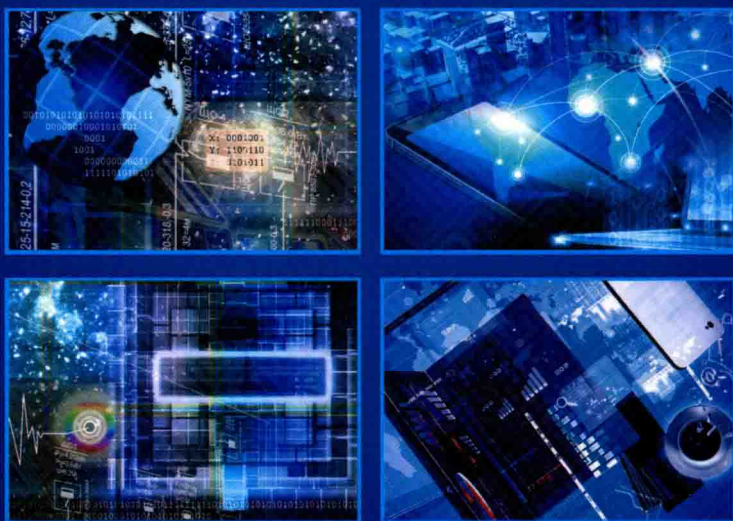


高等院校通信与信息专业规划教材

通信原理可视化 动态仿真教程

(基于SystemView)

Visual dynamic Simulation course
of Communication principles
(Based on SystemView)



黄葆华 魏以民 袁志钢 编著

高等院校通信与信息专业规划教材

通信原理可视化动态仿真教程

(基于 SystemView)

黄葆华 魏以民 袁志钢 编著

机械工业出版社

SystemView 仿真软件具有简单、直观、灵活、功能强大的优点,利用 SystemView 的可视化仿真是一种既经济又易推行的课程实践(验)手段。

本书以通信原理课程理论教学内容为主线,系统介绍了基于 SystemView 的通信系统基本组成、基本原理、基本技术的可视化仿真实现和分析方法。

全书共 10 章,内容包括 SystemView 使用入门以及基于 SystemView 的确知信号和随机噪声、信道、模拟调制、数字基带传输、数字调制、模拟信号数字传输、同步系统、信道编码的仿真。

本书在编写过程中力求内容编排与课程理论教学内容一致,仿真思路清晰,仿真步骤具体,易读易懂易操作,便于学生自学。

本书可以用作通信原理课程的课内实验和学生课外开展自主仿真训练的教材,也可用作通信原理理论教材的配套教材或单独使用。

图书在版编目(CIP)数据

通信原理可视化动态仿真教程:基于 SystemView/黄葆华,魏以民,袁志钢编著. —北京:机械工业出版社,2019.3

高等院校通信与信息专业规划教材

ISBN 978-7-111-62290-1

I. ①通… II. ①黄… ②魏… ③袁… III. ①通信系统—系统仿真—应用软件—高等学校—教材 IV. ①TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 049952 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:李馨馨 责任校对:张艳霞

责任印制:李 昂

河北鹏盛贤印刷有限公司印刷

2019 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·10.75 印张·256 千字

0001-2500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-62290-1

定价:39.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:(010) 88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:(010) 68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

通信原理是通信工程、信息工程、电子信息工程专业的一门主干课程,它以高等数学、概率论和数理统计、高低频电子线路、信号与系统、数字逻辑电路等课程为基础,是进一步学习各种类型的通信、信息系统和技术课程不可缺少的专业基础课。随着现代通信技术的快速发展和深入,为满足社会对“大专业、宽口径”人才的需求,越来越多的院校开设了通信原理课程。除了通信、电子信息等专业开设通信原理课程外,一些院校的自动化、计算机等专业也纷纷为本科生和硕士研究生开设了此课程。由于“通信原理”课程特点是概念、原理抽象,系统性强,数学分析多,因而仅靠理论教学很难做到对课程教学内容深刻理解和融会贯通。因此,一直以来,实践教学环节是课程建设的一个重点内容,而且新的“通信原理”课程标准在培养学生自主学习能力、加强课程实践教学环节等方面提出了更高的要求。就目前的实验硬件条件和学生的学习基础来看,利用 SystemView 仿真软件的可视化仿真是一种既经济又易推行的课程实践手段,利用 SystemView 具有的简单、直观、灵活、功能强大的优点,教师可以在课堂上很方便地进行可视化的动态演示,学生可以在课内和课外很容易地进行教学内容的验证、拓展,对深化教学内容和学生的创新能力培养都有很好帮助。为此我们编写了本书,以配合通信原理课程的实践教学。

本书在编写过程中融入了作者多年教学实践积累的心得和教学研究成果,力求做到:

- (1) 内容体系的编排与经典通信原理课程教学内容一致。
- (2) 仿真方法由浅入深、由局部到整体、由特殊到一般。
- (3) 按照通信系统组成,既注重部件级仿真,也强调综合的系统级仿真。
- (4) 仿真实例体现现代通信技术在系统实现方法上的新发展。

全书共 10 章,分别为 SystemView 入门、确知信号和随机噪声、信道、模拟调制、数字基带传输、数字调制、模拟信号数字传输、同步系统、信道编码和课内实验。

