

基于 虚拟仪器技术 个人实验室的构建

陆绮荣 著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

基于虚拟仪器技术个人实验室的构建

陆绮荣 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书设计以美国国家仪器(NI) LabVIEW8.0 为开发平台, NI USB-6009 DAQ 卡为数据采集硬件, 将虚拟仪器前面板与传统仪器面板对应, 虚拟仪器流程图与传统仪器内部电路对应, 用一块数据采集卡在一台通用计算机上实现了时域、频域和数据域的典型测试仪器的设计。

本书中新模式电子实验室的构建方案也适用于其他测试实验室的建设。本书的设计成果, 使我们有理由相信, 所有的普通人都可以自己设计和建设个性化的实验室。

全书共分 11 章, 第 1 章对传统实验室的建设模式进行分析, 提出新模式电子实验室的建设方案; 第 2 章和第 3 章对新模式电子实验室构建的基础技术进行介绍; 第 4 至第 10 章在对传统电子测量仪器分析的基础上, 提出典型虚拟仪器的设计方法和测试技术; 第 11 章对虚拟仪器系统误差进行分析, 提出完善措施。

本书可以作为有关工程技术人员设计开发仪器或自动测试系统的技术参考书, 也可作为大专院校相关专业教材或教学参考书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

基于虚拟仪器技术个人实验室的构建 / 陆绮荣著. —北京: 电子工业出版社, 2006.10

ISBN 7-121-03305-4

I. 基… II. 陆… III. 智能仪器—实验室—构造 IV. TP216

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 123095 号

责任编辑: 秦绪军

印 刷: 北京丰富彩艺印刷有限公司

装 订: 北京市铁成印刷

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 14.5 字数: 370 千字

印 次: 2006 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 28.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系电话: (010) 68279077; 邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

电子测量技术发展总是与自然科学，特别是电子技术的最新发展紧密相连的。从传统的电测量指示仪表、数字化仪表到智能仪器，再到虚拟仪器，电子测量技术发生了革命性变化。虚拟仪器改变了传统电子测量仪器的概念、模式和结构，用户完全可以自己定义仪器的功能和参数，即“软件即是仪器”，虚拟仪器以其特有的优势显示了强大的生命力。

虚拟仪器技术综合运用了计算机技术、数字信号处理技术、标准总线技术和软件工程技术，代表了测量仪器与自动测试系统的未来发展方向。采用虚拟仪器技术构建测试仪器，开发效率高，可维护性强，测试精度、稳定性和可靠性能得到充分保证，具有很高的性能价格比，节省投资，便于设备更新和功能的转换与补充。因此，虚拟仪器在产品性能测试、设备故障诊断、生产过程控制中得到普遍应用。

最近几年，虚拟仪器技术在国内普及和应用速度不断加快，陆续出版了不少有关虚拟仪器程序设计和应用开发方面的教材和专著，它们从软件使用、程序模块、工程应用等不同角度阐述了虚拟仪器技术，可以说虚拟仪器技术渗透到航空航天、电子、化工、通信、生物医学、机械工程等各个领域。

全书共分 11 章，包含三部分内容。第 1 章对传统实验室的建设模式进行分析，提出基于虚拟仪器技术的个人电子实验室的建设方案；第 2 章和第 3 章对构建个人电子实验室的虚拟仪器技术、数据采集技术进行介绍；第 4 至第 10 章在对传统电子测量仪器分析的基础上，提出虚拟仪器的设计方法和测试技术；第 11 章对虚拟仪器系统误差进行分析，提出基于虚拟仪器技术的个人实验室的完善措施。

本书设计以美国国家仪器 (NI) LabVIEW8.0 为开发平台，NI USB-6009 DAQ 卡为数据采集硬件，将虚拟仪器前面板与传统仪器面板对应，虚拟仪器流程图与传统仪器内部电路对应，用一块数据采集卡在一台通用计算机上实现了时域、频域和数据域的典型测试仪器。所有这些工作，使我们有理由相信，所有的普通人人都可以拥有自己个性化的个人实验室。

本书在编写过程中，得到了作者所在院校的大力支持和协助，研究生和本科生为本书的出版做了大量的工作，特别是研究生陆红阳编写和调试了主要程序；研究生胡嘉坤、孙秀桂、黎梨苗作了资料收集和文字整理工作。电子工业出版社的积极支持和编辑们的辛勤工作更是本书能在短时间内与读者见面的主要原因。在此，向所有关心和支持本书出版的各方面人士表示由衷的感谢！

