



普通高等学校“十二五”规划教材

主编 隋修武

编著 张宏杰 李阳 牛雪娟 郝涛

测控技术与 仪器创新设计实用教程



国防工业出版社
National Defense Industry Press

普通高等学校“十二五”规划教材

测控技术与仪器创新 设计实用教程

主编 隋修武

编著 张宏杰 李阳 牛雪娟 郝涛

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书比较系统地阐述了测控技术与仪器专业实践能力培养的基本思路和方法,包括测控技术基础篇与综合实践篇。上篇介绍了测控技术与仪器专业实践教学体系、测控系统设计技术基础、调试技术基础及仿真技术基础,这部分是测控技术与仪器专业及其他相近专业进行实践教学的基础知识。下篇通过5个具体的综合性、开放性设计实例,将测控技术与仪器专业的相关知识进行综合应用,可以用作毕业设计、课程设计、科技竞赛及各种科技活动的技能培训。

本书可作为高等学校测控技术与仪器专业及电子信息、自动化、机械电子工程等相关专业的本科(或高职高专)辅导教材,也可作为学生的课外实践指导书,还可作为相关领域的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

测控技术与仪器创新设计实用教程/隋修武主编. —北京:国防工业出版社,2012.6

普通高等学校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-08048-3

I. ①测... II. ①隋... III. ①测量系统-控制系统-高等学校-教材②电子测量设备-高等学校-教材 IV. ①TM93

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第091301号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17 字数 419 千字

2012年6月第1版第1次印刷 印数 1—4000册 定价 33.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

测控技术与仪器专业是我国高等学校仪器仪表类的唯一本科专业,现代仪器技术水平已经成为国家科技水平和综合国力的重要体现。在国民经济运行中,仪器仪表是“倍增器”;在科学研究中,仪器仪表是“先行官”;在军事上,仪器仪表是“战斗力”。测控技术与仪器专业的教学必须坚持“厚基础、宽口径、重实践、高素质”的要求,向复合型、创新型、高层次的方向发展,提高学生的终身学习能力、动手实践能力、应用创新能力,才能满足社会发展的需求。

按测控技术与仪器专业实践教学规律,本书分为测控技术基础篇和测控综合实践篇。

测控技术基础篇通过测控技术与仪器专业概论,指出了实践教学在仪器仪表类人才培养中的重要作用,并立足于测控系统设计的基本方法及调试中常用的软硬件工具,详细介绍了电子元器件、常用电路等测控仪器的设计基础知识;电路的焊接技术、万用表的使用、函数信号发生器的使用、示波器的使用、逻辑分析仪的使用等测控系统的调试技术;Multisim 仿真、Proteus 仿真、Matlab 控制系统仿真技术等。

测控综合实践篇通过对基于 AT89S52 的室内便携式智能空气质量检测仪、基于 HT46RU232 的快速路智能交通控制系统、基于 Mega16 单片机的仿生甲壳虫设计、基于 PLC 的四轴数控加工中心的控制系统、基于 LabVIEW 的直流电机远程控制系统等 5 个测控系统的综合实践课题的详细介绍,将测控系统设计中常用的单片机、PLC 等控制器做了细致的讲解,同时,引入了虚拟仪器技术及测控系统网络化等先进的测控技术及手段。

本书由天津工业大学隋修武高级工程师主编,并负责全书的策划与统稿。来自天津工业大学的一线教师组成了编写组,张宏杰博士编写了第四、五章,郗涛副教授编写了第六章,李阳博士编写了第七章,牛雪娟博士编写了第八章,隋修武编写了其他章节,齐晓光、胡鹏、任大林、李志君、陆彦超等研究生进行了大量的资料整理及编辑工作,北方工业大学的郑勇副教授、长春工业大学的江虹副教授、天津大学的王庆有教授为本书的编写提供了指导和帮助,为提高本书的质量做出了重要贡献,本书的出版是编写组集体智慧的结晶。

由于编者水平有限,又试图在编写教材的指导思想和内容上做出重大改变,本教材必然存在许多不足,甚至错误之处,敬请广大教师和同学们在使用过程中能够给予批评和指导,以利于提高教材质量,我们一起携手将测控技术与仪器专业的实践教学做得更好。