第 1 章为 SystemView 入门,介绍了 SystemView 的安装、功能及使用方法,通过这章的学习,读者可以基本掌握动态仿真系统的构建、运行、保存和调用方法。

第 2 章为确知信号与随机噪声,主要介绍确知信号和随机噪声的仿真分析方法。

第 3 章为信道,主要讨论了恒参信道幅频和相频失真的仿真,以及随参信道多径效应的仿真。

第 4 章为模拟调制,主要介绍模拟调制解调系统和频分复用系统的仿真。

第 5 章为数字基带传输,仿真分析了常用码型及功率谱,仿真实现了带限信道无码间干扰系统,仿真实现了最佳数字基带系统并对其抗噪声性能进行了仿真统计。

第 6 章为数字调制,仿真实现了 2ASK、2FSK、2DPSK、4PSK 调制解调系统,并对这些系统进行了抗噪声性能仿真分析。

第 7 章为模拟信号数字传输,仿真分析了低通、带通取样定理、脉冲编码调制系统

(PCM)、增量调制系统 (ΔM)。

第8章为同步系统，主要对 Costas 载波同步、基于早迟门的位同步和基于巴克码的群同步进行了仿真实现和分析。

第9章为信道编码，主要介绍了奇偶校验码编译码仿真、(7, 4) 汉明码编译码仿真。

第10章为课内实验，设计了5个实验，分别是 SystemView 使用入门、滤波器的作用、数字基带信号的功率谱分析、二进制数字相位调制与解调器和二进制数字相位调制系统误码性能研究。

本书由黄葆华、魏以民和袁志钢编写。黄葆华编写了1~6章，魏以民编写了7~9章，袁志钢编写了第10章，并解决了软件使用中遇到的一些问题。全书由黄葆华统编。在编写过程中也得到了课程组其他同事的帮助和支持，在此一并表示衷心的感谢。本书在编写中参考了许多资料，在此也向这些参考资料的作者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限及其他各种原因，书中错误及不妥之处在所难免，敬请同行和广大读者批评指正，以便改进，作者联系方式：黄葆华 13951960567 (微信号)。

作者，2018年4月于南京

目 录

前言	
第1章 SystemView 入门	1
1.1 SystemView 的功能及使用简介	1
1.1.1 SystemView 简介	1
1.1.2 SystemView 的用户环境	1
1.1.3 动态仿真环境设置	4
1.2 动态仿真系统的构建、运行、保存和调用	5
1.2.1 动态仿真系统的构建	5
1.2.2 动态仿真系统的运行	7
第2章 确知信号与随机噪声	10
2.1 概述	10
2.2 确知信号的频谱分析	10
2.2.1 周期信号的频谱分析——傅里叶级数展开	10
2.2.2 周期信号的频谱分析仿真	11
2.3 能量信号的频谱分析	17
2.3.1 能量信号的傅里叶变换	17
2.3.2 常用能量信号的频谱仿真	18
2.4 高斯白噪声	23
2.4.1 高斯白噪声特点	23
2.4.2 高斯白噪声统计特性仿真	24
2.4.3 白噪声通过线性系统的仿真	28
第3章 信道	38
3.1 概述	38
3.2 恒参信道	38
3.2.1 恒参信道对信号传输的影响	38
3.2.2 恒参信道对信号传输影响的仿真	40
3.3 随参信道	42
3.3.1 随参信道对信号传输的影响	42
3.3.2 多径效应仿真	44
第4章 模拟调制	49
4.1 概述	49
4.2 振幅调制	49

4.2.1	振幅调制解调原理	49
4.2.2	AM 调制解调系统仿真	50
4.2.3	DSB 调制解调系统仿真	56
4.3	频率调制	62
4.3.1	频率调制基本原理	62
4.3.2	带宽调频系统仿真	63
4.4	频分复用	66
4.4.1	频分复用原理	66
4.4.2	频分复用系统仿真	66
第 5 章	数字基带传输	71
5.1	概述	71
5.2	数字基带信号的码型	71
5.2.1	常用码型	71
5.2.2	常用码型及其功率谱仿真	73
5.3	数字基带传输系统的码间干扰及抗噪声性能	77
5.3.1	带限信道无码间干扰系统传输特性	78
5.3.2	带限信道无码间干扰系统仿真	79
5.3.3	最佳数字基带系统抗噪声性能	82
5.3.4	最佳数字基带系统抗噪声性能仿真	83
第 6 章	数字调制	88
6.1	概述	88
6.2	二进制数字振幅调制 (2ASK)	88
6.2.1	2ASK 调制解调原理	88
6.2.2	2ASK 调制解调系统仿真	89
6.3	二进制数字频率调制 (2FSK)	96
6.3.1	2FSK 调制解调原理	96
6.3.2	2FSK 调制解调系统仿真	97
6.4	多进制数字相位调制仿真	101
6.4.1	多进制绝对相移键控 (MPSK)	101
6.4.2	多进制差分相移键控 (MDPSK)	102
6.4.3	相位调制系统仿真	104
第 7 章	模拟信号数字传输	114
7.1	概述	114
7.2	取样定理仿真	114
7.2.1	低通取样定理	114
7.2.2	低通取样定理仿真模型	115
7.2.3	带通取样定理	117
7.2.4	带通取样定理仿真模型	119
7.3	脉冲编码调制系统仿真	122

