定扫频的各种参数,包括选用哪种扫频方式,扫频的时间长度,选择合适的开始频率,结束频率等;②经过声卡处理,再通过音频线将生成的扫频信号加载在被测电路需要激励的点上;③同时通过音频线,经过声卡,将电路输出点反馈回来的信号波形采集进计算机 LabVIEW 系统中,即采集电路输出点的信号波形;④将采集信号与输出信号作分析,计算并绘制出频率响应曲线。设计方案流程见图 1。

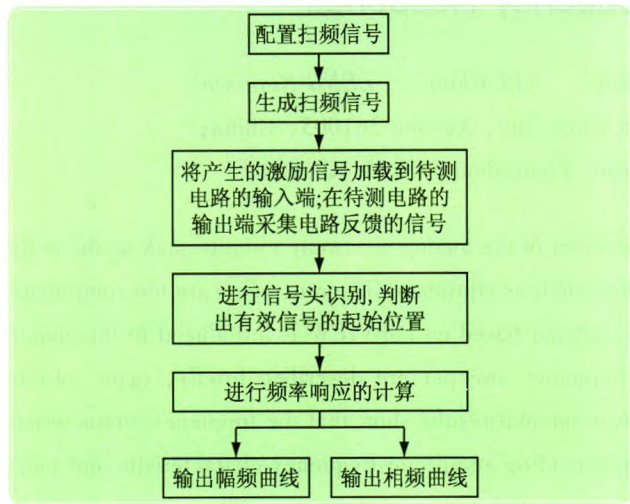


图 1 虚拟扫频仪整体设计方案

2 虚拟扫频仪硬件描述

对于虚拟仪器,信号发出及采集的硬件设计一般采用数据采集卡,但其价格比较昂贵,本文采用价格较便宜的声卡来完成此项任务。声卡是现在计算机通用的设备,其本身就是一个高性能的数据采集设备,用声卡采集完全满足采样定理的要求^[10]。声卡主要功能是语音信号经过数字信号处理与音效芯片处理,进行模拟数字信号转换,声卡可以作为数据采集卡来使用^[11]。且 LabVIEW 提供了专门用于声卡操作的基本函数,所以本设计采用笔记本电脑的声卡作为采集卡。该声卡采集的频率范围为 20 ~ 20 kHz。当需要将扫频信号加载到电路时,我们可以使用音频线连接到笔

记本电脑声卡的耳麦输出接口。笔记本电脑声卡有两个接口,如图 2 所示,一个用于耳麦输出,另一个用于话筒输入。将音频线的一端插在耳麦输出接口,另一端接入被测电路的输入端,即可将系统产生的扫频信号加入到被测电路;将另一条音频线一端插在话筒输入接口,另一端接收被测电路响应端的信号,就可采集到响应信号。



图 2 笔记本电脑声卡的两个接口

3 虚拟扫频仪软件设计^[8,12-14]

3.1 测试界面设计及数据分析处理

对于采集回来的信号,在开始计算和分析之前,先要进行信号头识别,判别出有效信号的起始位置,把无效信号剔除。从信号头开始,截取与扫频信号等长的波形数据。由于声卡采集到的数据为数字量,所以需要将截取到的有效信号数据换算为 V 为单位的电压模拟量。本文使用 16 位有符号整数表示扫频信号波形,一般认为声卡的输出电压是线性变化的,所以从数字量到电压幅值的转化关系式为:

$$U_i = D \frac{U_{\text{omax}}}{2^{16-1}} \quad (1)$$

式中: D 为数字量; U_i 为采集到的数字量; U_{omax} 为声卡最大输出电压。

经过上面的步骤,可得到完整有效的采集数据,也就是电路的输出响应信号。将响应信号中的有效信号取出后,与输出的激励信号进行分析计算,得出幅频和相频特性。数据分析处理的流程为:信号头识别→截取有效信号→计算频率响应。

