

电子电路实验系列教材

丛书主编 周 娅

信号与系统 ¹xinhao

实验·设计·仿真

主 编 严 俊
副主编 雷莲英 孟德明 王士央



电子科技大学出版社

电子电路实验系列教材

信号与系统实验·设计·仿真

丛书主编 周 娅

主 编 严 俊

副 主 编 雷莲英 孟德明 王土央

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统实验·设计·仿真 / 严俊主编. —成都:
电子科技大学出版社, 2008.3
(电子电路实验系列教材/周娅主编)
ISBN 978-7-81114-766-7

I. 信… II. 严… III. 信号系统—高等学校—教材
IV. TN911.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 030875 号

电子电路实验系列教材
信号与系统实验·设计·仿真

丛书主编 周 娅

主 编 严 俊

副 主 编 雷莲英 孟德明 王土央

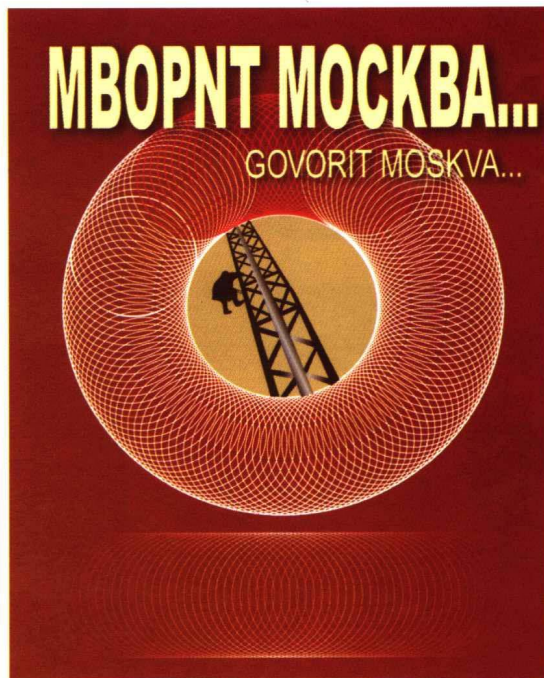
出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段159号电子信息产业大厦 邮编: 610051)
策划编辑: 朱 丹
责任编辑: 汤云辉
主 页: www.uestcp.com.cn
电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn
发 行: 新华书店经销
印 刷: 四川省地质矿产局测绘队印刷厂
成品尺寸: 185mm×260mm 印张 6.25 字数 152 千字
版 次: 2008 年 3 月第一版
印 次: 2008 年 3 月第一次印刷
书 号: ISBN 978-7-81114-766-7
定 价: 10.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。
- ◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。