7.3.1	脉冲编码调制原理	122
7.3.2	脉冲编码调制原理仿真	123
7.4	增量调制系统仿真	125
7.4.1	增量调制原理	125
7.4.2	ΔM 系统仿真模型	126
第 8 章	同步系统	129
8.1	概述	129
8.2	载波同步原理	129
8.2.1	Costas 环提取同步载波原理	129
8.2.2	载波同步仿真	130
8.3	位同步	134
8.3.1	基于早迟门的位同步原理算法	134
8.3.2	基于早迟门算法的位同步仿真	135
8.4	群同步	138
8.4.1	巴克码同步法原理	139
8.4.2	基于巴克码识别器的群同步仿真	140
第 9 章	信道编码	143
9.1	概述	143
9.2	奇偶校验码	143
9.2.1	奇偶校验码编译码原理	143
9.2.2	奇偶校验码编译码的仿真	143
9.3	线性分组码	147
9.3.1	(7, 4) 汉明码编译码原理	147
9.3.2	(7, 4) 汉明码编译码的仿真	148
第 10 章	课内实验	153
实验一	SystemView 使用入门	153
实验二	滤波器的作用	154
实验三	数字基带信号的功率谱分析	156
实验四	二进制数字相位调制与解调器	158
实验五	二进制数字相位调制系统误码性能研究	161

第 1 章 SystemView 入门

1.1 SystemView 的功能及使用简介

1.1.1 SystemView 简介

美国 Elanix 公司推出的动态系统仿真软件 SystemView，是一个优秀的 EDA 软件，能够提供完整的动态系统设计、分析和仿真的可视化开发环境。它可以构造各种复杂的模拟、数字、数模混合及多速率系统，可用于各种线性 and 非线性系统的设计与仿真。SystemView 是基于 Windows 操作系统的仿真软件，具有非常友好的界面，用户无需编写程序，只要用鼠标点击/拖动图符即可完成复杂系统的构建、仿真和分析。SystemView 的图符资源十分丰富，包括基本库和专业库两大类。基本库中有加法器、乘法器、多种信号源、接收器、各种函数运算器等，专业库可实现通信、数字逻辑、数字信号处理、射频/模拟等相关功能。

1.1.2 SystemView 的用户环境

SystemView 的用户环境包括两个常用的界面：设计窗口和分析窗口。

1. 设计窗口

启动 SystemView 后出现图 1-1 所示的系统设计窗口。它包括菜单栏、工具条、图符库和设计窗工作区等。下面重点介绍设计窗工作区、图符库和工具条。

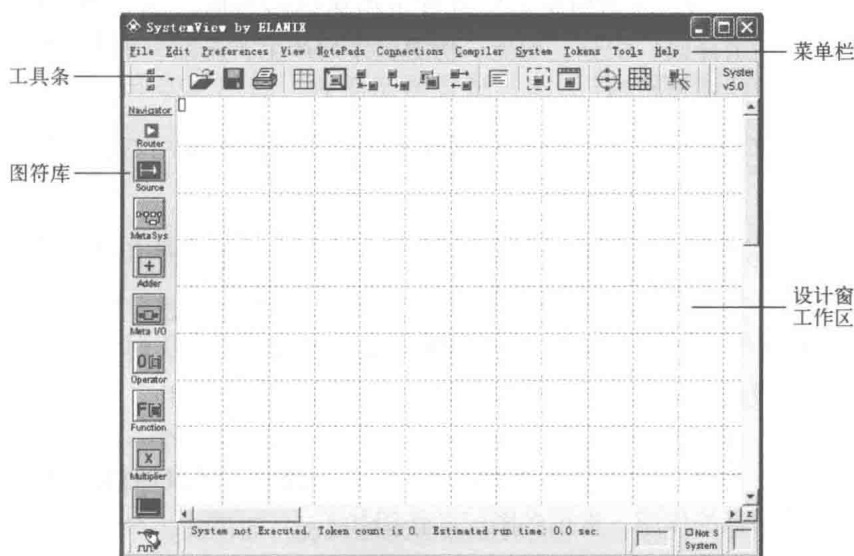


图 1-1 SystemView 的设计窗口

(1) 设计窗工作区

图 1-1 中的空白区即为设计窗工作区, 各种仿真系统的设计、搭建等基本操作都在设计窗工作区内完成。

(2) 图符库

图符是 SystemView 进行仿真、运算和处理的基本单元, 共分三大类: 第一类是信号源库, 它只有输出端没有输入端; 第二类是信宿 (接收器) 库, 它只有输入端没有输出端; 第三类包括其他所有的图符库, 这类图符都有一定数量的输入和输出端。

在设计窗工作区的左端是图符库区, 一组是基本库 (Main Libraries), 共 8 个, 包括信源库 (Source)、子系统库 (Meta System)、加法器 (Adder)、子系统输入输出 (Meta I/O)、算子库 (Operator)、函数库 (Function)、乘法器 (Multiplier) 及信宿库 (Sink)。另一组是可选择的图符库 (Optional Libraries), 包括通信库 (Communication)、数字信号处理库 (DSP)、逻辑电路库 (Logic)、射频/模拟库 (RF/Analog) 等。