3.2 生成扫频信号的软件设计

对于待测电路需要选择合适的激励源,选择扫频信号作为激励源。所谓的扫频信号首先它是连续的正弦波信号,其次该正弦波信号频率是连续变化的,可以根据不同的需要,将其扫频规律设置成不同的变化方式,如线性扫频、指数扫频、倍频扫频等^[8]。本设计中,选用了指数形式变化的扫频规律,它的频率变化规律可用如下这个表达式描述:

$$f = f_0 \left(\frac{f_2}{f_1} \right)^{\frac{1}{N-1}} \quad (2)$$

式中: f_0 为当前步的扫频频率; f_1 和 f_2 分别为起始频率和终止频率,频率变化过程可从低频到高频,也可从高

频到低频,一般情况下都是 $f_1 < f_2$; N 为扫频步数; i 为当前步号, $i = 0, 1, 2, \dots, N - 1$ 。

扫频信号生成及参数设置界面如图 3 所示。最终生成扫频信号的程序框图如图 4 所示。

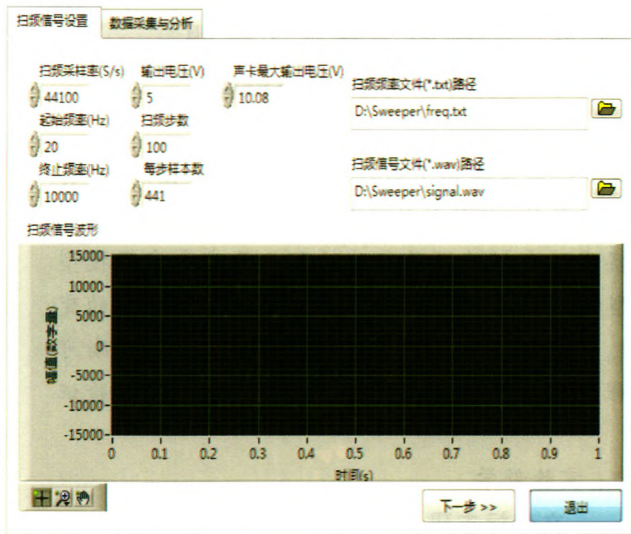


图 3 扫频信号设置界面

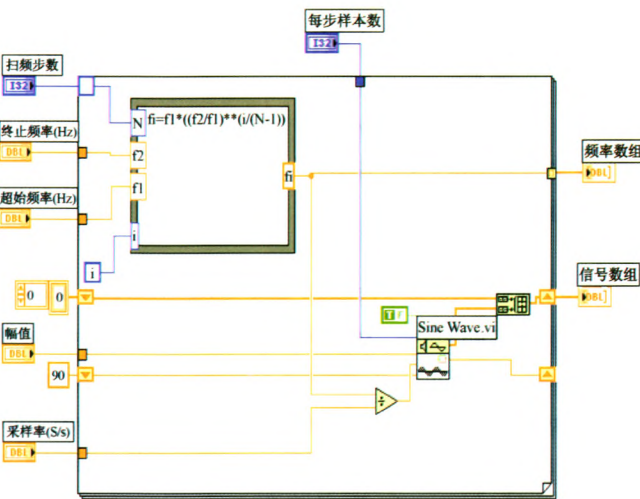


图 4 生成扫频信号程序框图

3.3 生成激励信号和采集响应信号的软件设计

对于声卡来说,通过声卡输出激励信号,就相当于使用声卡播放音频文件;而通过声卡采集响应信号,则相当于使用声卡进行录音^[15-16]。输出激励信号和采集响应信号的子程序框图如图 5 和图 6 所示。

4 实验测试结果

有源滤波电路实验是模拟电子技术实验中一个非常重要的实验,实验的主要目的是测试滤波器的频率特性。有源滤波电路主要可以分为低通、高通和带通 3 种。这里选用带通有源滤波器进行测试,扫频范围为 0.1 ~ 10 kHz。电路图及元件参数如图 7 所示。