由于电子测量技术发展迅速，虚拟仪器的应用领域不断扩大，作者的实验设备和条件也受到限制，因此，书中错误和不妥之处恳请读者指正，并期待本书能抛砖引玉，让个人实验室的构建技术更全面、更完善。

著 者
2006 年 9 月

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 个人实验室的概念	1
1.2 传统电子实验室的构建方案	3
1.2.1 电路分析基础实验室	3
1.2.2 模拟电子电路实验室	6
1.2.3 数字逻辑电路实验室	7
1.3 新模式电子实验室的提出	8
1.4 电子测量仪器的发展历程	8
1.5 虚拟仪器与传统电子测量仪器的比较	8
1.6 新模式电子技术实验室的平台	10
第 2 章 虚拟仪器基础	11
2.1 虚拟仪器的构建技术	11
2.1.1 虚拟仪器的硬件组成	11
2.1.2 虚拟仪器的软件结构	13
2.2 虚拟仪器的分类和发展	14
2.2.1 虚拟仪器的分类	14
2.2.2 虚拟仪器的发展方向	15
2.3 虚拟仪器的应用	15
2.4 基于 LabVIEW 的虚拟仪器设计一般方法	16
2.4.1 虚拟仪器的开发环境	16
2.4.2 虚拟仪器前面板的设计	17
2.4.3 虚拟仪器流程图的设计	17
2.4.4 虚拟仪器图标的创建	18
2.4.5 虚拟仪器程序的调试	18
2.4.6 一个简单的虚拟仪器设计实例	18
第 3 章 数据采集技术	21
3.1 数据采集的基本概念	21
3.1.1 数据采集的定义	21
3.1.2 数据采集系统	21
3.1.3 数据采集系统的特点	21
3.2 数据采集卡	22
3.2.1 模拟信号输入电路	23
3.2.2 模拟信号输出电路	26
3.2.3 数字 I/O (Digital I/O)	27
3.2.4 定时/计数器 (Timer/Counter)	29

3.2.5	数据采集卡的分类	29
3.2.6	数据采集卡的其他参数	29
3.2.7	USB 接口数据采集卡	32
3.3	数据采集卡的设置与测试	33
3.3.1	数据采集卡的安装	34
3.3.2	数据采集卡的测试	34
3.3.3	数据采集卡的任务配置	35
3.4	数据采集卡数据的读取	38
第 4 章	基于虚拟仪器技术的信号发生器	42
4.1	概述	42
4.1.1	测量用信号源的作用与分类	42
4.1.2	正弦信号发生器的组成	43
4.1.3	正弦信号发生器的主要性能指标	44
4.2	虚拟信号发生器的设计基础	46
4.2.1	函数信号发生器的工作原理及典型电路	46
4.2.2	合成信号发生器的工作原理	50
4.2.3	扫频信号发生器的工作原理	54
4.2.4	脉冲信号发生器的工作原理	56
4.3	基于虚拟仪器技术的信号发生器的设计 and 应用	57
4.3.1	虚拟信号发生器的提出	57
4.3.2	虚拟函数信号发生器的设计	58
4.3.3	虚拟数字信号发生器的设计	59
4.3.4	虚拟函数信号发生器的性能指标	60
4.3.5	虚拟函数信号发生器的应用	61
第 5 章	基于虚拟仪器技术的电压测量	62
5.1	电压测量的基本概念	62
5.1.1	电压的主要特征	62
5.1.2	交流电压的量值表示	63
5.1.3	交流电压量值的相互转换	64
5.1.4	电压表的分类	65
5.2	虚拟电压表的设计基础	65
5.2.1	电子电压表的设计	65
5.2.2	数字式多用表的设计	72
5.3	基于虚拟仪器技术的数字电压表的设计	78
5.3.1	虚拟数字电压表的提出	78
5.3.2	虚拟数字电压表的硬件设计	79
5.3.3	虚拟数字电压表的前面板设计	80
5.3.4	虚拟数字电压表流程图的设计	81
5.4	基于虚拟仪器技术的数字电压表测试系统	83
5.4.1	虚拟电压测试系统的组成	83

