



普通高等教育“十二五”规划教材
电子电气基础课程规划教材

数字信号处理原理 及其 LabVIEW 实现

■ 黄夫海 编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”规划教材
电子电气基础课程规划教材

数字信号处理原理 及其 LabVIEW 实现

黄夫海 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书系统地讲解了数字信号处理的基本理论和方法,并与 LabVIEW 的工程实际相结合,使用 LabVIEW 阐述问题并进行计算。全书分为 9 章,包括绪论、虚拟仪器及 LabVIEW 简介、时域离散信号和时域离散系统、离散时间傅里叶变换和 Z 变换、离散傅里叶变换(DFT)及其快速算法(FFT)、数字滤波网络、滤波器设计原理、IIR 数字滤波器的设计、FIR 数字滤波器的设计。

本书适合作为高等院校通信、电子信息等相关专业的本科生教材和参考书,也可作为工程技术人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

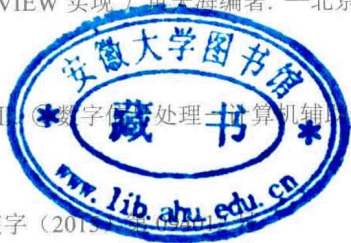
图书在版编目(CIP)数据

数字信号处理原理及其 LabVIEW 实现 / 黄夫海编著. —北京:电子工业出版社, 2015.5

ISBN 978-7-121-25989-0

I. ①数… II. ①黄… II. ①数字信号处理—计算机辅助计算—软件包—高等学校—教材
IV. ①TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 084141 号



策划编辑:赵玉山

责任编辑:赵玉山

印 刷:北京京科印刷有限公司

装 订:北京京科印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:10 字数:256 千字

版 次:2015 年 5 月第 1 版

印 次:2015 年 5 月第 1 次印刷

印 数:2 500 册 定 价:29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

随着数字化与信息化的迅速发展,数字信号处理技术备受关注。大规模集成电路和专用数字信号处理器(DSP)的高速发展,使得数字信号处理在工程实现上有了实质性突破,其应用迅速扩展到科学技术、工业与工程、国防以及大量的消费类产品。可以毫不夸张地说,数字信号处理技术影响着经济和国防建设,人们的工作、生活习惯,甚至思维方式。数字信号处理技术的发展与广泛应用,决定了其在电子信息类专业课程体系中的重要地位。国内外的许多大学都将其列为电子信息类专业的专业必修基础课。本书系统地讨论了数字信号处理的基本理论和基本方法。以离散傅里叶变换和数字滤波器为重点,强调离散时间信号和系统的基本理论和分析方法,强调理论与实践、原理与应用相结合。

自1976年以来,NI(National Instruments,美国国家仪器)公司通过将传统的独立仪器分成两个基本部分为仪器带入了一种新的观念,这两个部分是:对信号进行数字化所需的硬件和分析显示结果所需的软件。将软件作为仪器,仪器就可以扩展到测试、控制和设计中。

相对于传统的独立仪器而言,虚拟仪器的优点与数字信号处理相对于模拟信号处理而言的优点是相似的。例如,模拟滤波器通常使用运算放大器、电容和电阻等模拟电子元器件实现,相对于使用浮点或定点机器实现的数字滤波器而言,其灵活性十分有限。尽管模拟滤波器比较便宜、易于建立,但模拟滤波器的标定和维护十分困难,要对设计进行修改也难以实现。例如,如果后来发现需要一个更高阶的滤波器,就必须改动硬件进行新的设计。由于数字滤波器是用软件建立的,并没有这个问题,从而在单一硬件上提供了可以实现多种应用的灵活平台。

虚拟仪器和数字信号处理都发挥了基于软件平台的优点,虚拟仪器通过利用图形化编程开发环境NI LabVIEW使得易用性的优点得到进一步的发展,它能够让更多人参与软件开发和仪器设计。LabVIEW不仅提供了与传统的基于文本的编程语言完全不同的图形化编程方式,使得编程过程变得更加直观和方便,同时还通过自带的MathScript兼容了文本的编程语言,使得用户可以兼容已有的算法,或者根据实际应用来选择合适的编程方式。从而大大节省了需要熟悉编程环境和语法所需要的大量时间。

