



高等职业教育电子信息类专业“十二五”规划教材

通信系统建模与仿真 实例教程

戴桂平 苏品刚 主 编
尚 丽 俞兴明 范海健 副主编



配教学PPT课件
及源程序

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等职业教育电子信息类专业“十二五”规划教材

通信系统建模与仿真实例教程

戴桂平 苏品刚 主 编

尚 丽 俞兴明 范海健 副主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书体现基于工作过程的高职教育理念,理论知识强调“实用为主,必需和够用为度”的原则,以实际工程为背景,通过理论知识与大量实例相结合的方式,详细介绍了基于 SystemView 以及 MATLAB/Simulink 软件的通信系统建模与仿真设计的方法和技巧。

全书共分3篇,包括9章。第1、2章为通信系统仿真软件技术篇,简要介绍了 SystemView 以及 MATLAB/Simulink 两种动态系统仿真软件的原理与技术;第3~7章为通信系统常用模块仿真篇,重点对模拟通信系统、数字基带传输通信系统、数字频带传输通信系统、模拟信号数字化传输通信系统、差错控制编码/译码等模块关键技术的建模与仿真进行阐述;第8、9章为通信系统仿真综合实例篇,深入浅出地剖析了蓝牙调频通信系统以及 CDMA 通信系统的建模与仿真设计。书中配有大量典型案例,读者可通过学习,举一反三,快速提高通信技术应用水平。

本书语言通俗易懂,包含大量实例,可供高职院校通信技术、电子信息工程技术、自动控制技术等相关专业的学生使用,也可供相关领域工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

通信系统建模与仿真实例教程/戴桂平,苏品刚主
编. —北京:中国铁道出版社,2013.3

高等职业教育电子信息类专业“十二五”规划教材
ISBN 978-7-113-15801-9

I. ①通… II. ①戴… ②苏… III. ①通信系
统—系统建模—高等教育—教材②通信系统—
系统仿真—高等教育—教材 IV. ①TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 311328 号

书 名: 通信系统建模与仿真实例教程
作 者: 戴桂平 苏品刚 主编

策 划: 吴 飞
责任编辑: 吴 飞 姚文娟
封面设计: 刘 颖
封面制作: 白 雪
责任印制: 李 佳

读者热线: 400-668-0820

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷: 北京华正印刷有限公司

版 次: 2013年3月第1版 2013年3月第1次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 13 字数: 310千

印 数: 1~3000册

书 号: ISBN 978-7-113-15801-9

定 价: 26.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 63549504

随着通信技术的迅猛发展,通信系统的功能越来越强、性能越来越高、结构越来越复杂,但同时要求通信系统技术研究和产品开发的周期则越来越短,此时,强大的计算机辅助分析设计技术和仿真工具的出现则满足了这一需求。其中, MATLAB 凭借其强大的功能在众多计算机仿真软件中脱颖而出,成为国际上最流行的科学与工程计算的工具软件;此外,可视化动态仿真软件 SystemView 凭借其模块化和交互式图形界面设计技术及其强大的仿真功能,得到了众多学者的青睐。在通信系统教学中,采用 MATLAB 或 SystemView 软件作为辅助教学软件,一方面可以摆脱繁杂的大规模计算,另一方面,可以为学生提供通信系统开发与分析的软件平台,节省硬件设备投资与维护成本。

当前,系统地介绍 MATLAB/Simulink 或 SystemView 通信系统仿真设计的书较少,将两者结合的书更是少之又少。很多书只是立足于介绍各种模块的设计和性能分析的基本理论,缺少通过大量实例讲解 MATLAB/Simulink 或 SystemView 通信系统建模与仿真设计的内容,且都是以其中一种软件为工具讲解,没有将两者相结合进行仿真,本书就是为弥补这种不足而编写的。

全书共分 3 篇,包括 9 章,具体内容安排如下:

第一篇 通信系统仿真软件技术,包括第 1、2 章,简要介绍了 SystemView 以及 MATLAB/Simulink 两种动态系统仿真软件的原理与操作方法,引导读者入门。

第二篇 通信系统常用模块仿真,包括第 3~7 章,主要介绍如何使用 Simulink 以及 SystemView 两种软件对模拟通信系统、数字基带传输通信系统、数字频带传输通信系统、模拟信号数字化传输通信系统以及差错控制编码等模块的关键技术进行建模与仿真分析,读者通过学习,可掌握通信系统常用模块的仿真方法与技术,并能学会搭建简单的系统模型。

第三篇 通信系统仿真综合实例,包括第 8、9 章,深入浅出地剖析了蓝牙调频通信系统、直接序列扩频以及 CDMA 通信系统的建模与仿真设计,读者通过学习,将会对通信系统有一个更深入的了解,设计水平获得快速提高。

本书最大的特点是将理论与实际操作紧密结合,内容通俗易懂,使读者对使用 MATLAB/Simulink 或 SystemView 进行通信系统仿真应用有一个基本的认识;本书另一特点是注重仿真应用的系统化,书中严格按照各种理论系统进行仿真过程的设计,并配有大量典型案例,使所有的仿真案例都可以找到理论根源,从而巩固加深了读者对理论的理解。

本书由戴桂平、苏品刚担任主编,尚丽、俞兴明、范海健担任副主编,刘韬教授、祈春清副教授对本书提出了很多宝贵的意见和建议。另外,本书在编写过程中,引用和参考了一些文献,在此,对这些中外专家、学者致以崇高敬意。

本书语言通俗易懂,包含大量实例,可供高职院校通信技术、电子信息工程技术、自动控制技术等相关专业的学生使用,也可供相关领域工程技术人员参考。

由于时间仓促,编者水平有限,书中难免存在一些疏漏和不足之处,欢迎广大读者批评指正。

编者

2012年10月

第一篇 通信系统仿真软件技术

第1章 SystemView 动态系统仿真软件	3
1.1 SystemView 简介	3
1.2 SystemView 系统视窗	3
1.2.1 主菜单功能	3
1.2.2 快捷功能按钮	6
1.2.3 图符库选择按钮	6
1.3 库选择	7
1.3.1 选择设置信源	7
1.3.2 选择设置信宿库	8
1.3.3 选择设置操作库	8
1.3.4 选择设置函数库	8
1.3.5 选择设置通信库	9
1.3.6 选择设置逻辑库	10
1.4 系统定时	10
1.5 分析视窗	12
1.6 在分析视窗中观察分析结果	13
1.6.1 观察时域波形	13
1.6.2 观察眼图	14
1.6.3 观察功率谱	15
1.6.4 观察信号星座图或相位路径转移图	16
第2章 MATLAB/Simulink 仿真原理与技术	18
2.1 演示一个 Simulink 的简单程序	18
2.2 Simulink 的文件操作和模型窗口	20
2.2.1 Simulink 的文件操作	20
2.2.2 Simulink 的模型窗口	20
2.3 模型的创建	22
2.3.1 模块的操作	22
2.3.2 信号线的操作	24
2.3.3 给模型添加文本注释	25
2.4 Simulink 的模块	25
2.4.1 基本模块	25
2.4.2 常用模块的参数和属性设置	27

2.5	复杂系统的仿真与分析	30
2.5.1	仿真的设置	30
2.5.2	连续系统仿真	32
2.5.3	离散系统仿真	33
2.5.4	仿真结构参数化	35
2.6	创建 Simulink 子系统及其封装	35
2.6.1	创建简单子系统	35
2.6.2	创建条件执行子系统	37
2.6.3	子系统的封装	38