作者

目 录

[上篇 测控技术基础]

第一章 测控技术与仪器专业实践教学	1
1.1 测控技术与仪器专业	1
1.2 测控技术与仪器专业的人才培养体系	2
1.3 测控专业实践教学模式	3
1.3.1 仪器仪表类人才需求的特点	3
1.3.2 科学的实践教学体制	3
1.3.3 阶梯式的应用型创新型人才培养模式	4
1.4 本课程的内容与性质	5
第二章 测控系统设计技术基础	6
2.1 电子元器件基础	6
2.1.1 电阻基础知识及使用技巧	6
2.1.2 电容基础知识及使用技巧	10
2.1.3 电感基础知识及使用技巧	15
2.1.4 晶体二极管	16
2.1.5 三极管基础	21
2.1.6 固态继电器	24
2.1.7 CMOS 与 TTL 集成电路	26
2.2 常用测控电路	29
2.2.1 基本运算放大电路	29
2.2.2 仪用放大电路	31
2.2.3 热电阻接口电路	33
2.2.4 电容传感器接口电路	34
2.2.5 电位器式传感器接口电路	35
2.2.6 差分变压器式传感器接口电路	36
2.2.7 压阻式压力传感器接口电路	37
2.2.8 压电晶体传感器接口电路	38
2.2.9 光电二极管接口电路	38
2.2.10 电压/电流变换电路	39

2.2.11	电流/电压变换电路	42
2.2.12	波形变换电路	43
第三章	测控系统调试技术基础	46
3.1	电路焊接技术	46
3.2	数字万用表的使用	50
3.2.1	面板介绍	50
3.2.2	组成及测量原理	51
3.3	信号发生器的使用	55
3.3.1	工作原理	55
3.3.2	使用方法	56
3.4	示波器的使用	59
3.4.1	TDS 200 系列数字示波器准备	59
3.4.2	基本操作常识	60
3.4.3	进行简单测量	63
3.5	逻辑分析仪的使用	68
3.5.1	LAP - C 型逻辑分析仪功能介绍	70
3.5.2	安装及运行逻辑分析仪程序	71
3.5.3	操作窗口	72
3.5.4	测量建议	78
第四章	测控系统仿真技术	80
4.1	Multisim 仿真技术	80
4.1.1	Multisim 10 软件简介	80
4.1.2	仿真实例	84
4.2	Proteus 仿真技术	86
4.2.1	Proteus 仿真平台简介	86
4.2.2	Proteus 仿真实例	88
4.3	Matlab 控制系统仿真	101
[下篇 测控综合实践]		
第五章	基于 AT89S52 的室内便携式智能空气品质监测仪	109
5.1	空气品质监测仪功能描述	109
5.1.1	总体概述	109
5.1.2	室内空气品质测试指标的选定	109
5.2	总体方案	110
5.2.1	总体方案设计	110

5.2.2	主控芯片的选择	111
5.3	硬件系统工作原理与设计	111
5.3.1	传感器的选用	111
5.3.2	前置放大电路的设计	113
5.3.3	模数转换电路的设计	114
5.3.4	声光报警电路设计	115
5.3.5	液晶显示电路设计	115
5.3.6	复位电路与电源电路设计	116
5.4	室内空气品质监测仪的软件设计	118
5.4.1	软件设计思路	118
5.4.2	软件设计	119
5.5	调试	134
5.5.1	Proteus 软件仿真调试	134
5.5.2	样机调试	136
第六章	基于 LabVIEW 的直流电机远程控制系统	139
6.1	总体方案设计	139
6.1.1	总体概述	139
6.1.2	模块化软件设计	140
6.2	理论分析及设备选型	140
6.2.1	虚拟仪器	140
6.2.2	虚拟仪器的特点	141
6.2.3	硬件平台	141
6.2.4	虚拟仪器的软件结构	142
6.2.5	LabVIEW 简介	142
6.3	直流电机及其驱动	143
6.3.1	直流电机的结构	143
6.3.2	直流电机的基本工作原理	144
6.3.3	直流电机的调速原理	145
6.3.4	直流电机驱动	145
6.4	数据采集模块	146
6.4.1	数据采集理论	146
6.4.2	数据采集卡	147
6.4.3	多功能数据采集模块	148
6.5	双路信号传感器	149
6.6	图像采集模块	150
6.6.1	图像采集概述	150

