

信号处理与传输

实验教程

XINHAO CHULI
YU CHUANSHU
SHIYAN JIAOCHENG

© 主编 葛广英

中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS
咨询电话: 4006067115

刮开查询

信号处理与传输 实验教程

主 编 葛广英

副主编 (按姓氏笔画排序)

王树华 申 哲

李晓红 郑世玲



中国石化大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

图书在版编目(CIP)数据

信号处理与传输实验教程/葛广英主编. —东营:

中国石油大学出版社, 2016. 6

ISBN 978-7-5636-5260-0

I. ①信… II. ①葛… III. ①信号处理—实验—高等学校—教材 ②信号传输—实验—高等学校—教材 IV.

①TN911.7-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 135892 号

书 名: 信号处理与传输实验教程
主 编: 葛广英

责任编辑: 魏 瑾

封面设计: 赵志勇

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营, 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: weicbs@163.com

印 刷 者: 沂南县汶凤印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86983566)

开 本: 185 mm×260 mm 印张: 15.5 字数: 397 千字

版 次: 2016 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1—1 500 册

定 价: 34.80 元

版权专有, 翻印必究。举报电话: 0532—86983566

本书封面覆有带中国石油大学出版社标志的激光防伪膜。

本书封面贴有带中国石油大学出版社标志的电码防伪标签, 无标签者不得销售。



《信号处理与传输实验教程》综合了“信号与系统”“MATLAB 语言及应用”“数字信号处理”“通信原理”及“数字通信原理”五门课的实验内容,可作为高等学校通信工程、电子信息工程、电子信息科学与技术等专业的实验教材。本实验教程以理论课程为基础,在培养学生理论联系实际和实践动手能力的同时,使学生把所学理论知识融会贯通,旨在培养学生的实践技能和独立分析问题、解决问题的能力,启发学生的创新意识。

本书以信号处理与传输为主线,从信号的产生、软硬件处理、传输,到整个系统的设计与实现,贯穿整个实验过程。本书的编写参照了国家教育部电子信息与电气学科教学指导委员会提出的《高等学校基础课实验教学示范中心的建设标准》,总结了多年的实验教学经验和工程技术经验,并满足独立设课的要求,与理论课程紧密结合、相辅相成。

《信号处理与传输实验教程》分为四篇,这四篇各成体系,又相互联系。第一篇是“信号与系统”课程的实验内容;第二篇是“MATLAB 语言及应用”课程的实验内容;第三篇是“数字信号处理”课程的实验内容;第四篇是“通信原理”课程的实验内容,包含了“数字通信原理”课程的实验内容。书中的实验基本上按照课程的内容顺序编排,给出了实验要求、实验器材以及实验内容和步骤,并给出了实验思考题和实验报告要求等。本书第一篇由申哲编写,第二篇由葛广英、郑世玲编写,第三篇由王树华编写,第四篇由李晓红编写,全书由葛广英统一审阅并定稿。黄慧、王扬志、牛慧娟、郭宗林参与了前期的准备工作。