使用虚拟扫频仪对有源带通滤波器的频率响应测试结果如图 8 所示。

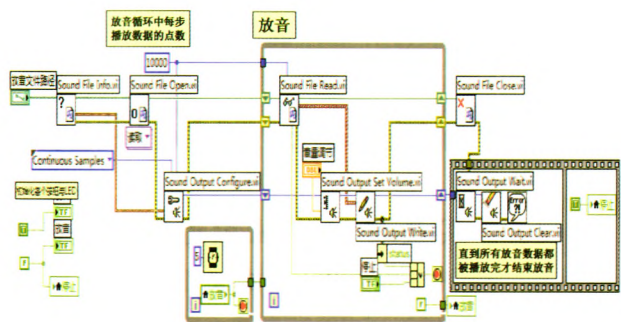


图 5 输出激励信号子程序框图

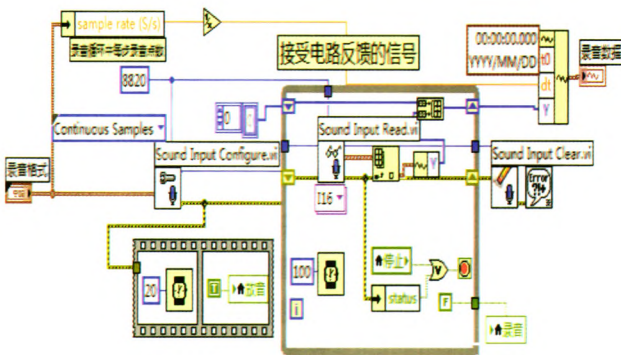


图 6 采集响应信号子程序框图

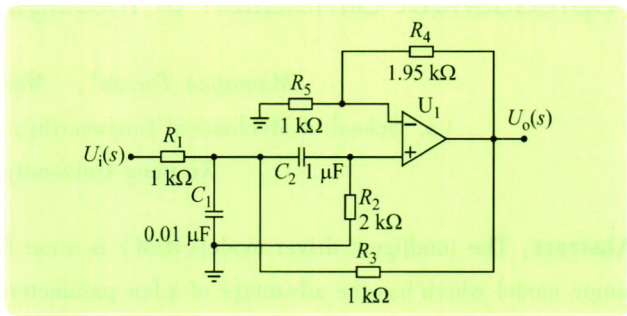


图 7 带通有源滤波器电路图

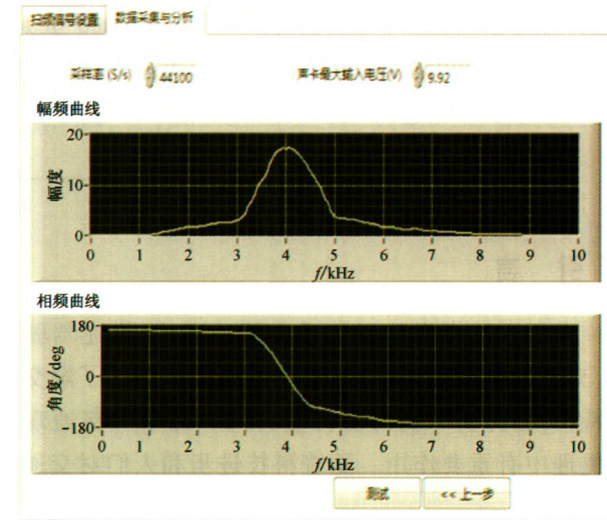


图 8 虚拟扫频仪一组测试结果

5 结 语

用 LabVIEW 软件设计的虚拟扫频仪,主要用来进
(下转第 147 页)

了对这些序列的识别检测时间开销,从而极大降低了秘密消息还原过程的时间复杂度。

4 结 语

藏文 Web 页面信息隐藏技术可利用含有藏文信息的网页来隐藏与收发秘密消息。本文提出了一种面向藏文 Web 页面的信息隐藏方法,通过置乱操作和添加巴克码来有效保证嵌入藏文 Web 网页代码中秘密消息的隐蔽性和鲁棒性,并进行了实验验证,取得了较好的实验效果。下一步研究工作拟在增大该方法的信息隐藏容量、改善置乱操作过程及识别检测的策略等方面开展。

参考文献 (References):

[1] Bandyopadhyay S K, Malik S, Mitra W. Hiding Information-A Survey [J]. Journal of Information Sciences and Computing Technologies, 2015, 3(3): 232-240.

[2] Khadim U, Khan A, Ahmad B, et al. Information Hiding in Text to Improve Performance for Word Document[J]. International Journal of Technology and Research, 2015, 3(3): 50-56.

[3] Yadav V K, Batham S. A Novel Approach of Bulk Data Hiding using Text Steganography [J]. Procedia Computer Science, 2015, 57: 1401-1410.

[4] Huang H, Huang S, Chen J, et al. An image information hiding algorithm based on grey system theory[J]. International Journal of

Communication Systems, 2014, 27(10): 2426-2442.

