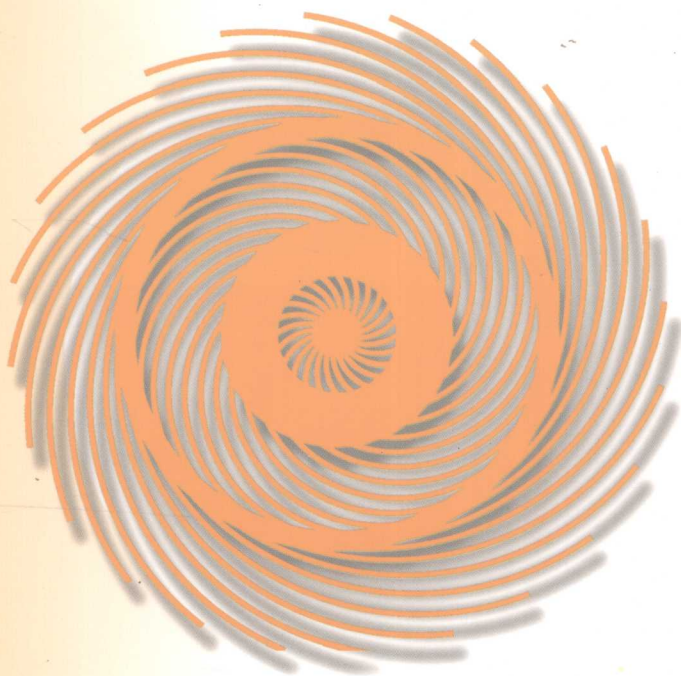


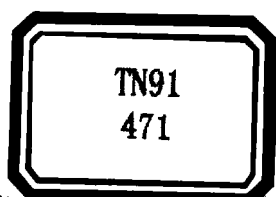
阎照文 常 青 王 俊 编 著
全绍辉 郑 铮 杨昕欣



高等学校研究生教材

电子信息技术 综合实验原理与方法

 北京航空航天大学出版社



高等学校研究生教材

电子信息技术 综合实验原理与方法

阎照文 常 青 王 俊 编著
全绍辉 郑 铮 杨昕欣

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书涉及通信与信息技术公共实验 6 个方向的学科实验平台,即无线通信实验平台、DSP 实验平台、嵌入式系统实验平台、电磁波实验平台、电磁兼容实验平台以及光通信实验平台。每个平台的实验设为 3 个层次:认知性实验、综合性实验和开放性实验。认知性实验为本科教学实验,本科是阶段未做过此部分实验的研究生需补修的实验;综合性实验由 6 个平台的实验组成;开放性实验是根据学科的需要而选择的实验项目。

本书可作为电子信息类专业的研究生实验教材,也作为非电子信息类研究生的实验参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子信息技术综合实验原理与方法/阎照文等编著.

—北京:北京航空航天大学出版社,2008.9

ISBN 978-7-81124-365-9

I. 电… II. 阎… III. ①通信技术—实验—研究生—教学参考资料②电子技术—实验—研究生—教学参考资料
IV. TN91 TN01-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 142979 号

电子信息技术综合实验原理与方法

阎照文 常 青 王 俊 编 著
全绍辉 郑 铮 杨昕欣
责任编辑 史海文 杨 波

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

www.buaapress.com.cn E-mail:bhpress@263.net

北京市媛明印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:21 字数:538 千字

2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-81124-365-9 定价:36.00 元

前 言

为了拓宽研究生的专业知识,加强研究生动手能力的培养,北京航空航天大学利用“985”(I期)建设资金和教学实验条件建设资金,共投资400余万元建设了研究生通信与信息技术公共实验中心,面向全校研究生开设了通信与信息技术综合实验和通信与信息技术开放实验,为学校研究生特别是电子信息类研究生提供了创新实验的环境,为学校和社会提供了培养高素质人才的基地。