6.6.2	图像采集过程简述	151
6.7	声音模块	151
6.8	网络通信	152
6.9	PC机	156
6.10	软件系统设计	156
6.10.1	系统登录	156
6.10.2	直流电机转速控制	157
6.10.3	图像采集	160
6.10.4	声音采集	160
6.10.5	历史数据	160
6.10.6	网络通信	162
6.11	程序安装、调试和运行	162
6.11.1	程序的安装	162
6.11.2	现场运行和调试	164
6.12	结论	167
第七章	基于 HT46RU232 的快速路智能交通控制系统	169
7.1	快速路智能交通系统	169
7.1.1	总体概述	169
7.1.2	总体方案	169
7.2	硬件系统设计	172
7.2.1	硬件系统的整体设计	172
7.2.2	单片机最小系统设计	172
7.2.3	串行通信模块设计	173
7.2.4	显示驱动模块设计	175
7.2.5	故障检测模块设计	177
7.2.6	系统复位和状态存储模块设计	178
7.2.7	自动调光模块设计	180
7.3	软件系统设计	184
7.3.1	软件系统总体设计	184
7.3.2	系统初始化模块设计	185
7.3.3	串行通信模块设计	185
7.3.4	解释、执行上位机指令程序设计	189
7.3.5	X5045 系统复位及状态存储模块软件设计	192
7.3.6	TLC1543 A/D 转换模块设计	194
7.3.7	DS18B20 温度检测模块	195
7.3.8	亮度检测和自动调光程序	196

7.3.9	灯板状态故障判断程序	197
7.4	实验调试与结论	197
7.4.1	实验调试工具介绍	197
7.4.2	实验调试步骤	198
第八章	基于 Mega16 单片机的仿生甲壳虫设计	203
8.1	仿生甲壳虫结构描述	203
8.2	电机选型及减速器设计	204
8.2.1	电机选型	204
8.2.2	减速器设计	205
8.3	传感器设计	206
8.3.1	碰撞传感器	207
8.3.2	红外传感器	207
8.3.3	光敏传感器	210
8.3.4	声音传感器	211
8.4	控制系统硬件设计	212
8.4.1	AVR 单片机系统	212
8.4.2	电机驱动	213
8.4.3	扬声器驱动	214
8.4.4	电压转换电路	214
8.4.5	PWM 输出	214
8.4.6	A/D 转换	215
8.5	控制系统的软件设计	216
8.5.1	主程序	216
8.5.2	检测信号处理	218
8.5.3	控制功能程序设计	224
8.6	结论	227
第九章	基于 PLC 的四轴数控加工中心的控制系统	229
9.1	数控加工中心的功能描述	229
9.1.1	总体结构概述	229
9.1.2	主要技术参数	232
9.2	交流变频调速系统	233
9.2.1	主要元器件选型	233
9.2.2	转向控制原理	236
9.2.3	变频调速控制原理	237
9.3	步进电机控制系统	241
9.3.1	主要元器件选型	241

9.3.2	步进电机单轴定位控制	246
9.3.3	步进电动机两轴联动控制	249
9.4	交流伺服电机控制系统	250
9.4.1	主要元器件选型	250
9.4.2	交流伺服电机定位控制	253
9.5	综合控制实验	256
9.5.1	硬件部分设计	256
9.5.2	软件部分设计	256
9.5.3	综合实验	260

上篇 测控技术基础

第一章 测控技术与仪器专业实践教学

1.1 测控技术与仪器专业

仪器科学是一门技术科学，又是一门应用基础科学，它是研究测量与控制的基础原理、方法、手段及其设备的科学，仪器是人类五官功能和生物感官功能的模仿和发展。仪器广泛应用于机械制造、冶金、化工、能源、环保、医疗、国防工业以及科学研究等国计民生各个领域，是进行观察、测量、计算、分析、记录和控制自然现象与生产过程的工具，发展国民经济，发展科学技术以及进行科学实验都离不开仪器。因而仪器科学技术有着十分重要的战略地位。