- [5] Cho K, Choi J, Kim N S. An acoustic data transmission system based on audio data hiding: method and performance evaluation[J]. EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing, 2015 (1): 1-14.
- [6] Kumar M, Shukla M D. Review of Video Watermarking Techniques [J]. International Journal for Innovative Research in Science and Technology, 2015, 1(8): 64-67.
- [7] 才智杰. 藏文自动分词系统中紧缩词的识别[J]. 中文信息学报, 2009(1): 35-37.
- [8] Shen Dongsheng, Zhao Hong. A novel scheme of webpage information hiding based on attributes[C]//Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Information Theory and Information Security, IEEE, 2010: 1147-1150.
- [9] Xie Yong, Li Juan, Zhang Yilai. A High Capacity Information Hiding Method for Webpage Based on Tag[C]//Proceedings of the 3rd International Conference on Digital Manufacturing and Automation, IEEE, 2012: 62-65.
- [10] Jaiswal R J, Patil N N. Implementation of a new technique for web document protection using unicode[C]//Proceedings of the 2013 International Conference on Information Communication and Embedded Systems, IEEE, 2013: 69-72.
- [11] Soba J, Munir A, Suksmono A B. Barker code radar simulation for target range detection using software defined radio[C]//Proceedings of the 2013 International Conference on Information Technology and Electrical Engineering, Yogyakarta: IEEE, 2013: 271-276.
- [12] Wikipedia. Arnold's cat map [EB/OL]. (2013-9-24) [2013-10-24]. http://en.wikipedia.org/wiki/Arnold%27s_cat_map.

(上接第 93 页)

行有源滤波电路等模拟电子电路频率响应测量。经实验,该虚拟扫频仪能直观测试电路的频率特性及绘制出相应的幅频特性和相频特性曲线,能较好的满足有源滤波电路频率响应的测量。由于硬件用的是声卡,所以只能在音频范围(0.02 ~ 20 kHz)内满足对电路频率响应测试的需要。但掌握了类似的方法后,如果需要,只要换作其他硬件,就能很快做出更宽频率范围的扫频仪。虚拟扫频仪综合了数据采集、声卡使用、信号处理等多方面的知识,是一个了解虚拟仪器系统如何工作的良好途径。具体应用时可以结合实际需求采用更好的优化方案,例如可以对扫频规律、频谱计算方法等方面进行改进或优化。扫频仪的用途广泛,不仅用于对模拟电子电路的测量,还可用于对音频系统的测试等。增加其他相应硬件,如配合 NI 的采集设备,可以开发出更高级的频谱测量系统。

参考文献 (References):

[1] 汪俊,郑宾.虚拟仪器环境下的扫频仪设计[J].电测与仪表, 2008(5): 38-40.

[2] 鲍丽星,陈晓争.基于 DDS 技术的虚拟扫频仪[J].实验室研究与探索, 2006, 25(7): 767-770.

[3] 王春梅.虚拟数字频率合成扫频仪的应用研究[J].计算机应用与软件, 2013, 30(4): 330-333.

- [4] 王桂忠.基于 LabVIEW 的虚拟仿真实验平台的设计[D].青岛:中国海洋大学, 2009.
- [5] 陈尚松,李智.虚拟仪器回顾与展望[J].国外电子测量技术, 2009, 28(12): 17-21.
- [6] 路亚峰,陈义军,等.虚拟仪器技术研究现状与展望[J].国外电子测量技术, 2010, 29(11): 35-37.
- [7] MA L. Harmonic and inter-harmonic detecting based on support vector machine[C]//Transmission and Distribution Conference and Exhibition; Asia and Pacific. IEEE/PES Press, 2005.
- [8] 陈国顺,张桐,等.精通 LabVIEW 程序设计[M].北京:电子工业出版社, 2012.
- [9] 左防,胡仁喜,闫聪聪,等. LabVIEW 2013 中文版虚拟仪器从入门到精通[M].北京:机械工业出版社, 2014.
- [10] 孙爱晶,刘毓,马贺洲.基于 LabVIEW 的声卡数据采集及滤波处理设计[J].自动化与仪表, 2009, 24(5): 45-47.
- [11] 张大为,李建海,刘迪.基于虚拟技术的信号发生器的设计与仿真[J].船电技术, 2012, 32(9): 9-11.
- [12] 韦青燕.基于 LabVIEW 和 Multisim 的串联校正实验软件平台开发[J].实验室研究与探索, 2015, 34(2): 128-131.
- [13] 张天宏,丁毅,卞春江.自动控制综合教学实验仪器开发[J].实验室研究与探索, 2004, 23(12): 141-143.
- [14] 袁渊,古军,习友宝,等.基于虚拟仪器的通用电子实验系统的设计[J].实验室研究与探索, 2005, 24(3): 33-35.
- [15] 陈晓玲,师学明,刘迎.基于 LabVIEW 的声卡虚拟仪器性能测试与实验[J].实验室研究与探索, 2010, 29(1): 25-27.
- [16] 张振,李香飞,甘淑敏,等.基于 LabVIEW 的声音信号采集分析系统开发[J].北方工业大学学报, 2012, 24(3): 42-45.