

信号处理与通信原理

X 实验指导书

JHAO CHULI YU TONGXIN YUANLI
SHIYAN ZHIDAOSHU

主编 于梅 余亚东



电子科技大学出版社

信号处理与通信原理

X 实验指导书

SHIYAN ZHIDAOSHU

于 梅 余亚东 主编



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

信号处理与通信原理实验指导书 / 于梅, 余亚东主编.

—成都: 电子科技大学出版社, 2015. 4

ISBN 978-7-5647-2905-9

I. ①信… II. ①余… ②于… III. ①信号处理—实验—教学参考资料②通信原理—实验—教学参考资料
IV. ①TN911.7-33②TN911-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 070035 号

内 容 简 介

本实验教程将信号与系统、数字信号处理和通信原理的基础知识灵活地运用在实验教学环节中, 实验安排循序渐进, 设计和验证实验相结合。实验力求紧扣教学内容, 通过实验, 配合《信号与系统》《数字信号处理》和《通信原理》课程的理论教学, 以理论指导实践, 以实践验证基本原理, 旨在提高学生分析问题、解决问题的能力及动手能力, 加强学生对基本理论的感性认识、提高学生的综合能力, 便于学生进一步巩固理论基本知识, 建立完整的信号和通信理论体系概念。

全书共分为三篇: 信号与系统实验篇; 数字信号处理实验篇; 通信原理实验篇。其中, 信号与系统实验平台分为实验箱和 MATLAB; 数字信号处理实验平台为 MATLAB; 通信原理实验平台为 MATLAB。

信号处理与通信原理实验指导书

于 梅 余亚东 主编

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 谢晓辉

责任编辑: 谢晓辉

校 对: 刘 愚

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川煤田地质制图印刷厂

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 6.5 字数 166 千字

版 次: 2015 年 4 月第一版

印 次: 2015 年 4 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-2905-9

定 价: 18.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

《信号与系统》《数字信号处理》《通信原理》是电子信息类专业的三门主要技术基础课程,是电子信息类专业本科生的必修课程,也是电子信息类专业硕士研究生入学必考课程。该课程的基本理论和方法大量用于计算机信息处理的各个领域,特别是在通信、数字语音处理、数字图像处理、数字信号分析等领域应用更为广泛。

本实验教程将信号与系统、数字信号处理和通信原理的基础知识灵活地运用在实验教学环节中,实验安排循序渐进,设计和验证实验相结合。实验力求紧扣教学内容,通过实验,并配合《信号与系统》《数字信号处理》和《通信原理》课程的理论教学,以理论指导实践,以实践验证基本原理,旨在提高学生分析问题、解决问题的能力及动手能力,加强学生对基本理论的感性认识、提高学生的综合能力,便于学生进一步巩固理论基本知识,建立完整的信号和通信理论体系概念。

本实验教程是在学校培养应用型人才的大目标下,立足于本专业特色,结合作者多年的教学实践经验,以省级实验教学示范中心为平台进行撰写。全书共分为三篇:信号与系统实验篇;数字信号处理实验篇;通信原理实验篇。其中,信号与系统实验平台分为实验箱和 MATLAB;数字信号处理实验平台为 MATLAB;通信原理实验平台为 MATLAB。

本实验教程中给出的所有实验电路、代码都经过调试验证;全部范例程序,都在 MATLAB7.0 上运行,且是正确的。

由于时间仓促和编者水平有限,本实验教程在编写和编辑的过程中,不可避免地存在错误和不当之处,恳请老师和同学们批评指正。

作 者

2013 年 11 月于绍兴文理学院

目 录

第一篇 信号与系统实验

实验箱平台	2
实验一 一阶电路的零输入响应、零状态响应及完全响应	3
一、实验目的	3
二、原理说明	3
三、预习练习	3
四、实验步骤与内容	3
五、实验器材	5
六、实验报告	5
实验二 方波信号的分解与合成	6
一、实验目的	6
二、预习练习	6
三、原理说明	6
四、实验步骤	7
五、仪器设备	8
六、注意事项	8
七、实验报告	9
实验三 取样定理	10
一、实验目的	10
二、原理说明	10
三、预习练习	12
四、实验内容及步骤	12
五、仪器设备	13
六、报告要求	13
实验四 滤波器	14
一、实验目的	14
二、原理说明	14
三、预习练习	15
四、实验内容	15