在国民经济运行中，仪器仪表是“倍增器”，对国民经济有着巨大的辐射作用和影响力。美国商业部国家标准局20世纪90年代发布的调查数据表明，美国仪器仪表产业的产值约占工业总产值的4%，而它拉动的相关经济的产值却达到社会总产值66%，仪器仪表发挥出“四两拨千斤”的巨大倍增作用。

在科学研究中，仪器仪表是“先行官”。离开了科学仪器，一切科学研究都无法进行。在重大科技攻关项目中，几乎一半的人力财力都是用于购置、研究和制作测量与控制的仪器设备。诺贝尔奖设立至今，在物理和化学奖中大约有1/4是属于测试方法和仪器创新的。众多获奖者都是借助于先进仪器的诞生才获得重要的科学发现，甚至许多科学家因为发明科学仪器而获奖。

在军事上，仪器仪表是“战斗力”。仪器仪表的测量控制精度决定了武器系统的打击精度，仪器仪表的测试速度、诊断能力则决定了武器的反应能力。1991年的海湾战争美国使用的精密制导炸弹和导弹只占8%，12年后的伊拉克战争中，美国使用的精密制导炸弹和导弹达到了90%以上，这些先进武器都是靠一系列先进的测量与控制仪器仪表实现功能的。

在当今社会中，现代仪器是“物化法官”。产品质量检查、环境污染监测、食品安全检查、指纹伪钞识别、各类案件侦破、疾病准确诊断等都离不开先进的科学仪器。

总之，现代仪器技术水平已经成为国家科技水平和综合国力的重要体现。中共十六大报告曾指出，要以信息化带动工业化，以工业化促进信息化，走出我国一条新型工业化的道路。而在这个进程中，仪器仪表既肩负着以信息化带动工业化的重任，是改造传统工业的必备手段，又扮演着以工业化促进信息化进一步发展的重要角色，是信息化的重要内容和主要标志。

现代测控技术是建立在电子、通信、计算机、测量及控制等多学科基础上的一门高新技术，是信息科学的重要分支，它与多个信息学科技术紧密结合，正走向微型化、集成化、虚拟化、自动化、智能化、网络化。仪器仪表在国民经济的发展中的地位不断地提高，而且产品门类繁多，覆盖面很广，对国民经济支柱产业和重大装备影响很大，代表行业水平。在863计划，特

别是航天计划等国家科技发展规划中，支持仪器仪表与测量控制的发展也被放到了重要位置。

测控技术与仪器专业(以下简称测控专业)是我国高等学校仪器仪表类的唯一本科专业，是教育部1997年对与测控领域相关的11个专业归成的一个宽口径专业，它包含调整前的11个专业：精密仪器，光学技术与光电仪器，检测技术及仪器仪表，电子仪器及测量技术，几何量计量测试，热工计量测试，力学计量测试，光学计量测试，无线电计量测试，检测技术与精密仪器，测控技术与仪器。近年来，我国设有测控技术与仪器专业的高校数量也有显著增加，目前已达近300多所。其中，具有专业特色及优势的典型代表有天津大学、清华大学、东南大学、重庆大学、电子科技大学、天津工业大学等。

1.2 测控技术与仪器专业的人才培养体系

测控专业的培养目标是德、智、体全面发展，从事信息检测和控制工程领域有关传感技术、工业检测、过程控制、智能仪器、机电一体化等方面的高级工程技术与管理人员。

由于新的测控专业的发展源流情况，各学校原来的相关专业情况不同、服务对象不同，所以现有办学条件、专业规模、教学水平各异。因此，目前各个高校的测控技术与仪器专业的发展途径和专长各不相同，在专业方向、课程设置、实践内容等方面的设置存在着很大差异。如北京航空航天大学偏重于航空领域，长春理工大学偏重于光学领域，成都理工大学偏重于电子技术及核技术，天津工业大学侧重于以先进的测控技术促进纺织机械工业和现代制造业的发展，构建基于现代传感技术、信息处理技术、计算机技术、先进控制技术、网络技术等多学科交叉的通识教育基础上的宽口径专业人才培养模式，形成“设计、制造、检测、控制”四位一体的专业发展战略。