5.4.2	电压测量的方法	84
5.4.3	虚拟电压测试系统的应用	88
第 6 章	基于虚拟仪器技术的元件参数测试仪	92
6.1	概述	92
6.2	虚拟元件参数测试仪的设计基础	92
6.2.1	电阻和电位器的测量	92
6.2.2	半导体二极管参数的测量	95
6.2.3	半导体三极管参数的测量	97
6.2.4	晶体管特性图示仪的设计	99
6.3	基于虚拟仪器技术的元件参数测试系统	102
6.3.1	测试系统的提出和局限	102
6.3.2	测试系统辅助电路的设计	103
6.3.3	三极管输出特性测试仪前面板的设计	104
6.3.4	三极管输出特性测试仪流程图的设计	105
6.3.5	虚拟三极管输出特性测试仪的应用	108
第 7 章	基于虚拟仪器技术的示波测量	111
7.1	概述	111
7.1.1	示波器的分类	111
7.1.2	示波器的主要技术指标	112
7.2	虚拟示波器的设计基础	112
7.2.1	示波器的测试过程	112
7.2.2	图像显示的基本原理	112
7.2.3	通用示波器的设计	115
7.2.4	取样示波器的设计	119
7.2.5	数字存储示波器的设计	122
7.3	基于虚拟仪器技术数字示波器的设计	124
7.3.1	虚拟示波器的组成框图	124
7.3.2	仿真与实际信号的采集	124
7.3.3	虚拟示波器垂直通道控制	126
7.3.4	虚拟示波器水平通道控制	128
7.3.5	波形显示模块的设计	131
7.3.6	波形测量和记录模块的设计	134
7.4	虚拟数字示波系统综合与测试	139
7.4.1	系统构建	139
7.4.2	应用范围	139
7.4.3	性能特点	142
7.4.4	系统改善	143
第 8 章	基于虚拟仪器技术的频域测试	145
8.1	概述	145
8.2	虚拟频谱测试系统设计的基础	145

8.2.1	频率特性测试仪的设计	145
8.2.2	频谱分析仪的设计	148
8.3	基于虚拟仪器技术的频谱分析	152
8.3.1	LabVIEW8.0 的频谱分析与测量子 VI	152
8.3.2	虚拟频谱分析与测量系统的构建	153
8.3.3	信号的自功率谱密度分析	153
8.3.4	虚拟幅度谱和相位谱测试仪的设计	156
8.3.5	虚拟失真度测试系统	159
第 9 章	基于虚拟仪器技术的时频测量	162
9.1	概述	162
9.2	基于传统技术的电子计数器	163
9.2.1	电子计数器面板及控件示意图	163
9.2.2	电子计数器的主要电路	164
9.2.3	电子计数器测量原理	165
9.2.4	其他测量频率的方法	169
9.3	基于虚拟仪器技术的时频测量	170
9.3.1	数字输入/输出的方式	170
9.3.2	计数器基础知识	171
9.3.3	虚拟计数器系统的设计	171
第 10 章	基于虚拟仪器技术的数据域测试	175
10.1	概述	175
10.1.1	数据域测试的特点	175
10.1.2	数据域测试主要目标	175
10.1.3	数据域测试的方法	175
10.1.4	数据域测试的步骤	176
10.2	虚拟逻辑分析仪的设计基础	177
10.2.1	简易逻辑电平测试设备	177
10.2.2	基于数字和微处理器技术的逻辑分析仪	178
10.3	基于虚拟仪器技术的逻辑分析仪	182
10.3.1	虚拟逻辑分析仪的提出	182
10.3.2	多通道数据流的产生	183
10.3.3	模数转换模块 (Analog To Digital9.vi)	186
10.3.4	连接波形模块 (Connect Waveforms Multiple Channels3.vi)	187
10.3.5	合并波形模块 (Combine Waveforms.vi)	189
10.3.6	序列触发模块 (Serial Triggering Multiple Channels7.vi)	190
10.3.7	触发字识别模块 (Triggering Words Identifying.vi)	195
10.3.8	数字波形数组转换为整型数组模块 (Waveform Array To Binary.vi)	196
10.3.9	触发设置模块 (Triggering Setting4.vi)	197
10.3.10	连接并截取波形模块 (Connect Waveform And Get Sub Waveform.vi)	199
10.4	虚拟逻辑分析仪的应用	201