本书讲解了数字信号处理的原理,并用LabVIEW程序实现其功能。本书内容分为以下四部分:离散时间信号与系统分析、离散傅里叶变换及其快速算法、数字滤波器的结构与实现、数字信号处理的LabVIEW实现。第一部分包括第1~3章,这是本书的基础,通过第一部分的学习,希望读者能对数字信号处理有一个大概的了解,建立起离散时间信号与系统的基本概念,并初步掌握时域与频域的基本分析方法,同时介绍了LabVIEW的基本使用方法。第二部分包括第4~5章,介绍了数字信号处理中典型的变换工具——离散傅里叶变换及其快速算法和Z变换,通过学习能进一步认识运算效率在数字信号处理中的地位。第三部分包括

了第 6~9 章,介绍了数字滤波器的各种结构和设计方法,是离散时间系统设计的基础知识,其中第 7 章介绍了有关模拟滤波器设计的基础,为数字滤波器的设计提供理论支持。第四部分安排在每个章节中,有针对性地设置了数字信号处理的 LabVIEW 实例,介绍了使用 LabVIEW 解决数字信号处理中的典型问题。LabVIEW 具有图形化界面,很容易入手,没有 LabVIEW 基础的读者也可以使用本教材。

由于作者水平有限,不妥及错误之处在所难免,希望读者给予批评指正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 信号的特征与分类	1
1.2 数字信号处理	2
1.3 数字信号处理的应用	4
第 2 章 虚拟仪器及 LabVIEW 简介	5
2.1 虚拟仪器	5
2.2 LabVIEW 简介	6
2.2.1 LabVIEW 启动	6
2.2.2 LabVIEW 应用程序的构成	7
2.2.3 控件和函数	8
2.3 LabVIEW 与 MATLAB	8
第 3 章 时域离散信号和时域离散系统	10
3.1 时域离散信号	10
3.1.1 常用的典型序列	11
3.1.2 序列运算和常用关系式	13
3.2 时域离散系统	16
3.2.1 线性系统	16
3.2.2 时不变系统	17
3.2.3 线性时不变系统输入与输出之间的关系	17
3.2.4 系统的因果性和稳定性	19
3.2.5 系统的差分方程描述	20
3.3 模拟信号的采样与恢复	21
3.3.1 理想采样	21
3.3.2 理想采样信号的频谱	23
3.3.3 采样的恢复	25
3.3.4 由采样信号序列重构带限信号	25
3.4 实例解析	26
第 4 章 离散时间傅里叶变换和 Z 变换	32
4.1 离散时间傅里叶变换 (DTFT)	32
4.1.1 离散时间傅里叶变换的定义	32
4.1.2 离散时间傅里叶变换的性质	32
4.2 线性时不变系统的频率响应	34
4.3 周期序列的离散傅里叶级数	36
4.3.1 周期序列的离散傅里叶级数	36
4.3.2 周期序列的傅里叶变换表示式	37
4.4 时域离散傅里叶变换与模拟信号傅里叶变换之间的关系	39

4.5	序列的 Z 变换	40
4.5.1	Z 变换的定义及收敛域	40
4.5.2	序列特性对收敛域的影响	41
4.5.3	Z 变换的主要性质	45
4.5.4	Z 反变换	46
4.5.5	利用 Z 变换解差分方程	49
4.5.6	利用 Z 变换分析信号和系统的频域特性	50
4.6	实例解析	54
第 5 章	离散傅里叶变换 (DFT) 及其快速算法 (FFT)	59
5.1	离散傅里叶变换的定义	59
5.1.1	DFT 的定义	59
5.1.2	DFT 和 Z 变换的关系	60
5.1.3	DFT 的隐含周期性	60
5.2	离散傅里叶变换的基本性质	62
5.2.1	线性性质	62
5.2.2	循环移位性质	62
5.2.3	循环卷积定理	63
5.2.4	复共轭序列的 DFT	65
5.2.5	DFT 的共轭对称性	66
5.3	频率域采样	68
5.4	DFT 的应用举例	70
5.5	快速傅里叶变换 (FFT)	73
5.5.1	直接计算 DFT 算法存在的问题及改进途径	74
5.5.2	时间抽取法——基 2FFT 算法	76
5.5.3	频率抽取法 FFT (DIF-FFT)	80
5.5.4	IDFT 的高效算法	82
5.6	实例解析	83
第 6 章	数字滤波网络	86
6.1	数字滤波器的表示方法	86
6.2	IIR 数字滤波器的基本网络结构	86
6.2.1	直接型	86
6.2.2	级联型	88
6.2.3	并联型	89
6.3	FIR 数字滤波器的基本网络结构	90
6.3.1	直接型	90
6.3.2	级联型	90
6.3.3	线性相位型	91
第 7 章	滤波器设计原理	92
7.1	滤波器的基本概念	92
7.1.1	滤波原理	92
7.1.2	滤波器的种类	92

