

分类号: TP34

单位代码: 10220

密 级:



东北石油大学

Northeast Petroleum University

# 工程硕士专业学位论文

论文题目: 基于 LabVIEW 的远程数字电路仿真实验系统设计

工程领域: 控制工程

培养类别: ☐ 全日制 ☒ 非全日制

论文类型: 工程设计

硕士生: 施 婧

校内导师: 刘祥楼 教授

校外导师: 刘文福 高级工程师

入学时间: 2013 年 4 月

论文完成时间: 2016 年 3 月

## 学位论文独创性声明

本人所呈交的学位论文是我在指导教师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含其他个人已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确说明并表示谢意。

作者签名：施婧

日期：2016.4.15

## 学位论文使用授权声明

本人完全了解东北石油大学有关保留、使用学位论文的规定。学校有权保留学位论文并向国家主管部门或其指定机构送交论文的电子版和纸质版，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文，可以公布论文的全部或部分内容。东北石油大学有权将本人的学位论文加入《中国优秀硕士学位论文全文数据库》、《中国博士学位论文全文数据库》和编入《中国知识资源总库》。保密的学位论文在解密后适用本规定。

学位论文作者签名：施婧

论文指导教师签名：刘群梅 刘文福

指导小组成员签名：韩建

**Thesis for the Graduate Candidate Test**

# **Design for simulation system of the digital circuitbased on LabVIEW**

**Candidate: Shi jing**

**Tutor: Liu Xianglou**

**Field: Control Engineering**

**Training category: part-time**

**Type: GCT**

**Date of oral examination:10th April.2016**

**University: Northeast Petroleum University**

## 基于 LabVIEW 的远程数字电路仿真实验系统设计

### 摘 要

基于图形化软件设计平台 LabVIEW, 设计实现了可远程访问的数字电路实验系统。利用 Multisim 设计完成三种数字电路实验, 再利用 LabVIEW 与 Multisim 的互联工具箱, 实现在 LabVIEW 中访问和调整 Multisim 实验电路的参数并读取、显示电路运行结果。利用 LabVIEW 的远程发布功能, 将仿真实验发布到网上, 使得远程虚拟实验成为现实。所设计的实验系统具有良好的软件界面, 方便进行功能切换及参数选择。

在工业以及产品设计等多个环节中, 都可以应用仿真软件, 不仅能够准确的分析电路元件与内部结构, 还可以提前预知电路的行为。通过仿真, 可以将电路的设计与其在实际应用中的作用完整的衔接在一起, 大大的减少了成本, 并且能够大量的缩短设计时间, 提高了工作效率。

**关键词:** LabVIEW 与 Multisim 链接工具箱; 前面板; 程序框图

# Abstract

The graduation design topic is based on the LabVIEW remote digital circuit simulation experiment system design, by using the graphic software design platform of LabVIEW, design and implementation of remote access system of digital circuit experiment. Based on Multisim design completion of three kinds of digital circuit experiment, using LabVIEW and Multisim connectivity toolbox, to achieve in the LabVIEW in the access and adjust the Multisim experimental circuit parameters and read, display circuit operation results. By using the LabVIEW remote release function, the simulation results are posted online, which makes remote virtual experiment to become a reality. The design of the experimental system with good software interface, convenient for function switching and parameter selection.

We use simulation software to design circuit and system is an important link of product design, engineers use the simulation software can predict the circuit behavior, analysis of circuit elements and circuit structure. Simulation design and practical application of the bridge, the successful simulation can help designers to better error evaluation, shorten time of design, reduce design cost, improve the success rate.

**Key words:** LabVIEW Multisim Connectivity Toolkit; Front panel; Program diagram

## 目 录

摘    要 .....	III
Abstract.....	IV
目    录 .....	V
第 1 章 绪论 .....	1
1.1 课题研究目的和意义 .....	1
1.2 国内外研究现状 .....	2
1.3 主要设计内容 .....	3
1.4 本章小结 .....	4
第 2 章 设计理论基础 .....	5
2.1 LabVIEW 特点与应用 .....	5
2.2 Multisim 仿真实验中的应用 .....	8
2.3 LabVIEW Multisim 连接工具包 .....	10
2.4 网络化虚拟仪器技术应用与发展 .....	10
2.5 本章小结 .....	14
第 3 章 系统设计与实现 .....	15
3.1 系统总体设计 .....	15
3.2 前面板设计与实现 .....	15
3.3 LabVIEW 管理 Multisim 软件接口设计与实现 .....	17
3.4 Multisim 中仿真电路设计与实现 .....	19
3.5 网络远程发布功能的设计与实现 .....	21
3.6 本章小结 .....	22
第 4 章 系统仿真与试验测试 .....	23
4.1 系统仿真测试环境 .....	23
4.2 系统仿真试验过程 .....	23
4.3 系统仿真试验结果分析 .....	24
4.4 本章小结 .....	30
结    论 .....	31
参考文献 .....	33

## 第 1 章 绪论

虚拟仪器技术自诞生那一刻起就突显了它强大的推动力，不断的应用在各个不同行业和领域。在当今高速发展的社会中，它依然扮演着巨大的作用。社会越是在发展，越是离不开仪器，它就是一个标尺，度量着现实生活中的每一个细节，谱写着现代仪器技术的发展史。

### 1.1 课题研究目的和意义

在目前各行各业中，越来越多的利用到远程实验室这一新型概念。例如，在教育行业尤其理工类教育中，学生实践能力的培养得到了越来越多的重视。但是传统的实验室很难满足目前的教育需求。而远程实验室作为一个能够有效解决这些问题的创新理念，应运而生，并且得到了很大的关注，并且具有很好的发展趋势。

将互联网技术应用到远程实验室系统中，利用它的强大的互联特性，可以让我们在任何时间地点进行相关电路仿真模拟的实验，包括虚拟仿真、实时监控等多种方式，并且可以通过远程控制实验仪器来进行工作，并且直观的看到实验结果。这种方式能够有效地提高实验的适应性，并且克服了很多外在元素的限制，并且网络发布功能能够有效地让信息互联，大幅度提高实验的综合水平。虚拟仪器（Virtual Instruments）技术所谓一种先进的实验室构建平台，它具备高效灵活的特点，并且集合了硬件以及多媒体等多种先进的技术，已经成为了构建虚拟远程实验室的首选方案。

LabVIEW 与 Multisim 都是当今电子行业中比较流行的仿真软件，对于两种软件，Multisim 是一款针对模拟与数字电路的原理图输入和交互式仿真环境。通过将 SPICE 仿真的功能封装在一个图形化界面内，使得电路仿真更为方便和快捷。Multisim 含有多个不同的分析功能，其范围覆盖从瞬态到 AC 的分析和从蒙特卡罗到最劣分析。Multisim 与布局工具连接，以具体实现电路的原型系统。而 LabVIEW 是一种专为快速开发应用而设计的图形化编程语言。它可以使工程师们快速连接硬件 并进行实际的测量。利用 LabVIEW，工程师们可以以图形化的方式确定算法，以分析与应用需求相关的测量数据。两种软件都非常的流行。随着网络时代的进步，研究人员对仿真软件的要求也越来越高，而应用于 Multisim 仿真软件完成的模拟与数字电路想要通过网络进行网上仿真是达不到的，但 LabVIEW 具有远程仿真的能力，所以本设计题目是基于 LabVIEW 的远程数字电路实验系统设计。由于 Multisim 对电路的仿真只能应用在本机上，而不能



应用于上网,达到的远程仿真,但 LabVIEW 具有上网功能,可实现远程仿真,所以借助图形化软件设计平台 LabVIEW,结合 LabVIEW 与 Multisim 的链接工具箱设计实现可远程访问的数字电路实验系统。这是本题目研究的意义<sup>[6]</sup>。

## 1.2 国内外研究现状

在理工科各门功课的学习及测试技术实践中,经常需要对电路进行软件仿真,一般都是通过购买各种相应硬件设备来实现,需要大量的电路和各种测量分析设备。购买这些设备不但需要花费大量经费,而且以后设备的维护和维修也要花费大量的人力物力,显然对于我们这个正处在发展中的国家是特别困难的。随着电子技术的不断发展,计算机技术与仪器技术结合得越来越紧密,出现了大量的应用于仿真的软件。工业以及产品设计等多个环节中,都可以应用仿真软件,不仅能够准确的分析电路元件与内部结构,还可以提前预知电路的行为。通过仿真,可以将电路的设计与其在实际应用中的作用完整的衔接在一起,大大的减少了成本,并且能够大量的缩短设计时间,提高了工作效率。在油田仪器仪表测试技术中,系统电路正式定型之前,通常需要对电路进行仿真验证。随着电子技术的不断发展,计算机技术与仪器技术结合得越来越紧密,出现了大量应用于仿真的软件。利用仿真软件设计电路及其系统是产品设计的重要环节,工程师利用仿真软件可以预知电路行为,分析电路元件和电路结构的合理性。仿真是设计和实际运用的桥梁,成功的仿真可以帮助设计者更好的查错评估,缩短设计时间,减少设计成本提高成功率。Multisim 仿真软件作为美国 NI 公司的主打产品备受业界青睐,由于其专业性能丰富使得部分工程技术人员一时难以驾驭,况且,电路性能优化需要有业内专家的评判与技术支持。目前国内外流行专业化设计服务,而远程交互为供需双方提供了更加便捷的讨论与交流机会。通过前期调研发现,通过 LabVIEW 软件平台与 Multisim 软件平台互联技术可以方便的实现电路远程仿真设计。

美国国家仪器公司(NI)率先提出了一个创新理念,那就是虚拟仪器概念的雏形,它不仅应用了当时日渐普及的计算机技术,而且完美的结合了仪器仪表工程。这在当时不仅仅对于测控技术是一场革命,更是颠覆了传统的教学与科研方式。目前为止,仅中国就有例如清华、北大、浙大等超过 70 所一流高校,以 NI 公司的软硬件为基础平台,建立了虚拟仪器的实验室。而掌握图形化的编程软件 LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench),成为了很多新型科技企业的员工招收标准,目前已经在很多高等院校尤其理工科高校中普及教学。LabVIEW 作为虚拟仪器技术的主要



开发平台，得到了更多的普及和应用。

国内的虚拟仪器研究，是从引进美国国家仪器公司的系列产品开始。目前已经将虚拟仪器的研究作为现代机械工程科学的前沿学科之一。随着国民经济快速发展，企业对于先进仪器也有了更大的需求。虽然我国的虚拟仪器研究起步比较晚，但是经过多年的研究，已经在虚拟仪器研发的领域有了自己的特点。再者近些年个人计算机在中国迅速的发展，为虚拟仪器研究与应用在我国奠定了良好的基础。虚拟仪器是未来仪器仪表技术发展的方向，具有巨大的发展潜力。国内许多理工类高校已经开展虚拟仪器技术的开发与教学。NI 公司于 2006 在我国实行了 NI 中国高校推广计划。这是虚拟仪器技术在我国飞速发展的一个里程碑。

虚拟仪器在中国得到了迅速的推广应用，虚拟仪器在仪器仪表市场中占有了越来越大的份额。目前进入中国市场的一些在国际上有较大影响力的虚拟仪器厂家有 NI、HP 等。但是，我国至今却没有形成具有自主知识产权的核心开发技术以及相关行业标准。依然被国外的虚拟仪器公司垄断着国内的市场。这是国内虚拟仪器技术的研究面临的一个重大的问题。我们的产品无论在规模还是质量上都与国外存在一定的差距。这是需要我们深入探讨以及解决的问题。

### 1.3 主要设计内容

本论文的题目为基于 LabVIEW 的远程数字电路实验系统设计。由于 Multisim 对电路的仿真只能应用在本机上，而不能应用于上网，达到的远程仿真，但 LabVIEW 具有上网功能，可实现远程仿真，所以基于 LabVIEW 的数字实验电路，借助图形化软件设计平台 LabVIEW 设计可远程访问的数字电路实验系统。由于高频实验电路来源于 Multisim 仿真软件，所以对 Multisim 仿真软件的仿真应用要有个基本的了解。基于 Multisim 设计完成三种以上的数字电路。利用 LabVIEW 与 Multisim 的互联工具箱，实现在 LabVIEW 中访问和调整 Multisim 实验电路的参数并读取、显示电路运行结果。利用 LabVIEW 的远程发布功能，将仿真实验发布到网上，使得远程虚拟实验称为现实。系统总体设计是利用 Multisim 设计完成实验电路，然后并利用 LabVIEW 与 Multisim 的互联工具箱，实现在 LabVIEW 中访问和调整 Multisim 实验电路，并利用 LabVIEW 的远程发布功能，将仿真实验发布到网上，达到远程虚拟实验。所设计的实验系统设计应具有良好的软件界面，方便进行功能切换及参数选择。这是这次设计的主要要求。

## 1.4 本章小结

本章主要对课题的意义以及国内外现状进行了简述。虚拟仪器（**Virtual Instrument**）简称 **VI**，是现代计算机软件技术、通信技术和测量技术相结合的产物，它使得人类的测试技术进入了一个新的发展纪元。虚拟仪器的出现让人类对传统仪器的结构、概念和设计观点都发生了巨大变化，它将是今后测试仪器发展的主流方向。