第 11 章 传统仪器与虚拟仪器误差分析	204
11.1 测量误差及其表示法	204
11.1.1 测量误差的来源	204
11.1.2 绝对误差与修正值	204
11.1.3 相对误差及其表示法	205
11.2 测量误差的估计和处理	206
11.2.1 系统误差的判断和处理	206
11.2.2 随机误差的估计和处理	207
11.2.3 粗大误差的判断和处理	209
11.2.4 测量误差一般处理原则	209
11.3 测量误差的合成和分配	210
11.3.1 测量误差的合成	210
11.3.2 测量误差的分配	211
11.4 测量结果的描述与处理	212
11.4.1 测量结果的评价	212
11.4.2 测量结果的表示方法	213
11.4.3 等精度测量结果的数据处理	213
11.4.4 最佳测量方案选择	214
11.5 虚拟仪器系统误差分析与解决办法	214
11.5.1 干扰源	214
11.5.2 信号检测过程误差	215
11.5.3 信号调理电路误差	216
11.5.4 数据采集与仪器接口误差	217
11.5.5 量化、显示和分析误差	217
11.5.6 基于虚拟仪器技术个人实验室的完善	217
参考文献	220

第1章 绪 论

1.1 个人实验室的概念

个人实验室有两种含义，一是个人拥有的实验室，二是以个人名字命名的实验室。我们通常看到的都是以个人名字命名的实验室，如在网络中以“个人实验室”为关键词搜索，可以搜索到贝尔实验室、罗克韦尔自动化实验室、吴健雄实验室、李根喜实验室等。这些实验室都是以个人名字命名的，而众所周知这些个人都是杰出的人物。因此，对于一个普通人来说，个人拥有实验室和以个人的名字来命名实验室，在过去看来几乎是不可能的，因为建设一个实验室需要长期的艰苦的工作，并且要花费大量的财力、物力和人力。

以著名的吴健雄实验室为例，我们可以看到一个国家重点实验室的建设历程，如表 1.1 所示。

表 1.1 吴健雄实验室发展历程

1983 年	筹建东南大学分子与生物分子电子学实验室
1985 年 5 月	实验室正式成立
1992 年 6 月	由国际著名物理学家吴健雄博士授名为吴健雄实验室
1992 年 12 月	国家教委批准实验室对外开放
1993 年 5 月	经国务院学位委员会批准成为全国第一个生物电子学博士学位授予点
1995 年	被评为省级重点学科
1996 年 8 月	通过国家计委组织“九五”攻关项目立项
1996 年 11 月	主办了第四届中日双边电光智能材料与分子电子学学术会议
1996 年 12 月	建立实验室内部管理和信息网络，建立实验室主页，实现了信息化管理
1996 年 12 月	获国家教委科技进步二等奖 1 项，三等奖 3 项
1997 年 4 月	生物芯片项目获国家教委重点项目资助
1997 年 6 月	作为部门开放实验室，参加并通过了重点实验室的评估
1997 年 7 月	客座编辑出版了 IEEE Engineering in Medicine and Biology (Vol.16,No.4,1997)
1997 年 11 月	主办第七届国际分子电子学与生物计算会议，客座编辑出版了 Supramolecular Science(Vol.5,No.5,1998)
1997 年 12 月	经国务院学位委员会批准成为一级学科博士点
1998 年 4 月	与香港航科集团合作建立了东南大学航科生物技术研究中心，成功地开发出血糖试条等试条产品及相关仪器
1998 年 5 月	开放实验室第二届学术委员会成立，召开了第一次会议
1998 年 6 月	“光电分子器件与仿生计算原理的研究”获国家自然科学基金重点项目资助
1998 年 10 月	被批准设立博士后流动站
1998 年 10 月	获国家教委科技进步二等奖
1998 年 10 月	诺贝尔奖获得者法国 J-M.Lehn 教授被聘为东南大学荣誉教授
1998 年 10 月	被批准设立特聘教授岗位
1998 年 12 月	建立了分子电子学虚拟信息库，并被评为江苏省教育科研网优秀成果
1999 年 7 月	国家教育部命名为分子与生物分子电子学重点实验室
1999 年 8 月	陆祖宏教授被聘为“长江学者奖励计划”特聘教授