第二篇 通信系统常用模块仿真

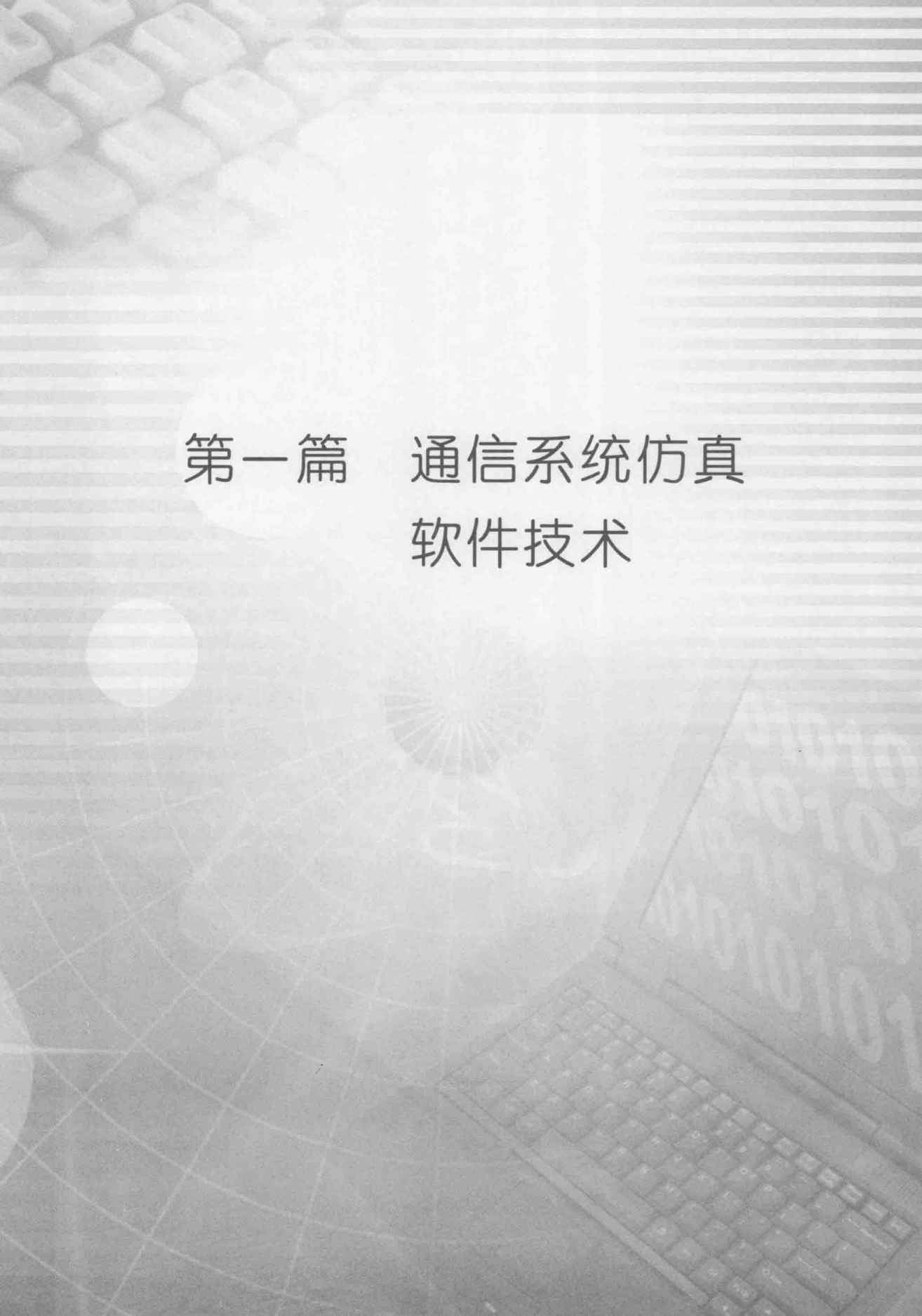
第3章	模拟通信系统的建模仿真	45
3.1	基于 SystemView 的模拟线性调制系统仿真	45
3.1.1	AM 调幅仿真分析	45
3.1.2	SSB 调制仿真分析	51
3.2	基于 MATLAB/Simulink 的模拟通信系统仿真	54
3.2.1	调幅的包络检波与相干解调性能仿真比较	54
3.2.2	频分复用和超外差接收机的仿真模型	56
第4章	数字基带通信系统的建模仿真	59
4.1	基于 SystemView 的数字基带传输系统仿真	59
4.1.1	基带传输基本码型分析	59
4.1.2	二进制差分编码/译码器设计	65
4.1.3	简单基带传输系统的建模与仿真以及眼图分析	66
4.2	基于 MATLAB/Simulink 的数字基带传输系统仿真	70
4.2.1	基带传输码型设计	70
4.2.2	眼图和无码间串扰波形仿真	77
4.2.3	基带传输系统的仿真	81
4.2.4	定时提取系统的仿真	82
第5章	数字频带通信系统的建模仿真	84
5.1	基于 SystemView 的二进制数字调制与解调仿真	84
5.1.1	二进制幅移键控及频移键控仿真	84
5.1.2	二进制绝对相移及差分相移键控仿真	92
5.1.3	利用 Costas 环解调 2PSK 信号	98
5.2	基于 SystemView 的现代数字调制技术仿真	101
5.2.1	正交幅度调制	101
5.2.2	正交相位调制	103
5.2.3	最小频移键控调制	107