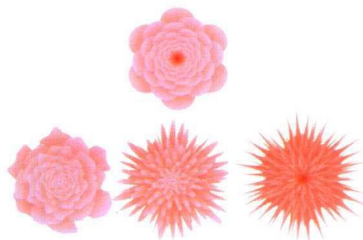
玫瑰花



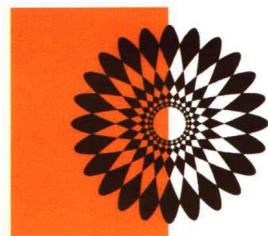
制作由线构成的海报



折扇



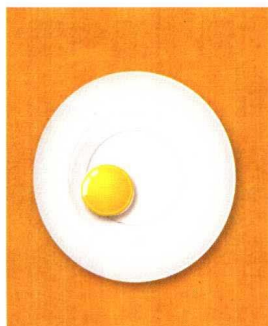
扭曲练习



制作重复镂空效果的图形



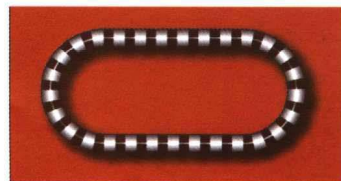
制作无缝拼贴图案2



盘子中的鸡蛋效果



五彩圆环



边线设计2



制作人物插画



制作自定义图表



放大镜的放大效果



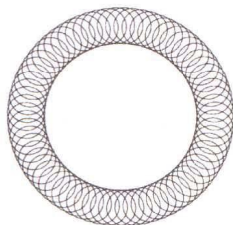
水底世界



苹果计算机的机箱



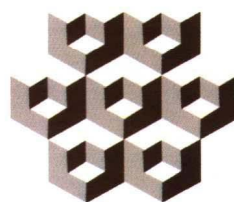
商标



旋转的圆圈



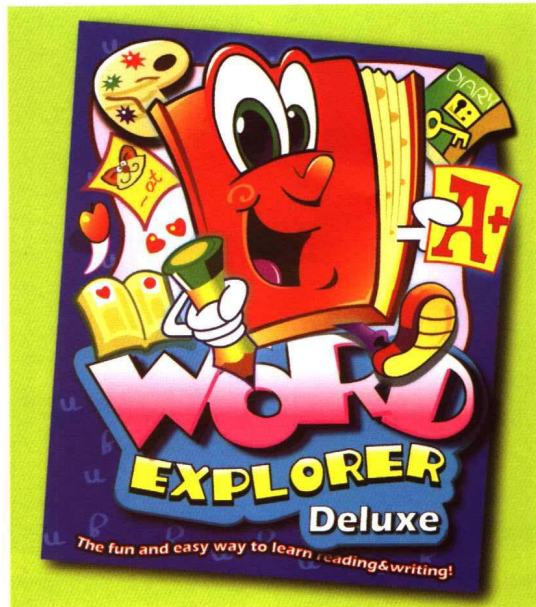
Apple标志



制作重复图案



手表



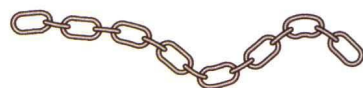
制作卡通形象设计



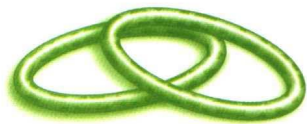
制作字母图形化标志设计



杯子



锁链



玉镯



立体五角星效果



变形的文字



水滴效果

Illustrator CS3 中文版

基础与实例教程



制作立体透明球形标志设计



飘扬的旗帜



立体文字效果2



阴阳文字



边线设计1



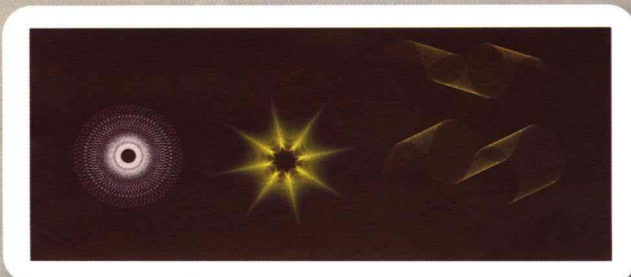
制作无缝拼贴图案1



单页广告版式设计



勺



制作线条规则变化的轨迹

编写说明

本书是按照信号与系统实验的特点，积多年的实验教学经验编写而成的，其内容和实验方法与以往的实验指导书都有不同之处。

1. 全书共有 17 个实验，并分成验证性、提高性、设计性等多个层次，在此基础上，将仿真技术的应用贯穿到各个层次的实验中，以适应不同专业、不同学时、不同层次的学生使用。

2. 经过教改，全面采用频域的仪器进行频域的实验，更改了原频域实验中普遍使用时域仪器的实验方法，使学生更容易理解和掌握频域的理论知识。

3. 增加了频域的仪器，如频谱仪和频率特性测试仪的介绍和数字式示波器和 DDS 信号源的介绍，使学生了解和掌握先进的测量仪器和测量方法。

前 言

《信号与系统分析》是电子工程类专业的一门理论和实践性都很强的主干课程，是学生必修的专业基础课，它以高等数学、线性代数、复数、线性电路分析的理论对确定性信号进行时域和频域分析，讨论线性时不变系统的描述与特性以及信号通过线性时不变系统的时域分析和频域分析。学生在学习这门课时普遍感到概念抽象，数值计算繁琐，对概念的消化和吸收有一定难度。学生通过“信号与系统分析实验”，了解概念和定理的物理意义，对这门课的学习有很大帮助。在多年实践教学改革的基础上，我们编写了本实验教材。

教材内容分为 3 章：

第一章为实验内容，共有 17 个实验，并分成验证性、提高性、设计性等多个层次，在此基础上，将仿真技术的应用贯穿到各个层次的实验中，以适应不同专业、不同学时、不同层次的学生使用。经过教学改革，全面采用频域的仪器进行频域的实验，改变了原频域实验中普遍使用时域仪器的实验方法，使学生更容易理解和掌握频域的理论知识。