五、实验步骤和注意事项	16
六、实验报告要求	17
实验五 二阶电路的瞬态响应	18
一、实验目的	18
二、实验原理	18
三、实验内容和步骤	18
四、预习练习	19
五、实验器材	20
六、实验报告	20
实验六 二阶网络函数的模拟	21
一、实验目的	21
二、原理说明	21
三、预习练习	23
四、实验内容及步骤	23
五、仪器设备	24
六、报告要求	24
实验七 数据采集	25
一、实验目的	25
二、实验仪器	25
三、实验原理	25
四、实验内容	25
五、实验报告	25
MATLAB 平台	26
实验八 常见信号的 MATLAB 表示及运算	26
一、实验目的	26
二、实验原理	26
三、实验内容	28
四、预习要求	29
五、实验报告要求	29
实验九 LTI 系统的响应	30
一、实验目的	30
二、实验原理	30
三、实验内容	33
四、预习要求	34

五、实验报告要求	34
实验十 连续时间信号的频域分析	35
一、实验目的	35
二、实验原理	35
三、实验内容	36
四、预习要求	37
五、实验报告	37
实验十一 系统的零极点及频率响应特性	38
一、实验目的	38
二、实验原理	38
三、实验内容	39
四、实验报告要求	40
实验十二 连续信号与系统的 S 域分析	41
一、实验目的	41
二、实验原理	41
三、实验内容	42
四、预习要求	42
五、实验报告	42
实验十三 离散信号与系统的 Z 变换分析	43
一、实验目的	43
二、实验原理	43
三、实验内容	45
四、预习要求	45
五、实验报告要求	46
第二篇 数字信号处理实验	
实验一 基本信号产生及信号的基本运算	48
一、实验目的	48
二、实验内容	48
三、思考题	48
四、实验报告要求	48
实验二 信号、系统及系统响应	49
一、实验目的	49
二、实验原理与方法	49
三、实验内容及要求	50

四、思考题	51
五、实验报告要求	52
实验三 离散系统的时域分析	53
一、实验目的	53
二、实验原理与方法	53
三、实验内容及要求	53
四、思考题	54
五、实验报告要求	54
实验四 时域取样与频域取样	55
一、实验目的	55
二、实验原理	55
三、实验内容	56
四、思考题	57
五、实验报告及要求	57
实验五 用 FFT 对信号进行频谱分析	58
一、实验目的	58
二、实验原理	58
三、实验内容	59
四、思考题	59
五、实验报告及要求	59
实验六 IIR 数字滤波器的设计	60
一、实验目的	60
二、实验原理	60
三、实验内容及步骤	60
四、思考题	60
五、实验报告要求	61
实验七 FIR 数字滤波器设计	62
一、实验目的	62
二、实验原理和方法	62
三、实验内容及步骤	63
四、思考题	63
五、实验报告要求	63

第三篇 通信原理实验

实验一 幅度调制实验	66
------------------	----

一、实验目的	66
二、实验原理	66
三、实验内容	67
四、实验报告要求	70
实验二 角度调制实验	71
一、实验目的	71
二、实验原理	71
三、实验内容	72
四、实验报告要求	74
实验三 PCM 编译码实验	75
一、实验目的	75
二、实验原理	75
三、实验内容	77
四、实验报告要求	77
实验四 数字基带传输系统实验	78
一、实验目的	78
二、实验原理	78
三、实验内容	79
四、实验报告要求	81
实验五 2FSK 调制解调实验	82
一、实验目的	82
二、实验原理	82
三、实验内容	84
四、实验报告要求	88
实验六 哈夫曼编码实验	89
一、实验目的	89
二、实验原理	89
三、实验内容	89
四、实验报告要求	91
实验七 汉明码编码实验	92
一、实验目的	92
二、实验原理	92
三、实验内容	92
四、实验报告要求	93
参考文献	94

第一篇

信号与系统实验

实验箱平台

信号与系统实验系统主要由计算机、AD/DA 采集卡、信号与系统原理实验箱、打印机（可选）组成。其中计算机根据不同的实验分别起信号产生、测量、显示、系统控制和数据处理的作用，打印机主要记录各种实验数据和结果，实验箱主要构造被控模拟对象。

实验箱面板主要由以下几部分构成。

1. 实验模块

本实验系统有七组由放大器、电阻、电容组成的实验模块。每个模块中都有一个由 UA741 构成的放大器和若干个电阻、电容。这样通过对这七个实验模块的灵活组合便可构造出各种类型和阶次的模拟环节和控制系统。