第 6 章 模拟信号数字化通信系统的建模仿真	112
6.1 基于 SystemView 的模拟信号数字化通信系统仿真	112
6.1.1 采样定理仿真	112
6.1.2 低通与带通采样定理仿真与验证	116
6.1.3 脉冲编码调制建模与仿真	119
6.2 基于 MATLAB/Simulink 的模拟信号数字化通信系统仿真	128
6.2.1 A/D 及 D/A 转换器的仿真	128
6.2.2 PCM 编码与译码建模与仿真	129
6.2.3 增量调制仿真	132
第 7 章 差错控制编码仿真	136
7.1 差错控制编码概述	136
7.1.1 差错控制方式	136
7.1.2 纠错编码分类	137
7.1.3 纠错编码的基本原理	137
7.2 汉明码及其性能仿真	140
7.2.1 汉明码基本原理	140
7.2.2 基于 SystemView 的汉明码仿真	141
7.2.3 基于 MATLAB/Simulink 的汉明码仿真	143
7.3 循环码及其性能仿真	148
7.3.1 循环码原理	148
7.3.2 基于 MATLAB/Simulink 的循环码仿真	149
7.4 BCH 码及其性能仿真	151
7.4.1 BCH 码原理	151
7.4.2 基于 MATLAB/Simulink 的 BCH 码仿真	152
7.5 RS 码及其性能仿真	154
7.5.1 RS 码原理	154
7.5.1 基于 SystemView 的 RS 码仿真	154
7.5.2 基于 MATLAB/Simulink 的 RS 码仿真	155
7.6 卷积码及其性能仿真	158
7.6.1 卷积码原理	158
7.6.2 基于 SystemView 的卷积码仿真	159
7.6.3 基于 MATLAB/Simulink 的卷积码仿真	161

