

# 滤波器参数加载自动测试系统

黄德军, 张文娟

(巴中职业技术学院, 四川巴中 636000)

**摘要:** 目前设计了一套自动化测试系统, 主要基于虚拟仪器技术滤波器参数, 以消除滤波器参数加载效率低的问题。其中, 软件采用 LabWindows/CVI, 硬件部分使用 SDJ1010 (信号源) 和华太测控技术有限公司的 PCI-12087 (数据采集卡) 等设备。测试系统通过数据采集和频谱分析, 能够快速准确地判断滤波器是否合格, 实现了高效全自动检测过程。测试结果直观, 明了。实际表明, 滤波器参数加载自动测试系统的稳定可靠, 可以提高产品的质量和效率, 最大程度地减少了因工作失误或者操作不当导致的预判事件的发生, 并降低人工成本。

**关键词:** 滤波器; 参数加载; 自动测试系统

## 1 引言

滤波器参数加载自动测试系统的主要功能是工作模式设置, 基本输入信息, 检查滤波器损耗, 存储, 分析测试结果并生成报告。具体流程为通过 USB2.0 接口监视信号源, 生成噪声信号, 并通过 RS-232 数据收集和分析以及数据库管理, 应用程序开发工具使用 CVI, CVI 是基于应用程序图形语言的虚拟开发环境, 它被广泛用于测试和测量领域, 具有所见即所得的功能。测试系统开发的主要目标是采用 CVI 设计测试滤波器的特性, 在特定频率范围内可以衰减多少 DB 值, 测试结果表明, 该测试系统具有直观的界面, 完整的功能, 较高的可靠性和易于维护的优点。

## 2 系统功能描述

### 2.1 概述

滤波器负载参数 LBQT-1 自动化测试系统可以通过简单的程序设置准确地测试特定频率点的滤波器衰减性能。

### 2.2 方案的组成

为了满足用户的需求, 设计中通常采用“PC机+信号源控制程序+华太数据采集设备+特殊数据处理程序”, 非常简单、紧凑。原理如图1所示。

---

作者简介: 1. 黄德军(1989-), 男, 四川巴中人, 巴中职业技术学院理工与经管学院教师, 研究方向: 软件开发。2. 张文娟(1985-), 女, 四川泸州人, 巴中职业技术学院理工与经管学院教师, 研究方向: 网页设计。

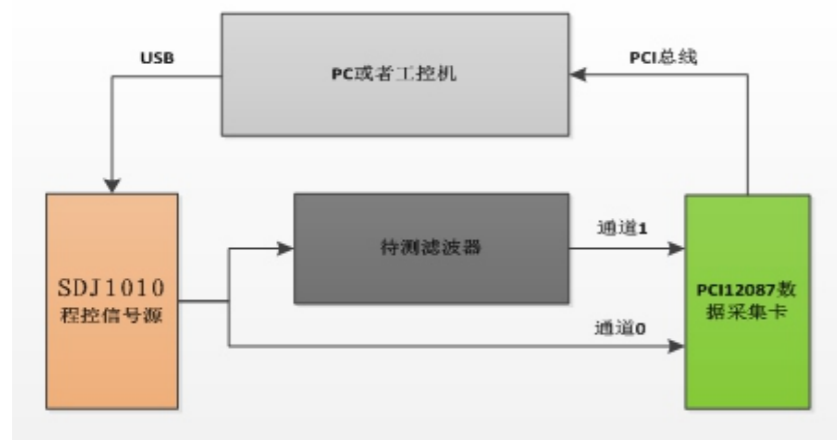


图1 滤波特效测试原理框图

### 2.3 系统测量原理

用户如图1-1所示连接硬件设备，打开计算机和信号源，然后打开计算机测试程序，用户可以输入相关信息，然后单击相应的按钮进行确认，控制信号源，它以不同的频率生成相同幅度的波，信号中每个波形的频率范围在10 kHz至10 MHz之间。程序信号源将输出信号从小到大调整依次输出，每次输出信号，程序将控制采集卡进行采集，然后在滤波器之前和滤波器之后的数据通过滤波器两个通道加载到虚拟内存中，经过处理，即可得到固定频率点的DB值和滤波器衰减后的DB值。最后，将滤波器特定频率范围衰减的波形进行显示，在波形图上，可以查看滤波器是否合格。