尽管各高校的测控专业在特色上有很大差别，但有着共同的学科基础和知识结构的总构架，培养方案基本坚持“四纵两横”的总体组织结构，如图 1-1 所示。

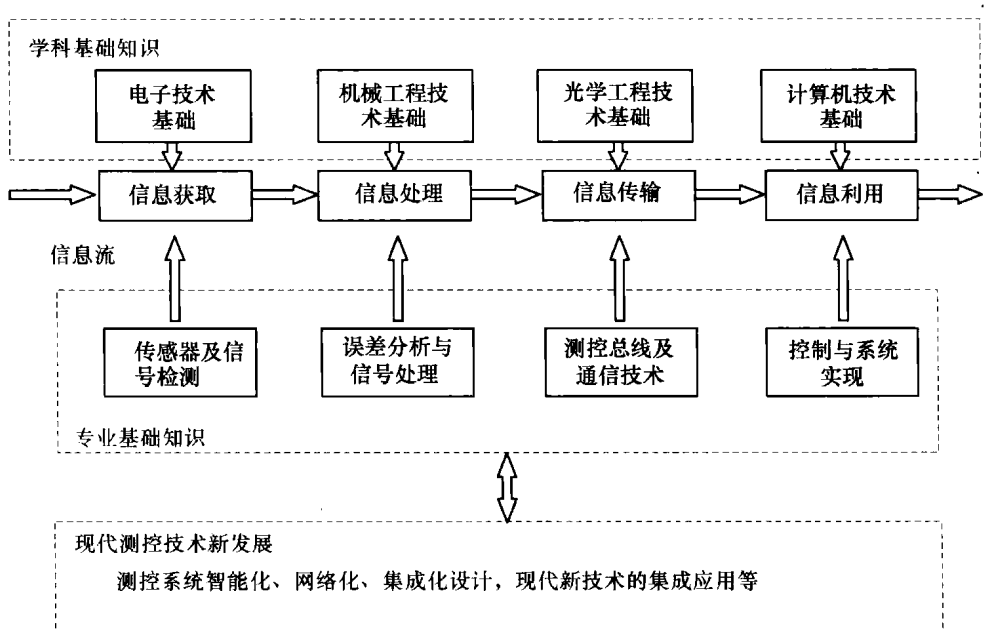


图 1-1 “四纵两横”的课程体系结构

各校都在结合自身的办学特色,采取一系列的措提高专业教学质量,不断优化课程体系结构。一是按照“少而精”的原则设置必修课,确保学生具备扎实的理论基础。二是增加学科前沿讲座,以科研促教学,提高学生获取知识的能力,使学生有能力接触学科发展趋势。三是增加选修课比重,允许学生跨学科选修课程,使学生依托一个专业,着眼于综合性较强的跨学科训练,优化学生的知识结构,发展学生的学习兴趣,使之能学有所长,培养创新的积极性。四是进一步加强实践环节,加强实践教学的体系化建设,强化学生的动手能力和实践技能的培养,引导学生参加科技活动,培养学生的创新毅力和责任心。

1.3 测控专业实践教学模式

1.3.1 仪器仪表类人才需求的特点

仪器仪表类人才需求具有如下特点:

- (1) 知识面宽的复合型人才。
- (2) 知识结构新,具备可持续发展能力的人才。
- (3) 适应性强,转型快,符合市场经济需要的人才。

我国的高等教育担负着培养具有创新精神和创新能力的世纪新型人才的重要使命,但是传统的教学模式存在严重的“重理论、轻实践,重教学、轻实验,重学历、轻能力”的倾向^[1],为此,测控技术与仪器专业的教学必须坚持“厚基础、宽口径、重实践、高素质”的要求,向复合型、创新型、高层次的方向发展,提高学生的终身学习能力、动手实践能力、应用创新能力,才能满足社会发展的需求。国内的各所大学的测控专业均不断推进教学改革,将实践教学放在越来越突出的重要地位。

1.3.2 科学的实践教学体制

测控专业的实践教学必须把增强学生的创新意识和能力放在首位,把以“授业”为主的教学方式转变为引导学生对知识的主动追求,以CDIO(构思、设计、实现、运作)的工程教育理念为指导,激发学生独立思考,让学生感受、理解知识产生和发展的过程,培养学生的科学精神和创新思维习惯。让学生积极参与教学过程,使学生从被动学习转变为主动学习,调动学生学习的自觉性。在教学方式上,着重培养学生获取、运用、创造知识的意识和能力,积极推进课程改革,开设一系列专门课程如测控系统创新设计、科学研究方法论等,积极促进学生科学精神和创新意识的培养。