由于我们水平有限,书中不足之处在所难免,欢迎广大读者和同行学者批评指正。

编 者

2016 年 4 月



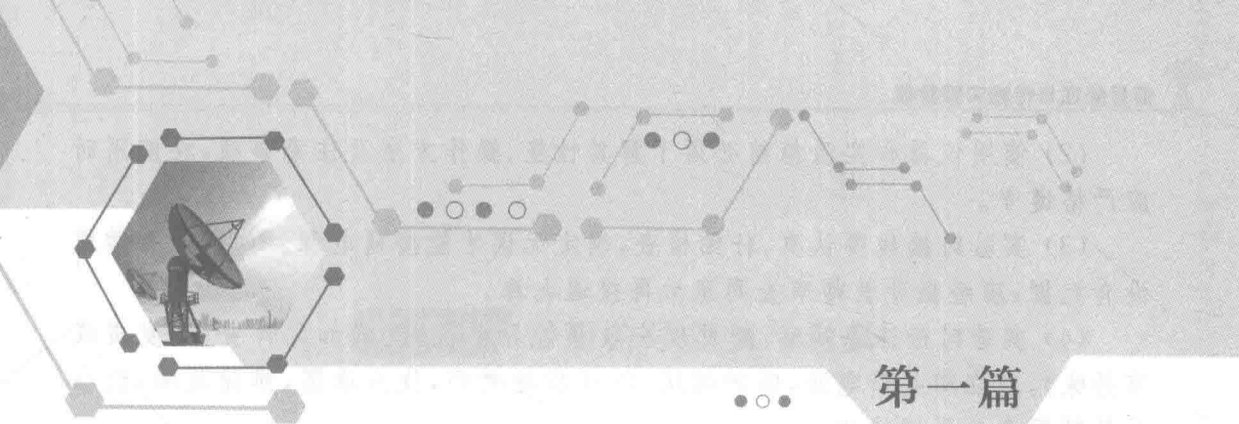
第一篇 信号与系统实验	1
实验一 常用信号分类与观察	3
实验二 阶跃响应与冲激响应	5
实验三 连续时间系统的模拟	8
实验四 无失真传输系统	12
实验五 有源/无源滤波器	15
实验六 抽样定理与信号恢复	21
实验七 二阶网络函数的模拟	25
实验八 二阶网络状态轨迹的显示	28
实验九 一阶电路的暂态响应	30
实验十 二阶电路的暂态响应	33
实验十一 二阶电路传输特性	35
实验十二 信号卷积实验	37
实验十三 矩形脉冲信号的分解及合成	41
实验十四 相位对波形合成的影响	46
第二篇 MATLAB 语言及应用实验	48
实验一 MATLAB 开发环境	49
实验二 MATLAB 编程基础	53
实验三 M 脚本文件与 M 函数文件	58
实验四 程序流程控制	61
实验五 MATLAB 二维绘图	66
实验六 MATLAB 三维绘图	74
实验七 MATLAB 图形用户界面(GUI)	77



实验八	MATLAB 数值运算	80
实验九	MATLAB 线性方程组和常微分方程数值求解	85
实验十	MATLAB 数字图像处理	89
实验十一	MATLAB 符号运算	92
实验十二	MATLAB 线性代数实验	97
实验十三	Simulink 仿真基础	100
实验十四	Simulink 仿真——子系统	103
实验十五	Simulink 仿真——S 函数	106
实验十六	MATLAB 信号与系统	110
实验十七	SimPowerSystems 工具箱	116
 第三篇 数字信号处理实验		120
实验一	信号、系统及系统响应	121
实验二	离散系统的时域分析	124
实验三	离散系统的变换域——Z 域分析	126
实验四	离散傅里叶变换及其特性验证	129
实验五	线性卷积与循环卷积关系验证	132
实验六	应用快速傅里叶变换(FFT)对信号进行频谱分析	134
实验七	线性卷积的 FFT 算法	137
实验八	IIR 数字滤波器的三种结构	139
实验九	IIR 数字滤波器的设计实现——脉冲响应不变法	142
实验十	IIR 数字滤波器的设计实现——双线性变换法	145
实验十一	FIR 数字滤波器的设计实现——窗函数法	148
实验十二	FIR 数字滤波器的设计实现——频率采样法	151
实验十三	综合应用型实验	153
 第四篇 通信原理实验		156
实验一	AM(振幅调制)传输实验	158
实验二	PAM(脉冲幅度调制)编译码实验	160
实验三	AMI/HDB3 码型变换实验	163
实验四	CMI 码型变换实验	168
实验五	FSK(频移键控)传输实验	172
实验六	BPSK(二进制相移键控)传输实验	179
实验七	DBPSK(差分二进制相移键控)传输实验	185
实验八	QPSK(正交相移键控)传输实验	192



实验九 MSK(最小频移键控)传输实验	195
实验十 PCM(脉冲编码调制)编译码实验	198
实验十一 CVSD(连续可变斜率增量调制)编译码实验	201
实验十二 电话交换呼叫处理通信系统综合实验	205
实验十三 ADPCM(自适应差分脉冲编码调制)编译码实验	207
实验十四 帧成形及其传输实验	211
实验十五 帧同步提取系统实验	215
实验十六 汉明码实验	217
实验十七 加扰码实验	223
实验十八 用户环路接口实验	225
实验十九 双音多频检测实验	229
实验二十 时分复用通信系统综合实验	232
实验二十一 汉明纠错编译码通信系统综合测试实验	235
实验二十二 BPSK(DBPSK)调制+汉明码系统测试实验	237
参考文献	240