续表

1999 年 11 月	主办 1999 年中国生物电子学学术年会
2000 年	顾宁教授牵头成立东南大学“纳米科学与研究中心”
2000 年 8 月	罗立民教授被聘为“长江学者奖励计划”特聘教授
2002 年	获国家自然科学基金委“创新研究群体基金”资助
2002 年	承担国家“863”重大专项“微流体等专用生物芯片的研究”
2002 年	袁春伟教授牵头成立“纳米材料及光催化研究室”
2002 年	顾忠泽教授被东南大学聘为“长江学者特聘教授”
2002 年	参与信息科学领域国家重点实验室评估, 并被评为优秀国家重点实验室

如表 1.1 所示, 吴健雄实验室从筹建到被评为国家重点实验室, 花了近 20 年的时间。而实验室的投入又是怎样? 吴健雄实验室是分子与生物分子电子学教育部重点实验室, 国家重点学科。实验室以国际前沿交叉学科“生物电子学”为主要研究方向, 承担和完成了国家自然科学基金重大项目、重点项目, “863”高技术项目, “八五”、“九五”和“十五”攻关项目等一批国家级的重大科研任务; 与美、日、德、英、法、瑞士等国家的相关实验室开展了广泛的合作研究, 并联合培养博士生。因此, 无论在人力、物力和财力方面, 国家、省、市和学校都进行了大量投入, 实验室拥有的可表明本学科优势的主要实验设备的价格就达 1200 万元, 如表 1.2 所示。

表 1.2 实验室拥有的可表明本学科优势的主要实验设备

设备名称	型号	价格(万元)	产地	所属研究方向
基因芯片扫描仪	TECAN LS300	92	瑞士 TECAN 公司	生物芯片组
芯片点样仪	PixSys5500	47	美国 Cartesian Technology Inc.	生物芯片组
激光共聚焦显微镜	Leica TCS SP2	172	德国 LEICA 公司	生物信息材料与器件
荧光分光光度计	LS-55	18	PerkinElmer 公司	生物芯片组
光纤光谱仪	USB2000—FLG	3.3	美国 OCEAN	
动态接触角检测系统	CAM200	15	KSV (芬兰)	
电化学工作站	CHI660b	5.2	上海辰华	
振动样品磁强计(VSM)	Lakeshore 7400	未知	美国	生物信息获取和传感
荧光显微镜	HSY—1	5.3	日本	生物信息获取和传感
第二代基因芯片仪	null	10	自制	生物信息获取和传感
高压液相色谱仪	WATER—990		美国	生物信息获取和传感
红外分光光度计	AVATAR 360FTIR	26	美国	生物信息获取和传感
紫外可见近红外分光光度计	U—4100	30	HITACHI	生物信息获取和传感
核酸合成仪	PE8909	40.2	美国	生物信息获取和传感
生物芯片扫描仪	Scanarray Lite	41	美国	生物信息材料与器件
高精度分子印章压印仪	null	50	自制	生物信息获取和传感
扫描电子显微镜	S—3000N	88.7	HITACHI	材料化学
球型粒自动制备装置	null	6	自制	生物信息材料与器件
冷冻离心机	Biofuge Stratos	7.7	德国	生物信息材料与器件
激光器	A—237	8.3	中国	生物信息材料与器件
晶芯扫描仪	ECOSCAN—100	15	中国	生物信息材料与器件
原子力显微镜	NS3	67.9	中国	生物信息材料与器件

续表

设备名称	型号	价格(万元)	产地	所属研究方向
隧道扫描显微镜及压电陶瓷控制系统	Nanoscope—2	40	美国	生物信息材料与器件
粒径分析仪 (Submicron Particle Size Analyzer)	N4PLUS	41.3	美国 Beckman Coulter 公司	生物信息材料与器件
纳秒级激光器	SURELITE—11—10	48.6	美国	生物信息材料与器件
半导体分析仪	Keithley—4200SCS	53.7	美国 Keithley 公司	生物信息材料与器件
Nanoscope 原子力显微镜	3E	104.5	美国 DI 公司	生物信息材料与器件
原子力显微镜	PicoPlus	未知	美国 Molecular Imaging 公司	生物信息材料与器件
粒径和电位测量仪	ELS—8000L	160	日本	生物信息材料与器件