2. 二极管，电阻、电容区

这些区域主要提供实验所需的二极管、电阻和电容。

3. AD/DA 卡输入输出模块

该区域是引出 AD/DA 卡的输入输出端，一共引出两路输出端和两路输入端，分别是 DA1、DA2，AD1、AD2。有一个按钮复位，按下一次对 AD/DA 卡进行一次复位。20 针的插座用来与控制对象连接。

4. 电源模块

电源模块有一个实验箱电源开关，有四个开关电源提供的 DC 电源端子，分别是 +12V、-12V、+5V、GND，这些端子给外扩模块提供电源。

5. 变阻箱、变容箱模块

变阻箱、变容箱通过按动数字旁边的“+”、“-”按钮便可调节电阻电容的值，而且电阻电容值可以直接读出。

实验一 一阶电路的零输入响应、零状态响应及完全响应

一、实验目的

1. 观察一阶电路的零输入响应、零状态响应及完全响应。
2. 理解并掌握一阶电路各响应的物理意义。

二、原理说明

一阶连续时间系统如图 1-1-1 所示：

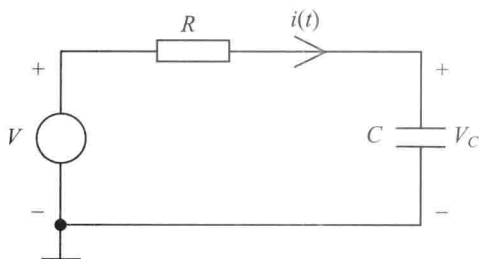


图 1-1-1 一阶连续系统实验电路

其模型可用微分方程

$$\frac{dV_C}{dt} + \frac{1}{RC}V_C = \frac{V}{RC}$$

表示。

微分方程的解反映了该系统的响应，其中零输入响应由方程的齐次解得到，零状态响应由方程的全解得到。完全响应由方程的齐次解和全解得到，即可由零输入响应和零状态响应得到。

三、预习练习

课前认真阅读教材中微分方程模型的零输入响应、零状态响应的求解过程，分析图 1-1-1 所示电路的零输入响应和零状态响应。

四、实验步骤与内容

(一) 零状态响应

1. 启动计算机，双击桌面“信号与系统实验”快捷方式，运行软件。
2. 测试计算机与实验箱的通信是否正常，通信正常继续，如通信不正常查找原因使通信正常后才可以继续进行实验。
3. 按图 1-1-2 搭接线路，电路的输入 U_i 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出，电路的输出

U_o 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入。检查无误后接通电源。

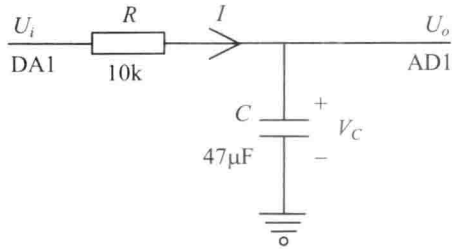



图 1-1-2 一阶电路响应实验电路

4. 在实验项目的下拉列表中选择实验项目[一阶电路的零状态响应、零输入响应和完全响应]，鼠标单击  按钮，弹出实验项目参数设置对话框，选择零状态响应，在参数框中输入目的电压值及有关取样的参数，点击确认在观察窗口观测系统响应曲线。


5. 记录实验波形。

(二) 零输入响应

1. 启动计算机，双击桌面“信号与系统实验”快捷方式，运行软件。

2. 测试计算机与实验箱的通信是否正常，通信正常继续，如通信不正常查找原因使通信正常后才可以继续进行实验。

3. 按图 1-1-2 搭接线路，电路的输入 U_i 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出，电路的输出 U_o 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入。检查无误后接通电源。

4. 在实验项目的下拉列表中选择实验项目[一阶电路的零状态响应、零输入响应和完全响应]，鼠标单击  按钮，弹出实验项目参数设置对话框，选择零输入响应，在参数框中输入电平一的电压值和保持时间及有关取样的参数，电平二的电压值默认为 0，点击确认在观察窗口观测系统响应曲线。


5. 记录实验波形。

(三) 完全响应

1. 启动计算机，双击桌面“信号与系统实验”快捷方式，运行软件。

2. 测试计算机与实验箱的通信是否正常，通信正常继续，如通信不正常查找原因使通信正常后才可以继续进行实验。

3. 按图 1-1-2 搭接线路，电路的输入 U_i 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出，电路的输出 U_o 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入。检查无误后接通电源。

4. 在实验项目的下拉列表中选择实验项目[一阶电路的零状态响应、零输入响应和完全响应]，鼠标单击  按钮，弹出实验项目参数设置对话框，选择完全响应，在参数框中输入电平一和电平二的电压值及其保持时间及有关取样的参数，点击确认在观察窗口观测系统响应曲线。