7.1.3	对滤波器的技术要求	94
7.1.4	滤波器的设计过程	95
7.2	模拟低通滤波器的设计	95
7.2.1	巴特沃斯 (Butterworth) 逼近	96
7.2.2	切比雪夫 (Chebyshev) 逼近	100
7.3	模拟高通、带通及带阻滤波器的设计	106
7.3.1	模拟高通滤波器的设计	106
7.3.2	模拟带通滤波器的设计	107
7.3.3	模拟带阻滤波器的设计	109
第 8 章	IIR 数字滤波器的设计	112
8.1	用脉冲响应不变法设计 IIR 数字滤波器	112
8.1.1	设计的基本思想	112
8.1.2	模拟与数字滤波器的转换关系	112
8.2	用双线性法设计 IIR 数字滤波器	115
8.2.1	双线性变换	115
8.2.2	数字低通 IIR 滤波器的设计	117
8.3	数字高通、带通及带阻 IIR 滤波器的设计	118
8.3.1	模拟—数字—数字变换法	119
8.3.2	模拟—模拟—数字变换法	121
8.4	实例解析	124
第 9 章	FIR 数字滤波器的设计	126
9.1	线性相位 FIR 数字滤波器的基本特性	126
9.1.1	线性相位条件	126
9.1.2	线性相位条件对 $h(n)$ 的要求	127
9.1.3	线性相位 FIR 滤波器的频率特性	128
9.1.4	线性相位 FIR 滤波器的零点分布	132
9.2	窗函数加权设计 FIR 滤波器	133
9.2.1	设计的基本思想	133
9.2.2	窗函数的功能与选择	134
9.2.3	窗函数加权设计方法	138
9.3	频率采样法设计 FIR 滤波器	142
9.3.1	设计的基本思想	142
9.3.2	线性相位约束条件	142
9.3.3	滤波器的频率响应	143
9.4	IIR 与 FIR 数字滤波器的比较	145
9.5	实例解析	146
	参考文献	148

第 1 章 绪 论

1.1 信号的特征与分类

一般而言,信号就是指物理信号,它是可以被观测到的物理现象,如通常所说的光、热、声、机械振动等现象,都是物理信号。数据是抽象的符号,用来表示或描述信息。只有数据按照确定的编码规则给予约定后才形成信息,因此,信息是具有特定含义的数据。信息隐含于信号之中,必须对信号进行必要的分析和处理才能从中提取出所需要的信息。

信号是信息的载体,它借助物理媒介传送信息。从信号中获取信息的渠道有以下两条:

(1) 直接观测对象——借助被测对象发出的真实信号直接获取信息。例如,通过观测化学反应器中的温度、压力、流量等随时间变化的信号可以获取化学过程的信息;通过观测机械零件和建筑结构中的应力、变形等信号可以获取机械或建筑物的状态信息等。

(2) 通过人与人之间的交流——用符号对信息进行编码,然后以信号的形式传送出去,人们在收到这种编码信号并对它进行必要的处理之后间接获取信息。例如书籍、报刊用的文字符号,交谈、演讲用的语音信号,数字系统中使用的数字信号等,它们传递的是预先编制好的信息。

在人们接触到的信号中,有的信号是有用的,有的则是不需要的,甚至是有害的,从这些信号中提取对人类有用的信息,抑制有害信息,是现代信息技术不断追求的目标,通过计算机技术和数字技术的结合可以快速、准确地处理信号,因而,数字信号处理就成为人们研究和学习的一个热点。

根据信号自身的形态及传送信息的方式,信号可分为多种类型。信号类型的不同,其描述、分析、处理及应用方式也有所不同。例如,信号可分为原始的物理信号、模拟信号、采样信号、数字信号以及确定性信号和不确定性信号等。

