



21世纪 高等职业教育通用教材

电气智能 综合实训



3

● 林知秋 丁向荣 主编

上海交通大学出版社

21 世纪高等职业教育通用教材

电气智能综合实训

主 编 林知秋 丁向荣

上海 交通 大学 出版 社

图书在版编目(CIP)数据

电气智能综合实训/林知秋,丁向荣主编. —上海:
上海交通大学出版社,2004
21世纪高等职业教育通用教材
ISBN7-313-03738-4

I. 电... II. ①林...②丁... III. 电子电路—
高等学校:技术学校—教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 046741 号

电气智能综合实训

林知秋 丁向荣 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路877号 邮政编码200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市文化印刷有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:30.25 字数:737千字

2004年7月第1版 2004年8月第2次印刷

印数:2 101-4 150

ISBN7-313-03738-4/TN·102 定价:39.00元

版权所有 侵权必究

21 世纪高等职业教育通用教材

编审委员会

主任名单

(以姓氏笔划为序)

编审委员会顾问

叶春生 詹平华

编审委员会名誉主任

李 进 李宗尧

编审委员会主任

闵光太 潘立本

编审委员会常务副主任

东鲁红

编审委员会副主任

孔宪思 王俊堂 王继东 白玉江

冯拾松 匡亦珍 朱懿心 吴惠荣

李 光 李坚利 陈 礼 赵祥大

洪申我 饶文涛 秦士嘉 黄 斌

董 刚 薛志信

序

发展高等职业教育,是实施科教兴国战略、贯彻《高等教育法》与《职业教育法》、实现《中国教育改革与发展纲要》及其《实施意见》所确定的目标和任务的重要环节;也是建立健全职业教育体系、调整高等教育结构的重要举措。

近年来,年轻的高等职业教育以自己鲜明的特色,独树一帜,打破了高等教育界传统大学一统天下的局面,在适应现代社会人才的多样化需求、实施高等教育大众化等方面,做出了重大贡献。从而在世界范围内日益受到重视,得到迅速发展。

我国改革开放不久,从1980年开始,在一些经济发展较快的中心城市就先后开办了一批职业大学。1985年,中共中央、国务院在关于教育体制改革的决定中提出,要建立从初级到高级的职业教育体系,并与普通教育相沟通。1996年《中华人民共和国职业教育法》的颁布,从法律上规定了高等职业教育的地位和作用。目前,我国高等职业教育的发展与改革正面临着很好的形势和机遇:职业大学、高等专科学校和成人高校正在积极发展专科层次的高等职业教育;部分民办高校也在试办高等职业教育;一些本科院校也建立了高等职业技术学院,为发展本科层次的高等职业教育进行探索。国家学位委员会1997年会议决定,设立工程硕士、医疗专业硕士、教育专业硕士等学位,并指出,上述学位与工程学硕士、医学科学硕士、教育学硕士等学位是不同类型的同一层次。这就为培养更高层次的一线岗位人才开了先河。

高等职业教育本身具有鲜明的职业特征,这就要求我们在改革课程体系的基础上,认真研究和改革课程教学内容及教学方法,努力加强教材建设。但迄今为止,符合职业特点和需求的教材却还不多。由泰州职业技术学院、上海第二工业大学、金陵职业大学、扬州职业大学、彭城职业大学、沙洲职业工学院、上海交通高等职业技术学校、上海交通大学技术学院、上海汽车工业总公司职工大学、立信会计高等专科学校、江阴职工大学、江南学院、常州技术师范学院、苏州职业大学、锡山职业教育中心、上海商业职业技术学院、潍坊学院、上海工程技术大学等百余所院校长期从事高等职业教育、有丰富教学经验的资深教师共同编写的《21世纪高等职业教育通用教材》,将由上海交通大学出版社等陆续向读者朋友推出,这是一件值得庆贺的大好事,在此,我们表示衷心的祝贺。并向参加编写的全体教师表示敬意。

高职教育的教材面广量大,花色品种甚多,是一项浩繁而艰巨的工程,除了高职院校和出版社的继续努力外,还要靠国家教育部和省(市)教委加强领导,并设立高等职业教育教材基金,以资助教材编写工作,促进高职教育的发展和改革。高职教育以培养一线人才岗位与岗位群能力为中心,理论教学与实践训练并重,二者密切结合。我们在这方面的改革实践还不充分。在肯定现已编写的高职教材所取得的成绩的同时,有关学校和教师要结合各校的实际情况和实训计划,加以灵活运用,并随着教学改革的深入,进行必要的充实、修改,使之日臻完善。

阳春三月,莺歌燕舞,百花齐放,愿我国高等职业教育及其教材建设如春天里的花园,群芳争妍,为我国的经济建设和社会发展作出应有的贡献!