: 信源图符, 通过选择和参数设置可得到各种所需的信源, 如周期性矩形脉冲序列、正 (余) 弦信号、周期性锯齿波信号、随机矩形脉冲序列、随机高斯噪声等。

: 加法器图符, 可完成若干个输入信号的加法运算。

: 算子图符, 对输入信号完成某种运算或变换。可以选择的运算有各种滤波、FFT、取样、保持、微分或积分、延迟、放大或缩小及各种逻辑运算等。

: 函数图符, 对输入数据进行各种函数运算。可以选择的函数有量化、限幅、取绝对值等各种非线性函数、三角函数、对数函数、各种复数运算、代数运算等。

: 乘法器图符, 完成几个输入信号的乘法运算。

: 信宿 (接收器) 图符, 用于数据接收、显示、分析和处理等。

点击工具条左端图标 , 可将基本图符库切换至专业图符库 (Optional Libraries)。

: 通信图符, 它可实现通信系统中各种常用模块的功能。这些功能包括各种调制、解调、信道编码、信道译码、积分、均衡、伪随机序列产生、压缩、扩张、位同步、数字锁相环、误码率统计、信道模拟等。

: 数字信号处理图符, 通过它可以实现数字信号处理中常用的各种处理、变换和运算等功能。

: 数字逻辑电路图符, 包含了各种门电路、触发器、移位寄存器、计数器、数据选择器、数据分配器、单稳态触发器、模-数及数-模转换电路等。

: 射频/模拟电路图符, 包括了射频/模拟电路中常用的 RC、LC 电路及运算放大器电路和二极管电路等。

(3) 工具条

工具条如图 1-2 所示。它包括许多常用功能的图标按钮, 当鼠标移动到每个图标上时, 系统会自动提示该图标的作用, 常用各图标的作用如下:

: 切换图符库。点击此图标, 可实现基本图符库与专业图符库之间的切换。

: 打开已有仿真系统。也可双击已有仿真系统的文件名打开。



图 1-2 工具条

■：保存仿真系统。保存当前设计窗工作区中设计的仿真系统。

🖨️：打印仿真系统。将当前设计窗工作区内的图符及连接输出到打印机。

🗑️：清除设计区。用于清除设计窗工作区中的内容。

🗑️：清除对象。用于删除设计窗工作区中的某一图符。用鼠标点击该图标再单击需要删除的图符即可。

小技巧：单击清除对象图标后，按住鼠标左键并拖动鼠标把要删除的图符框起来可以删除矩形框内的一组图符。也可以按住鼠标左键并拖动鼠标将要删除的图符框起来，再按键盘上的“Delete”键删除，或将鼠标放置于选中的框内并点击鼠标右键，在随即出现的下拉菜单中选择“Delete”加以删除。

🔌：断开图符间的连接。单击此图标后，再分别单击需要拆除连接的两个图符，两个图符间的连接线就会消失。

小技巧：也可将鼠标移至连接线终止处，待出现一个向上断掉的箭头时按住鼠标左键并拖动到连接线的起始端图符，放开左键即可。

🔌：连接两图符。单击此图标，再单击需要连接的两图符，带有方向的连接线即出现在两图符间。

小技巧：也可将鼠标移至起始图符的右边，待出现一个向上的箭头时按住鼠标左键并拖动到连线的终止端图符，放开左键即可。

📄：复制图符。单击此图标，再单击需要复制的图符，则出现一个与原图符完全相同的图符。

小技巧：单击此图标，再按住鼠标左键并拖动鼠标，可复制一组被框住的图符及它们间的连接。也可以按住鼠标左键并拖动鼠标将要复制的部分框起来，再在鼠标右键的下拉菜单中选择“Duplicate”，即可完成一组图符的复制。

🔄：图符翻转。单击此图标，再单击需要翻转的图符，该图符的连线方向就会翻转180°。主要用于美化设计区图符的分布和连线，以免连线出现过多交叉。

📝：创建便笺。用于在设计窗工作区中创建一个空白便笺框，用户可以输入一些说明性的文字。

📁：创建子系统。用于把所选择的图符组创建成 MetaSystem。单击此按钮后，按住鼠标左键并拖动鼠标可以将选择框内的一组图符创建为子系统，并出现一个子系统图符代替原来的图符组，这样可以使原本复杂的仿真系统变得简明。