第一篇

信号与系统实验

“信号与系统实验”课程是电子科学与信息技术、通信工程、电子工程等专业的**重要基础课**,是信号与系统实验教学中的重要环节。课程以工程数学和电路分析为基础,使学生把所学知识融会贯通,在培养理论联系实际和实践动手能力的同时,着重培养独立思考问题、解决问题的能力,形成合理的知识结构,在学生智力发展和能力培养方面起着极为重要的作用。信号与系统实验教学一贯提倡以学生为主体、教师为主导,充分发挥学生的主观能动性。

本篇所有实验均在 LTE-XH-03A 型信号与系统实验箱的各个功能模块上完成。

1. 信号与系统实验的目的:

(1) 学习如何用实验的方法和技术进行信号与线性系统的时域分析和频域分析,加深对频域分析的时域本质的理解,将信号分析与系统理论的基本概念有机地结合起来。

(2) 学习信号研究领域的一些基本实验方法和技术,掌握有关仪器的性能和使用方法。通过实验着重培养阅读参考资料、选择测量方法和仪器、观察现象、正确测量和整理实验数据以及分析实验结果的能力,例如绘制信号的波形、频谱和相应曲线,并写出符合要求的实验报告。

(3) 培养实事求是、踏实细致、严肃认真的科学态度和克服困难、坚韧不拔的作风,以及科学、良好的实验素质和习惯。

2. 信号与系统实验的要求:

(1) 认真阅读实验内容,分析、掌握实验电路的工作原理,并进行必要的估算,完成指定的预习任务,熟悉实验任务。



(2) 使用仪器和实验箱前必须了解其性能、操作方法及注意事项,在使用时应严格遵守。

(3) 实验时接线要认真,仔细检查,确定无误才能接通电源。如果是初学或没有把握,应经指导教师审查同意后再接通电源。

(4) 实验时应注意观察,若发现有破坏性异常现象(例如元件冒烟、发烫或有异味),应立即关断电源,保护现场,报告指导教师,找出原因,排除故障,经指导教师同意后再继续实验。

(5) 实验过程中如果需要改接线路,应在关断电源之后进行。

(6) 实验过程中应仔细观察实验现象,认真记录实验结果(数据波形、现象)。在所记录的实验结果经指导教师审阅、签字后,才可以拆除实验电路。

(7) 实验结束后,必须关断电源,拔出电源插头,并将仪器、设备、工具、导线等按规定整理好。

(8) 实验后必须按要求独立完成实验报告。



实验一 常用信号分类与观察

一、实验目的

1. 观察常用信号的波形,了解波形的特点及产生方法;
2. 学会用示波器测量常用信号的基本参数,了解信号的特性;
3. 了解几种常用典型信号的解析式及时域波形;
4. 通过观察常用信号的波形,思考可以从哪些角度分析信号的参数。

二、实验器材

1. 数字信号处理模块 S4 1 块;
2. 双踪示波器 1 台。

三、实验原理

对于一个系统特性的研究,其中一个重要的方面是研究系统的输入与输出的关系,即在特定的输入信号下,研究系统对应的输出响应信号。因而,对信号的研究是对系统进行研究的出发点,是观察系统特性的基本手段与方法。在本实验中,将对常用信号和特性进行分析、研究。

信号可以表示为一个或多个变量的函数,在这里仅对一维信号进行研究,自变量为时间。常用信号有:指数信号、指数衰减正弦信号、抽样信号、钟形信号(高斯函数)、脉冲信号、方波信号等。

1. 指数信号:指数信号可表示为 $f(t) = Ke^{at}$ 。对于不同的 α 取值,其波形表现为不同的形式,如图 1.1.1 所示。

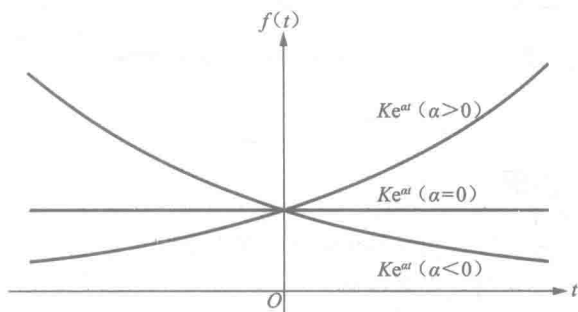


图 1.1.1 指数信号

2. 指数衰减正弦信号:其表达式为 $f(t) = \begin{cases} 0, & t < 0, \\ Ke^{-at} \sin(\omega t), & t \geq 0, \end{cases}$ 波形如图 1.1.2 所示。

