



普通高等教育“十二五”规划教材

数字通信原理

communication

实验指导

弓云峰 崔得龙 张涛 编著

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

014007022



普通高等教育“十二五”规划教材

TN914-33
03

数字通信原理

communication

实验指导

弓云峰 崔得龙 张涛 编著



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)



SS0700.10

特等书“五二”百书等第

内 容 提 要

本书着重强化学生运用课程理论和技术解决实际问题的能力。本书按照“信号与系统篇”、“数字信号处理篇”和“数字通信原理篇”三个层次展开,共包括十六个实验。每个实验包括实验目的、实验原理及方法、实验内容及步骤、思考题和实验报告要求等内容。

本书层次分明,浅显易懂,适合高等院校通信工程、电子信息技术等专业学生作为相关课程实验参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字通信原理实验指导 / 弓云峰, 崔得龙, 张涛编著.

—北京: 中国石化出版社, 2013. 6

ISBN 978 - 7 - 5114 - 2180 - 7

I. ①数… II. ①弓…②崔…③张… III. ①数字通信 - 实验 - 高等学校 - 教学参考资料 IV. ①TN914.3 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 114275 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010) 84271850

读者服务部电话: (010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

880 × 1230 毫米 32 开本 4.75 印张 121 千字

2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

定价: 15.00 元

前 言

按照教育部“电子电气基础课程教学基本要求”，根据我校（广东石油化工学院）实际情况，自编本实验指导书。本书共包含十六个实验，内容涉及“信号与系统”、“数字信号处理”及“数字通信原理”课程。本书层次分明，浅显易懂，份量适中，适合高等院校通信工程、电子信息技术等专业本专科学生作为相关课程实验参考书。

本书是集体智慧的结晶，全书由弓云峰主编，第一部分由张涛和崔得龙执笔，第二部分由肖明执笔，第三部分由弓云峰和陈信执笔。

本实验指导书的主要特点：

“信号与系统篇”是“信号与系统”理论课程配套的 MATLAB 仿真实验指导书。本篇的实验内容与教材的理论同步，全面系统地介绍了应用 MATLAB 对信号与系统进行分析的具体方法，包括连续时间信号的 MATLAB 表示与计算、连续时间系统的时域分析、周期信号的频域分析、非周期信号的傅立叶变换分析、信号与系统复频域分析、抽样定理等内容。

“数字信号处理篇”是“数字信号处理”理论课程配套的 MATLAB 仿真实验指导书。包括离散时间信号的 MATLAB 表示与计算、离散时间系统的时域分析、FFT 算法与离散时间信号的频域分析、离散系统的变换域分析、无限冲激响应数字滤波器的设计、有限冲激响应数字滤波器的设计等内容。前两部分内容中的

所有应用实例均通过 MATLAB 上机调试。

“数字通信原理篇”是“数字通信原理”理论课程配套的实验指导书，包括 AMI、HDB3 编译码实验，PCM 编、解码单路、多路实验，DPSK 调制、解调实验，循环码编、译码实验等内容。本篇内容的编写得到了华南理工大学刘灼群教授的大力帮助，在此表示感谢。

限于我们的水平和经验，本指导书的内容难免有不当之处，希望广大教师和同学提出批评建议。我们会继续努力，使本书更具有针对性和完整性。

编 者

2013 年 5 月

目 录

信号与系统篇

实验一	连续时间信号的 MATLAB 表示与计算	(3)
实验二	连续时间系统的时域分析	(21)
实验三	周期信号的频谱分析	(34)
实验四	非周期信号的傅立叶变换分析	(46)
实验五	信号与系统复频域分析	(56)
实验六	抽样定理	(67)

数字信号处理篇

实验七	离散时间信号的 MATLAB 表示与计算	(79)
实验八	离散时间系统的时域分析	(85)
实验九	FFT 算法与离散时间信号的频域分析	(88)
实验十	离散系统的变换域分析	(93)
实验十一	无限冲激响应数字滤波器的设计	(96)
实验十二	有限冲激响应数字滤波器设计	(99)

数字通信原理篇

实验十三	AMI、HDB3 编译码实验	(105)
实验十四	PCM 编、解码单路、多路实验	(112)
实验十五	DPSK 调制、解调实验	(124)
实验十六	循环码编、译码实验	(134)
附录	MATLAB 主要命令函数表	(141)