📁：显示子系统。用于观察和编辑子系统结构。单击此图标，然后再单击感兴趣的子系统图符，就会出现一个新窗口并在新窗口中显示子系统的内部结构。

■：停止仿真。用于强行中止正在运行的仿真系统。

▶️：运行系统。单击此图标，仿真系统开始运行。

⌚：系统定时。单击此图标，弹出系统定时窗口。在此窗口中定义系统仿真的开始和终止时间、取样速率、取样间隔、样点数、频率分辨率和系统的循环次数等参数，系统定时

直接控制系统的仿真。

：分析窗口。单击此图标，进入分析窗口。

2. 分析窗口

分析窗口是用户对仿真输出数据进行观察和处理的窗口。分析窗口包含菜单栏、工具条和图形显示区等部分。除此之外，还有一个特别重要的分析工具，即左下角的接收计算器。

(1) 图形显示区中显示各种图形，如波形图、频谱图、眼图等。

(2) 工具条如图 1-3 所示。它包括许多常用功能的图标按钮，当鼠标移动到每个图标上时，系统会自动提示该图标的作用，各常用图标的作用如下：

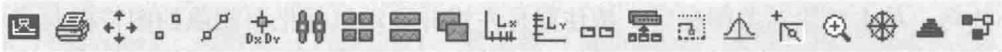


图 1-3 分析窗口工具条

：刷新数据。当此图标处于闪烁状态时，单击此图标可更新数据。

：打印输出。单击此图标可将当前显示的图形输出至打印机。

：恢复比例尺。单击此图标可将显示窗口的比例尺恢复到 SystemView 的缺省状态。

：显示点图。窗口中的图形只显示样点值，不显示样点值之间的连线。

：显示点线图。窗口中的图形既有样点值又有样点值间的连线。

：显示坐标差。单击此图标，在窗口中出现一个标记符，移动鼠标，在文本框中会显示鼠标位置相对于标记的坐标差。

：X 轴标记。用于测量 X 轴两点间的距离，如距离可能是时间或频率。

：垂直显示。将所有打开窗口垂直排列。

：水平显示。将所有打开窗口水平排列。

：层叠显示。将所有打开窗口层叠排列。

：X 轴取对数。用于 X 轴的比例尺在线性和对数间切换。

：Y 轴取对数。用于 Y 轴的比例尺在线性和对数间切换。

：最小化所有窗口。

：打开所有窗口。

：动画显示。活动窗口的图形按动画方式显示图形。

：统计。统计每个图形窗口的信息，并在一个弹出窗口中显示。

：局部显微。在活动窗口中连续放大显示鼠标划过的曲线或图形。

：放大工具。将鼠标所选的局部图形放大到整个活动窗口中。

：系统窗口切换。单击此图标，可切换到设计窗口。

(3) 接收计算器 。它为用户分析、处理数据提供了十分丰富的功能。这些功能将在后面的应用中分别加以介绍。

设计窗口和分析窗口中的菜单，由于功能很多，不再一一介绍，在后面用到时再做详细介绍。

1.1.3 动态仿真环境设置

在系统设计窗口中，单击工具条上的系统定时图标 ，弹出如图 1-4 所示的系统定时

设置窗口。在此窗口中设置系统仿真的起始和终止时间 (Start Time and Stop Time)、取样速率 (Sample Rate)、取样间隔 (Sample Spacing)、样点数 (No. of Samples)、频率分辨率 (Freq. Res.) 和仿真系统循环运行的次数 (No. of System Loops)。系统开始仿真运行之前必须首先设置这些参数, 因为系统定时直接控制着系统的仿真, 同时系统定时的设定还直接影响着系统仿真的精度, 所以选取参数必须十分注意。这些参数中需要用户专门设置的, 通常只有取样速率和样点数两个参数。其余参数中, 起始时间和循环次数若无特殊需要可选用系统默认值, 这两个默认值分别为 0 和 1。还有一些参数由系统根据取样速率和样点数自动设置, 如取样间隔 = 1/取样速率、终止时间 = (样点数-1) × 取样间隔 (起始时间为 0 时)、频率分辨率 = 取样速率/样点数。

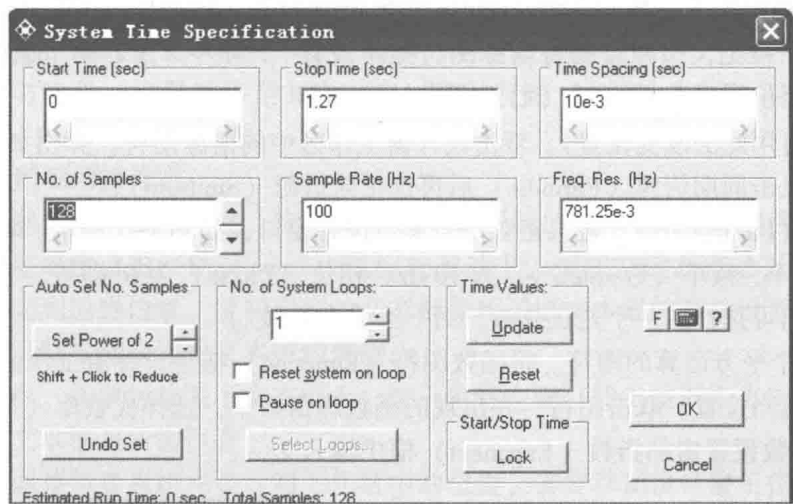


图 1-4 系统定时设置窗口

(1) 取样速率的设置

仿真系统运行时, 是以设置的取样速率对信号进行取样, 使信号离散化, 然后按照仿真系统对信号的处理方法计算各个取样点对应的值, 最后输出样点值或由各个样点值连接成的曲线。为避免仿真过程中信号的失真以及希望得到平滑的显示波形, 通常设置取样速率为仿真系统中信号最高频率成分的 8 倍或 10 倍。例如, 若对正弦信号 $s(t) = 2\cos 200\pi t$ 取样, 取样速率可取 8 kHz。

(2) 样点数的设置

样点数是指一次仿真运行中取样和处理的样点总数。当取样速率确定时, 样点数决定了系统运行的时间长度。样点数可直接输入到文本框中, 也可通过按钮 “Set Power of 2” 将样点数设置为 2 的幂, 便于做 FFT 变换。