## 3 自动测试系统实现

### 3.1 软件设计流程图

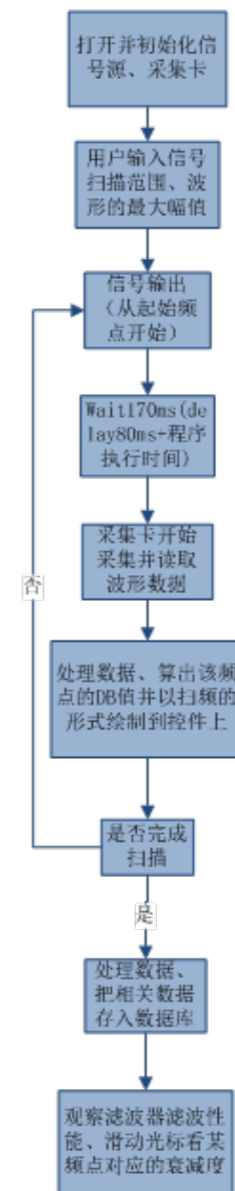


图2 软件设计流程图

### 3.2 设计用户操作界面

#### 1. 用户录入信息

该界面最重要的部分是设置两个频率点模块和测试频率点模块，用户可以自动设置起始点和终止频率点，频率的初始设置为10KHz~9.9MHz和，频率终点的设置范围为11 kHz~10 MHz，步进为1 kHz。用户输入起始频率点，终止频率点，输入电压（信号源生成的波形的幅度），在测试频率点模块中输入12个频率点，这12个频率点不能重复，频率点必须在10 kHz到10 MHz之间。如果未显示如图3所示的字段，请单击“生成”按钮。LED将闪烁一次，以指示用户是否输入了正确的信息。一切准备就绪，等待采集。



图3 录入信息

### 2. 观察滤波器的滤波性能

滤波器性能该界面具有三个波形显示控件，用于显示时域波形和频域波形。单击“采集”按钮，将按下的“生成”按钮整合的频率点从小到大进行采集。当接收到数据时，执行适当的处理以将处理后的数据转换成波形进行显示。如图4所示，频点采集、数据处理、波形显示整个过程需要18秒左右。在收集过程中，当用户随时按下“停止”按钮时，其功能是停止收集。如果再次单击“收集”按钮，采集将继续。单击“自动”控件，“上线”，“下线”，“倍数”控件，这三个控件起作用，这三个控件用于设置过滤器控件的Y轴值。

当用户单击“滤波器滤波性能”波形控件时，波形上会出现一个绿色光标，用户可以使用两个控件“频率”和“dB”来定位光标并执行观察波形的水平和垂直坐标值，波形控件有两个颜色，黄色和红色，黄色表示通道0收集的波形数据的波形，红色表示通道1收集的波形数据，在这个控件里面，黄色波形表示滤波器输入端的衰减（信号源的输出信号，以dB为单位），红色波形表示滤波器的输出端的滤波性能，此控件的功能是观察滤波器对信号源输出源的频率点衰减能力，同时用户可以移动光标以显示时域波形和频域波形对应的特定频率点。