第三篇 通信系统仿真综合实例

第 8 章 蓝牙跳频通信系统仿真设计	169
8.1 蓝牙技术概述	169
8.2 蓝牙跳频系统	169
8.2.1 信号传输部分	169

8.2.2	信号接收部分	173
8.2.3	谱分析部分	176
8.2.4	误码分析部分	177
8.3	蓝牙跳频系统的仿真模型	178
8.4	系统运行分析	179
第9章	CDMA 系统仿真	180
9.1	CDMA 系统理论基础	180
9.1.1	扩频通信基本原理	180
9.1.2	CDMA 系统的扩频方式和重要参数	181
9.1.3	CDMA 扩频码: m 序列	181
9.1.4	CDMA 扩频码: Gold 码序列	183
9.1.5	CDMA 扩频码: PN 序列的扩频原理	184
9.2	CDMA 系统仿真模型建立	186
9.2.1	CDMA 仿真原理框图	186
9.2.2	基于 Simulink 的 CDMA 通信系统仿真模型	187
9.3	CDMA 仿真模型的子模块	188
9.3.1	源信号生成	188
9.3.2	差错控制编码——卷积编码	189
9.3.3	M - DPSK 调制模块	190
9.3.4	扩频模块	191
9.3.5	多址干扰模块	192
9.3.6	AWGN 信道	193
9.3.7	解扩模块	194
9.3.8	M - DPSK 解调模块	195
9.3.9	差错控制译码——维特比译码模块	196
9.3.10	信宿模块	196
9.4	CDMA 通信系统仿真误码性能分析	197
参考文献		199

The background is a grayscale collage. In the top left, a close-up of a computer keyboard is visible. In the center, a computer fan is shown. In the bottom right, a laptop is depicted with binary code (0s and 1s) overlaid on its screen. Faint, overlapping circles and a grid pattern are also present across the entire image.

第一篇 通信系统仿真 软件技术

第1章

SystemView 动态系统仿真软件

SystemView 是一种信号级的系统仿真软件，由美国 ELANIX 公司于 1995 年开始推出，主要用于电路与通信系统设计、仿真，是一个强有力的动态系统分析工具，能满足从数字信号处理、滤波器设计到复杂的通信系统等不同层次的设计以及仿真要求。SystemView 借助大家熟悉的 Windows 窗口环境，以模块化和交互式的界面，为用户提供了一个嵌入式的分析引擎，使用时用户只需要关注项目的设计思想和过程，用鼠标单击图标即可完成复杂系统的建模、设计和测试，而不必花费太多的时间和精力通过编程来建立系统仿真模型。

1.1 SystemView 简介

SystemView 基本属于一个系统级工具平台，可进行包括数字信号处理（DSP）系统、模拟与数字通信系统、信号处理系统和控制系统的仿真分析，并配置了大量图符块（Token）库，用户很容易构造出所需要的仿真系统，只要调出有关图符块并设置好参数，完成图符块间的连线后运行仿真操作，最终以时域波形、眼图、功率谱、星座图和各类曲线形式给出系统的仿真分析结果。SystemView 的库资源十分丰富，主要包括：含若干图符库的主库（Main Library）、通信库（Communications Library）、信号处理库（DSP Library）、逻辑库（Logic Library）、射频/模拟库（RF Analog Library）和用户代码库（User Code Library）。

1.2 SystemView 系统视窗

1.2.1 主菜单功能

进入 SystemView 后，屏幕上首先出现该工具的系统视窗，如图 1-1 所示。

系统视窗最上边一行为主菜单栏，包括文件（File）、编辑（Edit）、参数优选（Preferences）、视窗观察（View）、便笺（NotePads）、连接（Connections）、编译器（Compiler）、系统（System）、图符块（Tokens）、工具（Tools）和帮助（Help）共 11 项功能菜单，所用的是 SystemView 4.5 版本。执行菜单命令操作较简单，例如，用户需要清除系统时，可单击“File”菜单，出现一个下拉菜单，单击其中的“Newsystem”命令即可。为说明问题简单起见，将上述操作命令记作：File→Newsystem，以下类同。各菜单下的命令及其功能如表 1-1 所示。

