

万建伟 王 玲 编著

XINHAO CHULI
FANGZHEN
JISHU

信号处理仿真 技术

国防科技大学出版社

信号处理仿真技术

万建伟 王 玲 编著

国防科技大学出版社
·长沙·

内容简介

本书以通俗易懂的语言、简洁的数学推理,系统地描述了数字信号处理的基本知识和 MATLAB 工具语言在该领域的应用。全书共分 15 章,主要包括:离散信号与系统,离散傅立叶变换和 z 变换,数字滤波器结构,IIR、FIR 滤波器设计,平稳随机信号分析,同态信号处理,卡尔曼滤波技术与应用,自适应滤波,非平稳信号分析,非高斯信号分析以及多速率数字信号处理技术等。书中最后还给出了数字信号处理的部分实验内容。

本书内容简明扼要,包含了大量的 MATLAB 语言源程序,对具体工程应用有很大的参考价值。本书适用于对现代数字信号处理技术感兴趣的读者,也可作为高年级本科生、研究生学习数字信号处理的参考书或实验教材以及科研与工程技术人员实用的工具书。

图书在版编目(CIP)数据

信号处理仿真技术/万建伟,王玲编著. —长沙:国防科技大学出版社,2008.3
ISBN 978 - 7 - 81099 - 478 - 1

I. 信… II. ①万… ②王… III. 信号处理—系统仿真—计算机辅助计算—软件包, MATLAB IV. TN911.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 012618 号

国防科技大学出版社出版发行
电话:(0731)4572640 邮政编码:410073

<http://www.gfkdcbs.com>

责任编辑:徐 飞 责任校对:唐卫葳

新华书店总店北京发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:31 字数:774 千
2008 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数:1—3000 册

ISBN 978 - 7 - 81099 - 478 - 1

定价:45.00 元

前 言

数字信号处理(Digital Signal Processing, DSP)是信息与通信工程学科中的一个重要的研究领域。它的理论基础涉及众多的学科,但其成果又为这些学科的发展起着重要的作用;它的应用范围甚广,如通信、航天航空、雷达、声呐、地震勘探以及生物医学等领域。随着信息科学的飞速发展,信号处理的理论也获得了迅速的发展,新理论和新算法层出不穷,信号处理的一些主要领域,如优化、自适应、高分辨、多维和多通道等,其理论和方法均日趋系统化。对系统的分析已不再限于理想模型,而是考虑各种实际因素,研究其鲁棒性,同时对性能也不再限于定性描述,而要做出统计性能评价,使理论和实际在更高水平上密切结合。

MATLAB 具有交互性的数学计算功能,集成图形显示,易于使用且编程简单,函数环境一致以及可以在广泛多样的硬件上使用,这些特性使得它使用起来有非常高的效率,读者可以很快地把精力集中在基本的信号处理问题上,而避免了陷入到某个机器或者编程语言的细节之中,所以它是数字信号处理技术实现的重要手段。随着信号处理应用领域的不断扩大,一般的信号处理方法难以完全满足实际工程的需要,从而促使人们在信号处理理论和方法方面不断创新与探索,例如此前均假设信号及其背景噪声是高斯的、平稳的,而对信号的分析只是基于它的二阶矩特性和功率谱,其对象系统也限于时不变的线性因果最小相位系统。虽然上述假设及由此而构建的系统在许多场合是适用的,但随着应用领域的扩大,要求人们去研究非平稳、非高斯信号,以及时变、非因果、非最小相位、非线性系统,这些已成为现代信号处理研究热点的一个方面,如用时频分布和小波变换研究非平稳信号、用高阶统计量分析非高斯信号等。另一方面, MATLAB 的信号处理工具箱也随着信号处理理论与方法的发展而丰富,例如从经典的平稳信号分析工具箱扩充到非平稳的时频分析工具箱和非高斯的高阶谱分析工具箱等。也就是说, MATLAB 信号处理工具箱随着信号处理理论与方法的发展而发展,同时,又为信号处理理论与方法的实现及工程应用提供了有效的帮助。

随着信号处理技术和 MATLAB 的迅速发展,新的信号处理算法也随之诞生,新的 MATLAB 信号处理工具箱的内容也随之变换。本书是关于信号处理技术及其 MATLAB 实现与应用的专业书籍。全书共分 15 章,其内容安排如下:

第 1 章主要介绍了数字信号处理的基本概念、实现方法、特点、理论体系、应用以及局限性;