叶春生

前 言

众所周知,我国正在迅速成为全球最重要的制造业基地之一,制造业迎来了历史上最好的、蓬勃发展的崭新时期。企业的升级、改造与信息化建设如火如荼,急需大量的电气智能应用型人才。为使高职教育适应制造业飞速发展的新形势,进一步深化教学改革,培养电气智能高级应用型人才,服务现代“中国制造”,实训教材的改革势在必行。

本书是高职高专电气类(电子、通信、机电一体化、自动化等)专业的综合性实训教材,它以计算机辅助设计、电子设计自动化为主线,充分利用计算机资源,针对主干课程的专业技能要求和生产一线的需要进行训练,培养学生的实践技能,提高技术应用能力与创新能力,实现教学与生产的良好连接。教材内容包括了电子测量、电子设计自动化、电路仿真、单片机、可编程序控制器、传感器技术、信号与系统、通信原理等相关课程的实验和实训的基本内容,并力求突出重点,内容简洁,体现了高职教育的应用性、针对性、岗位性和专业性的特点。

全书分为三篇共 19 章,具体内容为:

基础篇:介绍了常用电子测量仪器的使用方法、电子工作平台(EWB)、电路设计与制板(Protel 99)、单片机编程与应用、可编程序控制器编程与应用、可编程逻辑器件编程与应用等基本知识。

实验篇:提供了大量的电子、电路仿真实验、电路设计与制板实验、单片机实验、可编程序控制器实验、可编程器件的应用(EDA 技术/电子设计)实验、电子测量与仪器实验、信号与系统实验、通信原理实验、传感器与检测技术实验等实验项目,旨在对所学理论知识进行实验验证及实验技能训练。

实训篇:结合制造业生产实际,精选实训项目,旨在对学生进行系统的实践训练,培养技术应用能力与创新能力。

本书第 2 章及第 8 章中的插图均为 Electronics Workbench 软件所绘制,其中电路元器件等符号采用的是北美(ANSI)标准,而非我国国标。为了便于学习和使用该软件,保留了软件中的符号,特此说明。

本书可与相关课程理论教材配套使用,也可单独使用。在教学过程中,建议将基础篇的内容穿插在相关的实验或实训项目中完成,实验项目可根据教学基本要求和学时数进行安排;在教师的指导下,以学生独立完成实训项目为主。不同专业可根据教学要求、设备条件及学时数选讲、选做或自学。

本书为高职电气类专业教材,也可作为高等专科学校电气类专业及成人教育相关专业使用,并可供有关工程技术人员参考。

参加本书编写工作的有林知秋(第 1、7、15 章)、丁向荣(第 2、4、5、6、8、10、11、12、17、18、

19 章)、李微波(第 3、9、14、16 章)、黎小桃(第 13 章)等,由江西应用技术职业学院林知秋、丁向荣任主编。本书由北京工业大学孙丽君副教授主审,并提出了许多修改意见,在此向参加审稿的诸位老师表示衷心的感谢。

限于编者的水平,书中错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2004 年 2 月 28 日

目 录

知识篇

1 常用电子测量仪器的使用方法	3
1.1 概述	3
1.2 电压表	8
1.3 信号发生器.....	14
1.4 数字式频率计.....	21
1.5 示波器.....	24
1.6 频率特性测试仪.....	28
2 电子工作平台(EWB)	33
2.1 EWB 概述	33
2.2 EWB 的元器件	39
2.3 EWB 的仪器	43
2.4 EWB 的基本操作	54
2.5 EWB 的分析方法	58
3 电路设计与制板(Protel 99)	78
3.1 概述.....	78
3.2 原理图元件库的编辑.....	80
3.3 原理图的设计.....	82
3.4 报表的产生.....	88
3.5 PCB 元件库的编辑	89
3.6 印制电路板(PCB)图的设计	90
4 单片机编程与应用	98
4.1 概述.....	98
4.2 AT89 系列单片机结构	101
4.3 I/O 接口电路	106
4.4 指令系统	111
4.5 单片机编程与应用	115

5	可编程序控制器的编程与应用	122
5.1	概述	122
5.2	FPI 系列 PLC 规格与系统组成	127
5.3	指令系统	131
5.4	PLC 编程方法	138
5.5	编程软件 FPWIN GR	143
6	可编程逻辑器件的编程与应用	154
6.1	概述	154
6.2	FPGA/CPLD 开发流程	157
6.3	MAX+plus II 开发集成环境	165
6.4	原理图输入设计方法	166
6.5	VHDL 文本输入设计方法	176