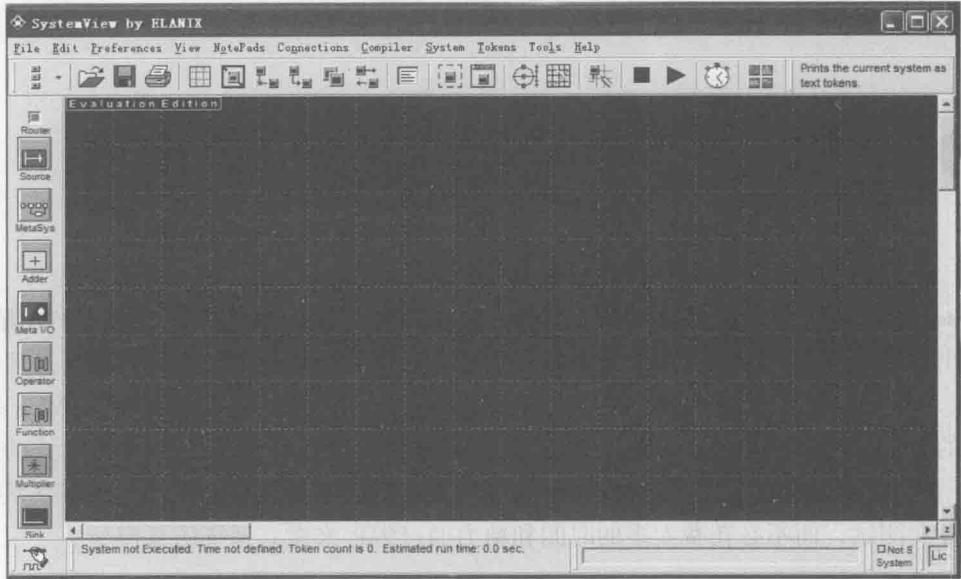


图 1-1 系统视窗

表 1-1 SystemView 4.5 各菜单下的命令及其功能

菜单名	菜单命令	各命令的功能简述
File	File→Newsystem	清除当前系统
	File→Open Recent System	打开最新的 SystemView 文件
	File→Open Existing System	打开已存在的 SystemView 文件
	File→Open System in Safe Mode	以安全模式打开系统
	File→Save System	用已存在的文件名存储当前系统内容
	File→ Save System As	将当前系统内容另存为一个文件
	File→ Save Selected Metasystem	存储选择的亚系统文件
	File→System File Information	系统文件信息
	File→Print System: Text Tokens	打印屏幕内容, 图符块用文字代替
	File→Print System: Symbolic Tokens	如实打印屏幕内容, 包括图符块
	File→Print System Summary	打印系统摘要, 即图符块表
	File→Print System Connection List	打印连接表
	File→Print Real Time Sink	打印实时接收器的波形
	File→Print SystemView Sink	打印 SystemView 信宿接收器的波形
	File→Printer/Page Setup	打印设置
	File→Printer Fonts	打印字体设置
	File→Exit	退出 SystemView 系统

续表

菜单名	菜单命令	各命令的功能简述
Edit	Edit→Copy Note Pad	复制便笺
	Edit→Copy SystemView Sink	复制 SystemView 接收器
	Edit→Copy System to Clipboard	复制系统到剪贴板
	Edit→Copy System; Selected Area	选择局部复制系统
	Edit→Copy System; Text Tokens	复制系统中的文字图符块
	Edit→Copy Entire Screen	复制全屏幕
	Edit→Paste To Note Pad	粘贴到便笺
	Edit→Delete	删除图符块或便笺框
Preferences	Preferences→Optimize for Run Time Speed	优化运行时速
	Preferences→Reset All Defaults	复位所有默认设置
	Preferences→Options...	选项
View	View→Zoom	界面图形缩放
	View→MetaSystem	亚系统
	View→Hide Token Numbers	隐藏显示图符编号
	View→Analysis Windows	进入分析窗
	View→ Calculator	计算器
	View→Units Converter	统一转换
NotePads	NotePads→Hide All Note Pads	隐藏所有显示便笺
	NotePads→New Note Pad	新插入便笺
	NotePads→Copy Token Parameters to Note Pad	将图符块参数复制到便笺内
	NotePads→Attributes for All Note Pads	所有便笺属性
	NotePads→Attributes Selected Note Pad	选择的便笺属性
	NotePads→Delete Note Pad	删除便笺
	NotePads→ Delete All Note Pads	删除所有便笺
Connections	Connections→Disconnect All Tokens	拆除所有图符块之间的连线
	Connections→Check Connections Now	立即检查连接
	Connections→Show Token Output	显示图符块输出
	Connections→Hide Token Output	隐藏图符块输出
Compiler	Compiler→Compile System Now	立即编译系统
	Compiler→Animate Exe Sequence	动画执行顺序
	Compiler→Compiler Wizard	编译向导器
	Compiler→Edit Execution Sequence	编辑执行顺序
	Compiler→ Cancel Edit Operation	取消编辑操作
	Compiler→ Cancel Last Edit	取消上一次编辑操作
	Compiler→ Use Default Exe Sequence	使用默认顺序
	Compiler→ Use Custom Exe Sequence	使用用户执行顺序