信号与系统篇

实验一

连续时间信号的 MATLAB 表示与计算

一、实验目的

(1) 初步学习 MATLAB 语言, 熟悉 MATLAB 软件的基本使用。

(2) 掌握用 MATLAB 描述连续时间信号方法, 能够编写 MATLAB 程序, 实现各种信号的时域变换和运算, 并且以图形的方式再现各种信号的波形。

二、实验原理

连续信号是指自变量的取值范围是连续的, 且对于一切自变量的取值, 除了有若干个不连续点之外, 信号都有确定的值与之对应。严格来说, MATLAB 并不能处理连续信号, 而是用等时间间隔点的样值来近似表示连续信号。当取样时间间隔足够小时, 这些离散的样值就能较好地近似连续信号。

在 MATLAB 可视化绘图中, 对于以 t 为自变量的连续信号, 在绘图时统一用 plot 函数。

对于连续时间信号 $f(t)$, 可用 f 、 t 两个行向量来表示, 例如:

```
t = -10: 1.5: 10;
```

```
f = sin(t) ./ t;
```

可以产生 $t = -10 \sim 10$, 间隔 1.5 的序列以及 $f = \frac{\sin(t)}{t}$ 的值。

用命令: plot(t, f) 可得图 1-1, 显然显示效果较差, 这是因为 t 的间隔过大, 只要改变为: $t = -10: 0.5: 10$; 可得图 1-2。

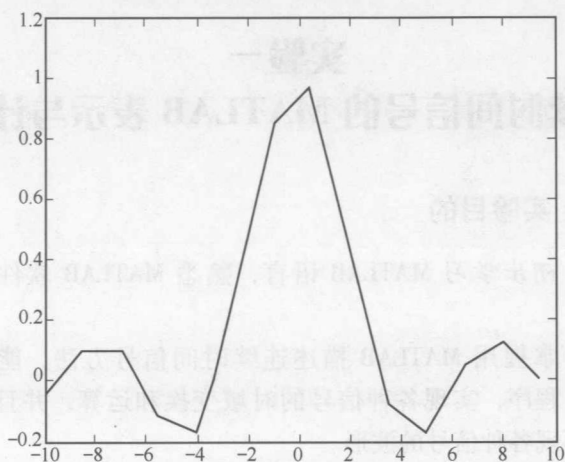


图 1-1 图像示例 1

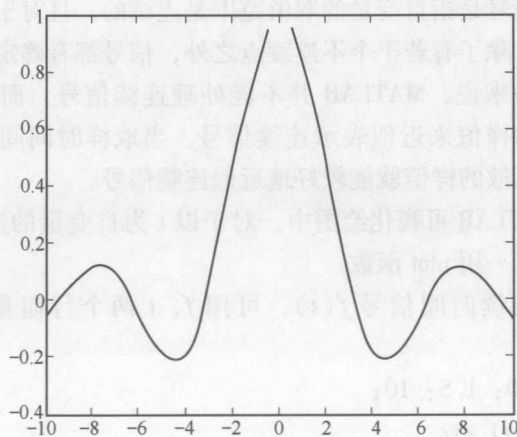


图 1-2 图像示例 2

(一) 信号的时域表示方法

MATLAB 提供了大量用以生成基本信号的函数, 比如最常用的指数信号、正弦信号等都是 MATLAB 的内部函数, 即不需

要安装任何工具箱就可以调用的函数。

1. 单位阶跃信号 $u(t)$

```
function y = heaviside(t)           % 阶跃信号
y = (t >= 0);                       % y = 1 for t > 0, else y = 0
```

2. 单位冲激信号 $\delta(t)$

```
function chongji(t1, t2, t0)        % 冲激信号  $\delta(t)(t - t_0)$ ,
t1和t2分为起始时间和终止时间
```

```
dt = 0.01; t = t1 : dt : t2;
n = length(t);
x = zeros(1, n);
x(1, (t0 - t1)/dt + 1) = 1/dt;
stairs(t, x);                       % 以阶梯方式绘画
axis([t1, t2, 0, 1.1/dt])
或 function y = delta(t)
```

```
dt = 0.01;
y = (heaviside(t) - heaviside(t - dt))/dt;
```