1.2 动态仿真系统的构建、运行、保存和调用

1.2.1 动态仿真系统的构建

通过以上内容, 读者已经了解了 SystemView 的基本情况。下面从一个简单例子开始,

让读者一步一步设计自己的第一个仿真系统，通过它，使读者对 SystemView 有一个感性的认识，并初步掌握其使用方法和步骤。

【实例 1-1】产生一个幅度为 1 V、频率为 10 Hz 的余弦波，并求余弦波的平方，观察平方运算前后信号的波形及频率成分。

解：(1) 由题意构建仿真模型如图 1-5 所示。

(2) 在 SystemView 设计窗口中构建仿真系统。

① 进入 SystemView。通过双击桌面上的 SystemView 图标或单击程序组中的 SystemView 即可启动 SystemView。

② 定义一个幅度为 1 V、频率为 10 Hz 的余弦波。鼠标移至信源图符上，按住左键将信源图符拖至设计窗工作区的适当位置后松开左键（已经在设计窗工作区中的图符也可用此法改变位置）。双击设计窗工作区中的信源图符，弹出如图 1-6 所示的信源库窗口，点击周期信源（Periodic）后再选正弦信源（Sinusoid）。

点击参数（Parameters），进入正弦信号参数设置窗口，如图 1-7 所示。将幅度（Amplitude）设置为 1 V、频率（Frequency）为 10 Hz、相位（Phase）为 0°即可。（注：此正弦波信号有两个输出可选择，一个是正弦波，另一个是余弦波。）

③ 定义一个平方运算的图符。将函数图符（Function）拖至设计窗工作区内，放置于信源图符的右边适当位置。双击图符，在出现的函数库窗口中，选择代数库（Algebraic）中的“X^a”，并在参数设置窗的指数（Exponent）框中输入 2。

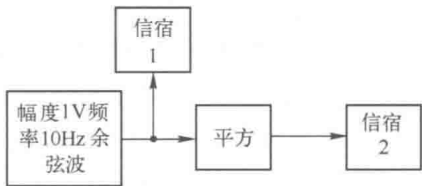


图 1-5 仿真模型

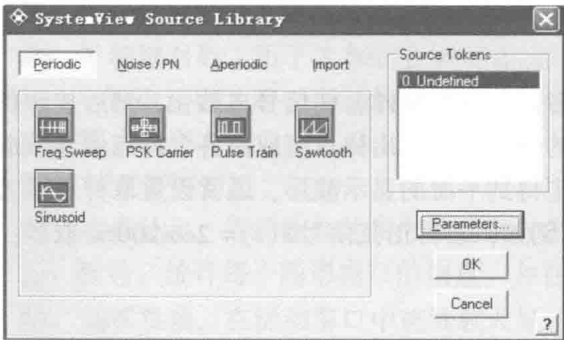


图 1-6 SystemView 信源库窗口

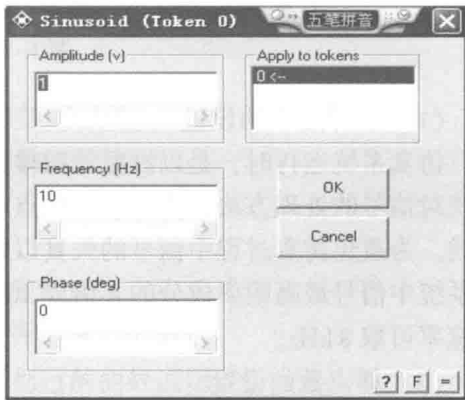


图 1-7 正弦信号参数设置窗口

④ 定义两个接收图符作为信宿 1 和信宿 2。

定义信宿 1：将接收器图符（Sink）拖至设计窗工作区内，放至信源图符的右上方，双击该图符，选择图形（Graphic）中的“SystemView”，即, 并在“Custom Sink Name”文本框中输入“余弦波形”，点击“OK”按钮完成设置。在随之出现的显示区上按住鼠标左键，将其拖至图符区的下方，单击显示区，其四周出现许多小方块，将鼠标放置到任一小方块，待鼠标箭头变成双箭头时，按住鼠标左键并拖动，可改变显示区的大小。

定义信宿 2：鼠标放置于已设置好的接收器图符上，单击鼠标右键，在弹出的下拉菜单

中选择复制图符 (Duplicate Token) 命令, 将复制得到的接收器图符放置到平方图符的右端 (或其他适当的位置), 将其对应的显示区放置到接收器 1 显示区的下方, 并调整其大小与显示区 1 相同。双击接收器 2 图符, 将 “Custom Sink Name” 文本框改为 “余弦波的平方”。

⑤ 连接图符。将鼠标放置于信源图符的右边, 待出现一个向上的箭头时按住鼠标左键并拖至平方函数图符后放开, 在弹出的窗口中选择余弦输出 (1: Cosine), 用相同的方法将信源输出连到接收器 1。最后将平方图符的输出连接至接收器 2。

⑥ 在仿真系统中标注说明。单击工具条上的  按钮, 在设计窗工作区中得到一个空白文本框, 按调整接收器波形显示区的方法调整文本框的位置、形状和大小。在本仿真系统中插入五个文本框, 第一个文本框中输入本例标题 “实例 1-1 余弦波的平方”, 第二个文本框说明信源参数, 第三个文本框用于说明平方图符的功能, 第四、第五个文本框说明接收器 1 和接收器 2 的功能, 第六个文本框对本仿真实例的用途做详细说明。文本框中文本的字体、颜色也可设置, 方法是: 将鼠标移至文本框上, 按下右键, 在弹出的下拉菜单中分别选择 “Text color” 和 “Fonts” 加以设置。

本例中可能用到的操作有:

- 复制文本框。按下鼠标左键, 拖动鼠标选中要复制的文本框, 在其上按下鼠标右键, 在弹出的菜单中点击 “Duplicate”, 鼠标放置其上, 按住左键并拖动鼠标即可将复制文本框移动到适当位置。复制得到的文本框保留了原文本框的有关设置。也可利用工具条上的复制按钮来完成文本框的复制。
- 拖动文本框。将鼠标放置于文本框上, 按下鼠标左键, 待出现四个方向的箭头时, 可随意拖动文本框至所需位置。
- 有时为了调整仿真系统在设计窗工作区中的位置, 需要移动设计窗工作区中的一组对象。可按住鼠标左键将它们选中, 然后将鼠标移至选中框上, 按住左键即可拖动所选对象组。
- 在设计窗工作区的任意处按下鼠标右键, 选择 “Properties” → “System Colors” → “Costom Background Color” 设置设计窗工作区的背景颜色, 可选择白色。除此之外, 对设计窗工作区域还可进行其他一些设置, 如是否需要网络等。
- 更改接收器显示区的背景色、曲线颜色、网络线等: 将鼠标移至显示区, 按下鼠标右键, 在弹出的下拉菜单中选择 “Background Color” “Plot Color” “ShowGrid” 来完成设置。

1.2.2 动态仿真系统的运行

在启动仿真系统运行之前, 应首先设置系统定时, 主要有仿真系统的取样速率和样点数。

1. 设置系统定时

单击工具条上的系统定时  按钮, 在弹出的窗口中分别设置取样速率 (Sample Rate) 和样点数 (No. of Samples)。

① 取样速率: 仿真系统中信源输出信号的频率为 10 Hz, 平方后信号的频率为 20 Hz, 故仿真系统中信号的最高频率为 20 Hz, 因此, 取样速率可设置为 200 Hz。

② 样点数设置为 200, 这样显示区显示 1 s 的信号, 即 200 个样点。

2. 运行系统

单击工具条上的运行按钮▶运行系统。这时就会在接收器 1 的图形显示区中显示出余弦信号曲线，在接收器 2 的图形显示区中显示出余弦波平方的曲线。如图 1-8 所示。

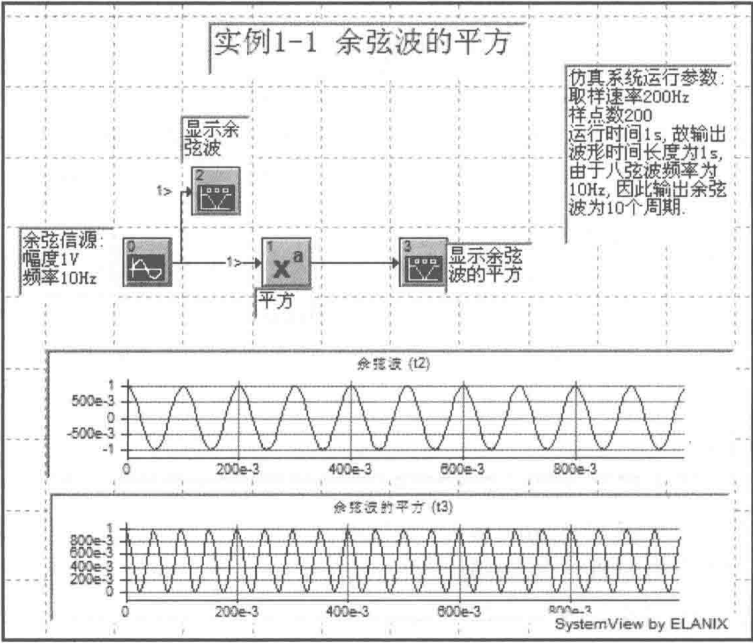


图 1-8 在 SystemView 设计窗口中构建的仿真系统

(1) 在分析窗内显示波形。单击工具条上的分析窗图标进入分析窗，这时应该看到两个波形，一个是 10 Hz 的余弦波，另一个是余弦波的平方，与设计窗中显示的波形相同。

(2) 对两个波形进行频谱分析。单击分析窗左下角的接收计算器图标，在弹出的接收计算器窗口中，选择“Spectrum”和“|FFT|”分析按钮，再选择“W0: 余弦波”，单击“OK”按钮即可得到余弦波的幅度谱，双击标题和坐标名称的文本处，可对它们进行修改，如可将标题修改为“余弦波的幅度谱”，将横坐标修改为“频率/Hz (分辨率 1 Hz)”，将纵坐标修改为“幅度/V”，如图 1-9 所示。从图 1-9 可见，10 Hz 余弦波只有一个 10 Hz 的频率成分，幅度为 $0.5\text{ V} \times 2 = 1\text{ V}$ 。在此需要说明两点：①图中显示的三角形状只是相邻幅度值间的连线，单击工具条上的显示点图图标，即可去掉连线；②显示出来的仅是余弦信号双边谱中的正频率部分。

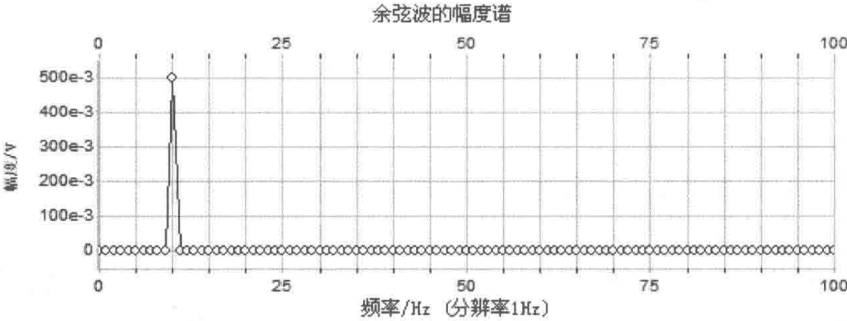


图 1-9 10 Hz 余弦波的幅度谱

再次单击 ，按相同的方法得到余弦波平方信号的幅度谱，如图 1-10 所示。从图 1-10 可见，幅度为 1 V、频率为 10 Hz 的余弦波，其平方后信号中含有两个频率成分，分别是幅度为 0.5 V 的直流信号和幅度为 $0.25\text{ V} \times 2 = 0.5\text{ V}$ 、频率为 20 Hz 的余弦波信号。显然，此仿真结果与理论结果一致。

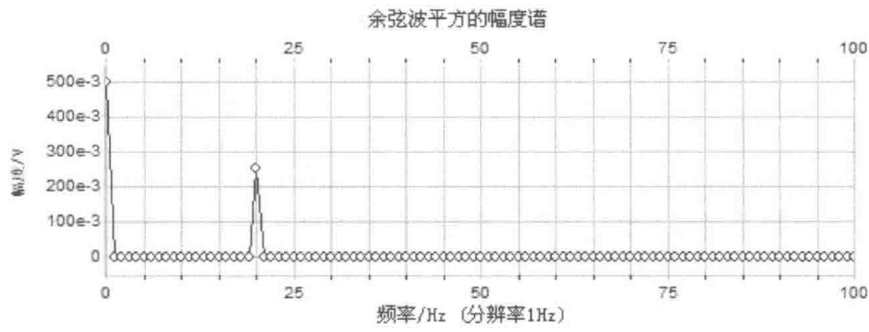


图 1-10 余弦波平方的幅度谱

单击工具条上的图标 ，分析窗口中显示的图形如图 1-11 所示。

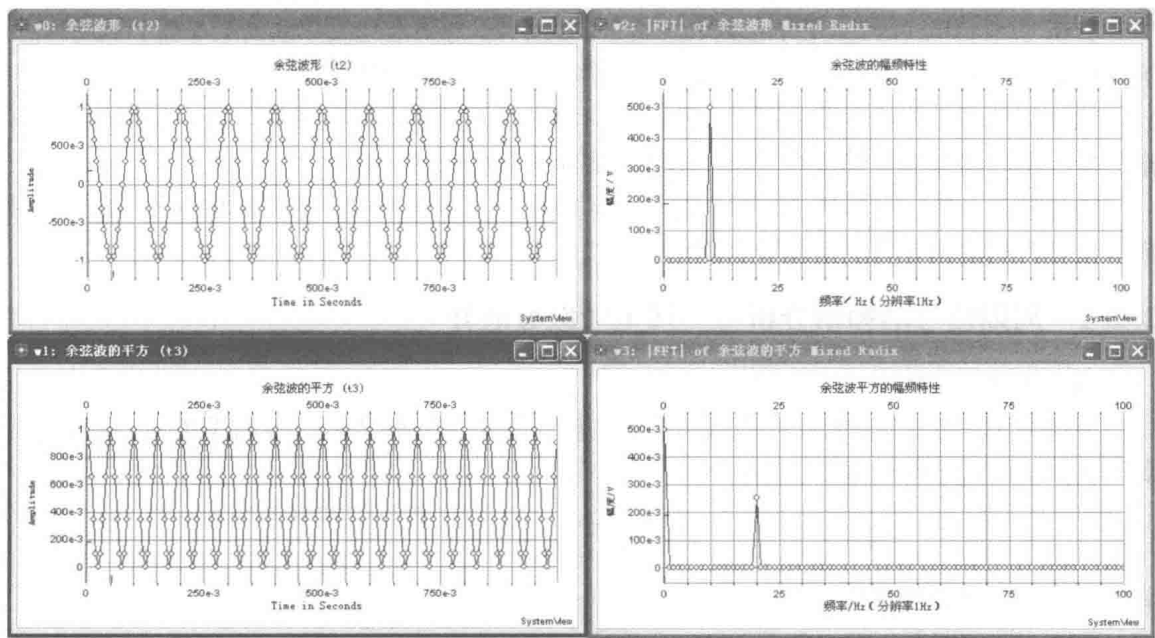


图 1-11 余弦波及余弦波平方的波形图及幅度谱