续表

菜单名	菜单命令	各命令的功能简述
System	System→Run System Simulation	运行系统仿真
	System→Single Step Execution	单步执行
	System→Debug (User Code)	调试用户代码
	System→Root Locus	根轨迹
	System→Bode Plot	伯德图
Tokens	Tokens→Find Token	查找指定图符块
	Tokens→Find System Implicit Delays	查找系统固有延迟
	Tokens→Move Selected Tokens	移动选中的图符块
	Tokens→Move All Tokens	整体移动所有图符块
	Tokens→Duplicate Tokens	重复放置图符块
	Tokens→Create MetaSystem	创建亚系统
	Tokens→Re - name MetaSystem	重新命名亚系统
	Tokens→Explode MetaSystem	展开亚系统
	Tokens→Assign Custom Token Picture	为用户图符赋图形
	Tokens→Use Default Token Picture	使用默认设置图符块
	Tokens→ Select New Variable Token	选择新变量图符块
	Tokens→Edit Token Parameter Variations	编辑图符块参数变量
	Tokens→Disable All Parameter Variations	取消所有参数变量
	Tokens→Gloable Parameter Links	全局参数连接
Tools	Tools→Auto Program Generation (APG)	自动程序产生
	Tools→User Code	用户代码
	Tools→Xilinx FPGA	Xilinx 型 FPGA
	Tools→Matlab	Matlab 数学工具

1.2.2 快捷功能按钮

在主菜单栏下，SystemView 为用户提供了 16 个常用快捷功能按钮，按钮功能如下：



1.2.3 图符库选择按钮

系统视窗左侧竖排为图符库选择区。图符块 (Token) 是构造系统的基本单元模块，相

当于系统组成框图中的一个子框图，用户在屏幕上所能看到的仅仅是代表某一数学模型的图形标志（图符块），图符块的传递特性由该图符块所具有的仿真数学模型决定。创建一个仿真系统的基本操作是，按照需要调出相应的图符块，将图符块之间用带有传输方向的连线连接起来。这样一来，用户进行的系统输入完全是图形操作，不涉及语言编程问题，使用十分方便。进入系统后，在图符库选择区排列着以下 8 个图符选择按钮。



在上述 8 个按钮中，除双击“加法器”和“乘法器”图符按钮可直接使用外，双击其他按钮后会出现相应的对话框，应进一步设置图符块的操作参数。单击图符库选择区最上边的主库开关按钮 **main**，将出现选择库开关按钮 **Option** 下的用户库（Custom）、通信库（Comm）、DSP 库（DSP）、逻辑库（Logic）、射频模拟库（RF/Analog）和数学库（M - Link）选择按钮，可分别双击选择调用。

1.3 库 选 择

1.3.1 选择设置信源

创建系统的首要工作就是按照系统设计方案从图符库中调用图符块，作为仿真系统的基本单元模块。现以创建一个 PN 码信源（Source）为例，该图符块的参数为 2 电平双极性、1V 幅度、100 Hz 码时钟频率，操作步骤如下：

（1）双击“信源库”按钮，并再次双击移出的“信源库图符块”，出现源库（Source Library）选择设置对话框，如图 1-2 所示，它将信源库内各个图符块进行分类，通过 Periodic（周期）、Noise/PN（噪声/PN 码）、Aperiodic（非周期）和 Import 4 个开关按钮进行分类选择和调用，其他库选择对话框与之类似。