3. 指数信号

指数信号 Ae^{at} 在 MATLAB 中可以用 exp 函数表示, 其调用形式为: $y = A * \exp(a * t)$ 。

图 1-3 所示指数衰减信号的 MATLAB 源程序如下(取 $A = 1$, $a = -0.4$):

```
% Decaying exponential signal
```

```
A = 1; a = -0.4;
t = 0:0.01:10;
ft = A * exp(a * t);
plot(t, ft);
grid on;
```

4. 正弦信号

正弦信号 $f(t) = \sin(3t) + \sin(90t)$, $-\infty < t < \infty$, 和

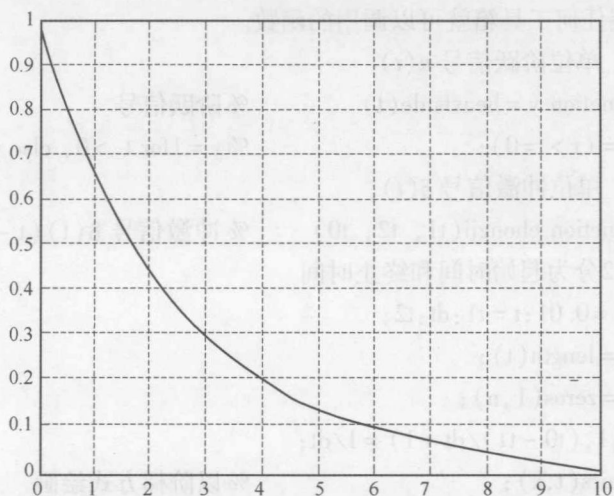


图 1-3 单边指数衰减信号

$A \sin(\omega_0 t + \varphi)$ 分别用 MATLAB 的内部函数 `cos` 和 `sin` 表示, 其调用形式为: $A * \cos(w0 * t + \text{phi})$ 或 $A * \sin(w0 * t + \text{phi})$

图 1-4 所示 MATLAB 源程序如下(取 $A = 1$, $\omega_0 = 2\pi$, $\varphi = \pi/6$):

```
% Sinusoidal signal
A=1;
w0=2*pi;
phi=pi/6;
t=0:0.01:8;
ft=A*sin(w0*t+phi);
plot(t,ft);
grid on;
```

除了内部函数外, 在信号处理工具箱(Signal Processing Toolbox)中还提供了诸如抽样函数、矩形波、三角波、周期性矩形波和周期性三角波等在信号处理中常用的信号。

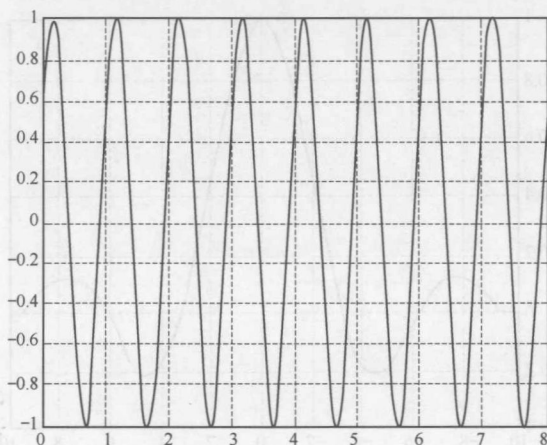


图 1-4 正弦信号

5. 抽样函数

抽样函数 $Sa(t)$ 在 MATLAB 中用 `sinc` 表示, 其定义为:

$\text{sinc}(t) = \sin(\pi t)/(\pi t)$, 其调用形式为: `y = sinc(t)`

图 1-5 所示抽样函数的 MATLAB 源程序如下:

```
% Sample function
```

```
t = -3 * pi : pi/100 : 3 * pi;
```

```
ft = sinc(t/pi);
```

```
plot(t, ft);
```

```
grid on;
```

6. 矩形脉冲信号

矩形脉冲信号在 MATLAB 中用 `rectpuls` 函数来表示, 其调用形式为: `y = rectpuls(t, width)`, 用以产生一个幅值为 1、宽度为 $width$ 、相对于 $t=0$ 点左右对称的矩形波信号。该函数的横坐标范围由向量 t 决定, 是以 $t=0$ 为中心向左右各展开 $width/2$ 的范围。 $width$ 的默认值为 1。图 1-6 所示以 $t=2T$ (即 $t-2 \times T=0$) 为对称中心的矩形脉冲信号的 MATLAB 源程序如下 (取 $T=1$):