实验篇

7	电子测量与仪器实验	183
7.1	常用电子测量仪器的使用练习	183
7.2	直流稳压电源的输出指示准确度和纹波系数的测量	185
7.3	示波器的应用	187
7.4	典型电压波形的观测与分析	188
7.5	放大器的增益、幅频特性曲线的测量	191
7.6	Q 表的使用	193
7.7	频率特性测试仪的使用	196
8	电子、电路仿真实验	200
8.1	基本电路仿真	200
8.2	模拟电路仿真	210
8.3	数字电路仿真	222
9	电路设计与制板实验	241
9.1	各种编辑器的启动及使用	241
9.2	原理图(SCH)设计系统	241
9.3	原理图库元件的创建及管理	242
9.4	绘制电路原理图	243
9.5	绘制层次电路原理图	244
9.6	常用工具的使用	246

9.7	各种报表的产生及电气法则测试	249
9.8	印制电路板(PCB)设计系统	250
9.9	PCB库元件的创建	250
9.10	单面板的设计	251
9.11	双面板的设计	252
10	单片机基础实验	253
10.1	单片机开发实验系统及其仿真软件的使用	253
10.2	数据传送	254
10.3	多精度加法	255
10.4	数组排序	257
10.5	多分支程序	259
10.6	脉冲计数(定时/计数器实验)	261
10.7	脉冲计数/秒(定时/计数器综合实验)	265
10.8	I/O接口实验	269
10.9	A/D与D/A转换	272
10.10	程序固化	278
11	可编程序控制器实验	280
11.1	PLC实验系统与编程软件的使用	280
11.2	逻辑指令	281
11.3	自保、互锁、联锁控制	282
11.4	定时控制	284
11.5	计数控制	285
11.6	数值运算	287
11.7	抢答器	288
11.8	多地点控制	290
11.9	闪烁控制	292
11.10	星/三角启动与电机正反转	294
12	EDA技术/电子设计实验	296
12.1	GAL器件的应用	296
12.2	GW48 EDA教学实验系统及MAX+plus II软件的使用	297
12.3	1位全加器原理图输入设计	298
12.4	1位全加器VHDL文本输入设计	299
12.5	含异步清零和同步使能的4位加法计数器	301
12.6	7段数码显示译码器设计	302
12.7	数控分频器设计	304
12.8	用状态机实现序列检测器的设计	306

13	信号与系统实验	309
13.1	认识实验	309
13.2	一阶系统的时域响应及参数测定	311
13.3	二阶系统的阶跃响应	312
13.4	信号的采样与恢复	314
13.5	非正弦周期信号的分解与合成	316
13.6	无源和有源滤波器的特性	318
13.7	典型环节频率特性的测试	321
13.8	线性系统频率特性的测试	324
13.9	二阶网络状态轨迹的显示	327
14	通信原理实验	330
14.1	通信原理多种信号的产生	331
14.2	中央集中控制器系统单元实验	333
14.3	通信话路终端语音信号传输实验	335
14.4	脉冲幅度调制(PAM)及系统实验	337
14.5	脉冲编码调制(PCM)及系统实验	339
14.6	增量调制 CVSD(Δ M)编码系统实验	341
14.7	增量调制 CVSC(Δ M)译码系统实验	343
14.8	基本锁相环、锁相式数字频率合成器系统实验	346
14.9	二相 BPSK(DPSK)调制实验	348
14.10	二相(PSK,DPSK)调制器(含载波提取)实验	351
14.11	数字同步技术	352
14.12	FSK 调制解调实验	354
14.13	AMI/HDB ₃ 编译码过程实验	356
14.14	通信系统综合实验	357
15	传感与检测技术实验	362
15.1	电桥变换电路	364
15.2	移相器实验	366
15.3	相敏检波器实验	366
15.4	温度传感器实验	368
15.5	差动变压器传感器实验	370
15.6	差动变面积式电容传感器实验	372
15.7	压阻式压力传感器实验	373
15.8	磁电式传感器实验	375
15.9	电涡流传感器实验	376
15.10	霍尔式传感器实验	377