实践教学在本科生的培养中发挥着极其重要的作用,这一点毋庸置疑。然而要充分发挥这一作用,必须建立起科学的实践教学的体制,将重视实践教学思想和实施实践教学的方法落实到具体行动上。

首先进行实验室的建设,进行硬件资源的配置、整合与拓展,配备保证测控专业进行实践教学的典型实验平台,一般应包括传感技术与网络化实验平台、嵌入式系统及控制技术实验平台、光电检测技术实验平台、虚拟仪器技术与仿真实验平台、测控系统综合实训平台等。在软件建设方面,必须针对本科生培养计划,对全专业范围内的实验课进行统一规划,建立有效的实验课程教学体系;在实验室管理上采取一系列措施以提高实验室的运行效率;鼓励教师进行教改和指导学生实践等。

1.3.3 阶梯式的应用型创新型人才培养模式

要培养出具有测控领域综合应用能力,并具有一定创新能力的应用型专业工程技术人才,必须安排丰富的实践教学环节,制定出科学的人才培养模式。

测控专业的实践教学环节包括以电子工艺实习、金工实习、生产实习、专业实习为主的基础实习,以课程设计和毕业设计为主的设计性实践,以各门理论课教学为依托的课内教学实验,以实验室基础教学为主开设的专业实验等,这些实验对测控专业全体学生实践能力的培养都起到至关重要的作用。

阶梯式的应用型、创新型人才培养模式就是充分应用专业实验室,分阶段地、有针对性地根据培养对象所处阶段不同、知识背景不同,将开放式的人才培养分为阶梯式的三个层次,即基本实践技能的培养、创新思想的初步培育、创新能力的进一步提升。

1) 基本实践技能的培养

针对大一、大二的低年级学生,由于其所学专业比较有限,首先应对其进行基本专业知识的普及教育,通过选修课、课外兴趣小组的方式,简要地介绍测试技术、控制方法、传动原理,避开复杂的理论知识,从应用的角度使学生掌握其基本使用方法,如开设选修课“单片机应用与实践”、“电路设计基础实例”等,讲解单片机的基本资源的使用方法、编程技巧、调试方法,“机器人知识与竞赛”介绍机器人的基本结构、传感器、控制方法等。对学生进行实验室的安全教育,并让学生掌握实验设备和主要工具的使用,如示波器、函数发生器、逻辑分析仪、电烙铁等。

基本素质培养阶段的学生可以从给定的实验列表中选择一些基本实验,比如采用DP51-PRO单片机实验箱可以完成38个自选实验。通过基本实践技能的培养,一方面培养了学生基本的实践知识,另一方面也培养了学习兴趣,为以后的专业课学习做好铺垫。

2) 创新思想的初步培育

针对有一定专业基础知识的高年级学生,如大三、大四学生,充分利用开放实验室的各种资源,对学生进行创新性课程培训,有意识、有目的地培养学生的创新思想。

一方面,学生可以根据自己的兴趣和特长,选择难度大一些的综合性的、创新性的开放型实验,在教师的指导下,独立完成设计,达到期望的实验效果。另一方面,将专业及学科的前沿技术,结合教师的科研成果,以选修课的形式,开设创新性设计课程,讲解科学研究的基本思路、资料检索方法、电路调试与软件设计高级技巧、常用工具软件(如DXP、MATLAB、Multisim等)的使用、常用的机电设备的使用、最新元器件性能和使用方法等。

同时,介绍国内各类机械电子设计大赛的规则和备战方法,如全国大学生机械创新设计大赛、国内国际的机器人比赛、全国大学生电子设计竞赛、IEEE国际电脑鼠走迷宫竞赛等,在本科阶段培养初步的科研意识和创新意识。