第 2 章介绍了 MATLAB 的一些基础知识及其用法,并给出了 MATLAB 中常用的信号处理函数;

第 3 章系统介绍了离散信号与系统的概念、表示方法、运算,信号的采样与重构以及相应的 MATLAB 实现;

第 4 章详细讲述了常用信号的 z 变换、Chirp z 变换、离散傅立叶变换及其快速算法、离散余弦变换的定义、性质、计算方法、MATLAB 实现及其工程应用;

第 5 章主要讲述了 IIR 系统结构、FIR 系统结构与 MATLAB 实现;

第 6 章详细讲述了滤波器的基本原理,模拟低通、高通、带通、带阻 IIR 滤波器的设计,

基于冲激响应不变法和双线性 z 变换法的 IIR 滤波器设计,数字低通、高通、带通、带阻 IIR 滤波器的设计,给出了一些设计实例和应用;

第7章详细讲述了线性相位 FIR 滤波器的特征,利用窗函数技术设计 FIR 数字低通、高通、带通、带阻滤波器,基于频率采样法的 FIR 数字滤波器设计,给出了一些设计实例和应用,最后对 IIR 和 FIR 两种滤波器进行了比较;

第8章主要讨论了平稳随机信号的统计描述、时域相关分析和频域功率谱估计的基本方法及 MATLAB 实现;

第9章重点讨论了同态滤波器原理,两类常用同态滤波器(乘法同态系统和卷积同态系统)的构成及其应用,同时还讨论了复倒谱的概念和复倒谱的性质、计算方法及其实际应用;

第10章系统地介绍了卡尔曼滤波器的概念以及算法实现流程,重点讨论了常用的几种卡尔曼滤波算法以及应用,并进行了比较;

第11章主要讨论了自适应滤波器的概念以及算法实现流程,并对一些典型的自适应滤波器应用实例进行了介绍;

第12章主要研究短时傅立叶变换,维格纳分布及其性质,然后,对二次时频分布的统一理论框架进行讨论,最后,给出几个应用时频表示分析信号的例子;

第13章在给出高阶矩、高阶累积量及其谱的定义基础上,着重讨论了高阶累积量及其谱在非高斯信号分析与处理中的应用;

第14章主要介绍多速率信号处理的基本概念,多速率信号处理的实现及其应用;

第15章重点给出了十四个基于 MATLAB 的信号处理实验。

总体来说,本书的特点如下:

(1)理论与实际紧密结合——力求用通俗易懂的语言、简洁的数学推理来阐明数字信号处理的基本概念和基本思想,同时注重了理论的严密性和方法的实用性,力求有助于教学和自学,使读者易于领会和掌握问题的实质,并能较快地用以解决实际问题。

(2)内容全面,结构合理——首先阐述了信号与系统的基础理论、系统结构和滤波器的设计,然后讨论了平稳信号、非平稳信号和高斯信号的分析,最后给出了信号处理的部分实验。

(3)适用面广——可作为高等院校理工科研究生和高年级本科生“数字信号处理”课程实验教材及教学参考书,也可作为工程硕士或同等学力申请硕士学位的有关人员的教学或自学参考书,亦可供有关信号处理领域工程技术人员作参考。

本书是在多年使用的讲义的基础上反复修改而成。其中,采纳了同行优秀教材或参考书中一些经典的例子以及选课研究生很多好的建议,另外在编写过程中,魏星博士、许可博士、李敏博士等参与了本书的材料整理和实验验证工作,并为编者提供了大量的帮助,在此一并表示感谢!

由于信号处理理论不断发展, MATLAB 所涉及的知识面极为宽广,书中错误之处在所难免,敬请各方面专家和广大读者批评指正。

编者

2008年2月

目 录

第一章 概 述

1.1 数字信号处理的基本概念	(1)
1.2 数字信号处理的实现方法	(1)
1.3 数字信号处理的特点	(2)
1.4 数字信号处理的理论体系	(3)
1.5 数字信号处理的应用	(4)
1.6 数字信号处理的局限性	(4)