15.11	压电传感器实验	379
15.12	热电偶实验	380

实训篇

16	电路设计与制板	385
16.1	智能编码遥控照明控制系统	385
16.2	智能抢答、表决、计时电路	385
17	单片机编程与应用实训	389
17.1	电脑时钟程序的分析与应用	389
17.2	智能编码遥控照明系统控制程序的编制、调试与运行	392
17.3	智能抢答、表决、计时电路的编制、调试与运行	394
17.4	汽车转弯信号灯控制系统的开发	396
18	可编程序控制器应用实训	406
18.1	传统电气控制系统的改造	406
18.2	交通信号灯控制	407
18.3	电梯控制	409
18.4	C620 车床仿真	411
18.5	机械手控制程序	414
19	EDA 技术/电子设计实践	417
19.1	波形发生与扫频信号发生器电路设计	417
19.2	等精度频率计设计	421
附录 1	XK-2001 型电气智能实验教学系统	428
附录 2	DICE-5103S 单片机开发实验系统	434
附录 3	GW48 教学实验系统	446

知 识 篇

1 常用电子测量仪器的使用方法

1.1 概述

1.1.1 电子测量的基本知识

1.1.1.1 电子测量

测量是为确定被测对象的量值而进行的实验过程。在这个过程中,人们借助专门的设备,把被测对象直接或间接地与同类已知单位进行比较,取得用数值和单位共同表示的测量结果。

电子测量是测量学的一个重要分支。从广义上讲,凡是利用电子技术进行的测量都可以说是电子测量;从狭义上讲,电子测量是指在电子学中测量有关电的量值。由此可见电子测量的内容是相当广泛的,即使是在狭义电子测量的范围内,它所涉及的内容通常也应包含以下几个方面:

- (1) 电能量的测量。如电压、电流、电功率等的测量。
- (2) 元件和电路参数的测量。如电阻、电容、电感、阻抗、品质因数、电子器件的参数等的测量。
- (3) 电信号的特性的测量。如信号的波形和失真度、频率、相位、调制度等的测量。
- (4) 电子电路性能的测量。如放大倍数、衰减量、灵敏度、噪声指数等的测量。
- (5) 特性曲线显示。如幅频特性、器件特性曲线的测量显示等。

在上述各种参数中,电压、频率、时间、阻抗等是基本电参数,对它们的测量是其他许多派生参数测量的基础。

与其他测量相比,电子测量具有以下几个明显的特点:

(1) 测量频率范围极宽。低频除测直流外可低至 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ Hz,高频可至 10^{12} Hz。在不同的频率范围内,电子测量所依据的原理、使用的测量仪器、采用的测量方法也各不相同。例如,供测量用的信号源就分为低频、音频、高频、超高频等多种信号发生器。

(2) 电子测量仪器的量程很广。量程是仪器所能测试各种参数的范围。由于被测对象的大小相差极大,因而要求测量仪器的量程也极宽。例如,一块数字电压表可以测出纳伏级至千伏级的电压,量程达 11 个数量级。

(3) 电子测量的准确度高。电子仪器的准确度比其他测量仪器高很多,尤其是对频率、时

间和电压的测量。由于采用原子频标和原子秒作为基准,使时间的测量误差减小到 $10^{-13} \sim 10^{-14}$ 量级,这是人类在测量准确度方面所能达到的最高标准。用标准电池作基准可使电压的测量误差减小到 10^{-6} 量级。正是由于电子测量能够准确地测量频率和电压,因此人们往往把其他参数转换成频率或电压后再进行测量。

(4) 测量速度快。电子测量由于是通过电子运动和电磁波的传播来进行工作的,因此它具有其他测量方法通常无法类比的速度。

(5) 易于实现遥测和长期不间断的测量。通过各种类型的传感器,可以实现对人体不便于接触或无法到达的区域进行遥测,而且也可以在被测对象正常工作的情况下进行长期不间断的测量。

(6) 易于实现测量过程的自动化和测量仪器的微机化。由于电子测量的测量结果和它所需要的控制信号都是电信号,非常有利于直接或通过 A/D 变换与计算机相连接,实现自动记录、数据运算和分析处理,做成各种自动化仪器或自动测试系统。

电子测量已成为一项与现代科学技术紧密相关、发展迅速、应用广泛、对现代科学技术的发展起着重大推动作用的技术。

1.1.1.2 电子测量仪器

用于检测或测量一个量或为测量目的供给一个量的器具称为测量仪器,包括各种指示仪器、比较式仪器、记录式仪器、信号源、稳定电源和传感器等。利用电子技术测量电或非电量的测量仪器称为电子测量仪器。

电子测量仪器种类繁多,一般可分为专用仪器和通用仪器两大类。前者是指为某一个或几个专门目的而设计的电子测量仪器,如电视彩色信号发生器。后者是指为测量某一个或几个电参数而设计的电子测量仪器,它们能用于多种电子测量,如电子示波器。