(1) 模拟信号与数字信号

如图 1.1.1 (a) 所示,模拟信号是由观测对象直接发出的原始形态信号转换而来的电信号,如电压信号或电流信号。模拟信号在时间上和数值上都是连续取值的。

如图 1.1.1 (b) 所示,数字信号是指在时间上和数值上都是离散取值的信号,它是经过人工处理后以数字编码形式出现的离散电脉冲序列。

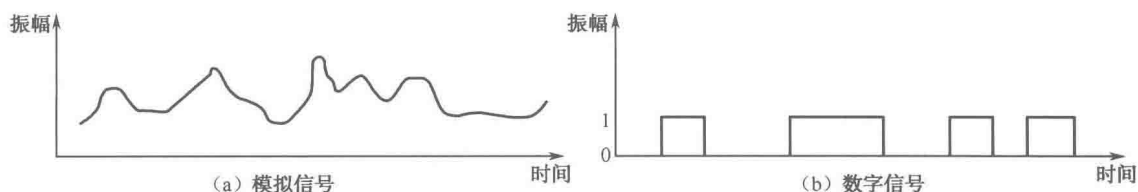


图 1.1.1 模拟信号和数字信号

模拟信号具体、直观,便于人的理解和运用,而数字信号便于计算机处理,所以,在实

际应用中经常将两者互相转换，以发挥各自的优点。

(2) 连续信号与离散信号

时间和数值都连续取值的信号称为连续信号；而时间或数值离散取值，或者两者都离散取值的信号称为离散信号。

连续信号可以用连续的时间函数曲线描述，如 $u = f(t)$ 。

离散信号只能用离散的时间序列表示，如 $x(n) = x_a(t)|_{t=nT} (n = 0, 1, 2, \dots, N-1)$ 。

(3) 采样信号与采样保持信号

通过采用等时间间隔（称为采样周期）读取连续信号瞬时值的方法获取的信号称为采样信号。它是连续信号的离散化形式。如图 1.1.2 (a) 所示的波形是连续信号、离散信号和数字信号。

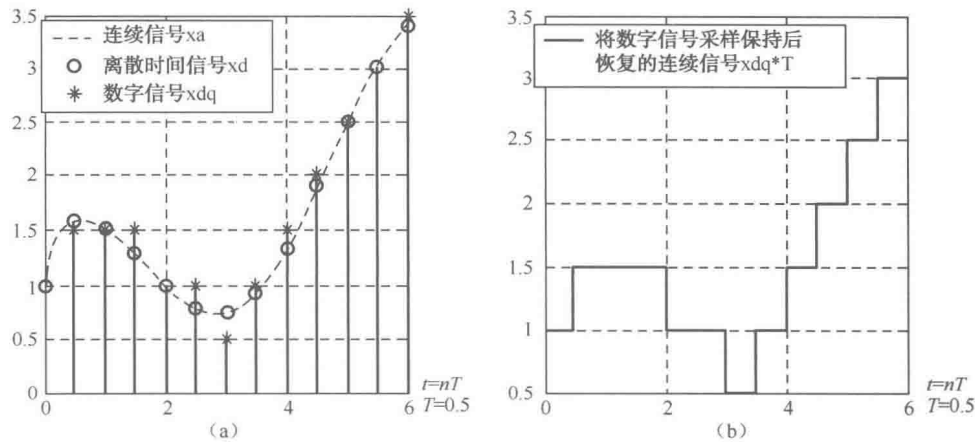


图 1.1.2 连续信号、离散信号和数字信号

将采样得到的每一个瞬时值在其采样周期内保持不变所形成的信号称为采样保持信号，如图 1.1.2 (b) 波形。

(4) 确定信号与不确定信号

在任何指定的时刻都可以确定相应数值的信号是确定性信号，否则为不确定性信号或随机信号。确定性信号可以用一个确定的连续时间函数加以描述，例如正弦函数所描述的交流电信号，阶跃函数所描述的阶跃信号等；由于随机信号在指定的时刻无法确定它的准确数值，所以不能用确定的时间函数描述，只能给出它在指定时刻取某一数值的概率值，如电力系统中的负荷变化信号以及气象领域中气温变化的信号均属于随机信号。

1.2 数字信号处理

信号处理就是要把记录在某种媒体上的信号进行处理，以便提取出有用信息的过程，它是对信号进行提取、变换、分析、综合等处理过程的统称。人们最早处理的信号局限于模拟信号，使用的处理方法也是模拟信号处理方法。在用模拟加工方法进行处理时，对“信号处理”技术没有太深刻的认识。这是因为在过去，信号处理和信息抽取是一个整体，所以从物理制约角度看，满足信息抽取的模拟处理受到了很大的限制。随着数字计算机的飞速发展，

信号处理的理论和方法也得以发展。在我们的面前出现了不受物理制约的纯数学的加工，即算法，并确立了信号处理的领域。现在，对于信号的处理，人们通常是先把模拟信号变成数字信号，然后利用高效的数字信号处理器（Digital Signal Processor）或计算机对其进行数字信号处理（Digital Signal Processing, DSP）。

一般地讲，数字信号处理系统如图 1.2.1 所示。

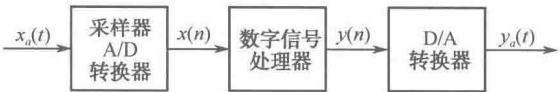


图 1.2.1 数字信号处理系统

系统输入为 $x_a(t)$ 为模拟输入信号，经过预滤波后进入模拟/数字（A/D）转换器，由转换器进行采样并量化为数字信号 $x(n)$ ，然后送入数字信号处理系统进行处理。处理后输出数字信号 $y(n)$ 经过模/数（D/A）转换器变成模拟信号，再经过平滑滤波成为输出模拟信号 $y_a(t)$ 。其处理过程如图 1.2.2 表示。

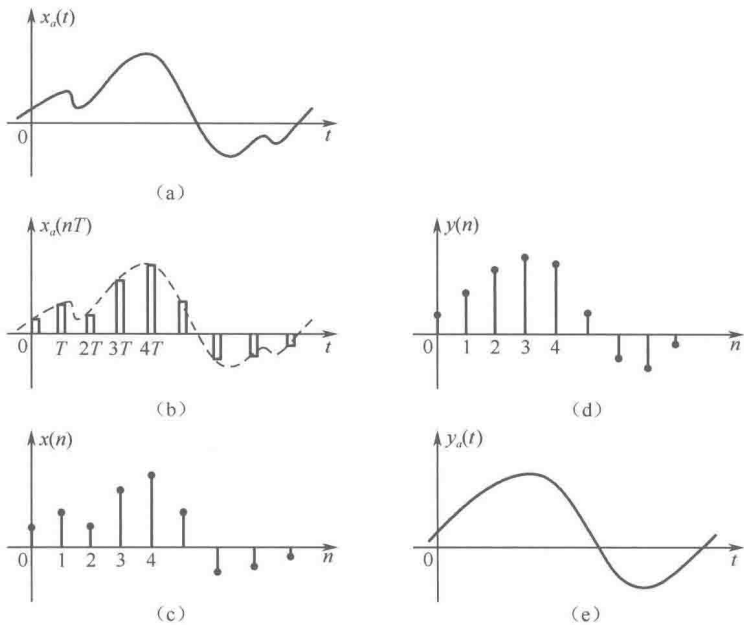


图 1.2.2 数字信号处理过程

上述这种系统在实际应用中是比较广泛的，其原因在于它比模拟信号具有很多优点：

- （1）接口方便。数字信号处理系统与其他以现代数字技术为基础的系统或设备都是相互兼容的，数字信号处理系统与这样的系统接口实现某种功能要比模拟系统容易得多。
- （2）编程方便。数字信号处理系统中的可编程 DSP 芯片可使设计人员在开发过程中灵活方便地对软件进行修改和升级，系统的性能可以得到不断的改善。
- （3）稳定性好。数字信号处理系统以数字处理为基础，受环境温度以及噪声的影响较小，可靠性高，尤其是用了超大规模集成的 DSP 芯片使得设备简化，提高了系统的稳定性和可靠性。
- （4）精度高。数字系统二进制位数可以有 8 位、16 位，甚至 64 位，同时 AD 的位数也

决定了其精度是模拟系统不能比拟的。

(5) 可重复性好。模拟系统的性能受元器件参数性能的影响比较大,而数字系统基本不受影响,因此数字系统便于测试、调试和大规模生产。

(6) 集成方便。数字信号处理系统中的数字部件有高度的规范性,便于大规模集成。

当然,数字信号处理也存在一定的缺点。例如,对于简单的信号处理任务,如与模拟交换线的电话接口,若采用 DSP 则使成本增加。DSP 系统中的高速时钟可能带来高频干扰和电磁泄漏等问题,而且 DSP 系统消耗的功率也较大。此外,DSP 技术更新的速度快,数学知识要求多,开发和调试工具还不尽完善。

1.3 数字信号处理的应用

数字信号处理是利用计算机或专用处理设备,以数字形式对信号进行采集、变换、滤波、估值、增强、压缩、识别等处理,以得到符合人们需要的信号形式。数字信号处理是以众多学科为理论基础的,它所涉及的范围极其广泛。例如,在数学领域,微积分、概率统计、随机过程、数值分析等都是数字信号处理的基本工具,与网络理论、信号与系统、控制论、通信理论、故障诊断等也密切相关。近年来新兴的一些学科,如人工智能、模式识别、神经网络等,都与数字信号处理密不可分。可以说,数字信号处理是把许多经典的理论体系作为自己的理论基础,同时又使自己成为一系列新兴学科的理论基础。

数字信号处理的典型应用列举如下。

(1) 信号处理:如数字滤波,快速傅里叶变换,相关运算,谱分析,卷积,波形产生等,这也是数字信号处理的最基本应用。

(2) 通信:如调制解调器,自适应均衡,数据加密,数据压缩,回波抵消,多路复用,可视电话等。

(3) 语音:如语音编码,语音合成,语音识别,说话人辨认,语音存储等。

(4) 图形/图像:图像压缩与传输,增强,机器视觉等。

(5) 军事:如保密通信,雷达处理,导航等。

(6) 医疗:如超声设备,诊断工具,病人监护等。

(7) 家用电器:如高保真音响,音乐合成,玩具与游戏,数字电话/电视,MP4 等。

第2章 虚拟仪器及 LabVIEW 简介

2.1 虚拟仪器

虚拟仪器 (Virtual Instrument, VI) 是在计算机基础上通过增加相关硬件和软件构建而成的、具有可视化界面的仪器。计算机和仪器的密切结合是目前仪器发展的一个重要方向。粗略地说这种结合有两种方式, 一种是将计算机装入仪器, 其典型的例子就是所谓智能化的仪器或者嵌入式设备; 另一种方式是将仪器装入计算机, 以通用的计算机硬件及操作系统为依托, 实现各种仪器功能, 虚拟仪器主要是指这种方式, 其构成如图 2.1.1 所示。

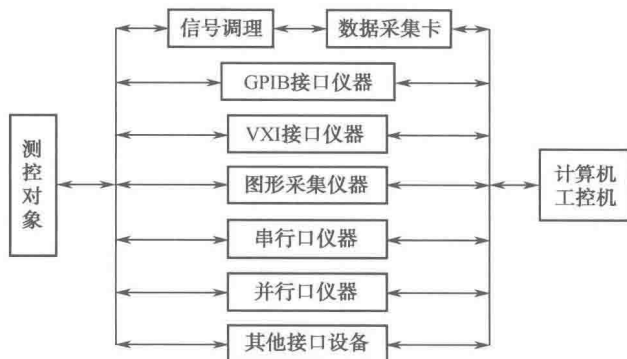


图 2.1.1 虚拟仪器的构成框图

虚拟仪器技术就是利用高性能的模块化硬件, 结合高效灵活的软件来完成各种测试、测量和自动化的应用。虚拟仪器技术的特点如下:

(1) 性能高。虚拟仪器技术是在 PC 技术的基础上发展起来的, 所以完全“继承”了以现成的 PC 技术为主导的最新商业技术的优点, 包括功能卓越的处理器和文件输入、输出, 使数据在高速导入磁盘的同时就能实时地进行复杂的分析。此外, 不断发展的因特网和越来越快的计算机网络使得虚拟仪器技术展现其更强大的优势。

(2) 扩展性强。这些软、硬件工具使得工程师和科学家们不再圈囿于当前的技术中。得益于软件的灵活性, 只需更新计算机或测量硬件, 就能以最少的硬件投资和极少的, 甚至无需软件升级即可改进整个系统。在利用最新科技的时候, 可以把它们集成到现有的测量设备中, 最终以较少的成本加速产品上市的时间。

(3) 开发时间短。在驱动和应用两个层面上, 高效的软件构架能与计算机、仪器仪表和通信方面的最新技术结合在一起。设计这一软件构架的初衷就是为了方便用户的操作, 同时还提供了强大的功能, 使用户轻松地配置、创建、发布、维护和修改高性能、低成本的测量和控制方案。

(4) 无缝集成。虚拟仪器从本质上说是一个集成的软、硬件系统。随着产品在功能上不

断地趋于复杂，工程师们通常需要集成多个测量设备来满足完整的测试需求，而连接和集成这些不同设备总是要耗费大量的时间。虚拟仪器软件平台为所有的 I/O 设备提供了标准的接口，帮助用户轻松地将多个测量设备集成到单个系统中，降低了任务的复杂性。

2.2 LabVIEW 简介

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench，实验室虚拟仪器工程平台) 是由 National Instruments (美国国家仪器有限公司，NI) 开发的图形化程序编译平台，发明者为杰夫·考度斯基 (Jeff Kodosky)，程序最初于 1986 年在苹果计算机上完成。LabVIEW 早期是为了仪器自动控制设计的，至今转变成为一种逐渐成熟的高级编程语言。图形化的程序语言，又称为“G”语言。使用这种语言编程时，基本上不写程序代码，取而代之的是程序框图。

LabVIEW 率先引入了特别的虚拟仪表的概念，用户可通过人机界面直接控制自行开发仪器。此外 LabVIEW 提供的库包含信号截取、信号分析、信号处理、数值运算、逻辑运算、声音振动分析、数据存储等。目前可支持 Windows，UNIX，Linux，Mac OS 等操作系统。由于 LabVIEW 特殊的图形程序和简单易懂的开发接口，缩短了开发原型的速度且方便日后的软件维护，因此逐渐受到系统开发及研究人员的喜爱。目前广泛应用于工业自动化领域中。LabVIEW 不仅可以用来快速搭建小型自动化测试测量系统，还可以用来开发大型的分布式数据采集与控制系统。在美国 Lawrence Livermore 国家实验室，一个花费 2000 万美元的极为复杂的飞秒激光切割系统就是基于 LabVIEW 开发的。在北京正负电子对撞机二期工程——谱仪控制系统中，大约有 30 种物理量共 7000 多点的现场数据点需要实时采集控制和分析记录。

目前，LabVIEW 的最新版本 LabVIEW 2013 SP1，可以在 NI 的官方网站 <http://www.ni.com/labview/zhs/> 下载。

2.2.1 LabVIEW 启动

常规编程语言，如 VB、VC 的 IDE 开发环境，都是从新建一个具体的项目开始的，而 LabVIEW 的第一项是新建 VI，显然 VI 对 LabVIEW 来说是非常基本和重要的概念。LabVIEW 启动窗口如图 2.2.1 所示。



图 2.2.1 LabVIEW 启动窗口

2.2.2 LabVIEW 应用程序的构成

新建一个 VI 后，呈现在我们面前的是两个常见的 Windows 窗口，分别为前面板窗口和程序框图窗口。

(1) 前面板是图形用户界面，也就是 VI 的虚拟仪器面板，这一界面上有用户输入和显示输出两类对象，具体表现有开关、旋钮、图形以及其他控制(control)和显示对象(indicator)。图 2.2.2 所示是一个随机信号发生和显示的简单的 VI 前面板，上面有一个显示对象，以曲线的方式显示了所产生的一系列随机数。还有一个控制对象——停止按钮，可以停止工作。显然，并非简单地画两个控件就可以运行，在前面板后还有一个与之配套的程序框图。

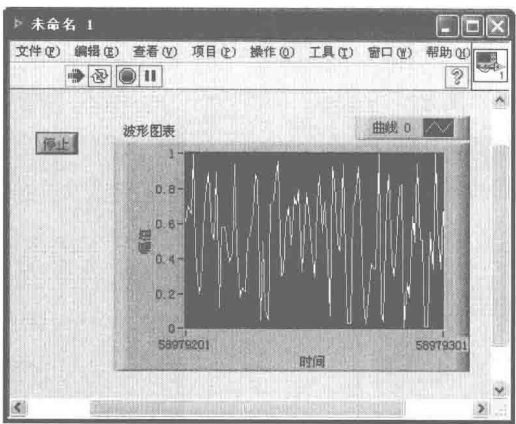


图 2.2.2 前面板

(2) 程序框图提供 VI 的图形化源程序。在程序框图中对 VI 编程，以控制和操纵定义在前面板上的输入和输出功能。程序框图中包括前面板上的控件的连线端子，还有一些前面板上没有，但编程时必须有的内容，例如函数、结构和连线等。图 2.2.3 是与图 2.2.2 对应的程序框图。可以看到程序框图中包括了前面板上的停止按钮和随机数显示器的连线端子，还有一个随机数发生器的函数及程序的循环结构。随机数发生器通过连线将产生的随机信号送到显示控件，为了使它持续工作下去，设置了一个 While 循环，由按钮控制这一循环的结束。

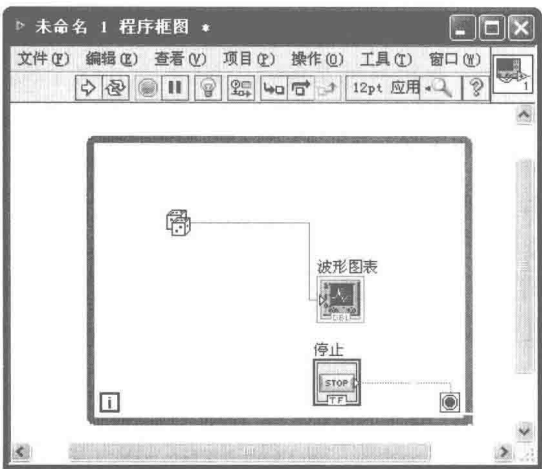


图 2.2.3 程序框图

2.2.3 控件和函数

(1) 控件选板

只有打开前面板时才能调用控件。该选板用来给前面板设置各种所需的输出显示对象和输入控制对象。每个图标代表一类子选板。如果控制选板不显示，可以用“查看”菜单的“控件选板”功能打开它，也可以在前面板的空白处，单击鼠标右键，以弹出控制选板。