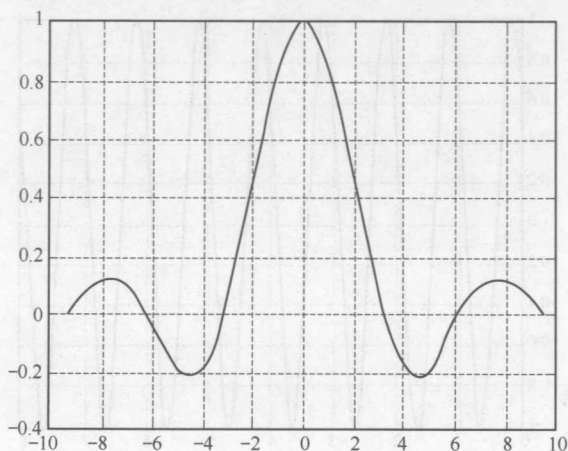


图 1-5 抽样函数

```
% Rectangular pulse signal
```

```
t = 0:0.001:4;
```

```
T = 1;
```

```
ft = rectpuls(t - 2 * T, 2 * T);
```

```
plot(t, ft); grid on; axis([0 4 -0.5 1.5]);
```

周期性矩形波(方波)信号在 MATLAB 中用 `square` 函数来表示, 其调用形式为: `y = square(t, DUTY)`, 用以产生一个周期为 2π 、幅值为 ± 1 的周期性方波信号, 其中的 `DUTY` 参数表示占空比(*duty cycle*), 即在信号的一个周期中正值所占的百分比。图 1-7 所示频率为 30Hz 的周期性方波信号的 MATLAB 源程序如下:

```
% Periodic rectangular pulse signal
```

```
t = -0.0625:0.0001:0.0625;
```

```
y = square(2 * pi * 30 * t, 75); % DUTY = 75 (percent)
```

```
plot(t, y);
```

```
axis([-0.0625 0.0625 -1.5 1.5]);
```

```
grid on;
```