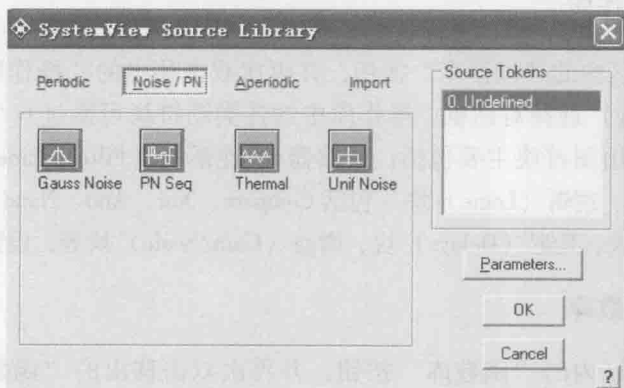


图 1-2 源库选择设置对话框

(2) 单击开关按钮选项框内的 PN Seq 图符块表示选中, 再次单击对话框中的参数按钮 Parameters, 在出现的参数设置对话框中分别设置: 幅值 Amplitude = 1, 直流偏置 Offset = 0, 电平数 Level = 2。

(3) 分别单击参数设置和源库选择设置对话框中的 OK 按钮, 从而完成该图符块的设置。

1.3.2 选择设置信宿库

当需要对系统中各测试点或某一图符块输出进行观察时, 通常应放置一个信宿 (Sink) 图符块, 一般将其设置为 Analysis 属性。Analysis 块相当于示波器或频谱仪等仪器的作用, 它是最常用的分析型图符块之一。Analysis 块的创建操作如下:

(1) 双击系统窗左边图符库选择按钮区内的“信宿”按钮, 并再次双击移出的“信宿”图符块, 出现信宿定义 (Sink Definition) 对话框, 如图 1-3 所示。

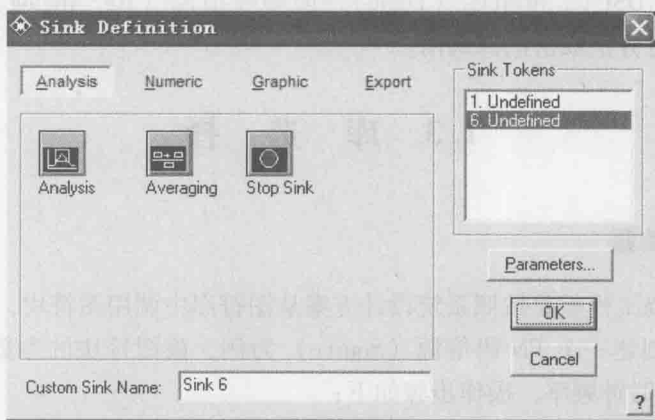


图 1-3 信宿定义对话框

(2) 在对话框中单击选中 Analysis 图符块。

(3) 最后, 单击信宿定义对话框内的 OK 按钮完成信宿选择。

1.3.3 选择设置操作库

双击图符库选择区内的“操作库”按钮, 并再次双击移出的“操作库”图符块, 出现操作库 (Operator Library) 选择对话框, 操作库中的各类图符块可通过 6 个分类标签选用, 如图 1-4 所示, 库内常用图符块主要包括: 滤波器/线性系统 (Filters/LinearSys) 块、采样/保持 (Sample/Hold) 块、逻辑 (Logic) 块 [包括 Compare、Xor、And、Nand、Or、Not 等]、积分微分 (Integral/Diff) 块、延迟 (Delays) 块、增益 (Gain/Scale) 块等, 设置参数方法同上。

1.3.4 选择设置函数库

双击图符库选择区内的“函数库”按钮, 并再次双击移出的“函数库”图符块, 出现函数库 (Function Library) 选择设置对话框, 如图 1-5 所示, 设置图符块参数的方法与前面所述类似。