控制选板如图 2.2.4 (a) 所示。

(2) 函数选板

只有打开了程序框图窗口，才能出现函数选板。函数选板是创建程序框图的工具，该选板上的每一个顶层图标都表示一个子选板。若函数选板不出现，则可以用“查看”菜单下的“函数选板”功能打开它，也可以在程序框图窗口的空白处单击鼠标右键以弹出函数选板。

函数选板如图 2.2.4 (b) 所示。

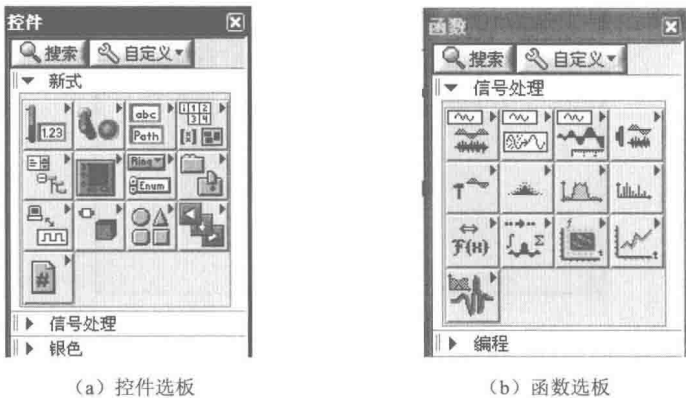


图 2.2.4 控件和函数

2.3 LabVIEW 与 MATLAB

MATLAB 是适合多科学、多平台的强大的编程语言，广泛用于高等数学、数值分析、数字信号处理、自动化控制和其他具体工程应用中。与 LabVIEW 一样，MATLAB 也是通过 C 语言开发出来的，与 LabVIEW 有很多的共同点。通过 ActivX 自动化服务器，LabVIEW 与 MATLAB 之间可实现数据交换。虽然这种数据交换可以满足一般要求，但是毕竟存在诸多不便之处，比如计算机必须同时安装 LabVIEW 和 MATLAB。另外，由于不同应用程序之间的数据交换非常复杂，因此，实时性也存在一定问题。

LabVIEW 8.X 之后引入了 MathScript。MathScript 具有和 MATLAB 相似的语法和函数，虽然 MathScript 和 MATLAB 非常相似，但实际上二者之间没有任何关系，它只是借用了 MATLAB 的语法。它内置的 600 多个函数虽然函数名和 MATLAB 的相同，但都是独立编写的。

【例 2.3.1】 使用 MathScript 绘制离散点。

在程序框图中放置 MathScript 函数，同 MATLAB 一样，要绘制离散点可以使用 stem 函数，具体代码如图 2.3.1 所示，绘制的图形如图 2.3.2 所示。

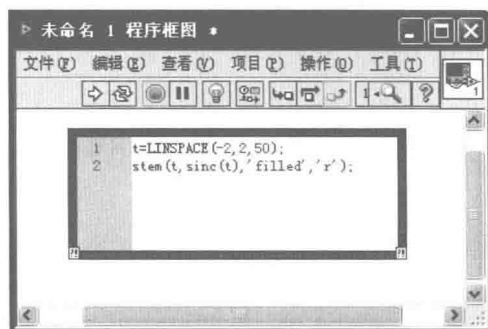


图 2.3.1 MathScript

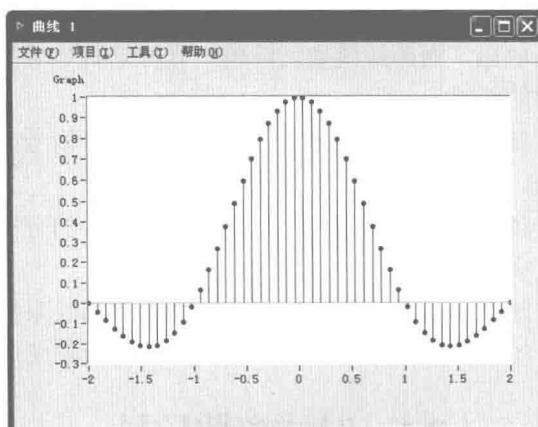


图 2.3.2 绘制离散图