通信与信息技术公共实验中心选择了6个方向作为建设平台,即无线通信实验平台、DSP实验平台、嵌入式系统实验平台、电磁波实验平台、电磁兼容实验平台以及光通信实验平台。这6个平台反映了当今电子信息学科最核心的基础知识和发展方向。每个平台的实验内容设为3个层次:认知性实验、综合性实验及开放性实验。认知性实验已在电子信息工程学院本科教学实验中安排,对于在本科阶段未完成此部分实验的研究生,需要补修此部分实验。综合性实验共计36学时,由6个平台的实验组成,每个平台6个学时。综合性实验是电子信息类研究生的必修实验环节,其他专业研究生的选修实验环节。开放性实验是在教师的指导下,根据学科的需要从所开设的开放性实验项目中选择18个学时的实验项目。开放性实验是电子信息类研究生的选修实验环节,暂不对非电子信息类研究生开放。

为了使研究生尽快掌握实验所涉及的各学科基础知识、实验原理和方法,特编写了本教材。本教材的特点是:按照平台分类编写,每个平台首先介绍与本实验相关的基础理论知识,然后介绍实验原理和方法,对于本科期间没有学过相关知识的研究生,通过学习本教材也可以达到完成实验的目的。本教材试图将理论知识和实验内容结合起来介绍,给出一个总的实验基本思路和框架,而不是一般的实验指导书,不作具体实验步骤介绍,因此在使用时需要与实验指导书结合起来。本教材也可作为非电子信息类研究生了解电子类学科相关专业知识和实验内容的参考书。

教材中所介绍的实验都经过了三届研究生的实际使用,实验内容正确,具有可重复性和可操作性。本教材作者都是各个实验平台建设的负责人,也是实验的具体指导教师,因此可以使本教材的质量得到保证。

本教材的作者分工如下:常青副教授编写无线通信实验部分;王俊副教授编写DSP实验部分;杨昕欣博士编写嵌入式实验部分;全绍辉副教授编写电磁波实验部分;阎照文副教授编写电磁兼容实验部分;郑铮教授编写光通信实验部分。全书由阎照文副教授兼任主编,并统编全书。此外,修春娣博士参与了无线通信

实验原理与方法的编写;赵刚博士参与了嵌入式实验原理与方法的编写;闫娟娟副教授参与了光通信实验原理与方法的编写,在此向他们表示感谢。

本教材的出版得到了北京航空航天大学教务处的支持,也得到了北京航空航天大学电子信息工程学院党委书记王祖林教授、院长张军教授、副院长苏东林教授以及张有光教授的关心和支持,在此表示感谢。

由于时间仓促,水平有限,不足之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

2008年4月于北京航空航天大学

目 录

绪 论

0.1 研究生实验平台的建设内容	1
0.2 研究生实验课的教学管理方法	2
0.3 研究生实验课的成绩考核方法	3
0.4 研究生实验课的教材建设	4

第一篇 无线通信实验原理与方法

第1章 无线通信原理

1.1 概 述	7
1.1.1 无线通信时代的到来	7
1.1.2 无线通信系统组成	7
1.2 移动无线信道	8
1.2.1 移动无线信道对传输信号的影响	8
1.2.2 无线信道多径效应	9
1.2.3 多径信道模型	11
1.3 多址技术与扩频通信	12
1.3.1 多址技术	12
1.3.2 扩频通信	14
1.4 信源编码	15
1.4.1 矢量量化编码	15
1.4.2 线性预测编码	16
1.4.3 变换编码	16
1.5 信道编码与交织	17
1.5.1 分组码	17
1.5.2 卷积码	18
1.5.3 交 织	19
1.6 数字调制	20
1.6.1 线性调制技术	20
1.6.2 恒包络调制技术	21
1.6.3 正交幅度调制技术	22
1.7 均衡与分集	23
1.7.1 均衡技术	23
1.7.2 分集技术	27
思考题	30

第2章 无线通信实验设备

2.1 实验系统概述	31
2.2 通信终端平台	31
2.2.1 电路组成及功能	31
2.2.2 用户界面使用	33
2.3 通信信道平台	34
2.3.1 电路组成及功能	34
2.3.2 用户界面使用	36
2.4 信道仿真平台	37
2.4.1 电路组成及功能	37
2.4.2 用户界面使用	40
2.5 实验系统连接	41
思考题	45