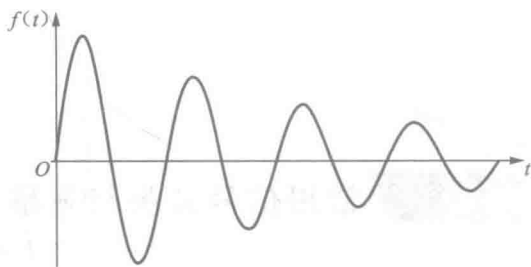


图 1.1.2 指数衰减正弦信号

3. 抽样信号:其表达式为 $S_s(t) = \frac{\sin t}{t}$ 。 $S_s(t)$ 是一个偶函数, $t = \pm\pi, \pm2\pi, \dots, \pm n\pi$ 时,函数值为零。抽样信号在很多应用场合具有独特的运用,波形如图 1.1.3 所示。

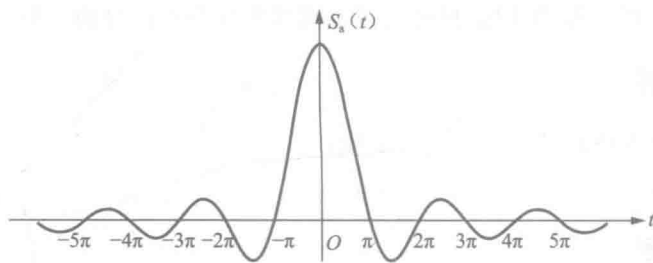


图 1.1.3 抽样信号

4. 钟形信号:其表达式为 $f(t) = E e^{-(t/\tau)^2}$, 波形如图 1.1.4 所示。

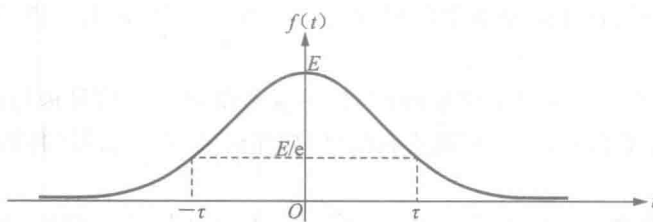


图 1.1.4 钟形信号

5. 脉冲信号:其表达式为 $f(t) = u(t) - u(t - T)$, 其中 $u(t)$ 为单位阶跃函数。

6. 方波信号:信号周期为 T , 前 $\frac{T}{2}$ 期间信号为正电平信号, 后 $\frac{T}{2}$ 期间信号为负电平信号。

四、实验内容与步骤

信号与系统实验箱的信号是由 DSP(数字信号处理)芯片产生,并经过 D/A(数/模)转换器后输出。按以下步骤分别观察各信号。

(一) 预备工作

将数字信号处理模块 S4 的 8 位拨码开关 S3 置为“00000000”(开关拨向上方为“1”,拨向下为“0”)。将 8 位拨码开关 SW1 置为“00000001”(开关拨向上方为“1”,拨向下为“0”),打开实验箱电源,按下复位键 S2。



(二) 指数信号的观察

1. 将开关 S3 的第 1 位拨为“1”,其他位拨为“0”,用示波器在 TP1 处观察输出的指数信号,并分析其对应的频率及参数 α, K 。

2. 将开关 S3 的第 2 位拨为“1”,其他位拨为“0”,观察指数信号波形的变化,分析原因。

(三) 指数衰减正弦信号(正频率信号)的观察

1. 将开关 S3 的第 3 位拨为“1”,其他位拨为“0”,用示波器在 TP1 处观察输出的指数衰减正弦信号。

2. 将开关 S3 的第 4 位拨为“1”,其他位拨为“0”,注意波形的变化情况,分析原因。

(四) 抽样信号的观察

将开关 S3 的第 5 位拨为“1”,其他位拨为“0”,用示波器在 TP1 处观察输出的抽样信号。

(五) 钟形信号的观察

将开关 S3 的第 6 位拨为“1”,其他位拨为“0”,用示波器在 TP1 处观察输出的钟形信号。

五、实验报告要求

用坐标纸画出各波形。

六、实验测试点的说明

1. 测试点为 TP1;
2. 不要将开关 S3 的第 7 位和第 8 位拨为“1”。

实验二 阶跃响应与冲激响应

一、实验目的

1. 观察和测量 RLC 串联电路的阶跃响应与冲激响应的波形和有关参数,并研究电路元器件参数变化对响应状态的影响;
2. 掌握有关信号的时域测量分析方法。

二、实验器材

- | | |
|----------------|------|
| 1. 一阶系统特性模块 S5 | 1 块; |
| 2. 函数信号发生器 | 1 台; |
| 3. 双踪示波器 | 1 台。 |