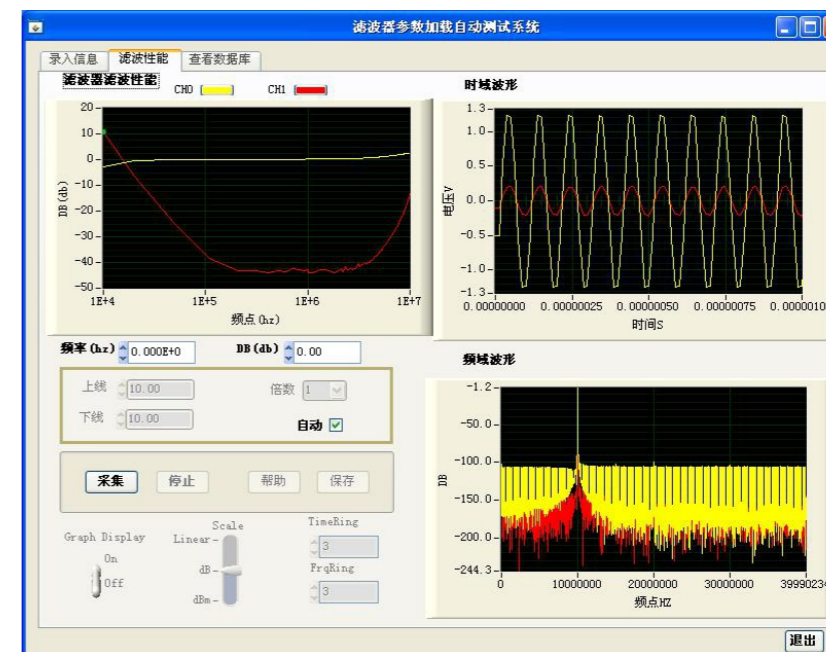


图4 滤波性能

### 3. 查看数据库中的数据

该界面是一个列表控件以及两个波形控件，来显示输入频率点，衰减值，时域波形，频域波形中的最大值以及幅度频率波形特征和频谱分析波形。如图5所示：

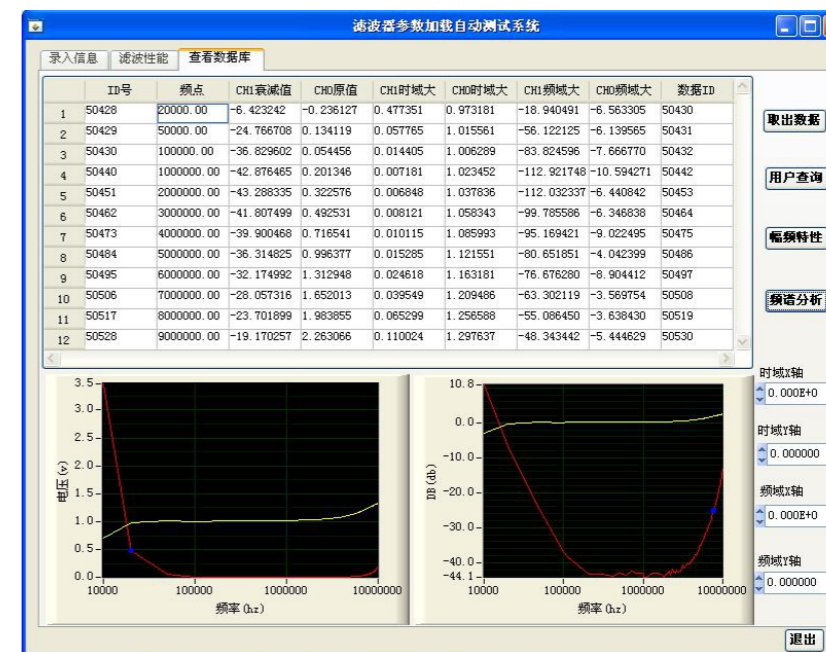


图5 查看数据库

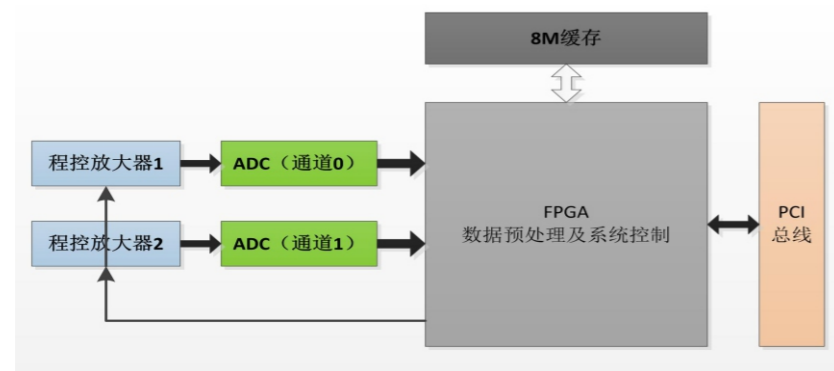
单击“取出数据”按钮，将时域数据以及存储在数据库中的其他相关数据提取出来。单击“用户查询”按钮以显示列表中与用户输入频率点相对应的2通道数据（用户输入频率点，2通道数据处理后的衰减值，时域波形最大值，频域波形最大值）。单击“幅频特性”按钮，以显示图形中不同频率点的波形最大值。单击“频谱分析”按钮以图形形式显示从两个通道收集的各个频率点对应的dB值。单击列表中的一行以显示时域波形和与该频率点对应的频域波形。

#### 4 关键技术

##### 4.1 选择PCI-12087采集卡

###### 1. 介绍

在项目实施过程中反复检查之后，最终决定选择PCI-12087数据采集卡，这是一种基于PCI总线开发的高精密度数据采集卡。其原理如图6所示：



###### 2. 性能指标

PCI-12087数据采集卡指标如下：

系统采样率：80MHz

通道数：2个

A/D分辨率：12Bit

每通道的缓存深度：8MSa

通道间隔离度： $\geq 90$ dB

信号输入：单端

带宽：直流 DC~40MHz 交流 0.1Hz~40MHz

耦合方式：交流、直流

输入阻抗： $\geq 1M\Omega$

直流误差： $< \pm 0.5\%$ FSR（用平均值计算）

交流误差： $< \pm 3\%$ （DC-500KHz）

电源：220V交流

环境温度：常温

相对湿度：0~85%

接地电阻：小于4 $\Omega$

##### 4.2 软件编程

###### 4.2.1 初始化采集卡

打开并初始化采集卡，有时会出现卡死的状况，最终会导致进程都不能结束，出现原因是：把HC\_Connect()函数用来初始化HiDaq函数库，放在了主函数当中，而把HC\_OpenDev(descrip, &gHandle);放在了控件回调函数当中，解决方法：把打开并初始化设备这条函数HC\_OpenDev(descrip, &gHandle);放在HC\_Connect()函数后面，这两条函数都放在了主函数当中，要在加载用户界面之前就要打开采集设备，并对其进行初始化。