## 第 2 章 设计理论基础

### 2.1 LabVIEW 特点与应用

LabVIEW 是一种图形化的编程语言，通常称之为 G 编程语言，它与一般的 BASIC、C 语言等普通的文本语言不同，在 BASIC 等文本语言的编程过程中，程序通过以文本语言描述的指令来执行，而不是数据流的编程方法。相对比于通常的文本形式的编程方法，LabVIEW 应用图形语言等代替文本语言来进行程序的编写，如图 2-1 所示。

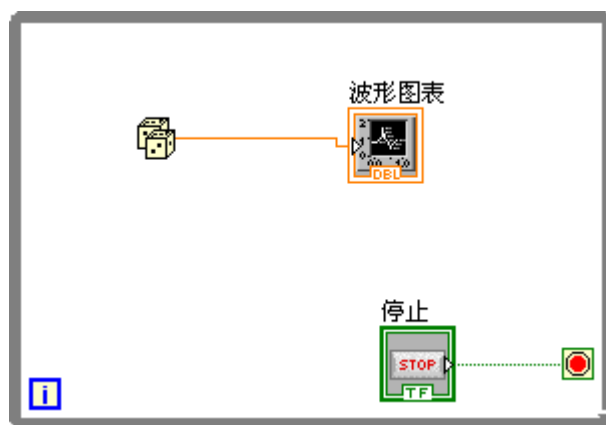


图 2-1 G 语言程序

G 语言编程有很多异于其他语言的特点，例如它更加的清晰、直观。控件连接到各子程序与函数中，然后数据通过其整个系统，显示在指示器上。G 语言推进了模块化的程序设计理念，它将一系列复杂的应用程序化繁为简，将它们划分为一个个子任务（Sub VI），然后再为每一个子任务创建一个不同的 VI，最后将这一系列的子任务集合到另一个图标代码中，使其能共同完成一个复杂的任务。整个应用程序中，最顶层的 VI 下，有一系列的子 VI，它们能实现不同的子功能。因为一般一个应用程序中，会多次重复使用同一个子 VI，所以，我们在构建应用软件中，可以先提前开发出一系列使用的子子程序，这些子程序可以重复利用，这样在程序开发的过程中，可以大大的提高编程效率。LabVIEW 编程应用的 G 语言，不仅能够简化科学计算，而且在过程监控、软件开发中都能够得到广泛的利用。所以 LabVIEW 建立在其之上，也成为了它能够被工业、研究等领域广泛接受的重要原因之一。

从宏观上分析，传统的冯·诺伊曼式计算机的顺序执行机构，在 LabVIEW 中有着不同的运行机制，它的顺序执行结构已经被并行机制替代了。LabVIEW 基于它这种图形结构来实现程序执行的数据流的模式，需要获得全部的输入数据，之后才能使它的每一

个函数节点被执行。而数据程序设计有项规定，就是当一个目标被执行时，必须保证它所有的输入数据都是有效的，而 LabVIEW 得程序又是由数据流驱动的，所以只有当所有输入有效时，LabVIEW 程序才能够被执行，而目标的输出只有当它的功能完全时才是有效的。所以 LabVIEW 不会像普通的文本程序那样，在程序执行时会收到行顺序执行的约束，被连接的函数节点之间，会有能够控制着程序执行次序的数据流。也因此，可以有效地利用相互连接函数的节点，提高开发应用程序的效率。而且还可以应用它多线程的特点，同时运行多个数据通道。正是由于它同时具有图形化编程和数据流驱动这两个特点，才让 LabVIEW 编程语言不仅仅在学习过程中，不会相对比传统的文本语言那样复杂，而且可以大幅度的减少开发时间。但是客观来说，很多程序员在应用了长时间的文本编程语言后，还是需要一定时间的适应过程，去转变思维来适应图形用图形去表达程序。毕竟相对比于数学或者逻辑等运算过程较为复杂的程序，LabVIEW 这种用图形来编程的语言就不会像传统的文本语言那样，更加易于表达。对于此类情况，可以利用 LabVIEW 中可调用的专门接口函数，建立动态链接库，再借助使用 Matlab 等这种开发工具，将数学或者逻辑运算处理过程编写进去。通过这种结合图形语言和文本语言的方式，将两种语言各自的优点有效地结合在一起，使其更加灵活易用。

本设计主要是在 LabVIEW9.0 这个软件的环境下进行编辑的，在设计开始，需要掌握这样一些知识：（1）前面板的控件放置。前面板称之为 VI 虚拟仪器面板，它就是图形用户界面。这一界面上有两类对象，分别是用户输入和显示对象。例如开关、图形、按钮等。在前面板的学习中，除了学会怎样放置控件以外，还要对前面板的控制按钮进行熟悉的掌握。比如运行、单步运行、连续运行、停止按钮进行练习。（2）后面板也就是程序框图的编写。与前面板配套的，还有一个流程图，也就是所谓的后面板。通过在流程图中，对各个子 VI 进行编程，来达到控制和定义前面板的功能。流程图中不仅包括前面板上的控件，还要将编程必用的函数、结构等添加进去。来达到操纵前面板上输入和输出地功能。这个流程图也称之为程序框图，它是由四种元素构成，分别为节点、端点、图框和连线。与文本语言程序中的语句等类似，节点也如同一个子程序一样。LabVIEW 有两种节点类型：函数节点和子 VI 节点。两者的区别在于：LabVIEW 中，会有一些已经编译后的机器代码，可以直接供用户使用，这些称之为函数节点。另一种是以图形语言的形式提供给用户，这种我们成为子 VI 节点。LabVIEW 中设定函数节点不允许用户对其进行修改，而子 VI 节点中的代码用户可以进行访问和修改。本设计中的程序框图中，VI 程序就具有两个功能函数的节点，两个函数的作用分别是使两个数

值相加与使两个数值相减。方向固定,并且只有一路的输入或者输出地节点称之为端点。LabVIEW 中共有三类端点,分别为对象端点、全局与局部变量端点和常量端点。在前面板与程序框图之间,我们用来传输数据的接口,成为对象端点。一半来说,VI 前面板中的每一个对象,都会在程序框图中设置一个与之对应的对象端点。在前面板中对对象进行操作时,相应的对象端点也会自动执行创建或者删除操作。在程序框图中,用粗框框住的部分我们称为控制对象。图框是一种图形表示,LabVIEW 利用它来实现利用命令来对程序进行控制。如循环控制和顺序控制等,在编程过程中,可以利用它们控制程序的执行方式。最后一种就是用来连接框图程序与文本程序的接口,称为代码接口节点。在端口之间用连线来作为数据通道。就类似于文本程序中的变量。因为数据的单向流动性,可以从源端口向一个或者多个目的端口流动。不同的数据类型,我们可以通过不同的线型来加以区分,并且条件允许,在彩显上,还可以用多种颜色来区分强调不同的数据类型。这些都将在本设计中用到。(3) 工具栏的应用:在模板中,直接给用户提供了多种用来创建、修改和调试 VI 程序的工具。如果界面上没有显示,可以通过 Windows 菜单下选择 Show Tools Palette 命令以显示该模板。在模板中选取需要的工具后,框图中鼠标指针就会变成相应的工具形状。遇到其他问题,可以选择 Windows 菜单下选择了 Show Help Window 功能,用鼠标指针放在工具模板中任意一种工具上,就会显示出该子程序或图标对应的帮助信息。

本设计将会用到的就是文本编辑,通过工具栏选定文本编辑状态后,开始对一些控件的命名进行编辑。还有手型标示,当选定手型标示后,可以对控件或者程序框图中的某个子程序进行选定,进而进行下一步的操作。线圈状标示,选定该标示后就可以对程序框图中的各个控件进行连线,进而完成整个程序的编写。(4) While 结构和 Case 语句程序的编辑。While 循环:While 循环在达到某个边界条件之前,可以进行反复的循环执行。Case 结构:条件结构包含有两个或者更多的子框图,每一个子框图包含一段程序代码,由此对应一个程序分支。但由于本设计的编程主要来源于 LabVIEW 与 Multisim 连接工具包,所以对 While 结构与 Case 结构的要求不大(5) 本设计最终是要通过波形图显示用户选择的想要输出的波形,因此还要学习波形图显示的一些知识。图形显示对于虚拟仪器面板设计是一个重要的内容。LabVIEW 为此提供了丰富的功能。不从图形的实现方法上去讨论问题,那是计算机图形学的课题。但需要从用户的可能的需求角度探求一下,如果你需要做虚拟仪器方面的开发,那么可能遇到些什么图形问题。LabVIEW 在这方面所做的工作是非常值得借鉴的。Graph 和 Chart 是 LabVIEW 中图形

显示功能中的两个基本概念。举例说明 **Chart** 可以显示一个实时变换的波形或者曲线，就如同一个波形记录仪一样，它将采集到的数据实时的显示在某一坐标系中，用来反映被测物理量的变化趋势。而 **Graph** 则不同，它反映的只是通过对已经采集的数据进行处理，从而从数据中得出的结果。它的工作特点是先将采集到的数据存放于同一个数组之中，再显示出所需的图形。相对比与 **Chart**，它缺少了实时显示的功能，但是却具有更加丰富的表现形式。例如它可以通过处理采集的波形，直接显示出该波形的频谱图。目前很多数字示波器也具有类似 **Graph** 的这种显示功能。学习了这些关于 **LabVIEW** 的知识，本设计方案的进行就比较容易了。同时也为设计打下了基础。通过 **LabVIEW** 的研发过程中，我们可以看出，**LabVIEW** 本身虽然是一个功能成熟完整的软件开发环境，但是它又不仅是一个软件开发环境，它是一种能够替代常规的 **BASIC** 或者 **C** 语言的一种编程语言。**LabVIEW** 作为一种编写应用程序的语言，它不仅仅有不同的编程方式，还具备语言的所有特性，所以我们又称其为 **G** 语言。它不仅适用于所有的编程任务，同时具备扩展函数库，是一种通用的编程语言。**G** 语言在功能的完整性或者应用的灵活性上，能够达到很多高级语言的水平。如同大多数文字程序一样，对于一些如数据模型，调用模块语法等基础方式上，都做了相应的定义。同时，基于 **G** 语言丰富的扩展函数库，可以进行数据采集、**GPIO**、数据分析和存储等。为用户提供了很大的方便。同时，**G** 语言也包括了在程序编制过程中一些常用的调试工具，例如允许设置断点、数据探针或者显示出动态的程序流程。**G** 语言不同于普通高级语言的编程方式，它能够为科研和工程应用上提供了功能强大的分析库。包含了众多学科领域，所以 **LabVIEW** 也专门为这些功能提供了附加的软件包。本设计中应用到 **LabVIEW** 与 **Multisim** 的链接工具箱。

## 2.2 Multisim 仿真实验中的应用

加拿大图像交互技术公司 (Interactive Image Technologies 简称 **IIT** 公司)于 1988 年，推出了一款用于电子电路仿真的 **EDA** 工具软件，名为 **Electronics Work Bench** (电子工作台，简称 **EWB**)。该软件一上市，就以直观、形象的操作界面，强大、易学的分析功能等得到了迅速的推广使用。1996 年 **IIT** 推出了 **EWB5.0** 版本，在 **EWB5.x** 版本之后，从 **EWB6.0** 版本开始，**IIT** 对 **EWB** 进行了较大变动，名称改为 **Multisim**(多功能仿真软件)，专用于电路级仿真。**IIT** 后被美国国家仪器 (**NI**, **National Instruments**) 公司收购，软件更名为 **NI Multisim**，已经有 **Multisim2001**、**Multisim7**、**Multisim8**、**Multisim9**、**Multisim10**、**Multisim11**。

在如今计算机技术飞速发展的时代,已经完全可以通过计算机的辅助分析和电路仿真软件的技术来进行电路的设计。利用仿真软件强大直观的交互性能,为电子科研及教学中创建了良好的平台,它可以直接替代实验电路,减轻电路验证过程中的工作量。并且能够直接保存在电路实验仿真中产生的参考数据、单元电路以及很多元器件的模型参数,在整项设计验证过程中,这项功能很好的解决了在仿真试验中数据分析的问题,大大提高了工作的效率。**Multisim** 作为一个 EDA 的工作软件,它专门应用于电子线路的仿真与设计,能够满足整个电子线路仿真设计及验证的自动化。**Multisim** 是一个完整的集成化设计环境,又是一个专门用于电子线路仿真设计工具,并且能够在 Windows 的个人桌面下运行,它完美的解决了在教学中,理论与实际脱节这一难题。在教学过程中,可以直接用计算机仿真去实践理论知识,它具有以下优势。

#### (1) 高性能的虚拟仪器和齐全的元器件资源

电子仿真实验软件中,不仅有着品种齐全且高技术指标的虚拟仿真仪器,而且具有可以随时拖放使用的特点,可以直接拖放至工作区,实时显示有关数据和波形。

#### (2) 大幅度节约了实验经费

在电子技术实验中,不仅需要大量的仪器设备和元器件,而且对操作技术有着严格的要求,并且在实验过程中,许多仪器耗资巨大。而仿真实验不需要顾虑实验经费紧张或者仪器不足等许多因素,并且不会受到设备仪器更新换代的影响,只要通过互联网对软件进行升级,就可以随时使用最先进的仪器设备进行电路仿真,不需要顾虑实验中所需仪器价格昂贵等问题。