三、实验原理

以单位冲激信号 $\delta(t)$ 作为激励, LTI(线性时不变)系统产生的零状态响应称为单位冲激响应,简称冲激响应,记为 $h(t)$ 。冲激响应示意图如图 1.2.1 所示。



图 1.2.1 冲激响应示意图

以单位阶跃信号 $u(t)$ 作为激励, LTI 系统产生的零状态响应称为单位阶跃响应, 简称阶跃响应, 记为 $g(t)$ 。阶跃响应示意图如图 1.2.2 所示。



图 1.2.2 阶跃响应示意图

阶跃激励与阶跃响应的关系可简单地表示为

$$g(t) = H[u(t)] \quad \text{或者} \quad u(t) \rightarrow g(t)$$

RLC 串联电路的阶跃响应与冲激响应实验电路图如图 1.2.3 所示。RLC 串联电路的响应有以下三种状态:

1. 当电阻 $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时, 为过阻尼状态;
2. 当电阻 $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时, 为临界阻尼状态;
3. 当电阻 $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 时, 为欠阻尼状态。

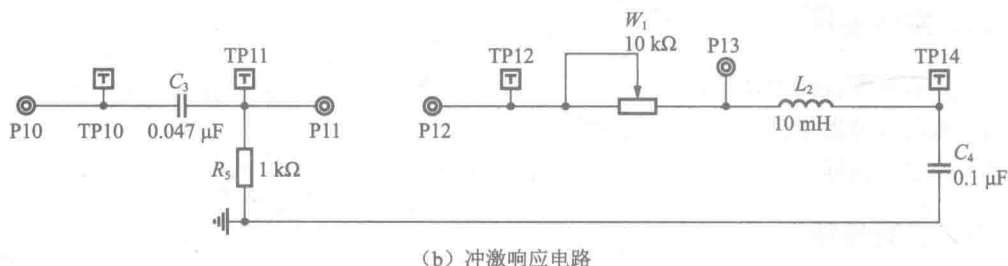
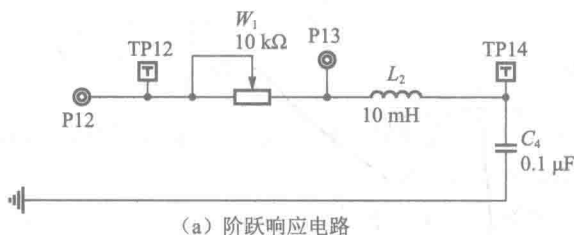


图 1.2.3 RLC 串联电路的阶跃响应与冲激响应实验电路图

冲激信号是阶跃信号的导数, 所以, 对于 LTI 系统, 冲激响应也是阶跃响应的导数, 即

阶跃响应是冲激响应的积分, $g(t)=\int_{0-}^t h(\tau)d\tau$ 。为了便于用示波器观察响应波形, 实验中用周期性方波信号代替阶跃信号, 而用周期性方波信号通过微分电路后得到的尖顶脉冲信号代替冲激信号。

四、实验内容与步骤

(一) 阶跃响应实验波形的观察

设激励信号为周期性方波信号, 频率 f 为 500 Hz, 电压峰-峰值 U_{P-P} 为 1 V。

实验电路图如图 1.2.3(a)所示。

1. 将函数信号发生器输出的方波信号送至 S5 模块中的 P12 端口;
2. 示波器的 CH1 接于 TP14, 调整 W_1 , 使电路分别工作于欠阻尼、临界阻尼和过阻尼三种状态, 观察各种状态下激励信号与响应信号的波形, 并填入表 1.2.1 中;
3. TP12 为输入信号波形的测试点, 可把示波器的 CH2 接于 TP12 上, 便于波形比较。