目前实验室规模也是相当可观的，如图 1.1 所示。

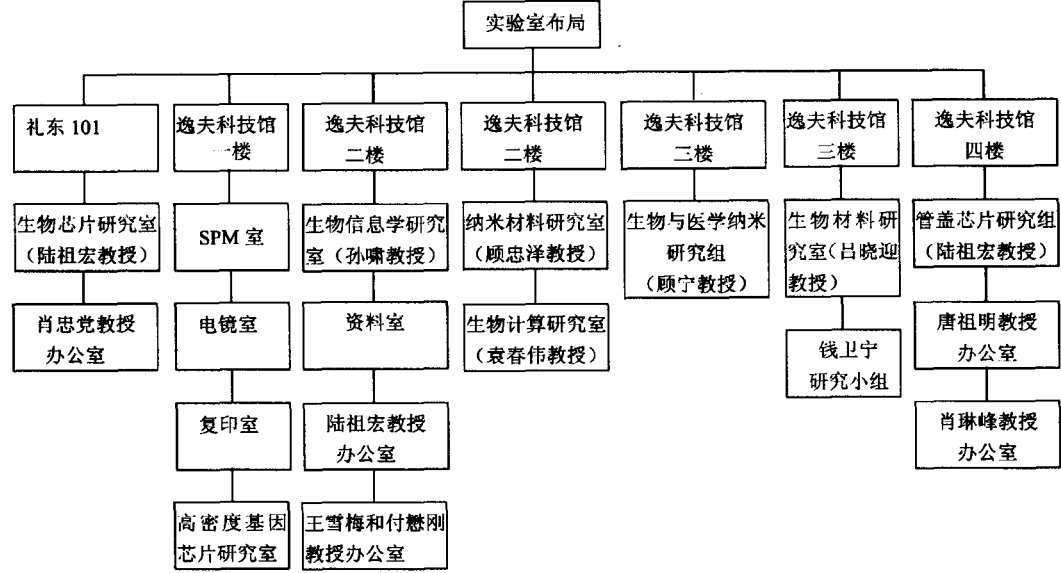


图 1.1 吴健雄实验室布局图

从上面可以看出，这种规模和投入对一个普通实验室来说是可望而不可即的。那么，一个普通电子实验室从建设到完善是不是就很容易呢？下面我们看一下传统电子实验室的建设过程。

1.2 传统电子实验室的构建方案

传统的电子基础实验室一般包括：电路分析基础实验室、模拟电子电路实验室、数字逻辑电路实验室、信号与系统分析实验室、高频电子线路实验室和微机原理与接口技术实验室。

1.2.1 电路分析基础实验室

1. 实验内容和性质

电路分析基础实验是与电路分析基础理论教学紧密相连的专业技术基础实验，循序渐进

地安排实验教学内容，主要包括常用仪器的使用方法、一般元器件参数指标的测试方法、直流电路、动态电路、正弦电路测量方法及谐振电路的设计测量方法等。

表 1.3 为基础层次实验大纲，全部为验证性实验。表 1.4 则是根据面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划，重新设置的项目内容，保留了少量必要的经典验证性实验，增开综合性、设计性实验。保留的验证性实验体现对所学知识的验证和技能的训练，提供了学生获取知识能力的可能性；综合性实验既体现内容的综合性，也体现知识能力素质培养的综合性；自主性设计实验的比例不太高，主要体现一定的水平和前瞻性。

表 1.3 《电路分析基础》实验大纲 A

系（院）		电子与计算机系		实验室（中心）		电路分析基础实验室							
课程类别		专业基础课		课程代码				实验学时			16		
面向专业		通信工程、电子信息、计算机应用											
序号	实验项目	实验内容提要	实验性质						要求				
			验 证	综 合	设 计	创 新	演 示	必 做	选 做				
1	元件伏安特性的测试	学习线性电阻元件、非线性电阻元件及电源伏安的测量	√						√				
2	基尔霍夫定律	验证基尔霍夫定律	√						√				
3	叠加定理	验证叠加定理	√						√				
4	戴维南定理	验证戴维南定理	√						√				
5	运算放大器和受控源	获得运算放大器有源器件的感性认识	√						√				
6	R、L、C 元件性能测试	用伏安法测定电阻、电感和电容元件的交流阻抗及其参数	√						√				
7	一阶、二阶动态电路	观察 RC 微分电路和积分电路的过渡过程	√						√				
8	交流电路中的互感	测定两个感应耦合线圈的同名端、互感系数和耦合系数	√						√				
备注		A 全部为验证性实验											