#### (3) 有效的扩展实践空间

电子仿真实验可以满足不同层次,不同需求的人群需要,可以有效的扩展实践的空间和范围。作为一个分析总结的平台,只需要一台计算机和内置 **Multisim** 软件,就可以进行电路仿真,不需要考虑时间和空间的限制,并且应用在教学中,可以让学生通过软件的仿真实验,选择自己符合自己兴趣爱好的电路模拟内容,增强提出问题并且解决问题的能力。并且可以应用一些在平时实践过程中,很少用到的一些如运算放大器实现回转器的实验内容,同样可以利用 **Multisim** 平台去进行仿真实验,分析其性能。

#### (4) 利于开展探索性研究性实验

在传统的电子实验教学中,学生很少有机会进行设计性的实验,这样就不能有效的开发学生的思维与创造能力,所接触的都是一些由老师配备好的仪器设备与元器件,然后按照实验步骤进行实验。这并不符合近年来倡导的新的教育理念,限制了学生的创新



思维。就算学校大幅度增加设计性实验的内容,也会因为仪器设备以及元器件不足的问题,受到很大的局限性。而电子仿真软件不存在这种问题,它使电子实验中扩展学生的研究性和探索性变成可能。

## 2.3 LabVIEW Multisim 连接工具包

LabVIEW Multisim 连接工具包是一种封装程序,它主要面向 Multisim 自动化 API。连接工具包的 VI 种,包含了如打开、关闭和查看电路等各种函数。这就意味着可以利用标准的 LabVIEW 编程实现自动化,而不是必须访问 Active-X 控件。如果成功安装,您可以在连接函数选板如图 3-4 内看到 LabVIEW Multisim 连接工具包,并可以通过函数>>连接>>Multisim 选中该工具包。

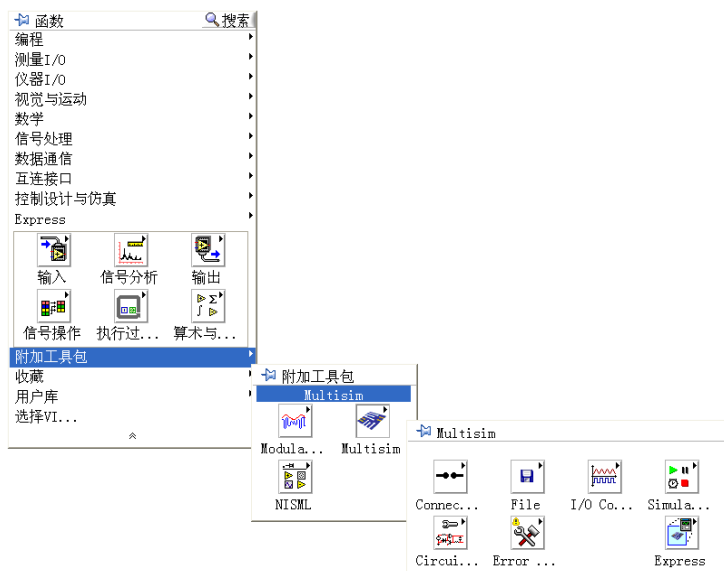


图 2-2 连接函数选板

## 2.4 网络化虚拟仪器技术应用与发展

网络化虚拟仪器 (Net worked Virtual Instrument, NVI) 作为一种新型的 VI, 对传统的 VI 功能进行延伸与扩展, 将虚拟仪器技术与网络技术结合在一起, 实现了仪器与数据资源的共享。测试仪器一般具有三大功能, 分别为信号的采集与控制、信号的分析与处理以及结果的表达与输出。在传统仪器中, 这些功能都是以硬件的形式存在的, 也就是所谓的固化软件。而 VI 仅仅不能实现信号的采集与控制这一功能, 将其他两大功能都放到了计算机上来实现, 利用计算机软件系统, 完成了信号的分析处理和结果的输出。而 NVI 又不同于传统的 VI, 它能够将测试仪器的三大主要功能同时适用在同一台计算机上, 而不是像传统 VI 那样, 不能够实现远程的测控、数据共享等功能。它的主

要工作原理就是将 VI 的功能进行分解,然后再利用网络,将这些功能连接在一起,组成一个网络化的系统。这样它不仅能够在网络上实现仪器数据的共享,也能够实现通过网络,远程测控这些程序的功能。它改变了传统 VI 的仅仅具备本地模式的特点,将它改变为远程与本地相结合的模式。

网络化虚拟仪器不同于传统的虚拟仪器,其中最重要的一点就是它可以将测试仪器的三大功能几种在同一台计算机上,方法就是将虚拟仪器、外部设备还有测试点这些资源都传递到网络上,然后通过网络的链接,将测试仪器的这些功能链接在一起,共同的完成测试任务,突破了测试仪器不同的地理限制,实现了资源的共享。网络化虚拟仪器一改常规单纯的本地模式,将集中模式转变为分布,使其成为远程或者远程与本地相结合的模式,使其成为智能化的网络测试系统。网络化虚拟仪器还可以用来进行异地或者远程控制、采集数据等。而不是仅局限于在不同时间地点去获得数据信息。这为整个测试系统提供了更大的方便。它将传统的虚拟仪器的应用范围应用到互联网上,这样将信号的采集传输以及分析处理连成一体,进行资源和信息的共享。这样不仅可以实现实时采集检测,还可以共享网络资源内一些昂贵的仪器设备以及软件资源,大大的控制了测试的成本,减少了设备投资。对于一些信息数据的采集工作,尤其是在遇到一些高危、环境恶劣等情况时,网络化虚拟仪器显现出更大的优势,可以直接利用服务器共享数据。而且在安全性上,可以对重要的数据进行多机备份,不仅能够增强测试系统的功能,而且有效地提高了开发效率。

目前,主要有三种结构模式被用来构建网络化虚拟仪器:分别为客户/服务器(C/S)模式、浏览器/服务器(B/S)模式和客户/服务器/浏览器(C/S/B)模式。

#### (1) C/S (Client/ Server) 模式

C/S 模式即客户/服务器模式。它的工作原理是由一个服务器作为一个类似的数据库,然后由多个客户端来进行数据的采集,采集后利用一个通信协议,将数据写入远端的服务器。通信协议一般进行数据传输的方式是采用 TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 协议。在这种模式系统下,系统的主要任务是通过客户端来完成的,二设计人员要同时完成数据采集和远程发布与数据接收程序的设计,也就相当于同时完成写与读的功能。不同的需求利用不同的客户端,这就需要安装不同的应用程序,用户应用这些程序,直接从服务器中获得数据和处理结果。这种模式的优点是速度快、可靠性高,而且对于网络通信造成的负荷相对较小。但是它的缺点也很突出,就是我们常说的胖客户/瘦服务器模式。因为 C/S 模式对于客户端的要求很高,导致对软硬

件以及系统开发的成本都有很大的影响。尤其在后期维护中，伴随着软件的更新升级，对硬件的要求也会随之提高。并且在更新维护中，会产生很大的工作量，因为必须为每一台客户机进行升级，而且每一部客户机都需要对应用程序进行维护。鉴于以上特点，C/S 模式一般被应用到现场生产部门等需要大量数据传输的场合，更适合应用于对参数的获取以及分析处理中。

## （2）B/S（Browser/ Server）模式

即浏览器/服务器模式。它具有更简单的模式，直接可以访问远端网址，先在客户端安装一个通用的浏览器，用来检测远端测控点。通信协议数据的传输方式一般都是采用超文本传送协议 HTTP（HyperText Transfer Protocol）。这种模式的优点是不需要对客户端进行开发和维护，只需要完成服务器端程序的开发就可以了。在一定程度上大大的降低了系统开发与设计的难度。这也就是我们称之为瘦客户/胖服务器的模式，相对比 C/S 模式，它使客户端变得更加简洁，不要求每一台客户机都应用不同的客户程序，所有的功能都直接通过网络，针对不同级别的用户设置不同级别的访问权限，大程度的提高了网络的安全性。用户在 Web 服务器上就可以实现信息的发布，再通过 HTTP 请求调用网络服务器上的应用程序，随时调用自己级别权限范围内的应用程序，完成相应的任务。而当系统或应用程序需要更新时，只需要更新网络服务器，就可以满足整个系统的更新维护。B/S 模式具有成本低，开放性，界面简洁等优点，得到了越来越多的应用。但由于 B/S 模式采用超文本标记语言 HTML（HyperText Markup Language），并不能进行大量数据的传送，无法与数据库进行实时交互。所以一般应用于在 Web 网页上发布数据，而且需要增设一个数据库网关的接口。这种模式更适用于科研和管理部分应用，可以用于数据的调用和数据变化的监视。

## （3）C/S/B（Client/ Server/ Browser）模式

即客户/服务器/浏览器模式。这又是区别于 C/S 模式与 B/S 模式的一种具有混合结构的模式。它是前两种模式的结合与扩展，既具有 C/S 模式下的数据服务器，又有 B/S 模式下的 Web 服务器。这样就同时具备了两种模式的特点，并且可以同时收到客户机与浏览器的请求，在经过判别后，进行相应的处理。最后再将处理结果发送至客户机或者浏览器的客户端。ActiveX 控件为该模式提供了操作界面，可以通过浏览器，在不影响数据采集、处理及显示的情况下，通过浏览器登录远端服务器的地址，进行监控操作。C/S/B 模式不仅弥补了 C/S 模式和 B/S 模式的不足，还同时满足了复杂测试的实时性和简单测试的灵活性和可扩展性。

网络化虚拟仪器的实现，顾名思义，最关键的技术之一就是通过网络，能够实现数据的发布与共享。目前已有多种技术解决方案，如 TCP/IP 技术、DDE（Dynamic Data Exchange）技术、UDP（User Datagram Protocol）技术、VI Server 技术、Web Server 技术、Remote Panel 技术、Re-mote Device Access 技术、DataSocket 技术等。目前比较流行的 DataSocket 技术。

#### （1）操作平台无关性

目前很多虚拟仪器公司都推出了自己的网络化专用技术，但一般都不能跨平台跨系统的去传输数据。各个仪器公司也推出了自己通用的技术并提供了很多网络化测量的开发组件，但由于技术的非统一性，并不能规范的适应发展的需要。不同技术的优缺点会影响网络化虚拟仪器的推广与使用，限制网络化虚拟仪器技术的发展。由于网络化虚拟仪器的特性，使它必须满足互联网协议化以及具备兼容性较强的体系结构。所以在系统设计中，需要使用更加透明的开发平台与编程语言。

#### （2）同步性

由于多项测控项目在大多数现场应用时，都是互相结合的。所以为了保证测控结果的准确性，需要网络化虚拟仪器中多个环节的测控设备同时工作，而且要求各个部分在同一时间下进行工作。目前广泛采用的网络技术都不是同步进行的，还没有同步技术可以直接应用，这样就对数据的同步传输造成了影响。

#### （3）实时性

很多测控过程中，需要根据测量对象、条件、状态等情况来调节测控的数据，如果不能实时调控，会对测量结果造成很大的影响。这样就需要边测量边处理数据，然后再根据数据运行结果来对接下来的测控过程进行选择与判断。这也就对网络化虚拟仪器工作中的延时范围造成了很大程度上的限制，一旦不能准确的对测量过程进行实时控制，会造成系统不稳定更有甚者会造成事故。但是目前应用的大多数网络技术都以数据包的形式进行数据传输，到达客户端后，再进行数据重组。因为传输过程中，必须由路由器选择最佳的途径，这样造成了不可避免的网络延时。这很可能成为网络化虚拟仪器发展的一大难题。

#### （4）网络安全性

目前网络化虚拟仪器在实际应用中，考虑到用户权限以及应用性等问题，大多采用较为宽松的安全策略，这也同时造成了安全性的隐患。易遭到非法操作、黑客入侵以及网络病毒等威胁。所以为了保证网络化虚拟仪器的安全性和可靠性，使网络传输的数据

不会轻易受到窃取以及篡改，就需要建立一套更为完整的安全策略。保证网络化虚拟仪器不会受到恶意操纵。

## 2.5 本章小结

本章主要介绍了 NI Multisim 软件以及网络化虚拟仪器的特点。Multisim 软件强大的仿真功能，能够快速、轻松、高效地完成电路进行设计和验证。，可以利用 NI Multisim 创建具有完整组件库的电路图，并利用工业标准 SPICE 模拟器模拟电路的行为。而网络化虚拟仪器作为一种新型的 VI，对传统的 VI 功能进行延伸与扩展，将虚拟仪器技术与网络技术结合在一起，实现了仪器与数据资源的共享。

## 第3章 系统设计与实现

### 3.1 系统总体设计

系统总体设计是利用 Multisim 设计完成实验电路,然后并利用 LabVIEW 与 Multisim 的互联工具箱,实现在 LabVIEW 中访问和调整 Multisim 实验电路,并利用 LabVIEW 的远程发布功能,将仿真实验发布到网上,达到远程虚拟实验。本系统总体构成框图如图 3-1 所示。本设计是在 LabVIEW9.0 这个软件开发平台进行操作。