第3章 无线通信实验原理与方法

3.1 移动通信终端实验	46
3.1.1 实验原理	46
3.1.2 实验方法	48
3.2 光纤通信实验	50
3.2.1 模拟信号光纤传输系统实验	50
3.2.2 数字信号光纤传输系统实验	52
3.3 卫星通信实验	54
3.3.1 回波反损测量实验	54
3.3.2 卫星通信终端实验	56
3.4 接收帧实验	57
3.4.1 帧成形及其传输实验	57
3.4.2 接收帧同步实验	58
3.5 二次开发实验	60
3.5.1 FPGA 实现帧成形实验	60
3.5.2 FPGA 实现帧同步实验	61
3.5.3 调制解调实验	62
思考题	63

第二篇 DSP 实验原理与方法

第4章 DSP 简介

4.1 概 述	67
4.2 DSP 的特点	68

4.3 DSP 系统的基本组成	70
4.4 DSP 应用领域	71
4.5 DSP 发展趋势	72
思考题	74

第 5 章 并行 DSP 实验系统简介

5.1 ADSP - TS101	75
5.1.1 ADSP - TS101 的性能指标	75
5.1.2 ADSP - TS101S 的结构特点	76
5.1.3 ADSP - TS101S 主要优点	81
5.1.4 TS101 组成的多处理系统	81
5.1.5 TS101 组成的多处理系统的结构	81
5.1.6 分布式多处理器并行系统	82
5.1.7 共享存储器式多处理器并行系统	83
5.2 TSX01S EZ - KIT 开发板介绍	84
5.2.1 开发板概况	84
5.2.2 ADSP - TS101S EZ - KIT 开发板的系统结构	84
5.2.3 设计步骤和实例	88
思考题	89

第 6 章 VisualDSP++ 使用

思考题	95
-----------	----

第 7 章 实验方法

7.1 硬件设计	96
7.2 软件设计	96
7.3 实验类型	97
思考题	103

第三篇 嵌入式系统实验原理与方法

第 8 章 嵌入式系统简介

8.1 概 述	107
8.2 嵌入式系统的特点和基本组成	108
8.3 嵌入式系统处理器	109
8.4 嵌入式系统中的操作系统	114
8.5 嵌入式系统发展趋势	118
思考题	119

第9章 MX1 嵌入式实验平台简介

9.1 FreeScaleMC9328MX1 嵌入式微处理器简介	120
9.2 BHU DBMX1 ADS 简介	123
9.2.1 硬件配置	123
9.2.2 BHU DBMX1 ADS 配置操作说明	124
9.2.3 DBMX1 ADS 使用说明	127
思考题	131

第10章 Linux 及 GCC 入门

10.1 Linux 系统概述和基本操作	132
10.1.1 Linux 的启动	132
10.1.2 Linux 阅读和浏览的相关命令	132
10.1.3 文件操作与搜索的相关命令	137
10.1.4 字符匹配搜索的相关命令	140
10.1.5 tar 压缩和解压缩文件	143
10.1.6 vi 编辑器	145
10.2 gcc 编译器	148
10.3 make 工具	154
思考题	159

第11章 嵌入式系统实验

11.1 硬件测试实验	160
11.2 建立 Linux 实验开发平台的实验	161
11.3 面向嵌入系统的 C 程序设计、编译、链接和调试	162
11.4 面向嵌入式系统的 QT/Embedded& Qtopia 程序设计	162
11.5 驱动程序设计	163
11.6 基于 QT/Embedded 的简单 httpServer	163
思考题	164

第四篇 电磁波实验原理与方法

第12章 电磁波基本概念

12.1 均匀平面波	167
12.1.1 定义	167
12.1.2 波的基本参量波长、频率、相速和群速	168
12.1.3 自由空间的均匀平面波	168
12.1.4 理想介质中的均匀平面波	168
12.1.5 导电媒质中的均匀平面波	169