表 1.4 《电路分析基础》实验大纲 B

系（院）		电子与计算机系		实验室（中心）		电路分析基础实验室			
课程类别		专业基础课	课程代码			实验学时		16	
面向专业		通信工程、电子信息、计算机应用							
序号	实验项目	实验内容提要	实验性质					要求	
			验	综	设	创	演	必	选
			证	合	计	新	示	做	做
1	电工仪表的使用及元件伏安特性的测试	学习常用电工仪表的使用，掌握线性电阻元件、非线性电阻元件及电源伏安的测量	√					√	
2	戴维南定理和叠加定理的验证	验证戴维南定理和叠加定理	√					√	

续表

系（院）		电子与计算机系		实验室（中心）		电路分析实基础验室			
课程类别		专业基础课	课程代码			实验学时		16	
面向专业		通信工程、电子信息、计算机应用							
序号	实验项目	实验内容提要	实验性质					要求	
			验	综	设	创	演	必	选
			证	合	计	新	示	做	做
3	RL 串联电路及其功率因数的提高	设计验证 RL 串联电路及其功率因数提高的方法			√			√	
4	RC 微分电路和积分电路	观察 RC 微分电路和积分电路的过渡过程，分析临界状态		√				√	
5	运算放大器和受控源的研究	分析运算放大器的放大倍数、输入/输出阻抗，并获得受控源的认识		√				√	
6	RLC 串联电路的频率特性及其测定	测定电阻、电感和电容元件的交流阻抗及其参数，并对 RLC 串联电路的频率特性进行测定		√				√	
7	三相电路工作状态的研究	验证对称三相电路电压和电流的相值和线值的关系，对三相电路功率进行测量		√				√	
8	有源滤波器的特性分析	对比有源、无源滤波器的滤波特性，并初步分析两种特性的不同		√				√	
备注	B 具有验证、综合和设计性实验								

2. 所需实验设备

虽然实验内容和要求有所改变，但实验设备是共同的，如表 1.5 所示。

表 1.5 《电路分析基础》实验设备表

序号	实 验 项 目	实 验 设 备
1	电工仪表的使用及元件伏安特性的测试	电路分析实验箱、直流稳压电源、电压表、直流毫安表
2	戴维南定理和叠加定理的验证	电路分析实验箱、直流稳压电源、电压表、直流毫安表
3	RL 串联电路及其功率因数的提高	电路分析实验箱、直流稳压电源、数字电压表、直流毫安表、功率表
4	一阶、二阶动态电路分析	电路分析实验箱、方波发生器、数字电压表、双踪示波器
5	运算放大器和受控源的研究	电路分析实验箱、信号发生器、数字电压表
6	RLC 串联电路的频率特性及其测定	电路分析实验箱、信号发生器、数字电压表、交流毫伏表、双踪示波器、数字频率计、数字电感表
7	三相电路工作状态的研究	电路分析实验箱、信号发生器、数字电压表、交流毫伏表、指针式万用表、数字电感表
8	有源滤波器特性分析	电路分析实验箱、信号发生器、数字电压表、交流毫伏表

1.2.2 模拟电子电路实验室

1. 实验内容和性质

模拟电子电路实验也是专业技术基础实验，其典型实验项目如表 1.6 所示。

表 1.6 《模拟电子电路》实验大纲

系（院）	电子与计算机系		实验室（中心）	模拟电子电路实验室					
课程类别	专业基础课	课程代码		实验学时		16			
面向专业	通信工程、电子信息、计算机应用								
序号	实验项目	实验内容提要	实验性质					要求	
			验	综	设	创	演	必	选
			证	合	计	新	示	做	做
1	单管放大电路	调整和测量放大电路静态工作点，测量电压放大倍数、输入电阻和输出电阻		√				√	
2	RC 耦合两级放大电路	RC 耦合两级放大电路的安装和调试，多级放大电路放大倍数的测量		√				√	
3	差动放大电路的研究	差动放大电路的调整和测试，分析差动电路对共模信号的抑制作用		√				√	
4	OTL 功率放大电路	OTL 功率放大电路调试，最大输出功率和效率的测试	√					√	
5	负反馈对放大器性能的影响	研究放大器引入负反馈后对放大器性能的影响		√				√	
6	集成运放的应用研究	集成运放的线性和非线性应用研究			√			√	
7	正弦波振荡电路	对正弦波振荡电路进行调试和测试	√					√	
8	单相整流、滤波电路	观察整流前后电压波形，比较三种整流方式的 区别，观察电容滤波作用	√					√	
备注									