总体设计思想:首先要掌握 Multisim 和 LabVIEW 软件的基本原理,在 Multisim 中完成数字电路,并在 Multisim 中仿真成功。其次结合 LabVIEW 与 Multisim 的互联工具箱,实现在 LabVIEW 中访问和调整 Multisim 实验电路的参数并读取、显示电路运行结果。需了解 LabVIEW 与 Multisim 的互联工具箱的工具包函数及工具包中各种子选板、其相关的 VI 及其一般用途或功能特性。在 LabVIEW 的后面板进行编程,也就是程序框图的编写,因为 LabVIEW 是一种图形语言。从而能在前面板反应出在 Multisim 中所仿真的数字电路。最后通过 LabVIEW 的链接特性,就是利用 LabVIEW 的网络服务将仿真在网络上服务<sup>[8]</sup>。

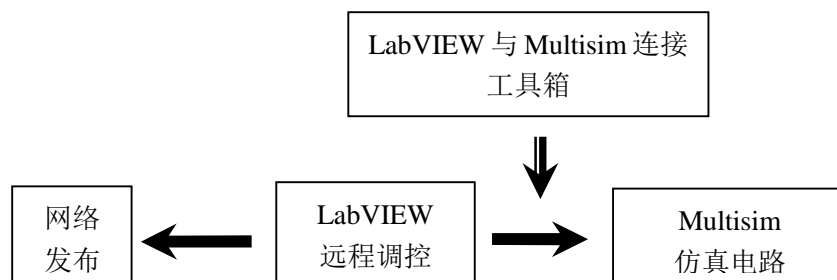


图 3-1 系统总体构成框图

### 3.2 前面板设计与实现

前面板主要是来添加一些控件并且设置其属性的。使用输入控制和输出显示来构成前面板。控制是用户输入数据到程序的接口。而显示是输出程序产生的数据接口。控制和显示有许多种类,可以从控制模板的各个子模板中选取。位于前面板控件选板上的输入控件和显示控件可用于创建前面板。控件的种类有:数值控件(如滑动杆和旋钮)、

图形、图表、布尔控件（如按钮和开关）、字符串、路径、数组、簇、列表框、树形控件、表格、下拉列表控件、枚举控件和容器控件等等。本设计在前面板主要是添加了文件输入路径、输出波形、一些数组和读取参数的设定。首先，由于本设计需要有波形的输出，所以添加了波形图在前面板上，另外，为了更直观的看到波形图的分析输出频率，还可以在 Multisim 中把数字电路复制到前面板上，这样也更加的直观。在虚拟仪器面板设计中有一项重要的内容就是图形的显示。Graph 和 Chart 是 LabVIEW 中图形显示功能中的两个基本概念。举例说明 Chart 可以显示一个实时变换的波形或者曲线，就如同一个波形记录仪一样，它将采集到的数据实时的显示在某一坐标系中，用来反映被测物理量的变化趋势。而 Graph 则不同，它反映的只是通过对已经采集的数据进行处理，从而从数据中得出的结果。它的工作特点是先将采集到的数据存放于同一个数组之中，再显示出所需的图形。相对比与 Chart，它缺少了实时显示的功能，但是却具有更加丰富的表现形式。例如它可以通过处理采集的波形，直接显示出该波形的频谱图。目前很多数字示波器也具有类似 Graph 的这种显示功能。Graph 控件各种图形都提供了相应的控件，所有这些控件都包含在图形快速菜单的 Visible Items 选项下。曲线图例可用来设置曲线的各种属性，包括线型（实线、虚线、点划线等）、线粗细、颜色以及数据点的形状等。图形模板可用来对曲线进行操作，包括移动、对感兴趣的区域放大和缩小等。光标图例可用来设置光标、移动光标，帮助你用光标直接从曲线上读取感兴趣的数据。刻度图例用来设置坐标刻度的数据格式、类型（普通坐标或对数坐标），坐标轴名称以及刻度栅格的颜色等。而对于本设计所采用的输出波形没有过多的局限性，所以所采用的输出波形可以使 Chart 也可以是 Graph，两者可以任选其一。

界面主要由三个部分构成。第一个部分：波形图，这一部分主要是用来显示输出的波形的。第二个部分就是用户的操作界面。用户的操作界面主要由元件选择，测点选择和文件输入路径等部分。第三个部分：电路图，这个部分主要是从 Multisim 软件中复制过来的，为了是方便使用者对电路的了解。图 3-1 表示设计的前面板。Multisim 仿真电路经 LabVIEW 的仿真在波形图中显示的结果，显示波形的结果直接影响设计的成败，因为根据设计的要求 LabVIEW 仿真出的结果必须和 Multisim 软件仿真出的结果一样才算成功，否则就是存在一定的问题需要解决，所以波形的输出结果非常重要。在波形的 X 轴表示时间，用户可以通过设定量程来显示任意时间段内的波形。波形 Y 轴表示输出的幅度。用户在 LabVIEW 的操作界面，主要有电路测点；数组；字符串；路径；测点选择；元件选择；电路元件和参数读取等。这些的应用都是对本设计的一些操作。



测点选择是之前在 Multisim 里设置的两个探针，用户可以在测点选择里对两个探针进行选择。如果选择“V(probe1)”则在电路测点、数组 2、字符串处就会显现出“V(probe1)”。电路测点；数组 2；字符串都是对于本设计的过程中各个 I/O 配置与控制的一种检测，再设计的过程中为了方便了解数据的输入和输出情况对电路加的特定功能。

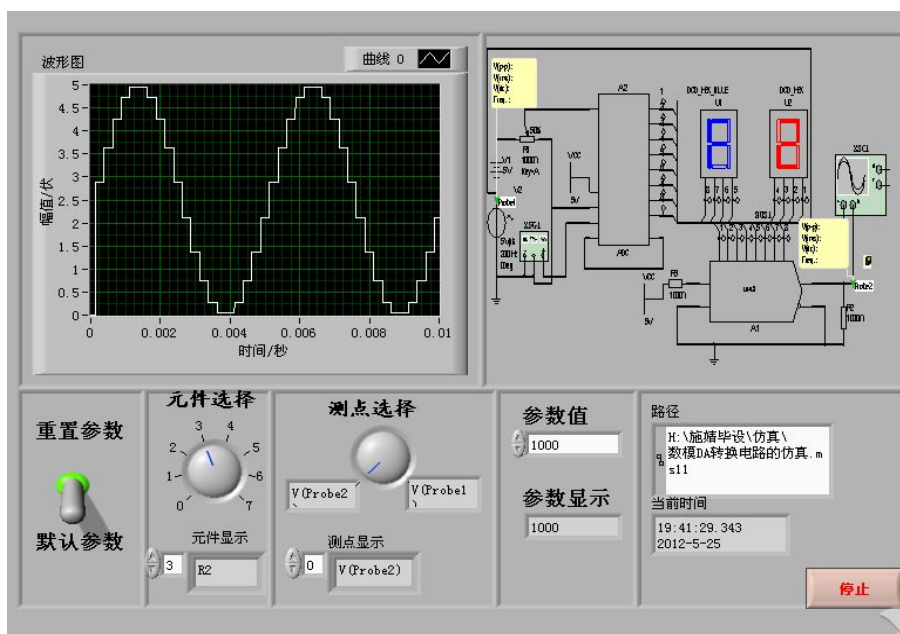


图 3-2 设计的前面板

元件选择这是为了方便电路元件的参数读取而设计的特定功能，正也是能够方便 Multisim 仿真电路中各个元器件参数的读取，同时这也能让用户对电路能有个更系统的了解。用户可以调节元件选择上有选择的选 1-7 数字，在相应的参数读取里面可以读取参数。通过电路元件可以知道 Multisim 仿真电路各个元器件的名称，加以分析其用途<sup>[9]</sup>。

### 3.3 LabVIEW 管理 Multisim 软件接口设计与实现

LabVIEW 提供了在 Windows、Macintosh、UNIX 和 Linux 等操纵功能下的多种版本，用户一般使用的为 Windows 下的版本。像其他 Windows 环境下面面向对象的程序开发语言一样，LabVIEW 程序的界面和代码从形式上是分离的。在 LabVIEW 语言开发环境中，通过使用工具模板 (Palettes)、工具条 (Tools) 和菜单来创建程序的前面板 (Front Panel) 和程序框图 (Block Diagram)。这里说的程序框图即程序的源代码<sup>[10]</sup>。

LabVIEW 包括三个工具选板：控件选板 (Controls)、函数选板 (Functions)、工具选板 (Tools)。在 LabVIEW 中开发的程序都被称为 VI (虚拟仪器)，其扩展名默认为 .vi。所有的 VI 都包括前面板 (Front Panel)、程序框图 (Block Diagram) 以及图

标 (Icon) 3 部分。

程序框图中主要图标的使用:



本图标为“文件输入路径”。作用: 可基于“文件路径输入”数据打开一个 Multisim 文件。



功能特性: Multisim 连接.vi; 描述: 这些连接 VI 支持连接 Multisim 仿真引擎。



功能特性: Multisim 打开文件.vi; 描述: 这些标准 VI 支持打开通过工具包查看的原理图。



功能特性: Multisim 枚举输出.vi; 描述: 自动化仿真包括各种 I/O 元件, 这个 I/O 函数支持获取仿真输出。



功能特性: Multisim 设置输出请求.vi; 描述: 自动化仿真包括各种 I/O 元件, 这个 I/O 函数支持设置仿真输出。



功能特性: Multisim 运行仿真; 描述: 通过这些控制函数完成对仿真的实际运行。



功能特性: Multisim 枚举组建; 描述: 连接工具包支持使用该 API 功能在设计中改变取值/组件的功能特性。



功能特性: Multisim 枚举变量; 描述: 连接工具包支持使用该 API 功能在设计中改变取值/组件的功能特性。



功能特性: Multisim 等待下一个输出; 描述: 通过这些控制函数完成对仿真的实际控制。



功能特性: Multisim 获取输出数据; 描述: 自动化仿真包括各种 I/O 元件, 这个 I/O 函数支持获取仿真输出。



功能特性: Multisim 断开; 描述: 这些连接 VI 断开连接 Multisim 仿真引擎。

由于 LabVIEW 是一种图形语言, 所以, 这里不需要像 C 语言程序那样进行编写, 直接在框图中放置所要用的程序框图就可以了。LabVIEW 本身所带的 while 循环、for 循环、case 结构对于本设计用途不大, 由于本设计需要 Multisim 与 LabVIEW 连接工具

包，所以所有的图形语言都来源于 Multisim 与 LabVIEW 连接工具包。

利用连接工具包，在 LabVIEW 的程序框图中进行设计。具体设计如下。首先利用 Multisim 与 LabVIEW 连接工具包来实现对 Multisim 中模拟仿真电路的调用。

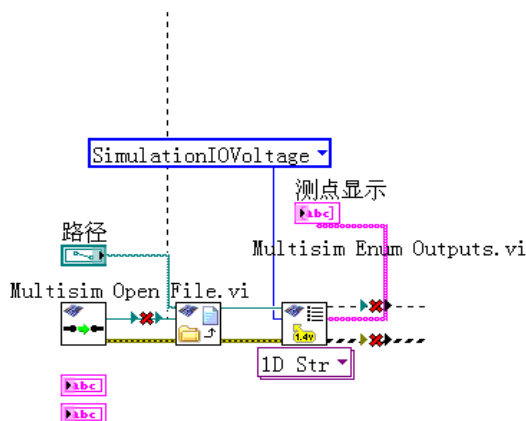


图 3-3 利用链接工具包实现 Multisim 中程序的调用

对已调用的程序进行测点设定，判断在不同条件下执行操作。

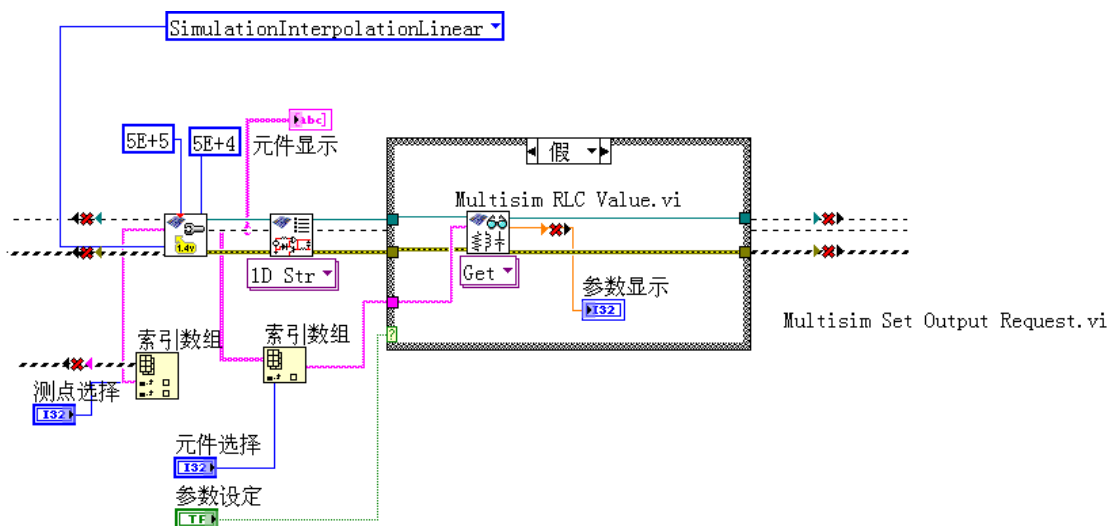


图 3-3 LabVIEW 中主程序框图

最后设置输出，并完善时间等辅助模块的设计。输出与时间模块如图 3-3 所示。

### 3.4 Multisim 中仿真电路设计与实现

本设计就是需要在以上的功能 vi 进行系统的设计，各个功能函数的连接就能实现本设计所要求的流程，用到了一部分 LabVIEW 与 Multisim 连接工具包内的函数。但在设计的过程中需要对流程图各个 vi 有一定的流程检查，因为在设计的过程中难免会出错，再有 Multisim 电路经文件输入路径到达各个 vi 时需要检查数据在各个 vi 输入和输出的情况，往往会在一些 I/O 配置与控制的 vi 处加一些数组，而且对于输出处方便波形