3) 创新能力的进一步提升

在广泛培育学生的应用能力、创新能力的基础上,加强对一部分学生的重点培养,促进其创新能力的进一步提升,创新性、开放性实验是这一阶段的主要形式。

创新性、开放性实验以教师的科学研究与国内外大学生的高水平竞赛为切入点,鼓励学生进行科研活动与创新性设计,比如实施科研性质的“大学生创新实验计划”,科技竞赛性质的“飞思卡尔智能车比赛”、“嵌入式应用设计竞赛”、“FPGA应用设计竞赛”、“智能机器人大赛”等各项大赛,开辟第二课堂,培养高水平的课外兴趣小组。

这一层次的实践采取的方式是学生自主选题，在教师的指导下，进行自主设计，来完成一些实际的工作，并且都是要经过方案论证、结构设计、电路设计、软件设计、元器件采购、加工制作、综合调试等各个实践环节，通过适当投入，鼓励学生进行机械电子类的实际制作，形成一批科技成果，从而使一批学生在实践应用能力、创新能力上得到进一步的提升。

确定丰富的实验内容，采取多样的实验方式，改善传统实验模式，是增强工科院校学生实验效果和提高人才培养质量的重要内容。只有进一步推动实验与实践教学向广度和深度又好又快发展，才能真正使实验室成为“支撑教学、拓展实践、培育创新”的重要阵地。

同时，校企合作共同进行专业和课程建设，重构专业和课程建设新理念，构建有特色的人才培养模式，大力推进第二课堂建设，加强实习实训基地建设。特别是最近推出的卓越工程师计划，与国外知名大学进行3+1和2+2的培养模式，充分引入国外大学先进的教学理念和良好的实践教学条件，在测控技术与仪器专业的人才培养模式上进行不断探索。

1.4 本课程的内容与性质

实践教学在测控技术与仪器专业的应用型、创新型人才培养中发挥着重大的作用，很多高校都陆续开设了创新实践训练课程。本课程就是以实践训练作为主线，以培养学生的基本功入手，使学生不再停留在只会查找现成的电路，然后进行组合的简单应用阶段。

上篇为测控技术基础篇，从最基础的电子元器件、典型电子仪器的使用，基本的电子工艺知识，基本的电子线路设计与仿真方法入手，所讲内容不限于前期先修课程，即使是零基础的测控专业学生，对于本篇的内容也能够掌握，而具有一定基础的高年级学生或工程技术人员则会进一步加深理解，此篇可以作为教学内容，也可作为自学内容。

下篇为测控综合实践篇，要求学生具备一定的前期基础，对模拟电路、数字电路、单片机原理、PLC原理、C语言程序设计、传感器技术、测控电路等具有较深入的学习和理解，在较好地掌握测控专业基础知识的基础上，以5个综合设计案例作为线索，将所学知识加以综合应用，此篇的目的是培养学生较高的测控系统的分析设计能力、软硬件调试能力，以及培养学生的科技创新思想。

参考文献:

- [1] 林玉池, 毕玉玲, 马凤鸣, 等. 测控技术与仪器实践能力训练教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [2] 高胜利, 赵方方. 创建机械基础新型实验教学体系的探索[J]. 实验室研究与探索, 25(3), 2006:247-349.
- [3] 隋修武, 杜玉红, 岳建锋, 等. 提高高等院校实验教学效果的新探索[J]. 中国校外教育, 2009, 1: 60.
- [4] 唐英, 孙荣禄, 雷贻文. 关于高校工程训练的思考与实践[J]. 高等教育研究学报, 2008, 31(2):69-71.
- [5] 隋修武, 桑宏强, 李大鹏, 等. 测控技术与仪器专业人才培养模式的新探索. 教育教学论坛, 2011,12:42-43.

第二章 测控系统设计技术基础

【学习目的】

通过本章的学习，掌握测控系统的基本知识和进行系统设计的基本方法，包括常用电子元器件的基础知识及使用技巧，常用测控电路的原理及使用方法。

1. 掌握常用电子元器件如电阻、电容、电感、晶体二极管、晶体三极管、固态继电器的基础知识及使用技巧。
2. 熟悉 CMOS 与 TTL 集成电路的特点及使用注意事项。
3. 掌握常用的运算放大电路的特点及使用方法。
4. 掌握常用的传感器接口电路、热电阻接口电路、电容传感器接口电路、电位式传感器接口电路、差分变压器式传感器接口电路、压阻式压力传感器接口电路、压电晶体传感器接口电路、光电二极管接口电路的原理及使用。
5. 掌握常用的信号转换电路如电压/电流变换电路、电流/电压变换电路、波形变换电路的原理及应用。