(1) 分类。通用电子测量仪器按其功能可分为以下几类:

① 信号发生器。用于提供测量所示的各种波形的信号,如低频、高频信号源,函数信号发生器及噪声信号发生器等。

② 信号分析仪器。用来观测、分析和记录各种电量的变化,包括时域、频域和数字域分析仪,如示波器、波形分析仪、频谱仪和逻辑分析仪等。

③ 频率、时间和相位测量仪器。用来测量电信号的频率、时间间隔和相位,如频率计、波长表、相位计等。

④ 网络特性测量仪器。用来测量电气网络的各种特性,如频率特性测试仪(扫频仪)、阻抗测试仪和网络特性分析仪等。

⑤ 电子元器件测试仪器。用来测量各种电子元器件的各种电参数或显示特性曲线等,如电路元器件测试仪(RLC 测试仪)、晶体管特性图示仪、集成电路测试仪等。

⑥ 电波特性测试仪器。用来对电波传播、电磁场强度、干扰强度等参量进行测量,如测试接收机等。

⑦ 辅助仪器。用于配合上述各种仪器对信号进行放大、检波、隔离、衰减等以便使上述仪器更充分地发挥作用,如放大器、衰减器、检波器、滤波器和各种交直流电源等。

通用仪器按显示方式分,又可分为模拟式和数字式两大类。前者主要是用指针方式直接将测量结果在标度尺上指示出来,如各种模拟式万用表和电子电压表等。后者是将被测的连

续变化的模拟量转换成数字量之后,以数字方式显示测量结果,以达到直观、准确、快速的效果,如各种数字电压表、数字频率计等。

电子测量仪器的种类繁多,用途也各不相同,在测量中应合理选择使用。

(2) 使用前的注意事项:

① 使用前应仔细阅读技术说明书或仪器使用说明,在了解仪器的基本性能、使用方法基础上才可开机使用。

② 接通电源前,检查测量装置的接线是否正确;仪器的量程、频段、衰减、输出等旋钮是否有松脱、错位等现象。

③ 仪器使用前的充分预热。

④ 对于表针指示的仪器,应在接通电源前进行机械调零。观察指针是否指零或规定值,如有差异,可用旋具轻轻旋转机械调零旋钮,使表针正确指示。机械调零以后可进行电气调零,在仪器通电并充分预热后,将仪器的输入端短路,调节仪器使其读数指示零或规定值。

⑤ 对于具有内部校准装置的仪器,使用前要正确校准。

⑥ 电子仪器要求注意防尘、防潮、防腐和防振动等方面的日常维护。

1.1.1.3 电子测量方法

一个电量的测量可以通过不同的方法来实现,测量方法的分类形式有多种。下面介绍几种常见的分类方法。

(1) 按测量手段分类:

① 直接测量。可直接获取被测量值的测量方法,例如用电压表测量电压,用电桥法测量电阻的阻值,用电子计数器测量频率等。

② 间接测量。凡是利用直接测量的量与被测量之间的函数关系(公式、曲线或表格等),通过计算而得到被测量值的测量方法。例如要测量电阻 R 上消耗的直流功率 P ,可以通过直接测量 R 两端电压 U 、电路中电流 I ,再根据函数关系 $P=UI$,间接获得功率 P 。

③ 组合测量。当某被测量与几个未知量有关,通过改变测量条件进行多次测量,根据被测量与未知量的函数关系列方程组并求解,从而得到未知量的测量方法。它是一种兼用直接测量和间接测量的方法。

(2) 按测量性质分类:

① 时域测量。时域测量是指以时间为函数的量(例如随时间变化的电压、电流等)的测量。这些量的稳态值、有效值大多用仪器仪表直接测量;它们的瞬态值可通过示波器等仪器显示其波形,以便观测其随时间变化的规律。

② 频域测量。频域测量是指以频率为函数的量(例如随频率变化的电路的增益、相位移等)的测量。这些量可通过分析电路的频率特性或频谱特性等方法进行测量。

③ 数据域测量。数据域测量是指对数字量进行的测量。例如,用具有多个输入通道的逻辑分析仪,可以同时观测许多单次并行的数据;对于微处理器地址线、数据线上的信号,既可显示时序波形,也可用“1”、“0”显示其逻辑状态。

④ 随机测量。这是目前较新的测量技术,例如对各类噪声、干扰信号等的测量均属于随机测量。

除了上述几种常见分类方法外,电子测量技术还有许多其他的分类方法,比如动态与静态