12.1.6 沿任意方向传播的均匀平面波·····	169
12.2 波的极化·····	169
12.2.1 线极化波·····	170
12.2.2 圆极化波·····	170
12.2.3 椭圆极化波·····	170
12.2.4 波矢量 k ·····	171
12.3 反 射·····	171
12.4 波的衍射·····	173
12.4.1 单缝衍射·····	173
12.4.2 布拉格衍射·····	175
12.5 波的干涉·····	176
12.5.1 双缝干涉·····	176
12.5.2 麦克斯韦干涉·····	177
12.6 辐 射·····	178
12.6.1 辐射的基本概念·····	178
12.6.2 平面波·····	178
12.6.3 柱面波·····	180
12.6.4 球面波·····	181
12.7 波的散射·····	183
12.7.1 散射现象·····	183
12.7.2 散射分布·····	183
12.7.3 雷达散射截面积·····	184
12.7.4 金属球的三种散射方式·····	184
12.8 波的绕射·····	185
12.8.1 几何绕射理论基本概念·····	185
12.8.2 理想导电劈绕射的典型问题·····	187
12.8.3 曲边缘绕射·····	187
思考题·····	188

第 13 章 电磁波实验方法

13.1 反射实验 ·····	189
13.2 偏振实验·····	190
13.3 单缝衍射实验·····	190
13.4 布拉格衍射实验·····	192
13.5 双缝干涉实验·····	193
13.6 麦克斯韦干涉实验·····	194
思考题·····	196

第五篇 电磁兼容实验原理与方法

第14章 电磁兼容基本原理

14.1 概 述	199
14.2 电磁兼容基本概念	202
14.2.1 电磁兼容术语	202
14.2.2 电磁干扰概述	203
14.3 电磁干扰传播和耦合理论	203
14.3.1 电磁干扰的传输途径分类	203
14.3.2 传导耦合的基本分析方法	204
14.3.3 辐射耦合的基本分析方法	205
14.4 电磁兼容设计	210
14.4.1 有源器件的选择和印刷电路板设计	210
14.4.2 接地设计	210
14.4.3 屏蔽设计	212
14.4.4 滤波设计	215
14.5 电磁兼容预测	216
14.5.1 电磁兼容预测的基本原理	216
14.5.2 电磁兼容预测的数学方法	219
14.6 电磁兼容实验技术	221
14.6.1 测试场地	221
14.6.2 EMC 测试环境和测量不确定度	225
14.7 电磁兼容标准	225
14.8 电磁环境效应理论	226
14.9 信号完整性分析	226
思考题	226

第15章 电磁兼容测量设备

15.1 电磁干扰测量设备	227
15.1.1 频谱分析仪	227
15.1.2 接收机	228
15.1.3 人工电源网络	228
15.1.4 测量天线	230
15.1.5 测量系统及测量软件	233
15.2 电磁敏感度测量设备	234
思考题	237

第 16 章 电磁兼容测量方法

16.1 概 述	238
16.2 传导发射测试	238
16.3 辐射发射测试	239
16.3.1 磁场辐射发射测试	239
16.3.2 电场辐射发射测试	240
16.4 传导敏感度测试	240
16.4.1 测量设备	240
16.4.2 连续波传导敏感度测试方法	241
16.5 辐射敏感度测试	242
16.5.1 测量设备	242
16.5.2 辐射敏感度测试方法	242
16.6 用混响室测试	243
16.6.1 混响室	243
16.6.2 辐射发射测试	244
16.6.3 辐射敏感度测试	244
16.7 电磁屏蔽效能的测试方法	245
16.8 板级电磁兼容及信号完整性分析	245
16.8.1 信号完整性仿真分析	245
16.8.2 PCB 板故障诊断	246
思考题	247

第六篇 光通信实验原理与方法

第 17 章 光通信技术概论

17.1 光纤通信系统的组成与分类	251
17.2 光纤通信的发展历史	254
17.3 光纤通信新技术	255
17.3.1 光放大	255
17.3.2 波分复用技术	258
思考题	260

第 18 章 光纤通信原理

18.1 光 纤	261
18.1.1 光纤的传输理论	261
18.1.2 普通单模光纤的传输特性	264
18.1.3 特种光纤	267
18.2 光发射端机	268

18.2.1 光源	268
18.2.2 光调制	272
18.2.3 光发射机的组成及性能参数	273
18.3 光接收机	274
18.3.1 光电检测器	274
18.3.2 光接收机结构与性能参数	276
思考题	280