表 1.2.1 阶跃响应实验波形图

状态 参数测量	欠阻尼	临界阻尼	过阻尼
激励信号波形			
响应信号波形			

注: 描绘波形要使三种状态的 x 轴坐标(扫描时间)一致。

(二) 冲激响应实验波形的观察

冲激信号是由阶跃信号经过微分电路得到的。

实验电路图如图 1.2.3(b)所示。

1. 将方波信号输入接于 P10(输入信号频率与幅度不变);
2. 将示波器的 CH1 接于 TP11, 观察经微分电路后的响应波形(等效为冲激激励信号);
3. 连接 P11 与 P12;
4. 将示波器的 CH2 接于 TP14, 调整 W_1 , 使电路分别工作于欠阻尼、临界阻尼和过阻尼三种状态, 观察电路处于三种状态时激励信号与响应信号的波形, 并填于表 1.2.2 中。

表 1.2.2 冲激响应实验波形图

状态 参数测量	欠阻尼	临界阻尼	过阻尼
激励信号波形			
响应信号波形			

表中的激励信号波形为 TP11 处观察到的波形(冲激激励信号)。响应信号波形为 TP14 处观察到的波形。



五、实验报告要求

1. 描绘同样时间轴下阶跃响应与冲激响应的输入、输出电压波形时,要标明信号幅度 A 、周期 T 、方波脉宽 T_1 以及微分电路的 τ 值;
2. 分析实验结果,说明电路参数变化对状态的影响。

实验三 连续时间系统的模拟

一、实验目的

1. 了解基本运算单元——比例放大器、加法器和积分器的电路结构和运算功能;
2. 掌握用基本运算单元模拟连续时间一阶系统的原理与测试方法。

二、实验器材

- | | |
|---------------------|------|
| 1. 基本运算单元及连续系统模块 S9 | 1 块; |
| 2. 函数信号发生器 | 1 台; |
| 3. 双踪示波器 | 1 台。 |

三、实验原理

(一) 线性系统的模拟

系统的模拟就是用由基本运算单元组成的模拟装置来模拟实际的系统。这些实际系统可以是电的或非电的物理量系统,也可以是社会、经济和军事等非物理量系统。模拟装置可以与实际系统的内容完全不同,但是两者的微分方程必须完全相同,输入、输出关系即传递函数也完全相同。模拟装置的激励和响应是电物理量,而实际系统的激励和响应不一定是电物理量,但它们之间的关系是一一对应的,所以,可以通过对模拟装置的研究来分析实际系统,最终达到一定条件下确定最佳参数的目的。

本实验所说的系统的模拟就是由基本运算单元(比例放大器、加法器、积分器等)组成的模拟装置来模拟实际系统的传输特性。

(二) 三种基本运算单元

1. 比例放大器(电路连线示意图如图 1.3.1 所示)。

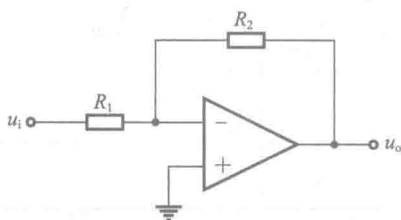


图 1.3.1 比例放大器电路连线示意图



输入、输出的关系为

$$u_o = -\frac{R_2}{R_1} \cdot u_i$$

2. 加法器(电路连线示意图如图 1.3.2 所示)。

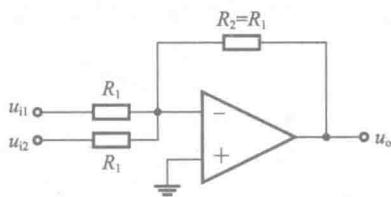


图 1.3.2 加法器电路连线示意图

输入、输出的关系为

$$u_o = -\frac{R_2}{R_1}(u_{i1} + u_{i2}) = -(u_{i1} + u_{i2}), \quad R_1 = R_2$$

3. 积分器(电路连线示意图如图 1.3.3 所示)。

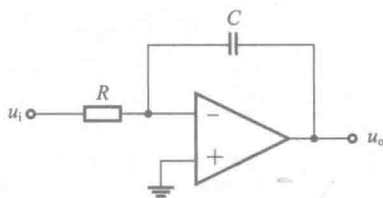


图 1.3.3 积分器电路连线示意图

输入、输出的关系为

$$u_o = -\frac{1}{RC} \int u_i dt$$

(三) 一阶系统的模拟

一阶 RC 电路如图 1.3.4(a)所示,可用以下方程描述:

$$\frac{dy(t)}{dt} + \frac{1}{RC}y(t) = \frac{1}{RC}x(t)$$

其模拟框图如图 1.3.4(b)和(c)所示。

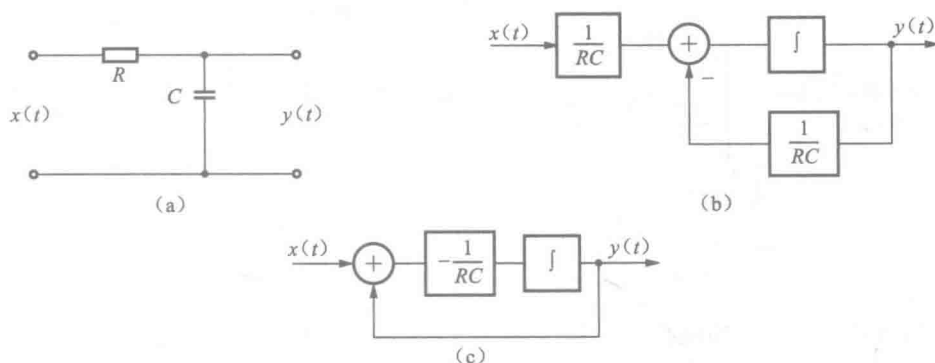


图 1.3.4 一阶系统的模拟

四、实验内容与步骤

在实验模块上, U_1 和 U_2 为运算放大器。P1 和 P2 为 U_1 的输入端, P3 为 U_1 的输出端; P4 和 P5 为 U_2 的输入端, P6 为 U_2 的输出端。

实验模块上有可供选择的电阻、电容及电感, 可根据需要选择并进行连线。 U_1 , U_2 的实验电路图如图 1.3.5 所示。

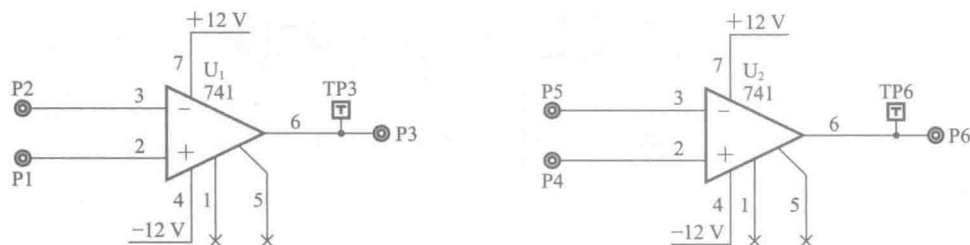


图 1.3.5 U_1 , U_2 实验电路图

(一) 比例放大器的观测

1. 自己动手连接图 1.3.6 所示的实验电路, 可选择不同的电阻值以改变放大比例;
2. 用函数信号发生器产生 $U_{P-P}=1\text{ V}$, $f=1\text{ kHz}$ 的方波, 送入比例放大器的输入端, 用示波器同时观察输入、输出波形并比较, 完成表 1.3.1。

表 1.3.1 比例放大器输入/输出表

电阻/ $\text{k}\Omega$	输 入		输 出	
	电压/ V	波 形	电压/ V	波 形
$R_1=$				
$R_2=$				
$R_1=$				
$R_2=$				

(二) 加法器的观测

1. 自己动手按图 1.3.7 所示连接实验电路;

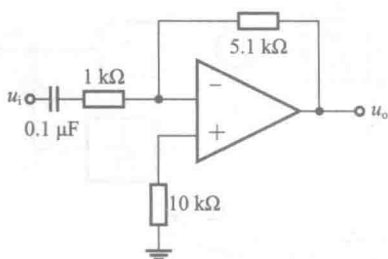


图 1.3.6 比例放大器实验电路图

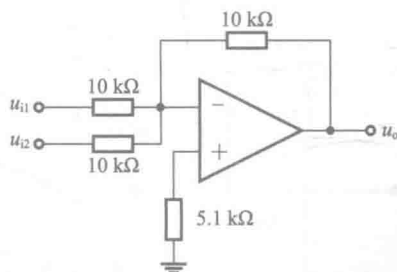


图 1.3.7 加法器实验电路图

2. 使函数信号发生器输出两路 $U_{P-P}=2\text{ V}$, $f=500\text{ Hz}$ 的方波, 送入加法器的输入端;
3. 测量 u_o 端输出电压是否为两路输入电压之和;
4. 将信号源换一种波形再测量一遍, 完成表 1.3.2。