第二章为信号与系统分析实验常用仪器的介绍，重点介绍以往实验教材很少涉及的频域的仪器如频谱仪、频率特性测试仪、数字式示波器和 DDS 信号源，使学生了解和掌握先进的测量仪器和测量方法。

第三章为仿真软件 Multisim 使用方法的介绍，以利于学生进行仿真实验。

本书由桂林电子科技大学严俊、雷莲英、孟德明、王土央编著，赵家宾教授主审。在编写过程中还得到周娅教授和朱名日教授的大力支持和鼓励，也得到有关仪器设备厂家的支持，在此一并表示感谢。

对书中的错误和不足之处，恳请读者指正。

编 者

2007 年 12 月 30 日

目 录

第一章 信号与系统分析实验	1
1.1 时域分析	1
1.1.1 验证性实验——常用信号分类与观察	1
1.1.2 提高性实验——常用信号及其响应	5
1.1.3 提高性实验——零输入响应与零状态响应	7
1.1.4 仿真实验——常用信号及其响应	9
1.2 信号的分解与合成	14
1.2.1 验证性实验——方波信号的分解与合成	14
1.2.2 设计性仿真实验——方波信号的分解与合成	17
1.3 信号的频谱分析	19
1.3.1 验证性实验——常用信号的频谱	19
1.3.2 验证性实验——外差法测周期矩形脉冲的频谱	20
1.3.3 提高性实验——观测信号的频谱及滤波器幅频特性	22
1.3.4 仿真实验——仿真观测信号的频谱及滤波器幅频特性	23
1.4 抽样定理	26
1.4.1 验证性实验——抽样定理	26
1.4.2 设计性实验——信号的采样与恢复	28
1.4.3 仿真实验——采样定理	31
1.5 信号通过系统的特性测试	34
1.5.1 验证性实验——无失真传输系统	34
1.5.2 提高性实验——二阶系统的特性测量	36
1.5.3 设计性实验——模拟滤波器的设计	40
1.5.4 仿真实验——滤波器的特性	43
第二章 信号实验常用仪器的使用	45
2.1 TFG3000L 系列 DDS 函数信号发生器	45
2.1.1 主要技术指标	45
2.1.2 直接数字合成工作原理	45
2.1.3 基本操作	46
2.1.4 接口应用	53
2.1.5 程控命令	54

2.2	TDS2000 数字示波器	57
2.2.1	主要技术指标	57
2.2.2	基本操作	57
2.2.3	数学计算 FFT	62
2.2.4	USB 闪存驱动器端口	63
2.2.5	连接到 PC	64
2.2.6	连接到打印机	64
2.3	SA1000 数字频率特性测试仪	64
2.3.1	主要技术指标	64
2.3.2	频率特性测试仪前面板	65
2.3.3	操作解释	66
2.3.4	原理概述	67
2.3.5	仪器的使用方法	69
2.3.6	示例	72
2.3.7	程控接口指南	73
2.4	AT6010 扫频式频谱分析仪	74
2.4.1	技术参数	74
2.4.2	外形图	75
2.4.3	使用介绍	75
第三章	Multisim 软件介绍	77
3.1	概述	77
3.1.1	Multisim 2001 的特点	77
3.1.2	软件安装	77
3.2	使用说明	78
3.2.1	Multisim 的主窗口	78
3.2.2	Multisim 基本工具栏	79
3.2.3	Multisim 元件库及仪器库	80
3.2.4	分析功能和仪器使用指南	81
	参考文献	89

第一章 信号与系统分析实验

1.1 时域分析

1.1.1 验证性实验——常用信号分类与观察

1. 实验目的

- (1) 观察常用信号的波形特点及产生方法。
- (2) 学会使用示波器对常用波形参数的测量。

2. 实验原理

对于一个系统特性的研究，其中重要的一个方面是研究它的输入/输出关系，即在一特定的输入信号下，系统对应的输出响应信号。因而对信号的研究是对系统研究的出发点，是对系统特性观察的基本手段与方法。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：正弦信号、指数信号、指数衰减正弦信号、抽样信号、钟形信号、脉冲信号、方波信号等。

(1) 正弦信号：其表达式为 $f(t) = K \sin(\omega t + \theta)$ ，其信号参数有：振幅 K 、角频率 ω 、初始相位 θ 。其波形如图 1-1 所示。

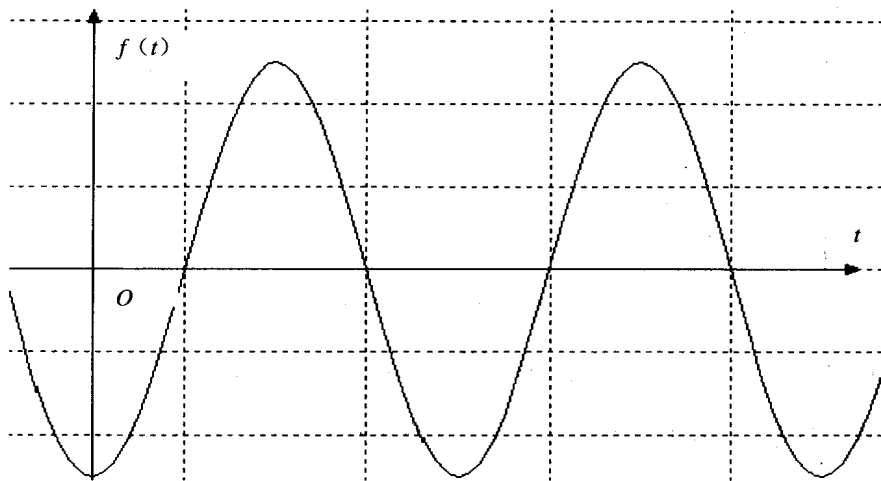


图 1-1 正弦信号

(2) 指数信号：指数信号可表示为 $f(t) = Ke^{at}$ 。对于不同的 a 取值，其波形表现为不同的形式，如图 1-2 所示。

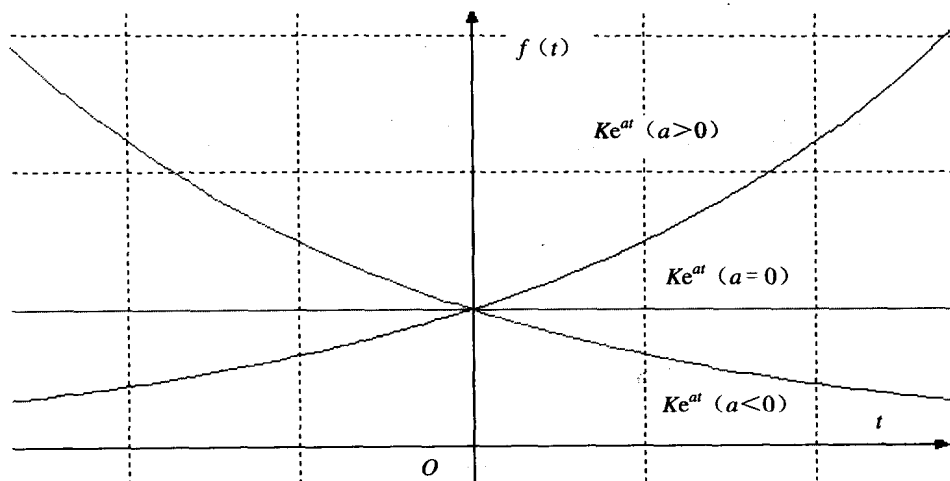


图 1-2 指数信号

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

1-3 所示。

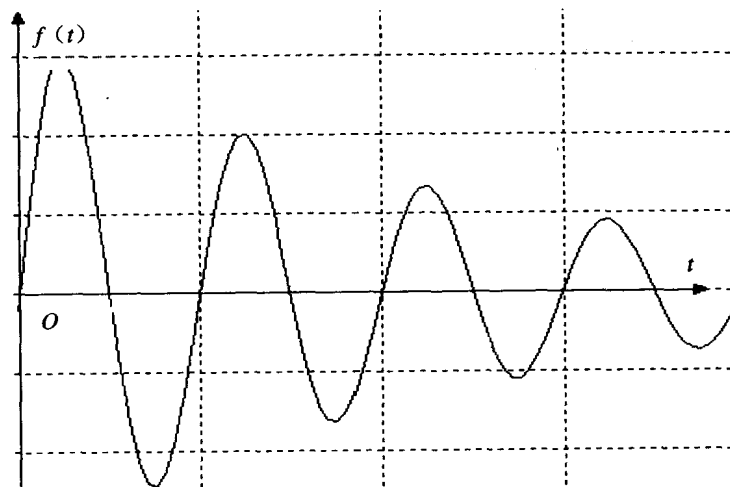


图 1-3 指数衰减正弦信号

(4) 抽样信号：其表达式为： $S_a(t) = \frac{\sin t}{t}$ 。 $S_a(t)$ 是一个偶函数， $t = \pm\pi, \pm2\pi, \dots$ ， $\pm n\pi$ 时，函数值为零。该函数在很多应用场合具有独特的运用。其波形如图 1-4 所示。

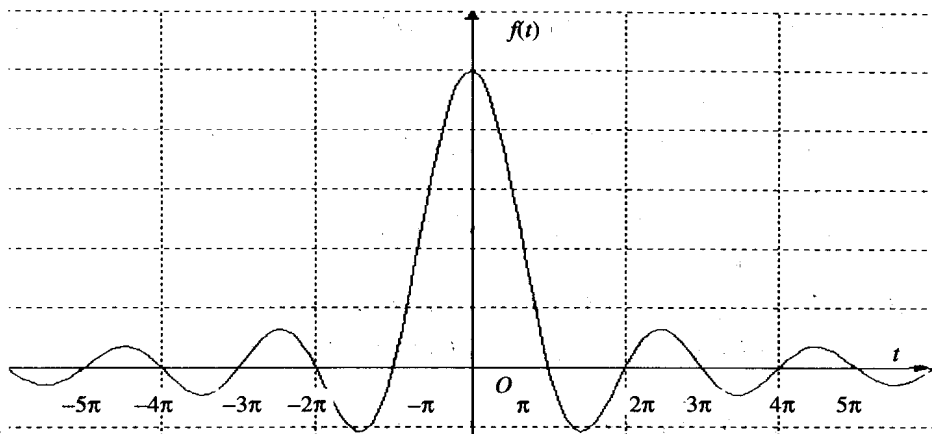


图 1-4 抽样信号

(5) 钟形信号（高斯函数）：其表达式为： $f(t) = Ee^{-\frac{t^2}{\tau}}$ ，其波形如图 1-5 所示。

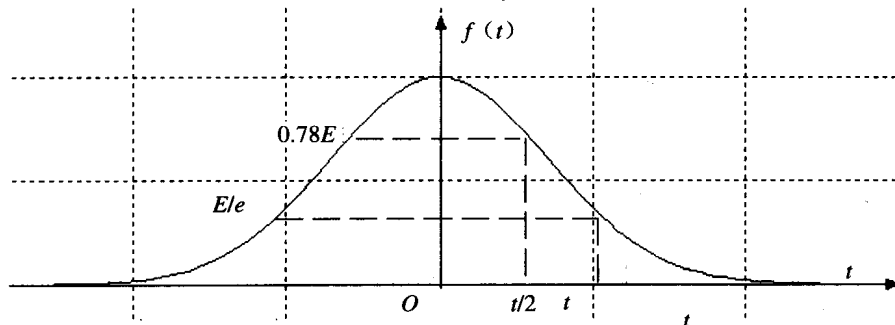


图 1-5 钟形信号

(6) 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。

(7) 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。

3. 实验设备

- | | |
|----------------------|-----|
| (1) “众友”信号与系统实验箱（主板） | 一台。 |
| (2) 双踪示波器 | 一台。 |

4. 实验内容与步骤

(1) 利用示波器观察正弦信号的波形，并测量分析其对应的振幅 K 、角频率 ω 。具体步骤如下：

- ① 接通电源，并按下此模块电源开关 S5。
- ② 按下此模块中的按键【正弦波】，用示波器观察输出的正弦信号，并分析其对应的频率。
- ③ 再按一下【频率降】或【频率升】键，观察波形的变化，并分析且测量对应频率的变化，记录此时的振幅 K 、角频率 ω 。（注：复位后输出的信号频率最大，只有当按下【频

率降】时，按【频率升】键波形才会变化，并每次在改变波形时，波形的频率为最大，以下波形的输出与此类似。）

(2) 用示波器测量指数信号波形，并分析其所对应的 a 、 K 参数。具体步骤如下：

① 按下此模块中的按键【指数信号】，用示波器观察输出的指数信号，并分析其对应的频率， a 、 K 参数。

② 再按一下【频率降】或【频率升】键，观察波形的变化，分析其对应频率的变化，并分析此时的参数 a 的变化。

(3) 指数衰减正弦信号观察（正频率信号）。具体步骤如下：

① 按下此模块中的按键【指数衰减】，用示波器观察输出的指数衰减正弦信号，并分析其对应的频率。

② 再按一下【频率降】或【频率升】键，观察波形的变化，并分析且测量对应频率的变化。

(4) 抽样信号的观察。具体步骤如下：

① 按下此模块中的按键【 S_a 信号】，用示波器观察输出的抽样信号，并分析其对应的频率。

② 再按一下【频率降】或【频率升】键，观察波形的变化，并分析且测量对应频率的变化。

(5) 钟形信号的观察。具体步骤如下：

① 按下此模块中的按键【钟形信号】，用示波器观察输出的钟形信号，并分析其对应的频率。

② 再按一下【频率降】或【频率升】键，观察波形的变化，并分析且测量对应频率的变化及相应的参数 τ 。

(6) 脉冲信号的观察。具体步骤如下：

① 按下此模块中的按键【脉冲信号】，用示波器观察输出的脉冲信号，并分析其对应的频率。

② 再按一下【频率降】或【频率升】键，观察波形的变化和特点，并分析且测量对应频率的变化。

(7) 方波、三角波、锯齿波信号的观察。具体步骤如下：

① 按下此模块中的相应信号的按键，用示波器观察输出的信号，并分析其对应的频率。

② 再按一下【频率降】或【频率升】键，观察波形的变化和特点，并分析且测量对应频率的变化。

5. 实验报告要求

用坐标纸画出各波形。

6. 实验测试点的说明

(1) 测试点分别为：

“输出”（孔和测试钩）：信号的输出端。

“GND”：与实验箱的地相连。

(2) 调节点分别为：

“正弦波”~“RESET”：完成标识上的功能。

1.1.2 提高性实验——常用信号及其响应

1. 实验目的

- (1) 研究动态网络的阶跃信号、冲激信号、阶跃响应、冲激响应及两者之间的关系。
- (2) 验证卷积积分法。

2. 实验原理

- (1) 冲激信号是阶跃信号的微分 $\delta(t) = \frac{dU(t)}{dt}$ ，响应也是微分关系 $h(t) = \frac{dW(t)}{dt}$ 。
- (2) 某一信号 $f(t)$ 通过一个线性系统后的响应为 $y(t) = f(t) * h(t)$ 。

3. 实验设备

- | | |
|---------------------|-----|
| (1) 双踪示波器 | 一台。 |
| (2) 函数信号发生器 | 一台。 |
| (3) 信号系统实验箱 TPE-SS6 | 一台。 |

4. 实验内容与步骤

- (1) 观察冲激信号与阶跃信号之间的关系

① 按图 1-6 连接好线路。输入端输入 $f = 5\text{kHz}$, $V_{ip-p} = 6\text{V}$ 的方波信号。

② 示波器测量输入 $u(t)$ 、输出波形 $\delta(t)$ ，记录波形，并将其分别与阶跃信号和冲激信号相比较（如图 1-7 所示）。

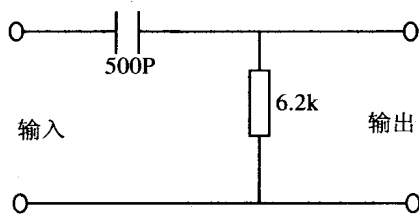


图 1-6 微分电路

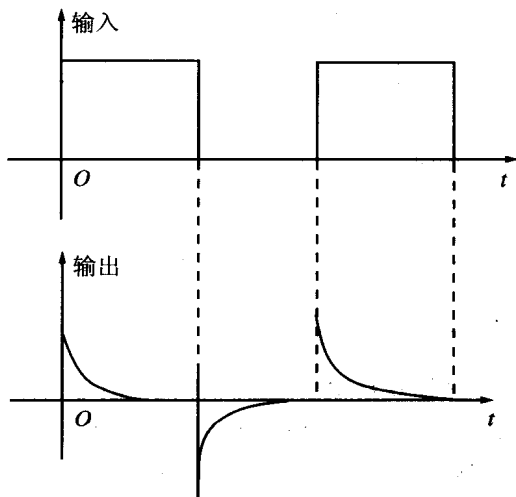


图 1-7 阶跃信号与冲激信号

- (2) 观察阶跃响应与冲激响应之间的关系

① 先获得阶跃响应 $w(t)$

如图 1-8 所示在实验箱上连接好线路，输入端输入 $f = 5\text{kHz}$, $V_{ip-p} = 6\text{V}$ 的方波信号（用此信号代替阶跃信号），用示波器观察输入、输出波形，并记录波形（如图 1-9 所示）。

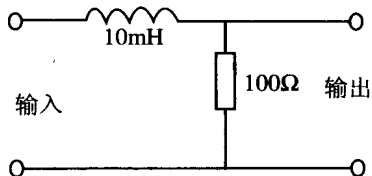


图 1-8 动态电路

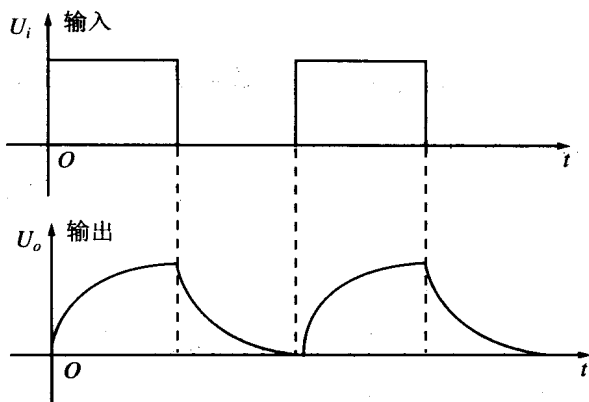


图 1-9 阶跃响应

② 再观察冲激响应 $h(t)$

如图 1-8 所示在实验箱上连接好线路，输入端输入 $f = 5\text{kHz}$ 、 $V_{ip-p} = 10\text{V}$ 、脉宽 τ 为最窄时（约为 $20\mu\text{s}$ ）的正脉冲（用此信号代替冲激信号），用示波器观察输入、输出波形，并记录波形（如图 1-10 所示）。

③ 观察阶跃响应与冲激响应之间的关系

如图 1-11 所示在实验箱上连接好线路，输入端输入 $f = 5\text{kHz}$ ， $V_{ip-p} = 6\text{V}$ 的方波信号，经动态电路后得到阶跃响应（同内容（2）中的第 1 步），这个阶跃响应再经过微分电路可获得冲激响应。

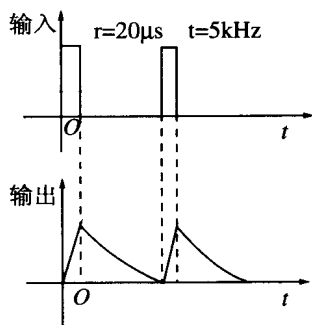


图 1-10 冲激响应

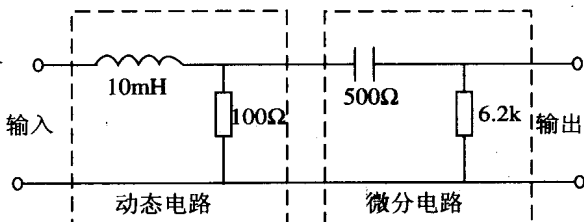


图 1-11 实验电路

用示波器观察输出波形，并记录波形（如图 1-12 所示）。

由图 1-10 与图 1-12 比较可见，两波形的上半部分完全一致（下半部分是由于方波的下跳沿所引起，即非理想阶跃信号所致）。

由以上实验结果可知：冲激信号是阶跃信号的微分 $\delta(t) = \frac{dU(t)}{dt}$

冲激响应也是阶跃响应的微分 $h(t) = \frac{dW(t)}{dt}$