第二章 MATLAB 基础

2.1 MATLAB 的基本功能	(5)
2.2 MATLAB 的安装与基本设置	(6)
2.3 MATLAB 的基本操作	(8)
2.4 MATLAB 的基本运算	(11)
2.5 MATLAB 的绘图功能	(13)
2.6 MATLAB 的函数设计	(18)
2.6.1 MATLAB 的允许文件类型	(18)
2.6.2 MATLAB 的输入/输出语句	(19)
2.6.3 MATLAB 的控制语句	(20)
2.6.4 MATLAB 的函数建立	(21)
2.6.5 MATLAB 的帮助	(23)
2.7 MATLAB 中常用的信号处理函数	(23)

第三章 离散信号与系统

3.1 几个概念	(29)
3.2 离散信号的表示与运算	(31)
3.2.1 信号的表示	(31)
3.2.2 信号的运算	(36)
3.2.3 离散系统的表示与实现	(38)
3.3 信号的采样与重构	(40)
3.3.1 A/D 转换	(40)

3.3.2	D/A 转换	(42)
3.3.3	采样定理	(42)
3.3.4	采样恢复	(46)
第四章 离散傅立叶变换与 z 变换		
4.1	几种形式的傅立叶变换对	(48)
4.1.1	时间连续、频率连续的傅立叶变换	(48)
4.1.2	时间连续、频率离散的傅立叶变换——傅立叶级数	(49)
4.1.3	时间离散、频率连续的傅立叶变换——离散时间傅立叶变换(DTFT)	(49)
4.1.4	DTFT 的性质	(53)
4.2	z 变换与 z 域的系统描述	(53)
4.2.1	z 变换及其收敛域	(54)
4.2.2	z 变换的基本定理与性质	(56)
4.2.3	z 反变换	(58)
4.2.4	z 域的系统描述	(59)
4.3	离散傅立叶变换	(63)
4.3.1	离散傅立叶变换定义	(63)
4.3.2	离散傅立叶变换性质	(69)
4.4	离散傅立叶变换的应用	(73)
4.4.1	用 DFT 计算线性卷积	(73)
4.4.2	用 DFT 进行谱分析	(77)
4.5	快速傅立叶变换	(88)
4.6	快速傅立叶变换应用实例	(90)
4.7	离散余弦变换(DCT)	(92)
4.8	线性调频 z 变换(CZT)	(94)
第五章 数字滤波器结构		
5.1	IIR 滤波器结构	(98)
5.1.1	直接型	(99)
5.1.2	级联型	(100)
5.1.3	并联型	(105)
5.2	FIR 滤波器结构	(108)
5.2.1	直接型	(109)

5.2.2 级联型	(109)
5.2.3 频率采样型	(110)
第六章 IIR 滤波器设计	
6.1 滤波器的基本概念	(115)
6.2 典型 IIR 数字滤波器的设计	(117)
6.2.1 模拟原型滤波器设计	(117)
6.2.2 频率变换	(123)
6.2.3 滤波器离散化	(128)
6.3 IIR 滤波器阶数的选择	(136)
6.3.1 Butterworth 滤波器阶数选择	(138)
6.3.2 Chebyshev I 型滤波器阶数选择	(139)
6.3.3 Chebyshev II 型滤波器阶数选择	(139)
6.3.4 椭圆滤波器阶数选择	(140)
6.4 完全滤波器设计	(141)
6.4.1 Butterworth 滤波器设计	(141)
6.4.2 Chebyshev I 型滤波器设计	(144)
6.5 IIR 滤波器的应用举例	(144)
第七章 FIR 滤波器设计	
7.1 线性相位 FIR 滤波器的特征	(147)
7.2 利用窗函数技术设计	(157)
7.2.1 常用的窗函数 MATLAB 实现及特性	(157)
7.2.2 数字低通滤波器的窗函数设计	(161)
7.2.3 数字高通滤波器的窗函数设计	(164)
7.2.4 数字带通滤波器的窗函数设计	(167)
7.2.5 数字带阻滤波器的窗函数设计	(171)
7.3 利用频率采样技术设计	(173)
7.4 FIR 滤波器的应用实例	(188)
7.5 IIR 滤波器和 FIR 滤波器的比较	(194)
第八章 平稳随机信号分析基础	
8.1 平稳随机信号的统计描述	(196)
8.1.1 离散随机过程	(196)
8.1.2 平稳随机信号的数字特征	(197)

8.2	相关函数的估计与应用	(207)
8.2.1	相关函数的估计	(207)
8.2.2	相关函数的应用	(209)
8.3	功率谱估计与应用	(212)
8.3.1	直接法	(213)
8.3.2	改进的周期图法	(215)
8.3.3	多窗口法	(221)
8.3.4	最大熵法	(223)
8.3.5	特征向量法	(225)
8.3.6	方法比较	(228)