2.1 电子元器件基础


2.1.1 电阻基础知识及使用技巧

1. 分类

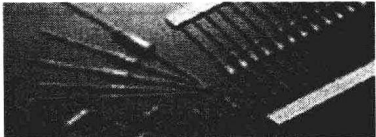


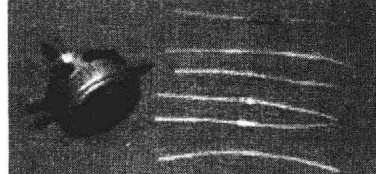
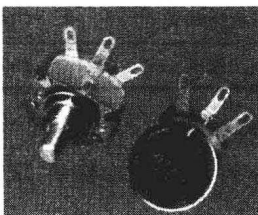
电阻是电路中应用最广泛的一种元件，在电子设备中约占元件总数的 30%以上，其质量的好坏对电路工作的稳定性有极大影响。它的主要用途是稳定和调节电路中的电流和电压，其次还作为分流器、分压器和负载使用。

在电子电路中常用的电阻器有固定式电阻器和电位器，按制作材料和工艺不同，固定式电阻器可分为：膜式电阻(碳膜 RT、金属膜 RJ、合成膜 RH 和氧化膜 RY)、实芯电阻(有机 RS 和无机 RN)、金属线绕电阻(RX)、特殊电阻(MG 型光敏电阻、MF 型热敏电阻)四种。常用电阻的结构和特点见表 2-1。

表 2-1 常用电阻的结构和特点

电阻种类	电阻结构 and 特点	实物图片
碳膜电阻	气态碳氢化合物在高温和真空中分解，碳沉积在瓷棒或者瓷管上，形成一层结晶碳膜。改变碳膜厚度和用刻槽的方法变更碳膜的长度，可以得到不同的阻值。碳膜电阻成本较低，性能一般	

(续)

电阻种类	电阻结构和特点	实物图片
金属膜电阻	在真空中加热合金，合金蒸发，使瓷棒表面形成一层导电金属膜。刻槽和改变金属膜厚度可以控制阻值。这种电阻和碳膜电阻相比，体积小、噪声低、稳定性好，但成本较高	
碳质电阻	把碳黑、树脂、粘土等混合物压制后经过热处理制成。在电阻上用色环表示它的阻值。这种电阻成本低，阻值范围宽，但性能差，很少采用	
线绕电阻	用康铜或者镍铬合金电阻丝，在陶瓷骨架上绕制成。这种电阻分固定和可变两种。它的特点是工作稳定，耐热性能好，误差范围小，适用于大功率的场合，额定功率一般在1W以上	
碳膜电位器	它的电阻体是在马蹄形的纸胶板上涂上一层碳膜制成。它的阻值变化和中间触头位置的关系有直线式、对数式和指数式三种。碳膜电位器有大型、小型、微型几种，有的和开关一起组成带开关电位器。还有一种直滑式碳膜电位器，它是靠滑动杆在碳膜上滑动来改变阻值的。这种电位器调节方便	
线绕电位器	用电阻丝在环状骨架上绕制成。它的特点是阻值范围小，功率较大	

2. 电阻的主要性能指标

1) 额定功率

在规定的环境温度和湿度下，假定周围空气不流通，在长期连续负载而不损坏或基本不改变性能的情况下，电阻器上允许消耗的最大功率。为保证安全使用，一般选其额定功率比它在电路中消耗的功率高1~2倍。额定功率分19个等级，常用的有0.05W、0.125W、0.25W、0.5W、1W、2W、3W、5W、7W、10W，在电路图中非线绕电阻器额定功率的符号表示如图2-1所示。

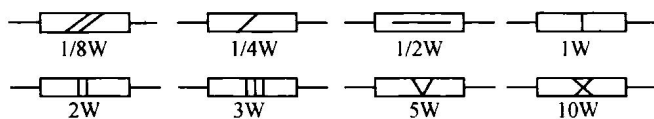


图 2-1 电阻的额定功率符号

2) 标称阻值

即产品上标示的阻值，其单位为欧(Ω)，千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$)，标称阻值都应符合表 2-2