5. 记录实验波形。

五、实验器材

1. 信号与系统实验箱。
2. PC 机。

六、实验报告

1. 记录实验结果。图 1-1-2 所示电路。 $U_i(t)$ 为输入， $U_o(t)$ 为输出，求 $U_i(t) = 4V$ ， $U_o(0_-) = 1V$ 和 $U_i(t) = 1V$ ， $U_o(0_-) = 4V$ 时的零输入响应、零状态响应和完全响应波形。
2. 计算上述两种情况的理论输出值。
3. 分析比较观察波形与理论输出波形。

实验二 方波信号的分解与合成

一、实验目的

观察方波信号的分解与合成。

二、预习练习

认真阅读并理解教材中周期信号级数的分解及合成原理。

三、原理说明

任何电信号都是由各种不同频率、幅度和初相的正弦波叠加而成的。对周期信号由它的傅里叶级数展开式

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} F_n e^{jn\Omega t} \quad (\Omega \text{ 为基波频率})$$

可知，各次谐波为基波频率的整数倍，而非周期信号包含了从零到无穷大的所有频率成分，每一频率成分的幅度均趋向无限小，但相对大小是不同的。

将电信号中所包含的某一频率成分提取出来的方法很多，可以通过一个 LC 谐振选频网络提取，也可以通过带通滤波器提取。本实验采用的是后一种方法。

实验中所用被测信号是 10Hz 的周期方波，如图 1-2-1 所示。

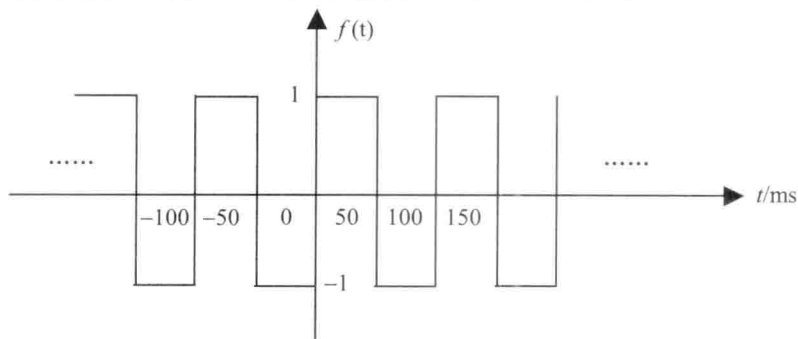


图 1-2-1 方波信号

其复指数形式的傅里叶级数为：

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} F_n e^{jn\Omega t} = F_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (F_n e^{jn\Omega t} + F_{-n} e^{-jn\Omega t})$$

F_n 即包含了 n 次谐波振幅也包含了 n 次谐波的相位，因此工程上用它表示频谱极为方便，其双边频谱图如图 1-2-2 所示。

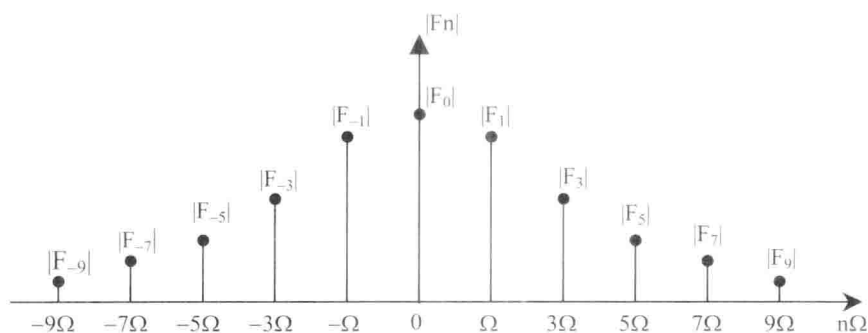



图 1-2-2 方波信号双边频谱

因此设计带通滤波器的中心频率分别为 10Hz, 20Hz, 30Hz, 40Hz, 50Hz 并且带宽要足够的窄(高 Q 值)就能够分别提取出方波信号的基波、二、三、四、五次谐波,实现方波信号的分解。从频谱图上可以看出方波信号随着谐波阶次的增加,分量成分越来越少。因此,我们这里只提取到五次谐波分量。