第九章 同态信号处理

9.1	广义叠加原理	(231)
9.2	乘法同态系统	(232)
9.3	卷积同态系统	(234)
9.4	复倒谱的定义	(235)
9.5	复倒谱的性质	(236)
9.6	复倒谱的计算方法	(237)
9.6.1	按定义计算	(238)
9.6.2	最小相位序列的复倒谱	(241)
9.6.3	复对数求导数算法	(242)
9.6.4	递推算法	(244)
9.7	同态系统的应用	(245)
9.7.1	乘法同态系统的应用	(245)
9.7.2	卷积同态系统的应用	(249)

第十章 卡尔曼滤波技术及其应用

10.1	系统基本运动模型	(256)
10.2	卡尔曼滤波器基本原理	(257)
10.3	常用的几种算法	(260)
10.3.1	交互多模(IMM)算法	(260)
10.3.2	变维滤波(VD)算法	(270)
10.3.3	输入估计(IE)算法	(281)
10.3.4	最小二乘方法	(289)

10.3.5 算法比较	(296)
第十一章 自适应滤波	
11.1 自适应滤波原理	(297)
11.1.1 最小均方误差(LMS)自适应算法	(298)
11.1.2 递归最小二乘法(RLS)自适应算法	(302)
11.2 自适应滤波器应用	(306)
11.2.1 自适应干扰抵消	(306)
11.2.2 自适应预测	(308)
11.2.3 自适应建模	(312)
11.2.4 自适应信号分离器	(312)
第十二章 非平稳信号分析基础	
12.1 短时傅立叶变换	(318)
12.1.1 时域表示	(318)
12.1.2 频域表示	(319)
12.1.3 不确定原理	(320)
12.2 能量分布	(328)
12.2.1 连续时间 WD 分布	(329)
12.2.2 离散时间 WD 分布	(333)
第十三章 非高斯信号分析与处理	
13.1 高阶累积量的定义与性质	(348)
13.2 双谱的定义与性质	(351)
13.3 双谱估计	(352)
13.3.1 非参数化双谱估计	(353)
13.3.2 参数化双谱估计	(364)
13.4 高阶谱分析的应用	(389)
13.4.1 利用双谱进行时延估计	(389)
13.4.2 噪声中信号检测	(393)
第十四章 多速率数字信号处理	
14.1 信号整数倍抽取	(398)
14.2 信号整数倍插值	(402)
14.3 信号有理数倍速率转换	(405)

第十五章 实 验

实验一 信号的表示·····	(410)
实验二 信号的运算——卷积·····	(412)
实验三 离散时间傅立叶变换·····	(414)
实验四 模拟滤波器的设计·····	(417)
实验五 IIR 滤波器的设计 ·····	(419)
实验六 FIR 滤波器的设计 ·····	(422)
实验七 功率谱估计·····	(424)
实验八 同态信号处理·····	(431)
实验九 自适应信号处理·····	(434)
实验十 多速率数字信号处理·····	(437)
实验十一 短时傅立叶变换与维格纳分布·····	(439)
实验十二 随机信号的高阶谱分析·····	(443)
实验十三 Kalman 滤波在机动目标跟踪中的应用 ·····	(444)
实验十四 交互多模(IMM)算法在目标跟踪中的应用 ·····	(472)
参考文献 ·····	(484)

第一章 概 述

1.1 数字信号处理的基本概念

数字信号处理 (Digital Signal Processing, 缩写: DSP) 是从 20 世纪 60 年代以来, 随着信息学科和计算机学科的高速发展而迅速发展起来的一门新兴学科。它是把信号变换成数字或符号表示的序列, 然后通过计算机或专用数字信号处理设备, 用数值计算的方式处理这些序列。它可以对信号进行滤波、变换、估计、识别、谱分析等等。处理的目的是估计信号的特征参数, 也可以是把信号变换成更符合人们要求的形式。

时域离散线性时不变系统理论和离散傅立叶变换是数字信号处理的理论基础, 数字滤波和数字谱分析是数字信号处理的核心。数字滤波从系统上可分为无限长单位取样响应 (IIR) 数字滤波器和有限长单位取样响应 (FIR) 数字滤波器两大类; 在内容上, 包括它们的数字逼近问题、综合问题和硬件或计算机软件宏观实现问题。频谱分析是研究信号特征、信号处理的重要内容。高效的快速离散傅立叶变换算法 (FFT) 的出现, 对促进数字信号处理的发展起着决定性的作用, 不仅在实际谱分析技术中用到它, 还可用于实现 FIR 数字滤波器。