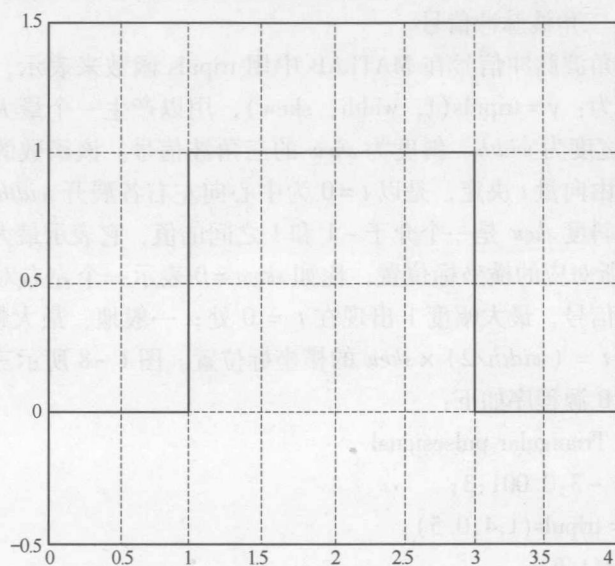


图 1-6 矩形波信号

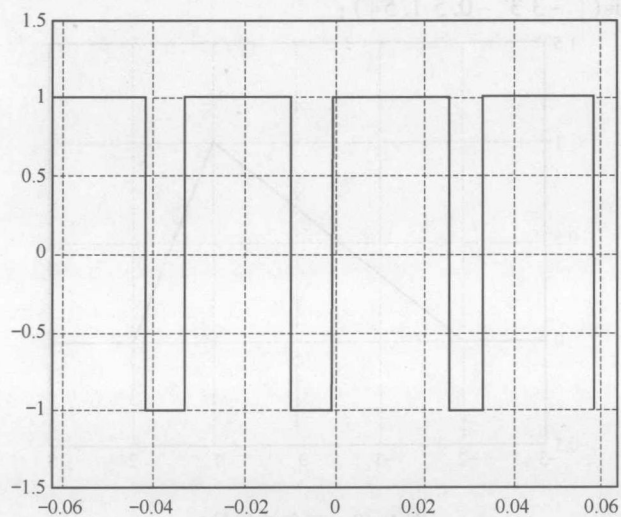


图 1-7 周期性方波信号

7. 三角波脉冲信号

三角波脉冲信号在 MATLAB 中用 `tripuls` 函数来表示, 其调用形式为: $y = \text{tripuls}(t, \text{width}, \text{skew})$, 用以产生一个最大幅度为 1、宽度为 width 、斜度为 skew 的三角波信号。该函数的模坐标范围由向量 t 决定, 是以 $t=0$ 为中心向左右各展开 $\text{width}/2$ 的范围。斜度 skew 是一个介于 -1 和 1 之间的值, 它表示最大幅度 1 出现所对应的横坐标位置, 比如 $\text{skew} = 0$ 表示一个左右对称的三角波信号, 最大幅度 1 出现在 $t = 0$ 处; 一般地, 最大幅度 1 出现在 $t = (\text{width}/2) \times \text{skew}$ 的横坐标位置。图 1-8 所示三角的 MATLAB 源程序如下:

```
% Triangular pulsesignal
```

```
t = -3:0.001:3;
```

```
ft = tripuls(t,4,0.5);
```

```
plot(t,ft);
```

```
grid on;
```

```
axis([-3 3 -0.5 1.5]);
```

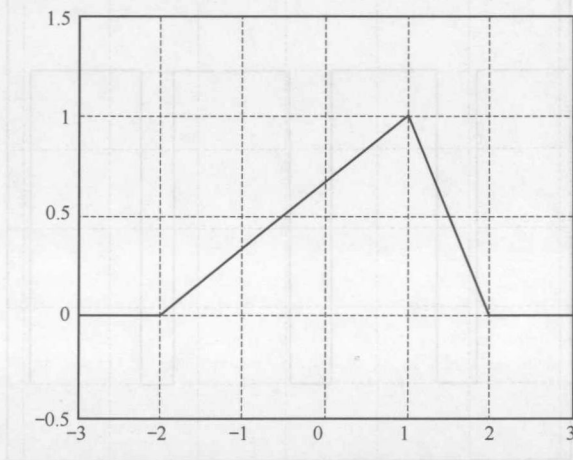


图 1-8 三角波信号

周期性方波信号在 MATLAB 中用 `sawtooth` 函数来表示, 其调用形式为: $y = \text{sawtooth}(t, \text{WIDTH})$, 用以产生一个周期为 2π 、最大幅度为 1、最小幅度为 -1 的周期性方波(锯齿波)信号, 其中的 WIDTH 参数表示最大幅度出现的位置: 在一个周期内, 信号从 $t = 0$ 到 $\text{WIDTH} \times 2\pi$ 时函数值是从 -1 到 1 线性增加的, 而从 $\text{WIDTH} \times 2\pi$ 到 2π 时函数值又是从 1 到 -1 线性递减的; 在其他周期内依次类推。例如图 1-9 所示的周期性三角波信号的 MATLAB 源程序如下:

```
% Periodic triangular pulse signal
```

```
t = -5 * pi/pi/10:5 * pi;
```

```
x = sawtooth(t, 0.5);
```

```
plot(t, x); axis([-16 16 -1.5 1.5]);
```

```
grid on;
```

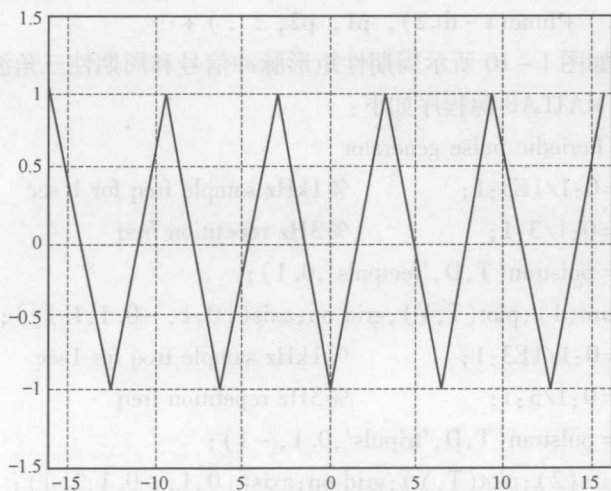


图 1-9 周期性三角波信号

8. 一般周期性脉冲信号

一般周期性脉冲信号在 MATLAB 中用 `pulstran` 函数来表示,