四、实验步骤

(一) 信号的分解

1. 启动计算机, 双击桌面“信号与系统实验”图标, 运行软件。
2. 测试计算机与实验箱的通信是否正常, 通信正常继续。如通信不正常查找原因使通信正常后才可以继续进行实验。
3. 将 DA1 连接到滤波器组的输入端, AD1 连接到滤波器的输出端。
4. 在实验项目的下拉列表中选择实验项目[方波分解], 鼠标单击  按钮, 弹出实验课题参数设置对话框。在设置相应的实验参数后鼠标单击确认等待屏幕的显示区显示实验提示。如图 1-2-3 所示。

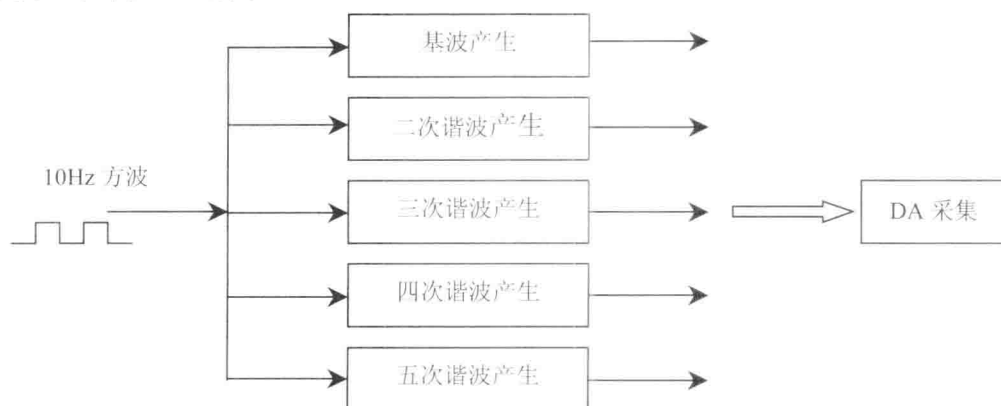



图 1-2-3 谐波产生实验电路框图

5. 根据屏幕提示依次对基波、二、三、四、五次谐波进行取样, 等待实验完毕观察屏幕上的实验结果并保存。

(二) 信号的合成

1. 启动计算机，双击桌面“信号与系统实验”图标，运行软件。
2. 测试计算机与实验箱的通信是否正常，通信正常继续。如通信不正常查找原因使通信正常后才可以继续进行实验。
3. 按图 1-2-4 连好电路，将 DA1 连接到滤波器组的输入端，放大器的合成波形输出端连接到 AD1。

4. 在实验项目的下拉列表中选择实验项目[方波合成]，鼠标单击  按钮，弹出实验项目参数设置对话框。在设置相应的实验参数后鼠标单击确认等待屏幕的显示区显示实验提示。

5. 根据屏幕提示依次对

基波+二次谐波+三次谐波

基波+二次谐波+三次谐波+四次谐波+五次谐波

进行合成，等待实验完毕观察屏幕上的实验结果并保存分析。如图 1-2-4 所示。

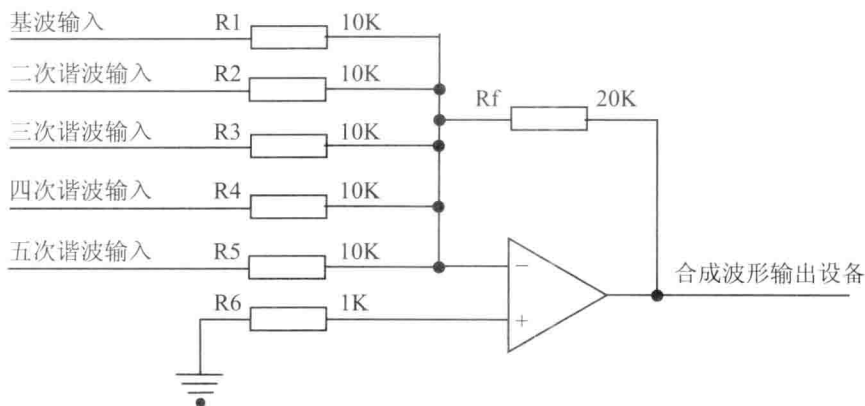


图 1-2-4 方波信号合成电路原理图

五、仪器设备

1. 信号与系统实验箱。
2. PC 机。

六、注意事项

1. 基波与二、三、四、五次谐波的幅值基本符合 $1:0$ 、 $1:1/3$ 、 $1:0$ 、 $1:1/5$ 的关系。
2. 在分别相加时，注意加法器的电阻值的选择 ($R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=10K$ ， $R_6=1K$ 或 $R_6=0$ ，即同相端直接接地)。