数字信号处理系统是一种根据某个算法将数字信号映射到数字信号的任意电子系统。数字信号处理的核心是用数学术语来描述信号处理算法, 而硬件和软件是信号处理算法实现的支撑环境, 算法、硬件和软件这三者的结合就构成了数字信号处理系统。

1.2 数字信号处理的实现方法

数字信号处理的主要对象是数字信号, 且是采用运算的方法达到处理目的的, 因此, 其实现方法不同于模拟信号的实现方法, 基本上可以分成两种实现方法, 即软件实现方法和硬件实现方法。软件实现方法指的是按照原理和算法, 自己编写程序或者采用现成的程序在通用计算机上实现; 硬件实现指的是按照具体的要求和算法, 设计硬件结构图, 用乘法器、加法器、延时器、控制器、存储器以及输入输出接口部件实现的一种方法。显然前者灵活, 只要改变程序中的参数就可以达到设计目的, 但是运算速度慢, 一般达不到实时处理, 因此, 这种方法适合于科研和教学。后者运算速度快, 可以达到实时处理要求, 但是不灵活。

用单片机实现的方法可以称为软硬结合, 现在单片机发展很快, 功能也很强, 配以数字信号处理软件, 既灵活, 速度又比软件方法快, 这种方法适用于数字控制等。采用专用的数字信号处理芯片 (DSP 芯片) 是目前发展最快、应用最广的一种方法。因为 DSP 芯片较之单片机有更为突出的优点, 它结合了数字信号处理的特点, 内部配有乘法器和累加器, 结构上采用了流水线工作方式以及并行结构、多总线, 且配有适合数字信号处理的指令, 是一类可实现高速运算的微处理器。目前 DSP 芯片已进入市场, 且正在高速发展, 其速度快, 体积小, 性能优良, 价格也在不断下降。可以说, 用 DSP 芯片实现数字信号处理, 正在变成或已经变成工程技术领域中的主要方法。

综上所述, 如果从数字信号处理的实际应用情况和发展考虑, 数字信号处理的实现方法分成两类, 一类是软件实现, 一类是硬件实现。而硬件实现指的是选用合适的 DSP 芯片, 配有适合芯片语言及任务要求的软件, 实现某种信号处理功能的一种方法。这种系统无疑是一种最佳的数字信号处理系统。

1.3 数字信号处理的特点

由于数字信号处理的直接对象是数字信号, 处理的方式是数值运算的方式, 使它相对模拟信号处理具有许多优点, 归纳起来有以下几点。

(1) 可重编程能力

数字域——DSP 可以非常快地完成编程和再编程过程, 同样的硬件可以完成不同的任务, 系统调试方便, 开发周期短, DSP 的灵活性使得产品升级换代变得非常容易。

模拟域——模拟系统是为某一具体应用设计的, 因此, 不具备灵活性。为了完成“再编程”的过程, 必须重新配置整个系统。

(2) 稳定性

数字域——DSP 对系统工作的环境和器件的容差不敏感, 温度的漂移、器件的容差和使用时间对 DSP 系统不会造成影响, 只要在规定的工作范围内和器件的寿命期内, 不同的环境温度和经过长时期的运行, DSP 系统的性能仍然保持不变。

模拟域——温度对模拟器件的影响非常大, 模拟器件 (如电阻、电容等) 的工作性能随温度的不同而发生变化; 同时, 随着时间的推移, 器件会不断老化, 其性能指标也会逐步下降。

(3) 可预测性、可重复性

数字域——可重复性是数字器件的内在本质。因此, 可以很容易地对 DSP 系统进行模拟, 这样可以大大缩短开发时间, 而且, 一般来讲, 只要设计符合指标的要求, 所有的产品都将具有同样的性能。