第 19 章 光通信实验中的测量方法与技术

19.1 光功率测量方法	281
19.2 光谱测量方法	283
19.3 误码率与眼图测量方法	285
思考题	287

第 20 章 光通信系统的仿真实验方法

20.1 光通信系统的仿真	288
20.2 OptiSystem 软件及其基本使用方法	290
20.2.1 OptiSystem 软件	290
20.2.2 OptiSystem 软件使用的基本操作和流程	293
20.3 仿真实验举例—光纤通信数字调制技术实验	299
20.3.1 实验目的	299
20.3.2 实验基本原理	299
20.3.3 实验内容	300
思考题	305

附录 A 信道仿真平台模式设置

附录 B 直流电平调整

附录 C 二次开发实验源程序

参考文献

绪 论

北京航空航天大学为贯彻落实国家教育事业“着力培养学生的创新精神和创新思维,增强学生的实践能力、创造能力、就业能力和创业能力”的精神,加快实验教学改革与创新,促进优质实验教学资源的整合、优化、共享,提升全校研究生实验的整体水平,着力提高研究生的学习能力、实践能力和创新能力,利用国家“985”建设资金和教学实验条件建设资金建立了研究生通信与信息技术公共实验中心。目前实验中心面积 2 200 m²,投入资金 400 余万元,建有 6 个研究生实验平台,实验仪器(软件)300 余套,每年接纳研究生 3 000 人次。从 2005 级开始,基于本平台的实验课已列入电子信息类研究生的必修环节,其他专业研究生的选修环节。下面对研究生实验平台的相关内容做一个简单介绍。

0.1 研究生实验平台的建设内容

1. 建设思路

在研究生实验平台的建设思路,首先打破了以往实验内容过窄、过细,既不利于学生通过实验环节激发寻找新的创新研究灵感,也不利于培养学生对所学知识综合分析利用这样一种情况。我们从一级学科群建设所需核心知识与动手能力的高度,设置了 6 个公共实验平台:无线通信实验平台、DSP 实验平台、嵌入式系统实验平台、电磁波实验平台、电磁兼容实验平台及光通信实验平台。这 6 个实验平台涵盖了信息与通信工程、电子科学与技术、交通工程、光学工程和生物医学工程 5 个一级学科群的核心课程及基本知识点的训练,使学生通过实验感触知识点之间的交叉融合,加强重要概念的学习,培养新的兴趣,同时弥补已掌握知识的片面性等缺陷。例如电磁波极化的概念、射频干扰的概念等对大多数通信专业的学生比较陌生,信道编码、误码率等概念对于电磁专业的学生接触相对较少,但是这却是非常重要的概念。通过综合实验,可以拓宽学生的知识面,这对于培养创新性人才是非常重要的。我们将此实验课程作为全部研究生的必修实验训练环节。实践表明,学生通过实验,观察到许多以前不曾意识到的问题。

其次,为切实培养和提高研究生的实验实践和动手能力,构建了结构优化、富有特色的实验教学体系,每个平台设置了认知性实验、综合性实验及开放性实验。认知性实验已在电子信息工程学院本科教学实验中安排,对于在本科生阶段未完成此部分实验的学生,需要补修此部分的实验。对此部分实验进行考核,但不计入学分。综合性实验共计 36 学时,由 6 个平台的实验组成,每个平台 6 学时。综合性实验是电子信息类研究生的必修实验环节,其他专业研究生的选修实验环节。开放性实验是在教师的指导下,根据学科的需要从所开设的开放性实验项目中选择 18 学时的实验项目。开放性实验是电子信息类研究生的选修实验环节,暂不对非电子信息类研究生开放。

2. 创建内容

根据提出的建设思路,6 个实验平台具体建设的内容如图 0-1 所示。认知性实验是补修

实验,不记入学分;综合性实验是必修实验,总学时是 36,完成后可取得 2 学分;开放性实验是必修实验,从中任意选择 18 学时的实验,完成后可取得 1 学分。

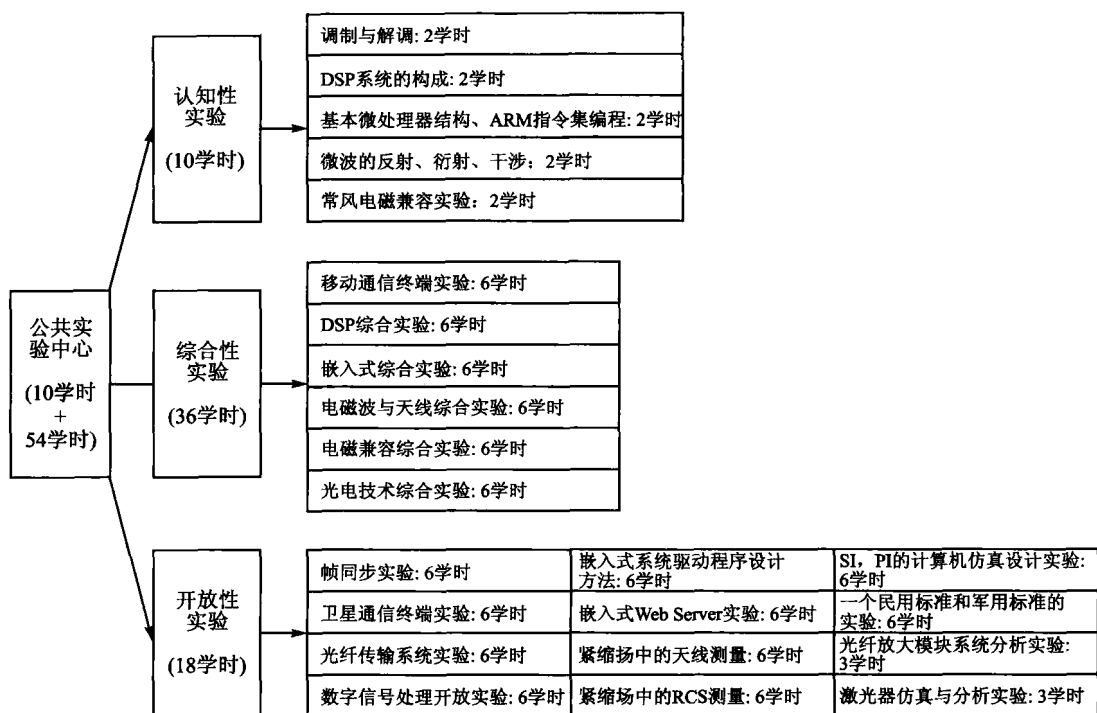


图 0-1 实验项目

0.2 研究生实验课的教学管理方法

1. 管理方法

为了优化整合实验教学资源,形成服务多层次、多学科的实验教学运行机制,推动实验室建设与实验教学改革的良性互动,特成立了实验实践教学中心,对整个研究生的实验实行统一管理,这样可以保证不把教学实验室变成科研实验室。实验中心统一负责实验教学安排、实验辅导、成绩考核、实验中心建设与发展等工作。

在实验仪器建设上,所有的实验设备均按照培养研究生实验实践能力的目的进行配置,不配置极高端的仪器设备,但能满足学生实验训练使用的目的,同时实验仪器具有一定的先进性,数量合理,能满足各类型实验教学要求,实验中心的仪器可以统一调配,能做到实验仪器使用的最大化。

2. 队伍建设

在实验教师队伍建设上,建立了一支教育理念先进、研究能力强、教学与管理经验丰富的实验教学与管理队伍。为了保证每个平台实验课的质量,聘请有博士学位的教师担任每个平台的责任教师,形成了学科带头人或骨干教师积极参与实验教学的良好氛围。由于相关平台的责任教师都是科研一线的骨干教师,他们可以把学科最前沿的知识引入到实验教学中,从而保证实验课在本学科的先进性。

为保证实验课的教学质量,不至于使学生在做实验时流于形式,实验中心为每个平台配备了专职实验教师,负责实验的具体实施和过程管理,保证实验按时高质量地顺利完成。

因为实验平台较多,工作量较大,为了弥补实验教师的不足,每个平台设置了研究生教辅岗位,聘任高年级的研究生担任教辅,协助实验教师辅导实验,这既可以锻炼研究生的实践能力,又可以补贴学生的生活费用。

3. 实验课的教学方法

研究生可根据自己的学习情况在规定的时段预约实验。学生要完成实验需要经过 3 个过程,第一个过程是实验前的考试。学生进入实验室做实验前必须参加有关本实验的考试,考试合格后方能做实验。通过对与实验内容相关的知识点的考试,使学生提前预习实验的相关内容,掌握本实验的基本过程,避免学生盲目做实验,造成对实验内容体会不深、收效甚微的结果。第二个过程是在教师辅导下完成实验的全部过程。第三个过程是做完实验后必须写实验总结报告,以加深学生对实验内容的体会和理解。实验教师将根据学生考试成绩、实验内容和总结报告给出每个平台实验的成绩,最后根据 6 个平台的成绩给出本实验课的综合成绩。

实践证明,实验中心在实验课的过程管理上采取的措施是行之有效的,既保证了实验质量,又提高了实验效率。

0.3 研究生实验课的成绩考核方法

1. 实验课开设时间

研究生实验课在管理形式上,形成了网络化、开放式的管理模式。实验中心建立了信息化管理运行平台,实现了实验教学、基本工作信息和仪器设备的计算机联网化管理,健全了实验室开放运行的政策与机制,完善了实验教学与实验管理考核方法,为学生根据兴趣爱好利用课余时间自主选择实验创造了良好环境。

研究生实验课在一年级开设完毕,分为春秋两个学期,各个平台的开设时间如表 0-1 所列。

研究生实验课在秋季开学后的前两周选课,经过一年实验课结束(春季)后统计成绩。学生可在规定的实验时间段预约实验,并完成实验。所有实验预约、综合成绩统计均由计算机管理系统自动完成,学生可随时查看自己的实验完成情况,并可根据情况修改自己的实验预约时间,并最终查看自己实验课综合成绩。

2. 实验课的成绩考核方法

研究生每个实验平台的成绩出来后将计入计算机系统,计算机系统根据 6 个平台的成绩综合出本实验课的成绩,成绩分为优秀、良好、合格、不及格四档。只有当 6 个平台的成绩全部出来后,才能综合出实验课的成绩,缺少任何一个平台的成绩,都不能给出本实验课的成绩。根据 6 个平台的成绩综合出实验课的成绩的方法如表 0-2 所列。计算方法是:6 个平台综合后超出 4 个优的为优秀;超出 4 个良的为良好;其余为及格;有一个平台不通过,整个实验课不通过。1 个优秀+1 个及格=2 个良好。

表 0-1 实验课开设时间

实验平台	开设学期
无线通信实验	秋
DSP 实验	春
嵌入式系统实验	春
电磁波实验	秋
电磁兼容实验	秋
光通信实验	春

表 0-2 实验课成绩综合方法

平台 1	平台 2	平台 3	平台 4	平台 5	平台 6	综合结果	实验课成绩
优	优	优	优	优	及格	4 个优+2 个良	优
优	优	优	优	良	良	4 个优+2 个良	优
优	优	优	优	及格	及格	2 个优+4 个良	良
优	优	优	良	良	良	3 个优+3 个良	良
优	优	良	良	良	及格	1 个优+5 个良	良
优	优	良	良	及格	及格	6 个良	良
良	良	良	良	及格	及格	4 个良+2 个及格	良
良	良	良	及格	及格	及格	3 个良+3 个及格	及格
良	良	及格	及格	及格	及格	2 个良+4 个及格	及格
及格	及格	及格	及格	及格	及格	6 个及格	及格

0.4 研究生实验课的教材建设

2005 年 5 月实验平台完成建设,为了迎接当年秋季实验课程的开设,2005 年 7 月编制了《通信与信息技术公共实验指导书》,供 2005 级研究生使用。目前该实验指导书已试用了三届,使用量超过 1 000 余本。由于实验内容涉及的学科较多,实验有一定的深度和难度,学生一下子很难掌握全部的实验原理和方法,这就需要提供给学生一本融实验原理与方法为一体的综合实验教材,使学生在短期内掌握全部实验的基本理论。本教材就是为满足这一要求而编写的。本教材的特点是:按照平台分类编写,既介绍每个平台相关的基础理论知识,又介绍实验的基本原理和实验方法,对于本科期间没有学过相关知识的研究生,通过学习本教材也可以达到既能学习相关实验的基础理论知识,又能完成实验的目的。本教材的内容和构架都是一种尝试,既参考了原实验指导书,又听取了使用者的具体意见,但是否能达到编写者的初衷,还需要实践的检验。愿广大使用者不吝赐教,以便今后修订时完善。