2. 所需实验设备

模拟电子电路实验所用设备如表 1.7 所示。

表 1.7 《模拟电子电路》实验设备表

序号	实 验 项 目	实 验 设 备
1	单管放大电路	电子电路实验台、万用表、示波器、晶体管毫伏表
2	RC 耦合两级放大电路	电子电路实验台、万用表、示波器、晶体管毫伏表
3	差动放大电路的研究	电子电路实验台、数字万用表
4	OTL 功率放大电路	电子电路实验台、万用表、示波器、晶体管毫伏表、直流毫伏表
5	负反馈对放大器性能的影响	电子电路实验台、万用表、示波器、晶体管毫伏表
6	集成运放的应用研究	电子电路实验台、万用表、示波器、晶体管毫伏表、双路直流稳压电源
7	正弦波振荡电路	电子电路实验台、万用表、示波器、频率计
8	单相整流、滤波电路	电子电路实验台、万用表、示波器、晶体管毫伏表

1.2.3 数字逻辑电路实验室

1. 实验内容和性质

数字逻辑电路实验与模拟电子技术一样是重要的技术基础实验课程。通过学习，学生应掌握和应用相应理论课程的知识，在实验中验证数字逻辑电路课程中的基本理论，学会测试逻辑功能及掌握数字逻辑电路设计的方法。主要包括：TTL 集成逻辑门的功能与参数测试、组合电路的设计与测试、4 选 1 数据选择器的设计、计数器及其应用、555 时基电路及应用、计时电路设计和电子抢答器设计等验证性、设计性实验。

2. 所需实验设备

数字逻辑电路主要实验项目和设备，如表 1.8 所示。主要有数字电路实验系统、直流稳压电源、万用表、毫安表、电阻、电位计逻辑电平开关、逻辑电平指示器、示波器、函数发生器等设备和仪器。

表 1.8 《数字逻辑电路》主要实验项目和设备表

序号	实 验 项 目	实 验 设 备
1	组合逻辑电路的设计与测试	数字电路实验系统、万用表、示波器
2	译码和显示	数字电路实验系统、万用表、直流稳压电源、逻辑电平开关、逻辑电平指示器
3	数据选择器及其应用	数字电路实验系统、万用表、直流稳压电源
4	触发器的功能测试及相互转换	数字电路实验系统、万用表、直流稳压电源、逻辑电平开关、逻辑电平指示器
5	计数器及其应用	数字电路实验系统、万用表、直流稳压电源、逻辑电平开关、逻辑电平指示器
6	移位寄存器及其应用	数字电路实验系统、万用表、直流稳压电源、逻辑电平开关、逻辑电平指示器
7	555 定时电路及其应用	数字电路实验系统、万用表、直流稳压电源、逻辑电平开关、逻辑电平指示器
8	D/A、A/D 转换器	数字电路实验系统、万用表、直流稳压电源、示波器

从上面分析可以看出，一个传统的电子技术实验室的配置如表 1.9 所示。

表 1.9 常用电子测量仪器与应用

测 量 方 法	测 量 仪 器	主 要 应 用 范 围
时域测量	电子电压表	测量正弦电压或周期性非正弦电压的峰值、有效值、平均值
	电子计数器	测量信号的频率、频率比、周期、时间间隔和累加计数等
	电子示波器	实时测量不同波形信号的电压值、周期、相位、频率、脉冲信号的前沿、脉冲、时间延迟等
	测量用信号源	提供测试用信号，如正弦、脉冲、函数、噪声信号等
频域测量	频率特性测试仪	测量电子线路的幅频特性、带宽、回路的 Q 值等
	频谱分析仪	测量电路的频谱、功率谱等振幅传输特性和相移特性
	网络分析仪	测量网络特性
调制域测量	调制域分析仪	测量调频和调相的线性及失真、脉宽调制信号、锁相环路的捕捉及跟踪等
数据域测量	数字信号发生器	提供串行、并行数据及任意数据流信号
	逻辑分析仪	监测数字系统的软、硬件工作程序
	数据通信分析仪	测量数据通信网和传输设备的误码、延时、告警和频率
随机测量	噪声系数分析仪	测量噪声信号
	电磁干扰测试仪	测量电磁干扰信号