模拟域——由于模拟器件所给出的性能指标都有一个容许的范围, 不同的器件其性能是有所差别的, 因此, 由同一设计做出的不同单元, 最终将会给出不同的性能指标。

(4) 精度

数字域——通过控制字长、定点或浮点格式等, 系统的精度需求可以得到很好的控制。

模拟域——由于噪声是所有器件所固有的，模拟系统的信噪比非常有限。同时，由于模拟器件的差异性，模拟信号处理系统的精度控制很难处理。

(5) 数据存储和传输

数字域——非常容易存储，且不会造成系统退化或使系统失去灵活性。

模拟域——在模拟域存储数据是非常困难的，且往往以失去系统的灵活性为代价。

(6) 其他 DSP 所具有的特点

- 处理过程/算法的复杂性——DSP 系统允许实现非常复杂的算法和处理过程，如自适应滤波等；

- 检错/纠错——DSP 系统很容易实现数据传输的检错和纠错；

- 特殊功能——DSP 系统可以实现那些在模拟域显得非常昂贵或不现实的特殊函数，如非线性函数、线性相位滤波、二维滤波、电视系统中的画中画、多画面、各种视频特技等等，同样地，只有 DSP 才能实现无失真的数据压缩；

- 费用——随着 VLSI 技术的不断发展，DSP 系统的集成度在不断提高。因此，在一般的应用场合，采用 DSP 系统会更便宜些。

正是由于以上的优点，数字信号处理的理论和技术一出现就受到人们的极大关注，通过几十年的发展，这门学科已基本形成了自己一套完整的理论体系，其中包括各种快速的和优良的算法。而且随着各种电子技术及计算机技术的飞速发展，数字信号处理的理论和技术还在不断丰富和完善，新的理论和技术层出不穷。可以说，数字信号处理是应用最快、成效最显著的新学科之一，目前已广泛地应用在语音、雷达、声呐、地震、图像、通信、控制、生物医学、遥感遥测、地质勘探、航空航天、故障检测、自动化仪表等领域。可以说，数字信号处理的理论和技术是目前高新理论和技术的强有力的基础。

1.4 数字信号处理的理论体系

- 信号的采集（A/D 技术、抽样定理、多抽样率、量化噪声分析等）；
- 离散信号的分析（时域及频域分析、各种变换技术、信号特征的描述等）；
- 离散系统分析（系统的描述、系统的转移函数及频率特性等）；
- 信号处理中的快速算法（快速傅立叶变换、快速卷积与相关等）；
- 信号的估值（各种估值理论、相关函数与功率谱估计等）；
- 滤波技术（各种数字滤波器的设计与实现）；
- 信号的建模（最常用的有 AR, MA, ARMA, PRONY 等各种模型）；
- 信号处理中的特殊算法（如抽取、插值、奇异值分解、反卷积等）；
- 信号处理技术的实现（软件实现与硬件实现）；
- 信号处理技术的应用。

1.5 数字信号处理的应用

数字信号处理的应用可以归纳为以下几个方面：

- 空间科学——包括空间图像增强、数据压缩、空间探索等；
- 医学——包括诊断图像处理（CT、MRI、超声等等）、心电图分析、医学图像存储和检索等；
- 商业应用——包括多媒体中的图像和声音压缩、电影特技、视频会议等；
- 电信行业——该行业是 DSP 最大的应用领域，其应用包括：数字蜂窝系统（如 GSM、CDMA 等）、语音合成、语音加密和解密、纠错编码、MODEM、信道均衡与估计、回波对消、语音识别等等；
- 军事应用——包括雷达、声呐、电子侦察、保密通信等；
- 工业应用——包括石油和地矿勘探、过程监视和控制、非破坏性检验等；
- 科学研究——包括地震记录和分析、数据捕获、谱分析、模拟和建模等。

1.6 数字信号处理的局限性

- 信号的处理带宽受到采样速率的限制；
- 由于受到量化字长的限制，输入信号的动态范围是有限的；
- 量化噪声的存在，使得信号处理的精度和输入信号的信噪比是有限的；
- 计算过程中有限字长的影响，使得 DSP 运算存在量化误差（如舍入误差）。

第二章 MATLAB 基础

2.1 MATLAB 的基本功能

在具体实现某个 DSP 算法前，一般首先需对其进行模拟，以判断其正确性、复杂性和可靠性。以前 DSP 算法模拟一般用 C 语言或 FORTRAN 语言等来模拟实现，但模拟过程相对来说比较烦琐，调试不方便。现在，这种模拟可以用 MATLAB 语言快速方便地实现。