###### 4.2.2 信号源初始化

给信号源发送VI命令，有时候也会出现信号源卡死的状况，按信号源大部分的按键都不会起作用，只能从新复位。出现原因：调用函数摆放的位置不正确，解决方法：把获取visa的USB资源，连接信号源，使用VI指令发送命令，调制波形为正弦波，这几条执行函数放在了主函数当中，而把原来放在主函数当中的向信号源发送输入电压，和控制信号源输出波形，这两条执行函数放在了采集回调函数当中，特别是把viPrintf(vi, "C1: OUTP ON\n")输出波形这条函数放在了viPrintf(vi, "C1: BSWV FRQ, %f\n", gTempFreq[i])改变输出频率值这条函数的后面，这样做的好处是先确定下来某个频率值，然后再对其进行输出。其实这种做法还是没有解决问题的根源，经过不断调试论证，发现只要在控制信号源输出第一个频点之后，延时300ms以上，然后再循环内部每输出一个频点延时100ms左右，信号源和软件几乎都能正常运行了，但还是会在及其少的情况下，出现信号源都还没有输出频点，就直接卡死了，最终发现问题根源是发送第一条VI指令还没有完成，就又向信号源发送第二条指令了，解决方法：每发一条指令，延时80毫秒后，判断该指令是否发送成功，发送成功返回1，否则返回0，发送成功后再向信号源发送第二条指令。

### 4.2.3 数据采集和处理

通过单击“滤波性能”界面中的“采集”按钮，首先，清空数据库，并使用VI命令将用户输入电压作为信号源发送给，然后进入循环，此功能包括循环输出整合后数组的频点，在每个频率点输出中，会延迟几十毫秒，调用HC\_StartRun(gHandle)；启动指定的设备，等待触发器触发，开始采样过程，并检查是否发生了采样事件，调用HC\_GetDevEvent(handle, &deviceEvent)；读取设备事件，如果有采集事件发生，就调用HC\_ReadDataD(gHandle, chindex, 0.0, dEnd, MAX\_DATA\_NUM, 70, &dataHead, gData)和HC\_ReadDataD(gHandle, chindex0, 0.0, dEnd, MAX\_DATA\_NUM, 70, &dataHead, gData0)函数读取采集滤波器前端和滤波器后端的2个通道读取数据，并将其分别装入数组中，然后调用RMS(gData, MAX\_DATA\_NUM, &volt\_array[i])和RMS(gData0, MAX\_DATA\_NUM, &volt\_array0[i])从两个数组中获取数据波形的电压值，将电压值乘以1.414得到最大值，然后除以用户输入电压，就得到增益，对增益进行20倍 log 10处理，就可以得出滤波器对特定频率范围内的每个频率衰减度，每个频率相对应的衰减通过扫频的形式绘制，这样就可以测试滤波器性能的好坏。

### 4.2.4 动态分配存储空间

在采集数据过程当中，可能需要采集和存储很大的数据量，占用栈的空间是远远不够的，只有在堆中动态分配空间才能满足需求。如果为二维数组，指针动态分配内存，这需要多一个循环，在循环中多个一维数组分配内存空间。并且在程序结束时，要把所占用的内存空间释放掉。

## 5 结语

滤波器参数加载自动测试系统完成对滤波器性能参数中幅频特性、频谱分析、滤波性能的测试。它可以快速、准确地确定滤波器是否合格，有效地缩短了测试时间，并避免了人工测试引起的错误。该测试系统是最新计算机技术与采集设备的结合，可提供准确性，易操作性和各种安全功能。该系统已经经过不断调试，并且已经运行了将近两年，已经测试了近10,000种不同的滤波器，系统稳定可靠的运行。实际应用表明，该系统具有高测试准确性的测试功能。另外，根据该系统，可以将其扩展到各种设备的测试中，具有很大的应用价值。

### 参考文献：

- [1] 杨乐平, 李海陶等. LabVIEW基础教程高级程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [2] 李晴. 基于LabVIEW的串口通信应用[J]. 常州信息职业技术学院学报, 2009, 8(3):8-10.
- [3] 庄永河, 孟坚. 数字调谐滤波器原理及方案[J]. 现代电子技术, 2009(17):75-78.
- [4] 刘超, 曾超等. 一种跳频滤波器性能自动测试系统[J]. 计算机与数字工程, 2011, 39(4):188-190.
- [5] 赵川, 王进成. LabVIEW在自动测试系统中的应用[J]. 仪器仪表用户, 2016(01).