的输出, 还会加入索引数组和字符串。对于流程图在 Multisim 连接下经文件输入路径把 Multisim 仿真的数字电路经 Multisim 枚举输出得到要求的输出, 在对输出进行输出设置请求。这时根据电路来决定是否设置输入, 如果设置输入经 Multisim 枚举输入, 在 Multisim 设置输入数据 vi 中进行输入设置, 然后对 Multisim 进行仿真。如果不设置输入, 则直接对 Multisim 进行仿真, 经 Multisim 等待下一个输出, 把数据进入 Multisim 获取输出数据, 最后输出成波形, 随后 Multisim 停止仿真到 Multisim 断开。对于 Multisim 仿真电路经过流程图所设计的 vi 得到的波形应该与电路在 Multisim 仿真软件中仿真出来的是一样的波形程序框图主要由 Multisim 与 LabVIEW 连接工具包内各个 vi 组成的设计图, 各个 Vi 函数的连接和调整构成了下面的程序框图。同时里面也包括了 LabVIEW 本身自带的数组、字符串、表盘、索引数组、输入路径和波形图等。

Multisim Get Output Data.vi

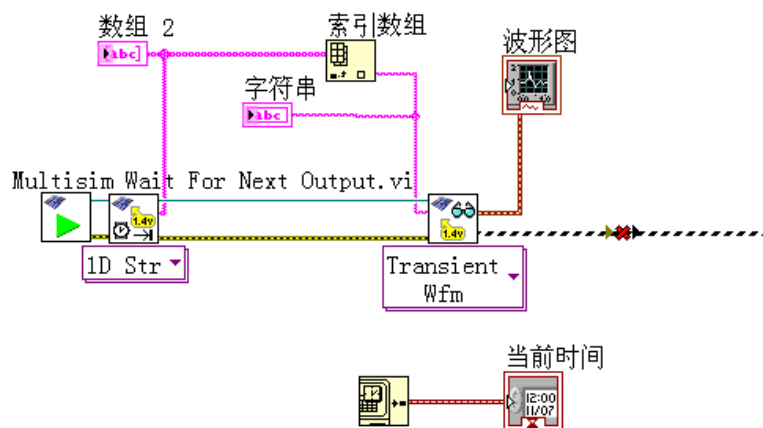


图 3-3 输出与时间模块的设计

实际设计过程中, 首先需要在 Multisim 中建立仿真电路, 譬如电压表内接电路如图 3-4 所示。然后再通过 LabVIEW 编程, 对 Multisim 中建立仿真电路进行仿真试验。对应电压表内接电路的 LabVIEW 程序如图 3-5 所示。对应 555 定时电路的单稳态工作方式在 LabVIEW 中的程序框图如图 3-6 所示。

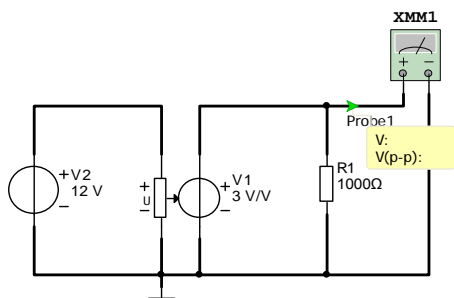


图 3-4 电压控制电压源电路

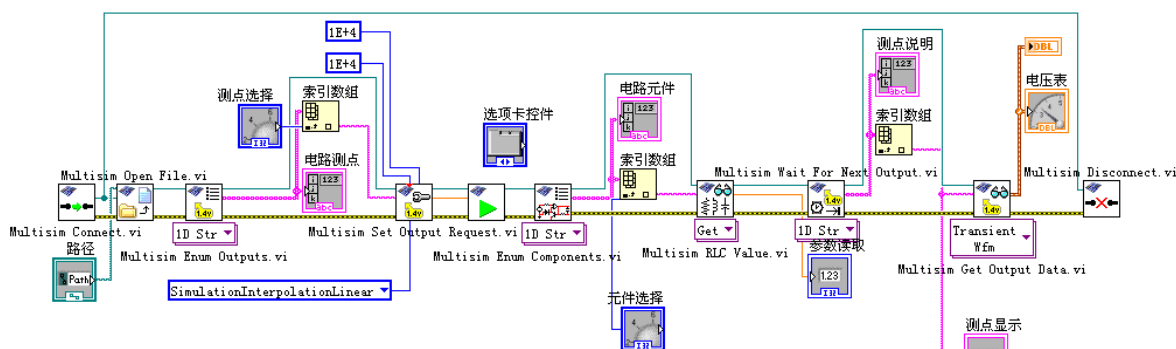


图 3-5 电压控制电压源电路程序框图

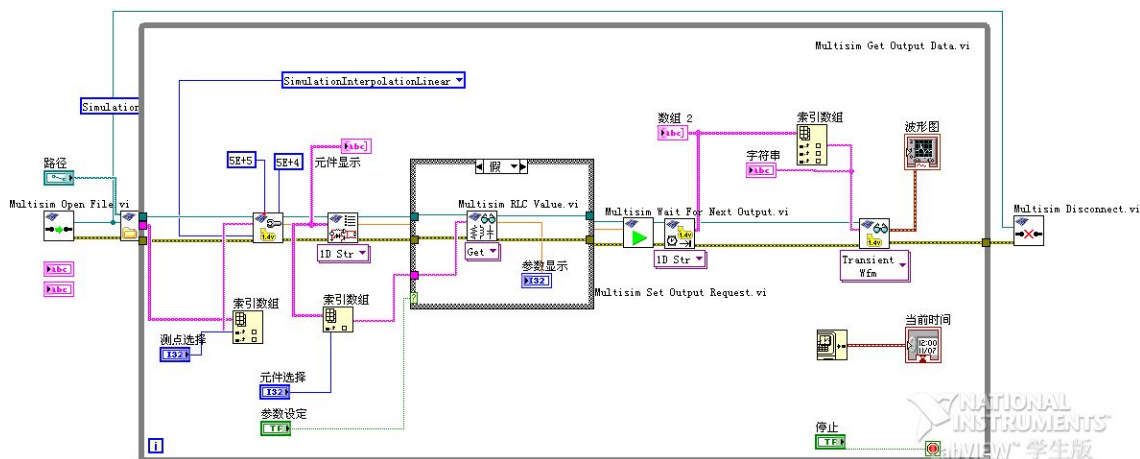


图 3-6 555 定时电路的单稳态工作方式程序框图

### 3.5 网络远程发布功能的设计与实现

应用 GPIB (General Purpose Interface Bus) 仪器控制技术, 将可编程仪器连接到 LabVIEW 仪器控制服务器上, 实现仪器的本地控制。并利用网络技术, 把所提供的电子实验题目及内容放入建立的网站上, 远程用户只需利用网络浏览器, 就可以登录到远程实验室的网络服务器上, 进行实验操作, 远程控制实验仪器。在远程实验室的主页上, 还可以加入视频摄像部分<sup>[13]</sup>。由视频头所采集的图像可通过视频压缩传输技术传送到网页上, 这样用户就可以看到自己所操纵的精密仪器, 直接从屏幕上看到实验结果。整个远程虚拟电子实验室系统的硬件是由 Web 服务器、仪器控制服务器、硬件实验电路控制平台、GPIB 可编程仪器以及视频摄像头组成的。

Web 服务器是整个系统的核心部分。用户实现对仪器的控制以及实验结果的获得都需要通过访问 Web 站点来实现。这就需要通过 Web 服务器来访问站点。客户端与服务端之间主要的通讯方法, 是利用公共网关接口 (CGI) 与传输控制协议 (TCP) 来完成的。CGI 规定了 Web 服务器与浏览器和应用程序之间的数据交换格式。它的通讯一般



是以超文本传输协议为基础的。用户可以先发送 CGI 请求，服务器端接收后会回馈给用户反映。HTFP 是以单进程为基础的协议，只要有一个用户接收到回馈后，它就会自动关闭服务器与其他用户之间的链接。为了确保虚拟仪器实验室的安全性，只允许一个用户进行该仪器的远程控制。在模拟调制仿真实验仪的前面板上，点击工具，选择 Web 发布工具，VI 名称选择模拟调制仿真实验仪 vi，查看模式选择嵌入，并选择连接建立时提交控制请求。然后选择下一步，文档标题为模拟调制仿真实验仪，再点击下一步，点击启动 Web 服务器，再点击保存至磁盘，最后点击连接。

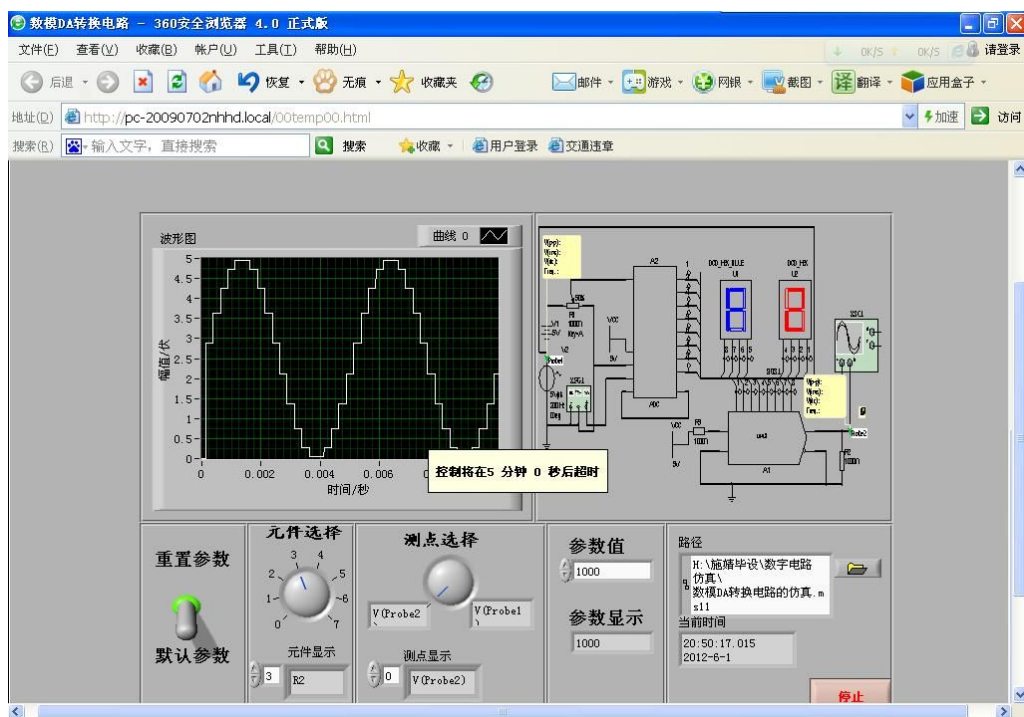


图 3-7 数模 DA 转换电路的网页界面

### 3.6 本章小结

本章主要是对系统的软件设计步骤进行了介绍，包括系统的前面板的各个部分的添加、属性设置、波形图和波形图表作用以及后面板也就是程序框图的设计，流程框图中各个 vi 所在的位置、添加、作用、连线以及整体的流程都进行了一系列详细的描述。详细的介绍了系统前面板每一个界面的结构，并附图进行了说明；介绍了后面板也就是系统的程序框图的每一个界面对应的程序的编写，在这一部分也进行了详细的附图说明。

## 第4章 系统仿真与试验测试

### 4.1 系统仿真测试环境

远程虚拟电子实验室系统的硬件部分主要由 Web 服务器、仪器控制服务器、硬件实验电路控制平台、GPIB 可控仪器以及视频摄像头组成, 软件部分由 web 服务器子系统、本地仪器控制子系统和客户端子系统构成。

Web 服务器是整个系统的核心部分。用户实现对仪器的控制以及实验结果的获得都需要通过访问 Web 站点来实现。这就需要通过 Web 服务器来访问站点。客户端与服务端之间主要的通讯方法, 是利用公共网关接口 (CGI) 与传输控制协议 (TCP) 来完成的。CGI 规定了 Web 服务器与浏览器和应用程序之间的数据交换格式。它的通讯一般是以超文本传输协议为基础的。用户可以先发送 CGI 请求, 服务器端接收后会回馈给用户反映。HTFP 是以单进程为基础的协议, 只要有一个用户接收到回馈后, 它就会自动关闭服务器与其他用户之间的链接。为了确保虚拟仪器实验室的安全性, 只允许一个用户进行该仪器的远程控制。

### 4.2 系统仿真试验过程

本电路使用万用表测量电压, 使用探针可建立 Multisim 与 LabVIEW 的连接。理论结果:  $R1$  两端电压  $U = V2 \cdot \mu$ , 且  $V2 = 12V$ ,  $\mu = 3 V/V$ , 则  $U = 36V$ 。仿真结果如图 4-1 所示。利用这一组针对 LabVIEW 的工具包 VI, 可以创建获取电路仿真数据的应用。首先, 连接至 Multisim 自动化 API (Multisim 连接选板), 基于“文件路径输入”数据打开一个 Multisim 文件 (文件管理选板), 枚举电路内的各种输入与输出 (I/O 配置与控制选板)。然后, 执行 AC 分析 (仿真控制选板), 等待 AC 分析的结束 (仿真控制选板), 获取分析的输出数据 (I/O 配置与控制选板)。最后, 显示仿真数据, 关闭与 Multisim 自动化 API 的连接 (Multisim 连接选板)。

#### (1) 设置输入

为了设置针对自动化的 Multisim 仿真, 需要定义某些元素以供最终轮询原理图确定输入与输出数值。

放置一个 DC 或 AC 电源的步骤包括:



- (1) 选中放置>>组件。
- (2) 在“选择一个组件”的对话框中选中主数据库。
- (3) 在“组”字段，选中“信号源”组。
- (4) 在“族”字段，选中“电源”族。
- (5) 这里，可以选择“交流电源”或“直流电源”作为信号源。

## (2) 设置输出

输出用布置在需要进行分析处理的节点上的探针表示。这些探针及其所采用的名称指定了相应的自动化应用——将从原理图中采集仿真数据的节点。

放置和识别探针的步骤包括：选择仿真>>仪器>>测量探针。将该探针与电路中感兴趣的节点相连接(如下面的输出所示)。双击该探针。选中显示键。在 RefDes 部分，键入该探针的名称。对电路的输出而言，output 通常是一个合适的名称。

## (3) 字符串

创建字符串控制对象和显示对象：可以在 Controls»String & Table 中看到字符串控制对象和显示对象。还可以使用操作工具或者标签工具输入或者改变字符串控制对象中的文本。用移位工具拖曳字符串控制对象和显示对象的边角可以增大它们的面积。

## (4) 数据模块

该模块主要负责数据的存储功能。输入量为一维数组、保存路径文件名称和是否存盘，详细程序流程如下：

当存盘的 Boolean variable 量为 False 的时候，Case Structure 内的程序框图为空，此时，本程序不进行任何操作，如果为 True 的时候，本程序使用了 Write to Spreadsheet File .vi (记录电子数据表.vi)程序组件。

组件的输入输出如下，这个单次存盘程序主要使用该程序的 format. file path .1D data. Append to file 选项来完成数据存储。

I 如果为 0，则 CASE 结构为真，且存储 Write To Spreadsheet File .vi 模块 append to file 选择为假（默认为假），该程序会擦除文件已经存在的数据，如果路径上不存在目标文件，VI 会忽略这个选项，直接创建一个新文件。

## 4.3 系统仿真试验结果分析

通过以上程序框图，对不同电路进行仿真测试，以下为仿真测试结果。555 定时电路的单稳态工作方式在 Multisim 仿真运行的结果如图 4-1 所示。包括输入和输出波形。

在 Multisim 仿真电路中, 对电路的输入和输出处加入探针来测试电路经程序框图后输出的波形。在 LabVIEW 前面板的元件选择处对元件进行选择, 在参数读取处可以对该元器件的参数进行读取。在电路元件处可以知道该电路都有什么元器件, 可以对元器件进行读取。显示波形为图 4-2、图 4-3。

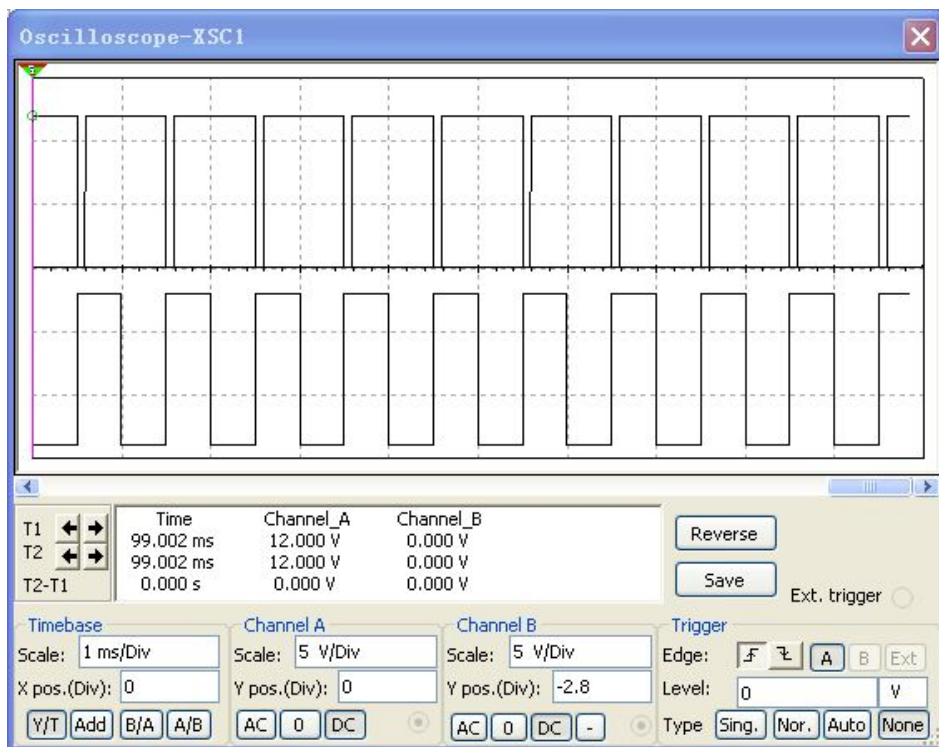


图 4-1 555 定时电路的单稳态工作方式

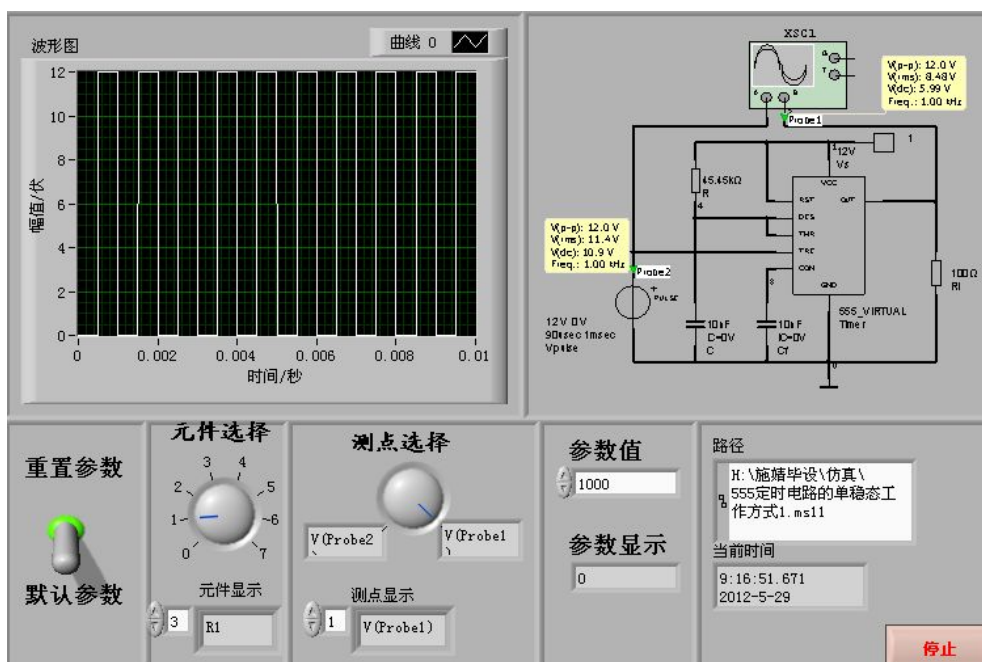


图 4-2 555 定时电路的单稳态工作方式测点一波形

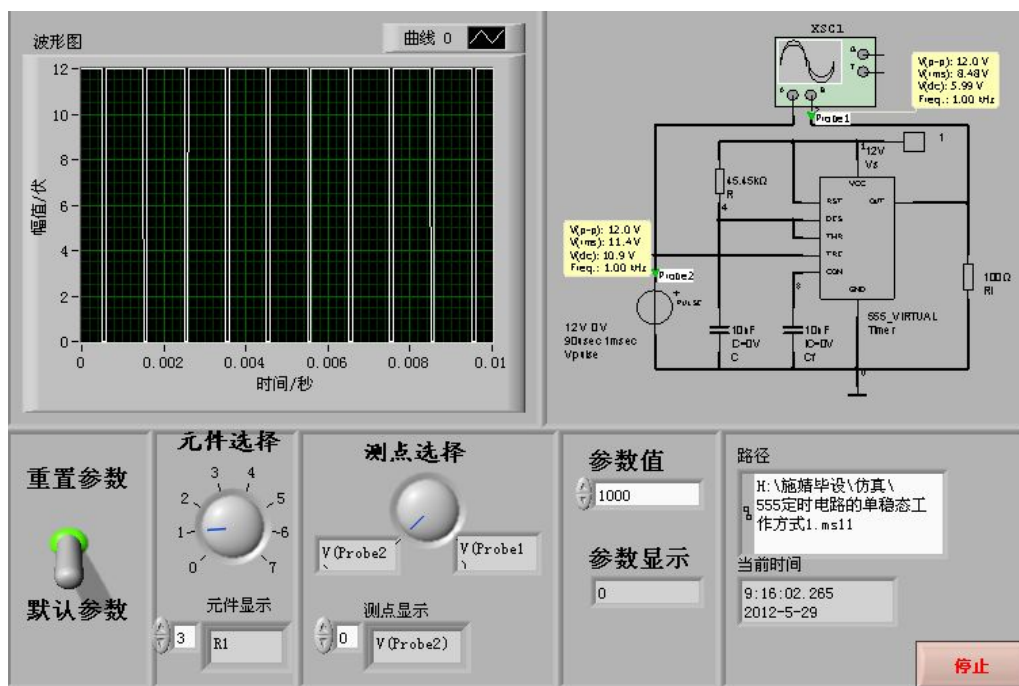


图 4-3 555 定时电路的单稳态工作方式测点二波形

由 555 定时器和外接定时元件  $R$ 、 $C$  构成的单稳态触发器。 $D$  为钳位二极管，稳态时 555 电路输入端处于电源电平，内部放电开关管  $T$  导通，输出端  $V_o$  输出低电平，当有一个外部负脉冲触发信号加到  $V_i$  端。并使 2 端电位瞬时低于  $1/3V_{CC}$ ，低电平比较器动作，单稳态电路即开始一个稳态过程，电容  $C$  开始充电， $V_c$  按指数规律增长。当  $V_c$  充电到  $2/3V_{CC}$  时，高电平比较器动作，比较器  $A1$  翻转，输出  $V_o$  从高电平返回低电平，放电开关管  $T$  重新导通，电容  $C$  上的电荷很快经放电开关管放电，暂态结束，恢复稳定，为下个触发脉冲的来到作好准备。数据转换成串行输出，用数据选择器很容易完成这种转换。例如将四位的并行数据送到四选一数据选择器的数据端上，然后在  $A1$ ， $A0$  地址输入端周期性顺序给出 00 01 10 11，则在输出端将输出串行数据，不断重复。数据选择器除了能从多路数据中选择输出信号外，还可以实现并行数据到串行数据的转换，作函数发生器等。通过仿真图形 4-4 到 4-9 可以清晰地反应出测试点的波形及仿真效果。数模 DA 转换电路经程序框图后对测点二（ $V(\text{Probe2})$ ）输出后的波形图。测点二波形与 Multisim 仿真出的波形一样，元件选择“3”，选择的元件为  $R2$ 。

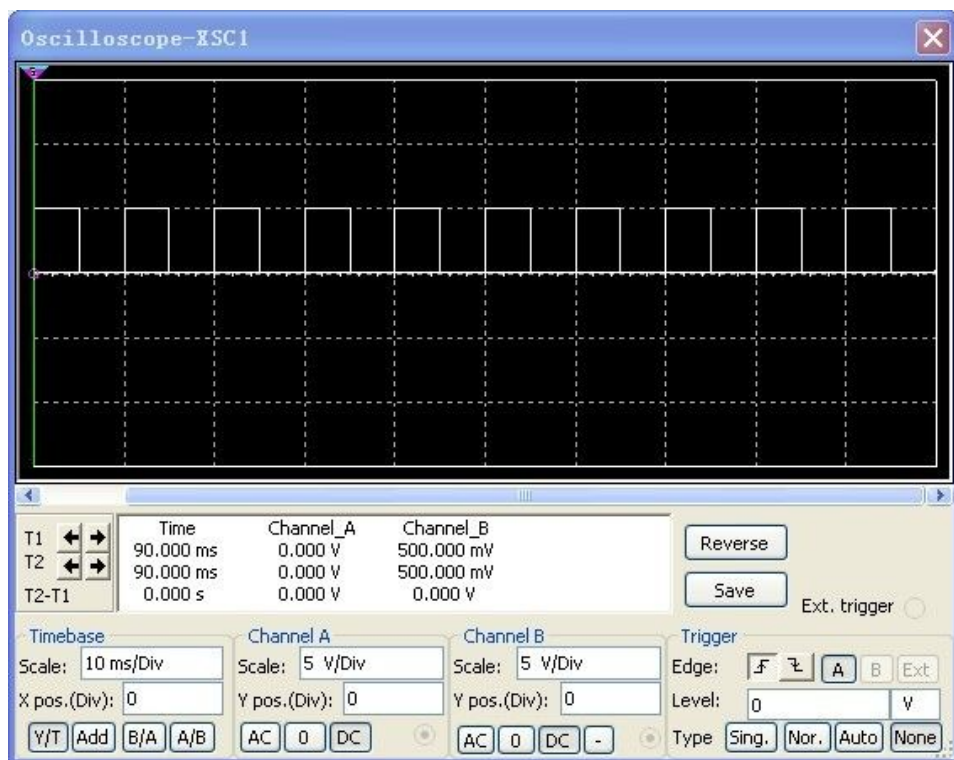


图 4-4 数据选择器

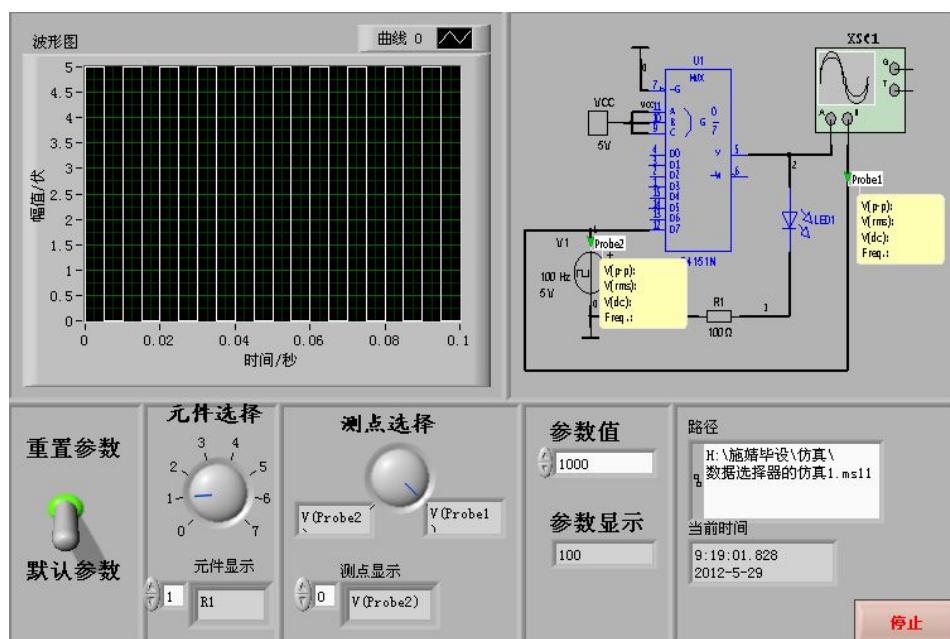


图 4-5 电路测点一的波形

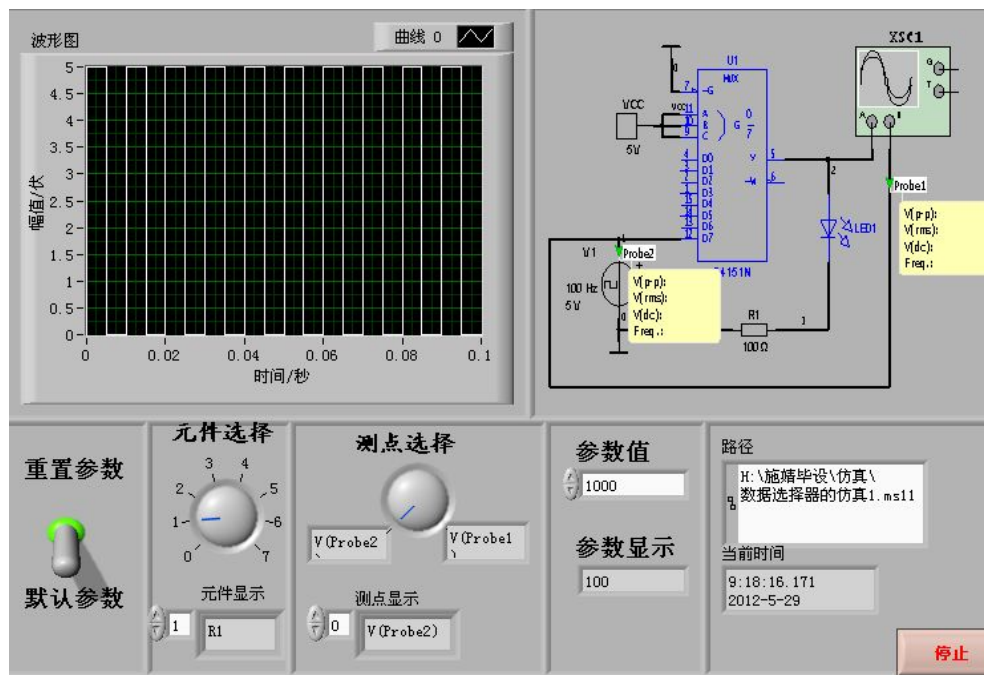


图 4-6 电路测点二波形

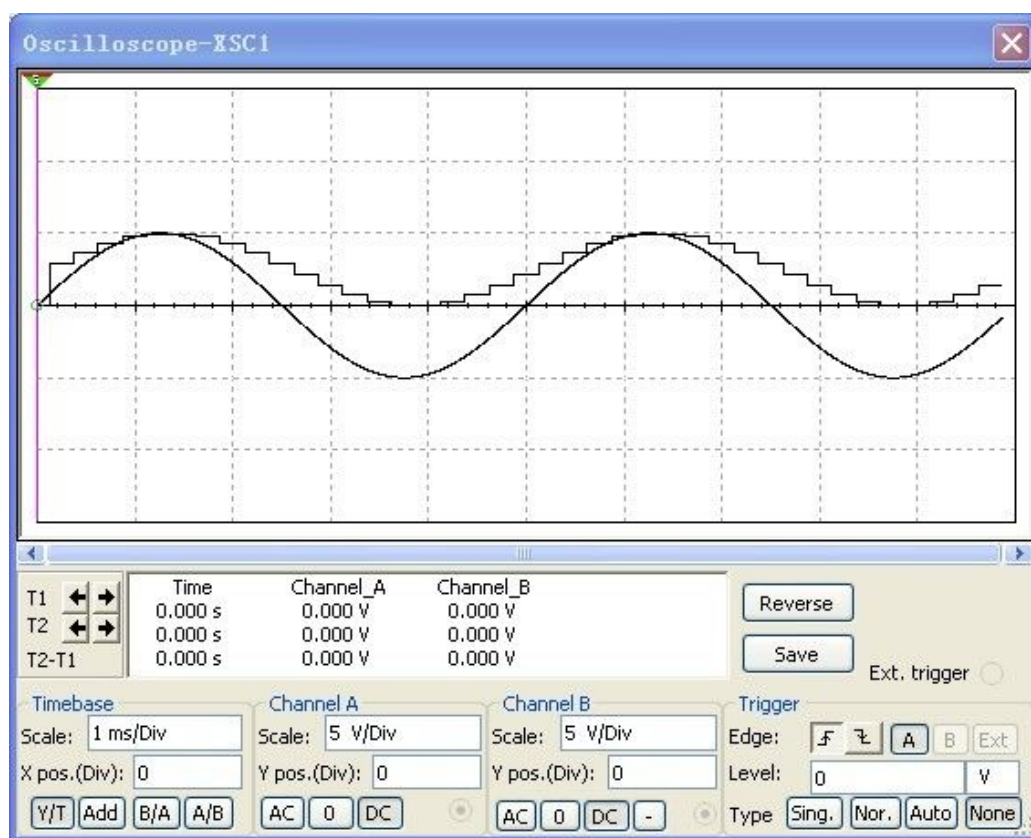


图 4-7 数模 DA 转换电路



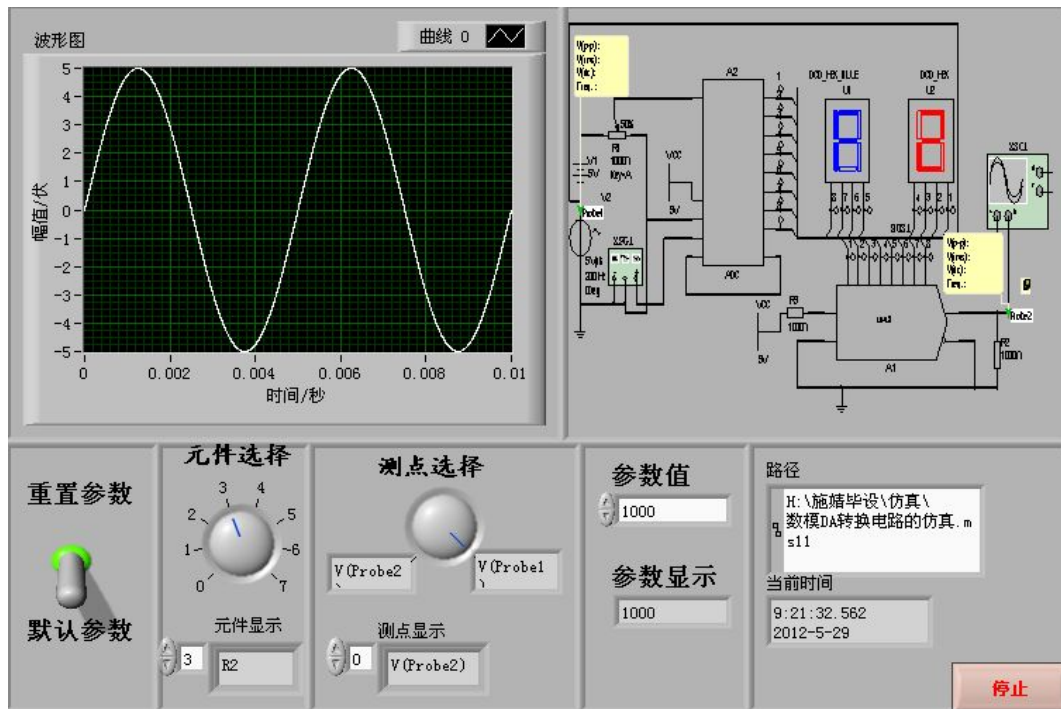


图 4-8 电路测点一的波形

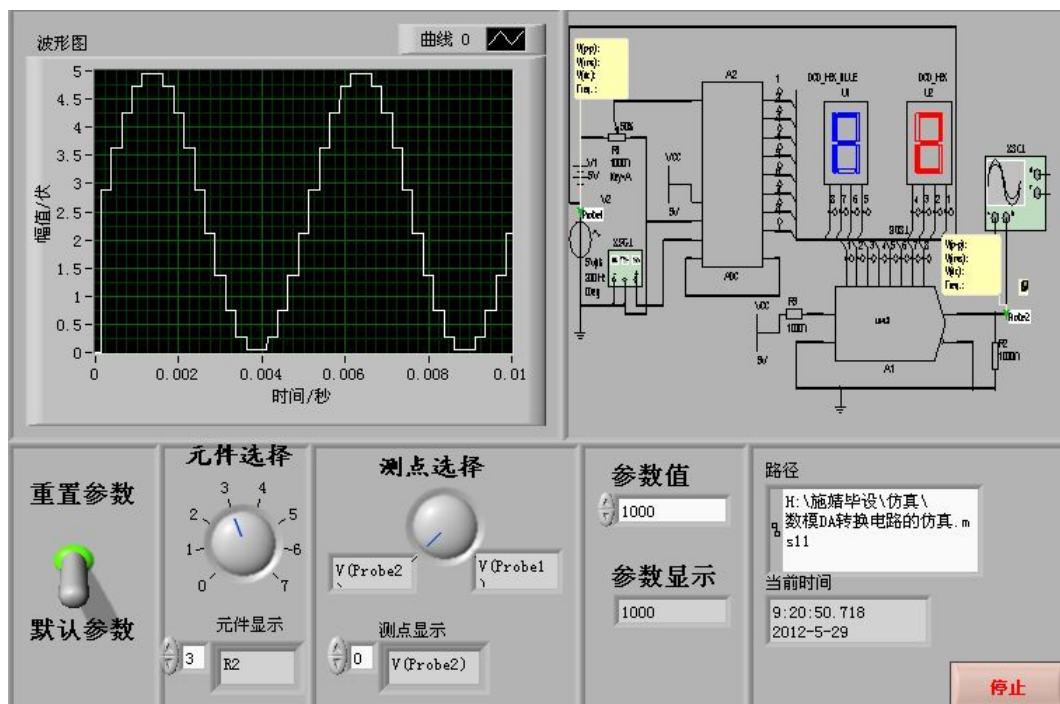


图 4-9 电路测点二的波形

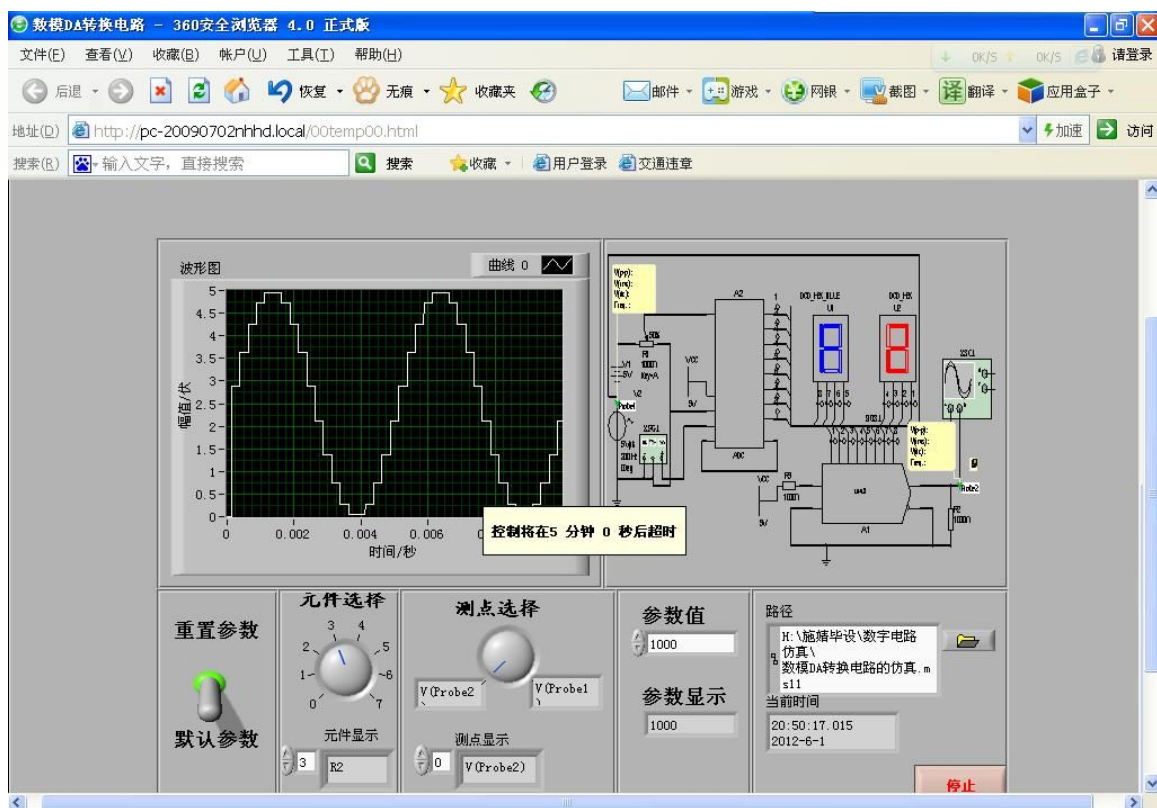


图 4-10 系统远程发布界面

## 4.4 本章小结

仪器控制技术是将可控的实验仪器通过 LabVIEW，连接到一起的控制服务器上，在通过本地进行控制，最后利用网络发布技术，将设计的内容以及结果发布到建立的网站上，这样可以通过网络浏览器直接进行浏览并且控制实验仪器。直接通过远程实验室登录的方法，不仅可以实现远程操纵，还可以加入视频摄像等功能，使用视频压缩技术，将捕捉到的图像直接传输至网页，通过屏幕直接看到实验结果。



## 结论

本论文以LabVIEW软件开发平台为基础，运用Multisim仿真设计软件，针对数字电路实验系统进行设计，通过本系统设计及仿真实验验证得出如下结论：

1、应用仿真设计软件Multisim，借助图形化软件设计平台LabVIEW，设计实现可远程访问的电路实验系统。通过Multisim设计电路，运用LabVIEW软件编程、调试和远程调控。利用LabVIEW的远程发布功能，将仿真实验发布到网上，使得远程虚拟实验成为现实，具有良好的软件界面，方便进行功能切换及参数选择。

2、将互联网技术应用到远程实验室系统中，利用它的强大的互联特性，可以在任何时间地点进行相关电路仿真模拟的实验，包括虚拟仿真、实时监控等多种方式，并且可以通过远程控制实验仪器来进行工作，并且直观的看到实验结果。这种方式能够有效地提高实验的适应性，并且克服了很多外在元素的限制，并且网络发布功能能够有效地让信息互联，大幅度提高实验的综合水平。虚拟仪器（Virtual Instruments）技术所谓一种先进的实验室构建平台，它具备高效灵活的特点，并且集合了硬件以及多媒体等多种先进的技术，已经成为了构建虚拟远程实验室的首选方案。

3、由于图形化编程比用文本编程更加直观，所以LabVIEW既适合编程经验丰富的用户使用，也适合编程经验不足的工程技术人员使用，随着计算机技术的飞速发展，对测试、测量的方式也产生了深远的影响。这种可远程访问的电路实验系统基于互联网技术的强大互连特性，可以应用于教学，使得学生和老师可以在任何时候、从任何地点进行实验，包括虚拟仿真实验，可以完成远程控制实验、进行实验操作、实时观察实验结果。虚拟仪器不仅降低了成本，而且提高了效率，将虚拟仪器进行网络化功能扩展，不仅是对虚拟仪器本身功能的大大扩展，更是适应“信息化和网络化”这一自动测控领域发展方向的必然趋势。



## 参考文献

- [1] 邢晓敏.基于Multisim 仿真软件的电子技术“软实验”平台[J].科技资讯, 2007:33-47.
- [2] CAVANAUGH K.An Integrated Diagnostics Virtual Test Bench for Life Cycle Support [C]. Aerospace Conference.IEEE Proceedings.2001, (7):7-16.
- [3] 邓居祁, 殷科生, 刘文彦.网络化虚拟仪器技术的现状与研究方向[J].湘潭师范学院学报(自然科学版), 2008.12, 30(4):13-18
- [4] 卢艳红. 基于Multisim 10的电子电路设计、仿真与应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009:20-40.
- [5] 聂典,丁伟. Multisim 10计算机仿真在电子电路设计中的应用[M]. 电子工业出版社, 2009:35-50.
- [6] 尹勇, 李林凌. Multisim 电路仿真入门与进阶[M]. 科学出版社, 2005:2-23.
- [7] 黄智伟. 基于NI Multisim的电子电路计算机仿真设计与分析[M]. 电子工业出版社, 2008:44-52.
- [8] 杨乐平, 李海涛, 赵磊. LabVIEW 高级程序设计[M].北京:清华大学出版社, 2003: 152-201.
- [9] 胡晓,魏薇,郑庆州,高鹰.基于Labview和Matlab的心电信号分析系统设计[J].计算机时代, 2010, 2:25-31.
- [10] 施雅婷,郭前岗,周西峰.一种改进的LabVIEW 串口通信系统的实现[J].电子测试, 2010, (8): 64-69.
- [11] 刘龙启,李银.基于LabVIEW的以太网数据监听与通信[J].国外电子测量技术, 2012(7): 62-65,69.
- [12] 刘君华. 基于LabVIEW的虚拟仪器设计[M]. 电子工业出版社, 2003:10-11.
- [13] 阎石.《数字电路电子技术基础》, 高等教育出版社, 1997年第四版
- [14] 李环,任波.虚拟仪器通信原理教学平台的设计与开发[J].现代教育技术,2009,(6):107-110
- [15] 童诗白、华成英.《模拟电子技术基础》(第三版), 北京, 高等教育出版社, 2001
- [16] 薛文、华慧明.《新编实用电子技术快速入门》, 福州, 福建科学技术出版社,

- 1999.9
- [17] M.S.Paley,J.M.Harris.A Solvatochromic Method for Determining Second Order Polarizabilities of [J].Org.Chem, 1989:16-17.
- [18] Beyon, Jeffrey Y. LabVIEW programming, data acquisition and analysis Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall PTR ; London : Prentice-Hall International, c2001.
- [19] 尤丽华,周洋.基于虚拟仪器的测试技术实验教学系统建立[J].实验技术与管理,2011,28(2):83-90.
- [20] 姜海波.虚拟仪器技术在高校教学中的应用[J].中国现代教育装备,2010(15):53-54.
- [21] Rick Bitter, Taqi Mohiuddin, Matt Nawrocki. LabVIEW advanced programming techniques CRC Press, c2001.
- [22] 刘琼,何洁凝,关冠恒,付裕,龙天澄.虚拟仿真实验室对教学的作用研究[J].中国教育学报,2015: 318-319.
- [23] 陈锡辉,张银鸿 LabVIEW 8.20程序设计从入门到精通,清华大学出版社 2007
- [24] 宋玉杰 基于虚拟仪器的频谱分析研究[B], 西华大学, 2009
- [25] 王磊,孙秋野,王云爽 LabVIEW快速入门与提高, 西安交通大学出版社 2009
- [26] 曾伟,师彦荣.虚拟仪器技术的发展及应用[J].中国西部科技,2010(10):27-28.
- [27] 杨乐平,李海涛,肖相生等.LabVIEW 程序设计与应用.北京:电子工业出版社,2001,7: 239~245
- [28] 李金鸣,王肇敏.基于LabVIEW7.1 虚拟示波器的设计与实现[J].仪器仪表与分析监测, 2004:28-32.
- [29] CAVANAUGH K. An Integrated Diagnostics Virtual Test Bench for Life Cycle Support[C] // Aerospace Conference . IEEE Proceedings. 2001: 7-16.
- [30] CHEN G S. Remote networked testing and diagnosis system based on VXI virtual instrument[C]. ICEMI. 2005: 38-59.
- [31] PODESTA L. A Web Browser for Remote Control of Measurement System [C]. Instrumentation and Measurement Technology Conference .IEEE Proceedings. 2000: 647-649.
- [32] National Instruments Corporation.The measurement and automation catalog [Z]. Usermanual, 1996.
- [33] EmmetL, Froome P. Requirements for a guide on the development of Virtual

- instrument .Techniquereport of National Physical Laboratory of UK [R]. 1999.
- [34] 杨乐平, 李海涛, 杨磊. LabVIEW程序设计与应用(第2版)[M]. 电子工业出版社, 2005:56-58.
- [35] 路而红. 虚拟电子实验室[M]. 人民邮电出版社, 2005:45-63.
- [36] M.J.Corbin\*,G.F.Butler MulTiSIM:An Obuect-Based Distributed Framework for Mission Simulation. Simulation Practice and Theory 3 (1996)383-399
- [37] DeitzD.Impactcodesforthevirtuallaboratory[J].MechanicalEngineering,1995,117(5):66-70.
- [38] 林正盛.虚拟仪器技术及其发展[J].现代计量测试,1997,(4):10-14.
- [39] 秦树人,汤保平.面向21世纪的绿色仪器系统[J].中国机械工程,2000,11(3):275-278.
- [40] 刘亚.虚拟仪器构建技术[J]计算机自动测量与控制,1999, 7(3):40-43.
- [41] 秦树人,张思复.集成测试技术与虚拟式仪器[J].中国机械工程.1999,10(1):77-80.
- [42] 朱晓华.基于组件技术的虚拟仪器开发方法研究[J].上海大学学,1999,5(4):357-361.
- [43] 李春艳,易焱.虚拟仿真实验室的建设与实验教学的改革[J].中国管理信化,2014(24): 114-115.
- [44] 申焱华,王汝杰,雷振山.LabVIEW入门与提高范例教程[M].北京:中国铁道出版社, 2006.
- [45] 沈茜.虚拟仪器在电子技术实验教学中的应用及前景[J].煤炭技术,2010,(3):59-61.

## 致 谢

在论文即将完成之际，要特别感谢我的导师刘祥楼教授，从本设计从选题到制定方案，再从设计到论文的编写过程都在刘教授的热情关怀和悉心指导下完成的。刘教授倾注了大量的心血，启发了我对研究领域的思考，带动了我对课题研究的兴趣。特别是他严谨的治学精神和深厚的学术素养，无论是在今后学习还是在生活当中，都使我终身受益。谨此向刘教授表达我深深的敬意和由衷的感激。

在论文的写作过程中，也得到了许多同学的宝贵建议，同时还到许多在工作过程中许多同事的支持和帮助，在此一并致以诚挚的谢意。感谢所有关心、支持、帮助过我的良师益友。

最后，由于本人的能力有限，本文如有缺陷的地方，希望广大科学爱好者们多多包涵，及时提出错误加以纠正。并且向在百忙中抽出时间对本文进行评审并提出宝贵意见的各位专家表示衷心地感谢！

艰苦创业 严谨治学

严谨朴实 勤奋创新



招生办: 0459-6503721

培养办: 0459-6504792

学位办: 0459-6503938

学校网址: <http://www.nepu.edu.cn>