MATLAB 是 matrix 和 laboratory 前三个字母的缩写，意思是“矩阵实验室”，是 Math-Works 公司推出的数学类科技应用软件。其 DOS 版本发行于 1984 年，现已推出了 Windows 版本。经过十多年的不断发展与完善，MATLAB 已发展成为有 MATLAB 语言、MATLAB 工作环境、MATLAB 图形处理系统、MATLAB 数学函数库和 MATLAB 应用程序接口五大部分组成的集数值计算、图形处理、程序开发为一体的功能强大的系统。MATLAB 有“主包”和三十多个扩展功能和应用学科的工具箱（Toolboxes）组成。

MATLAB 具有以下基本功能：

1. 数值计算功能；
2. 符号计算功能；
3. 图形处理及可视化功能；
4. 可视化建模及动态仿真功能。

MATLAB 语言是以矩阵计算为基础的程序设计语言，语法规则简单易学，用户不用花太多时间即可掌握其编程技巧。其指令格式与教科书中的数学表达式非常相近，用 MATLAB 编写程序犹如在便笺上列写公式和求解，因而被称为“便笺式”的编程语言。另外，MATLAB 还具有功能丰富和完备的数学函数及工具箱，可以实现 C 语言、FORTRAN 语言的许多功能，大量繁杂的数学运算和分析可通过调用 MATLAB 函数求解，大大提高了编程效率，其程序编译和执行速度远远超过了传统的 C 语言和 FORTRAN 语言，因而用 MATLAB 编写程序，往往可以达到事半功倍的效果，同时，MATLAB 还提供了与 C 语言、FORTRAN 语言等的接口，使其功能更趋强大。对于实现 DSP 功能来说，MATLAB 与 C 语言的关系相当于 C 语言与汇编语言的关系。在图形处理方面，MATLAB 可以给数据以二维、三维乃至四维的直观表现，并在图形色彩、视角、品性等方面具有较强的渲染和控制能力，使科技人员对大量原始数据的分析变得轻松和得心应手。

MATLAB 目前可以在 PC 及兼容机、Macintosh、Sun 工作站、VAX 机、HP 工作站等各种类型的机器上使用，且其工作与机器类型无关，即在某种机型下编写的 MATLAB 软件可

以方便地拷贝到其他型号的机器下正常运行。

MATLAB 语言也有其不足之处,如数值计算只能按固定精度进行,对底层硬件的控制十分困难,运算效率不如 C 语言等。但由于它主要用于数值计算,故这些缺陷不影响其强大功能的实现。

在实现某种 DSP 功能之前,一般可以先充分利用 MATLAB 的编程简单、调试方便的优点来求取各种必需的系统参数,并利用所求得系统参数模拟实现 DSP 过程,以检验设计思想是否正确,可靠性如何,并对原方案进行修正。然后再用 C 语言按得到的设计方案进行 DSP 编程,同时实现处理数据流的输入/输出、定点/浮点的精度控制等各种工作。最后,再对 C 程序进行汇编,在 DSP 芯片上实现功能。

2.2 MATLAB 的安装与基本设置

1. 硬件要求

MATLAB 可以在绝大多数机型上安装。由于 PC - Windows 版的 MATLAB 依赖于 Windows 的系统环境,所以只需满足 Windows 安装的系统配置和其他设备,即可支持 MATLAB。MATLAB 5.0 所需的最小硬盘空间(包括 DSP 工具包和必要的帮助文件)大小约为 122M 左右。

2. 安装

MATLAB 的安装比较简单,只需将安装盘插入外设,执行 Setup.exe 文件即可。在安装过程中,注意应按安装程序给出的提示选择正确的选项。在选择工具包选项(ToolBox)时,可只选择所需的工具包,以减少整个程序对存储空间的需求。安装结束前,需要重新启动系统才能完成 MATLAB 程序的完整安装过程。

3. 第一次运行

第一次运行 MATLAB,可键入 demo 并回车,或选取 help Examples and Demos,以观看 MATLAB 的演示程序。这个演示程序中包含了 MATLAB 的各种基本操作与基本函数的使用范例及操作过程,可以帮助初学者理解并掌握某操作或函数的使用方法。

另外,第一次运行也可以键入 tour 并回车,会得到一个对 MATLAB 语言的发展、应用情况较为详细的演示说明。

4. 界面设置

MATLAB 程序的主界面上,只有四个菜单选项和很简单的几个工具控制钮。四个菜单分别为:File、Edit、Window、Help。其中的 Edit、Window 菜单比较简单,Help 菜单在后面将有详细的说明。

File 菜单中,与基本应用有直接关系的选项主要有: