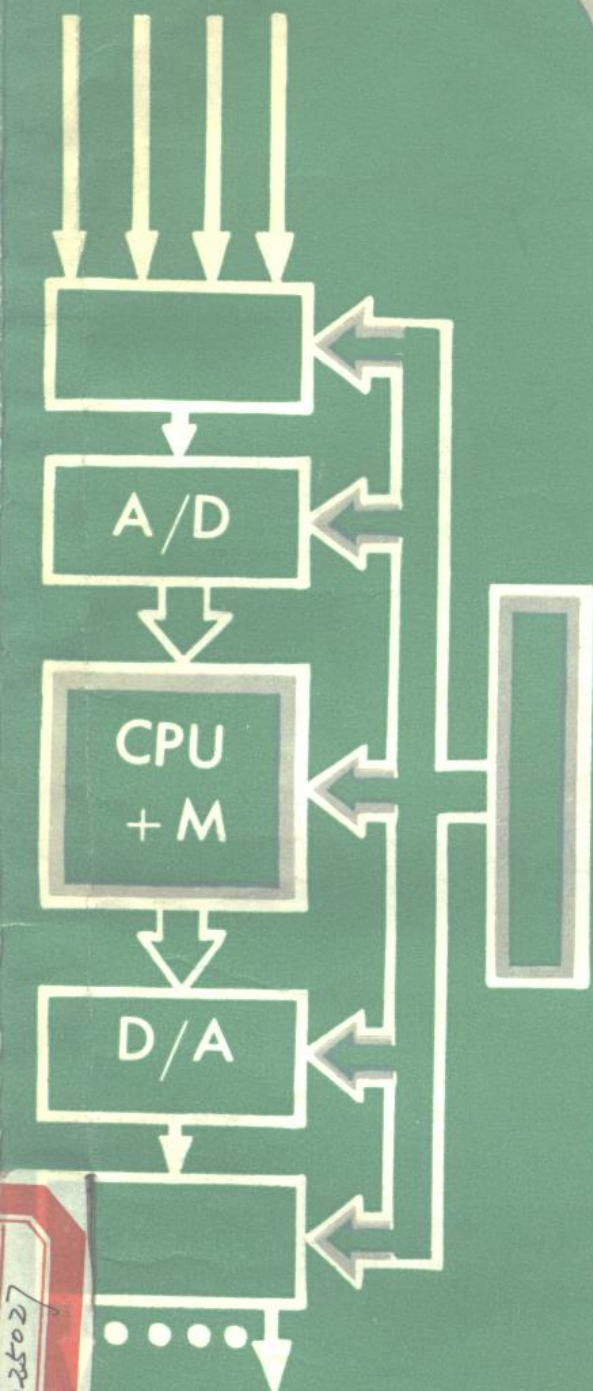


韩汝水 隋启水 编著

信号微处理机 及其应用

国防工业出版社



025027

68.1

S/1

信号微处理机及其应用

韩汝水 隋启水 编著

国防工业出版社

内 容 简 介

将获得广泛应用的信号微处理机涉及到一些新概念、新技术和新的工程方法。本书比较系统地介绍了信号处理的方法和原理,信号微处理机的工程设计方法,以及各种应用实例等。本书有助于应用新的方法和手段设计所需要的信号处理系统。本书可供从事微电子技术、计算机技术、电子工程、通信、仪器仪表、自动控制等工作的科技人员参考,也可作为大专院校有关专业师生的教学参考书。

信号微处理机及其应用

韩汝水 隋启水 编著

国防工业出版社

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092 $1/16$ 印张 $13\frac{1}{2}$ 310千字

1986年4月第一版 1986年4月第一次印刷 印数: 0,001—5,450册

统一书号: 15034·2949 定价: 2.80元

前 言

信号微处理机是一种可编程的单片模拟和数字信号处理机。它具有能实现模拟输入、数字处理和模拟输出的功能。信号微处理机的出现为微电子技术和信号处理技术的发展开辟了新的领域。信号微处理机作为一种通用机，其应用颇为广泛。它可以作为一种可编程的单片模拟系统独立存在，也可以把几个信号微处理机组合起来构成一个复杂的实时信号处理系统。应用信号微处理机完全是一种新的工程方法，它是利用微型计算机开发系统和信号微处理机的软件包来设计、调试、仿真、开发信号微处理机产品的。

本书的中心内容是：数字信号处理技术；信号微处理机的硬件结构和指令系统；信号微处理机的工程设计方法和工具；信号微处理机的各种典型应用实例。重点在于介绍信号微处理机的工程方法和应用实例。对于每一个实例，从设计原理、方法和功能框图到具体程序和仿真结果（包括仿真数据和仿真曲线）都作了较详细的介绍。我们力图使读者在学完本书之后，能够借助新的设计方法、手段和工具，应用信号微处理机实现各种模拟系统。为此，本书对应用信号微处理机进行设计的必不可少的工具——微型计算机开发系统和软件包作了较详细介绍。

本书总结了我们在信号微处理机方面所作的研究工作。在编写中，还参考了有关文献。本书的编写，得到了陈芳允教授的热情帮助，在此，谨致衷心的感谢。

对于书中因作者水平有限而存在的缺点和错误，敬请读者批评指正。

目 录

第一章 绪论	1
第二章 信号处理系统	5
2.1 信号处理系统类型	5
2.2 取样信号分析	6
2.3 取样数据系统	10
第三章 信号微处理机结构	12
3.1 信号微处理机的功能特性	13
3.2 工作模式	14
3.3 信号微处理机的组成	17
第四章 信号微处理机的指令系统	24
4.1 模拟和数字操作的并行处理	24
4.2 模拟指令	24
4.3 数字指令	25
4.4 基本的程序流程	27
4.5 基本运算的实现	27
4.6 连续近似实现 A/D 转换	28
4.7 乘法的实现	29
4.8 常数的产生	33
第五章 信号微处理机开发系统	35
5.1 信号微处理机产品开发的工程方法	35
5.2 微型计算机开发系统	36
第六章 信号微处理机的软件包	51
6.1 2920信号微处理机的软件包	51
6.2 2920信号微处理机汇编程序	52
6.3 2920信号微处理机仿真程序	54
6.4 2920信号微处理机绘图程序	75
6.5 信号微处理机应用编译程序	82
第七章 信号微处理机应用概述	84
7.1 系统带宽	85
7.2 信号微处理机的应用范围	85
7.3 传递函数的实现	86
7.4 自动电平控制系统	86
7.5 双音调调频接收机	87
7.6 频移键控全双工调制解调器	87
第八章 基本模拟系统功能的实现	91
8.1 全波整流器	91
8.2 滤波器	94

8.3 振荡器.....	101
8.4 混频器.....	111
8.5 分段线性对数放大器.....	117
第九章 数字滤波器设计	120
9.1 数字滤波器简述.....	120
9.2 数字滤波器设计考虑.....	121
9.3 用信号微处理机实现数字滤波器.....	130
第十章 扫描频谱分析仪的实现	140
10.1 频谱分析仪的参量特性	140
10.2 频谱分析仪的结构	140
10.3 取样数据系统考虑	142
10.4 频谱分析仪各子系统的实现	143
第十一章 取样数据系统的实现	160
11.1 取样数据系统	160
11.2 取样数据系统在信号微处理机中的实现	165
第十二章 快速傅里叶变换及其用微处理机的实现	177
12.1 快速傅里叶变换的原理	177
12.2 运算程序	184
12.3 FFT 系统的实现	204
12.4 FFT 程序的编写(软件)	207
参考文献	208

第一章 绪 论

信号微处理机 (signal processor) 又称为模拟微处理机 (analog μ P), 它涉及到一些新概念、新技术和新的工程设计方法。信号微处理机的出现不是偶然的, 它是数字和模拟两大领域技术发展的结晶, 是现代大规模集成电路技术发展的产物。

在第二次世界大战期间, 电子学工程师就开始思索如何把数字方法应用到各个信号处理领域。那时, 工程师们已经了解到数字信号处理比模拟信号处理有着特殊的优越性。比如说: 在模拟电路中, 产品的匹配、调谐等都很麻烦, 其花费也很大, 而数字电路就没有这些问题。然而, 在四十年代, 当数字信号处理概念被人们冥思苦想时, 曾有很多因素 (诸如价格、大小、速度和可靠性等方面的问题), 使得人们一度认为: 用模拟方法比用数字方法进行信号处理似乎更为有利。后来, 随着数字计算机技术的发展, 利用数字计算机进行模拟信号处理的仿真技术引起了人们的注意。数字计算机的灵活性, 使得有可能在用模拟硬件实现一个信号处理系统以前, 在数字计算机上对这个信号处理系统进行仿真。这样一来, 对于一个新的信号处理方法或一个新的信号处理系统, 在评价其经济性和实施其工程方法之前, 便可以在一个灵活的实验环境中进行研究。需要指出, 这种计算机仿真不是在实时中, 而是在数字时间中实现的。几秒的数字处理时间可能要用数小时的计算机仿真时间。在数字计算机仿真信号处理技术发展的同时, 集成电路技术也迅速发展起来了。七十年代的后半期, 大规模集成电路的复杂性和速度发展到这样的程度, 以至于可以借助于它实现实时数字信号处理。1979年年底, 第一个实时数字大规模集成电路信号处理机问世。这种信号处理机也就是信号微处理机, 或称作模拟微处理机。

信号微处理机的出现是数字和模拟两大领域技术发展的结晶。

数字信号处理技术的发展速度是惊人的。在数字领域中, 四十年代只是数字处理的推测时期, 五十年代采用电子管数字计算机, 六十年代采用集成电路, 七十年代采用大规模集成电路微处理机, 八十年代采用大规模集

成电路多处理机; 在模拟领域中, 四十年代采用真空管, 五十年代采用晶体管, 六十年代采用集成运算放大器, 七十年代采用电荷耦合器件 (CCD), 八十年代采用大规模集成电路。在七十年代末期, 数字领域和模拟领域相结合, 产生了实时大规模集成电路数字信号处理技术。图 1.1 示出了数字信号处理技术的发展过程。

信号微处理机的出现是大规模集成电路技术发展的产物 (见图 1.2)。

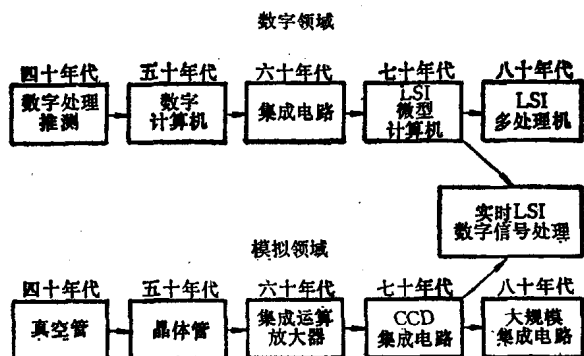


图 1.1 数字信号处理技术的发展过程

1969年在一块半导体芯片上做成了第一个随机存取存储器 (RAM)。1971年,世界上第一个微处理机 (MP) 问世了,它是把一个完整的中央处理单元做在一块半导体芯片上而实现的;一年以后,世界上第一个可擦可编程只读存储器 (EPROM) 问世。1977年,人们把模拟和数字电路放在同一块半导体芯片上,这就是用在脉冲调制中的编码译码器 (CODEC-enCoder DECoder)。1979年底,通过把上面四种大规模集成电路集成在一块半导体芯片上,做成了世界上第一个实时高性能大规模集成电路数字信号微处理机。这也可以说是一种可编程的模拟系统。

信号微处理机一般包括下列一些部分:

A/D, D/A 转换器;
高速微处理机;
随机存取存储器;
可擦可编程只读存储器;
输入和输出模拟多路转换开关;
取样-保持电路等。

信号微处理机的功能框图示于图

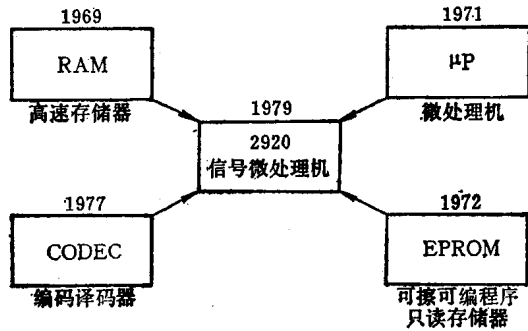


图1.2 信号微处理机沿革

1.3。

数字信号处理为信号处理技术开创了新的局面。应用信号微处理机来设计一个产品 (例如一个模拟系统) 是一种全新的模拟设计概念。表 1-1 对应用信号微处理机产品进行设计与一般模拟电路设计做了比较。

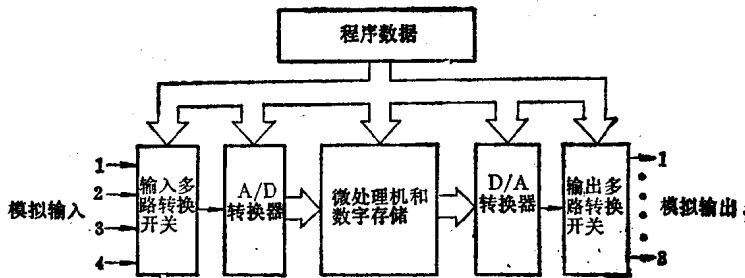


图1.3 信号微处理机的功能框图

表1-1 信号微处理机与模拟电路的比较

特征 \ 类别	信 号 微 处 理 机	模 拟 电 路
精 度	具有数字处理机的精度	用精密元件匹配调谐
灵活性	灵活性大(用编程办法)	灵活性小 (对每一种应用都要进行个别设计)
复杂性	简单 (单片)	复杂 (具有很多分离元件)
设计方法	在开发系统上通过软件进行仿真以便优化设计	用电路板

到目前为止,大部分信号处理系统都是用分离的模拟元件来实现的。当然,若能一块信号微处理机芯片替代很多模拟元件的话,这是再好不过的。这类似于用微型计算机替代很多小规模集成电路数字元件。使用信号微处理机能节省电路板空间,具有数字处理机精度。信号微处理机可以用微型计算机开发系统(MDS——Microcomputer Development System)和软件包(Software Package)来进行辅助设计。

信号微处理机产品开发的步骤大体上可分为以下四步:第一步,设计出目标系统的功能框图;第二步,进行软件开发和汇编,即按每个功能框图编制信号微处理机的汇编语言程序,然后进行汇编。第三步是系统仿真,即用信号微处理机的仿真软件对所设计的系统进行仿真:输入仿真信号,观察输出,判断设计是否正确,如果该系统工作不理想,则可用仿真器发现问题之所在,并加以修改,直到取得满意的系统仿真结果为止;第四步,把调好的汇编语言程序写入信号微处理机的EPROM,然后,把该信号微处理机放到实际的硬件环境中进行测试。

信号微处理机产品的设计是在微型计算机开发系统上进行的,所用的软件包主要有:编辑程序;汇编程序;仿真程序和绘图程序等。

信号微处理机具有下述一些信号处理功能:

(1) 滤波功能。可以实现复杂极点-零点(pole and zero)滤波器、任意数字滤波器,以及多并行式(multiple parallel)级联滤波器。所实现的数字滤波器具有高精度和高稳定度的特点。

(2) 波形产生功能。可产生任意波形,如正弦波、方波、三角波等。具有高分辨率的频率范围、振幅精度为9位,可进行外信号(模拟或数字输入)控制等特点。

(3) 调制/解调功能。可实现振幅、频率和相位调制,如调频(FM)、频移键控(FSK——Frequency Shift Keying),具有模拟或数字输入和输出的特点。

(4) 非线性功能。可做成全波整流器、限幅器、比较器。可实现 $\sum_N A_N X^N$ 、 E^X 、乘法/除法等功能。

由于信号微处理机具有上述一些特有的功能,所以它的应用面很广。信号处理中的滤波、调制、解调、检波、限幅、混频、放大、非线性化等功能都可以用信号微处理机来实现。在一块芯片上既可实现单个功能,又可实现多个功能,甚至实现一个复杂的完整模拟系统。信号微处理机的应用归纳起来主要有以下一些方面:

(1) 通信。例如,用来作成双音调调频接收机(DTMF/MF receiver)、调制解调器(MODEM)、音调/步调信号产生器(tone/cadence generator)、频移键控/相移键控调制/解调(FSK/PSK MOD/DEMODO)、自适应均衡器(adaptive equalizer)等。

(2) 过程控制。例如用于传感器的线性化、遥控中的反馈控制、遥控中的数据 and 信号限定等。

(3) 信号处理。例如,用来作成相关器(correlator)、自适应滤波器(adaptive filter),用于地震处理、声纳处理等。

(4) 制导和控制。例如用于火箭制导、鱼雷制导、电机控制等。

(5) 声音处理。例如用来作成音码器(vocoder),实现声音分析、音调抽出、声音

合成和声音识别等。

(6) 测试和仪器。例如用来做成锁相环、锁频环、扫描频谱分析仪 (scanning spectrum) 和数字滤波器等。

第一代信号微处理机 (模拟微处理机) 主要有两个型号: Intel (集成电子学公司) 的 2920 和 AMI (美国微系统公司) 的 S2811。Intel 公司设计的 2920 信号微处理机是用单块芯片完全代替已有的模拟系统。而 AMI 公司是使 S2811 作为一个标准数字微处理机系统的外部设备, 组成主从处理系统, 模拟微处理机周期性地与主数字微处理机进行通信, 从而可以处理 10kHz 的模拟信号。在比较先进的系统中, 例如在声音识别系统中, 主数字微处理机系统中可以把信号送到 2811FFT (Fast Fourier Transform——快速傅里叶变换装置), 以便快速分析模拟信号, 而 2811 模拟微处理机可以把它分析的结果送回到主数字微处理机系统。如果把数字和模拟微处理机组合起来, 并把一个未知声音信号与整个音素 (基本的讲话声音) 进行比较, 便可以识别出未知声音。

第一代信号微处理机 (模拟微处理机) 的设计者对模拟微处理机在数字通信中的应用特别感兴趣, 从而导致第一代信号微处理机特别适合应用于音频电话频带 (300~3400 Hz), 所适合的频带范围为 100Hz 到 10kHz。

下一代信号微处理机将扩大现在的应用频率范围及其应用领域。

信号微处理机 (模拟微处理机) 的出现, 在国外十分重视, 人们力图在不同的领域中应用它, 以便降低产品的价格、提高产品的性能, 从而得到满意的性能价格比。国外有些大学已把信号微处理机做为微处理机课程中的一部分。

第二章 信号处理系统

2.1 信号处理系统类型

2.1.1 连续模拟系统

实现信号处理系统的早期方法是借助模拟元件在连续时间内实现一定的转换特性。其波形变换情况如图2.1(a)所示。将连续模拟信号输入到连续模拟系统之后,经系统处理而输出的信号也是连续的。其输出信号波形如图2.1(a)的右边所示。方框中的 $G(S)$ 和 $G(T)$ 表示连续模拟系统所实现的转换特性。

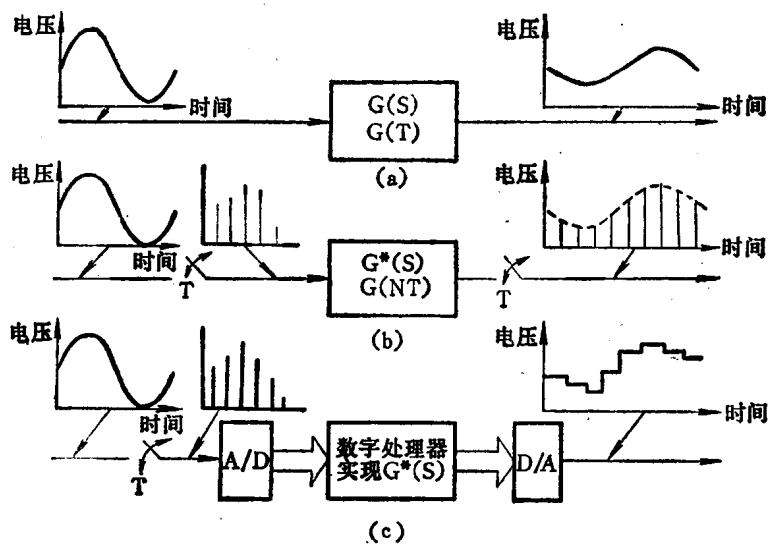


图2.1 信号处理系统

(a) 连续模拟系统; (b) 取样模拟系统; (c) 取样模拟/数字系统。

2.1.2 取样模拟系统

取样模拟系统的信号变换情况如图2.1(b)所示。在取样模拟系统中,每隔 T 秒时间对连续的输入信号取样一次。所谓输入信号的取样,就是把连续时间的信号变换成分离时间的信号。经过取样所得到的分离输入信号是一系列脉冲,这些脉冲的宽度和周期(T)分别叫作取样脉冲宽度和取样周期,而这些脉冲的振幅和连续波输入信号的振幅是相同的。分离的输入信号进入模拟系统,并根据分离转换特性对分离的输入信号进行处理。例如,用CCD延迟线实现一个非递归(nonrecursive)数字滤波器就是一个取样模拟系统的例子。从图2.1(b)可以看出,取样模拟系统的输出是被处理过的脉冲系列,而这些脉冲的包络和连续模拟系统的输出波形是相同的。图2.1(b)方框中的 $G^*(S)$ 和 $G(NT)$ 表示取样模拟系统所实现的转换特性。

2.1.3 取样模拟/数字系统

图2.1(c)所示是一个取样模拟/数字系统的波形变换情况。首先将连续输入信号取

样变成一系列分离脉冲,接着由 A/D (模/数转换器) 将每一个脉冲振幅转换成一个数字字 (digital word), 然后, 用计算机对数字字进行处理, 即用计算机的算术和逻辑运算部件来实现取样模拟/数字系统的转换特性。经过计算机处理得到的结果是数字字的形式, 然后由 D/A 将数字字转换成模拟量。D/A 的输出量是分离脉冲的形式 (见图 2.1 c)。这些输出脉冲的包络和连续模拟系统的输出波形是相同的。

2.2 取样信号分析

2.2.1 信号取样和伪噪声

数字信号处理系统需要把输入模拟信号转换成数字信号。一般地说, 这种模/数转换是对连续输入信号的取样。我们知道, 由于连续输入信号的取样方法和取样率影响被取样信号的信息内容, 所以会导致信号某种程度的失真。

相对于信号带宽所需的最小取样频率的定理可表达为: 假若信号 $f(t)$ (时间函数) 在规则间隔内被瞬时取样, 而且取样率高于两倍的信号带宽, 则取样包含原来信号的所有的重要信息。这里的信号带宽对视频信号来说是低通带宽, 而对于载波中的调制信号来说是射频 (RF) 带宽。

在选择取样频率以前, 必须研究取样定理的两个方面的问题:

- (1) 有限宽度取样 (瞬态取样) 对取样的信息内容的影响。
- (2) 如何确定信号带宽是否包含所有的重要频率分量。

为使每一个取样信号都数字化, 取样脉冲振幅在取样脉冲期间必须是常数, 以便产生一个表示取样模拟值的数字字。此过程被称为“平顶取样” (“square-topped sampling”), 它可通过取样和保持电路来实现。因为信号微处理机是以数字化取样方式工作的, 所以有必要对“平顶取样”作些介绍。

假定一输入频谱为 $F(j\omega)$, 则“平顶取样”的输出频谱为:

$$F_{st}(j\omega) = \left(\frac{\tau}{T} \right) \left(\frac{\sin(\omega\tau/2)}{\omega\tau/2} \right) \sum_{n=-\infty}^{\infty} F_j(\omega - n\omega_s)$$

从此方程可以看到, 其增益是频率的连续函数, 其频率由下式确定:

$$\left(\frac{\tau}{T} \right) \left(\frac{\sin(\omega\tau/2)}{\omega\tau/2} \right)$$

平顶取样信号的波形如图 2.2 所示。由图 2.2(d) 可以看出, 取样过程如同带有一个 $\sin x/x$ 振幅响应的低通滤波器。假若在信号带宽范围内此滤波器响应不是常数, 则起伏失真 (rolloff distortion) 会使某些信息量丢失。

取样过程会引起信号失真。这些失真项被称为伪 (aliasing) 噪声是低通频谱和取样频率中心间的特殊的重叠量 (见图 2.3)。由图 2.3 可以看出一个给定的输入频谱的取样率对伪噪声的影响。如果取样率降低, 则重叠量增加, 即伪噪声增加, 也就是信号的失真增加。同样, 对于一个固定的取样频率, 在取样以前, 增加抗伪噪声 (anti-aliasing) 滤波器的极数可以降低重叠量, 如图 2.4 所示。图中画出了几种类型的通用滤波器。如何选择合适的取样频率, 这是进行取样数据系统设计时所要考虑的问题。

2.2.2 量化噪声

信号的模/数转换, 意味着在特定的时间对信号取样, 并形成表示该时间的信号振幅

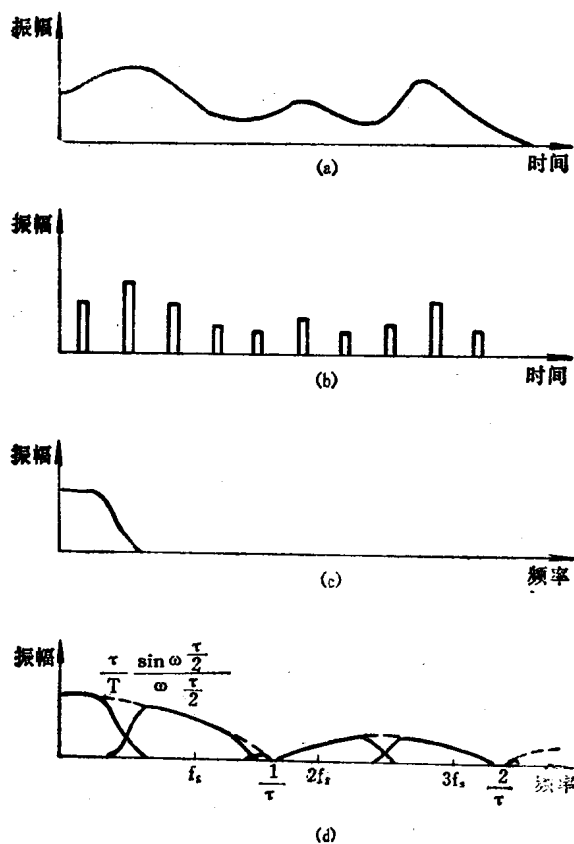


图2.2 取样信号分析
(a) 输入信号波形; (b) 平顶取样信号;
(c) 输入信号频谱; (d) 平顶取样信号频谱。

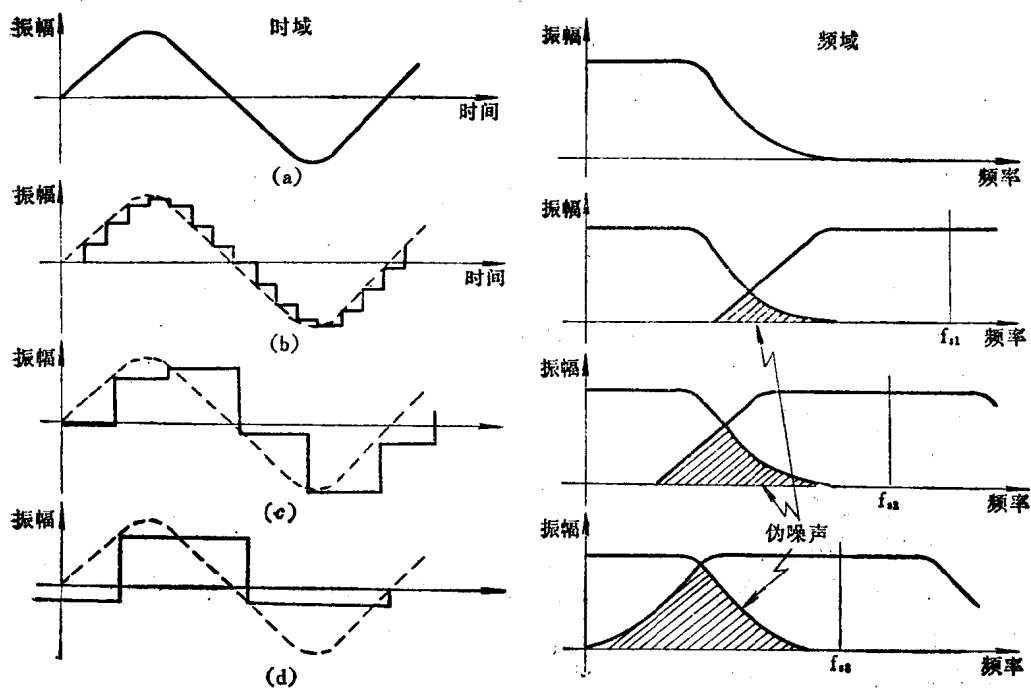


图2.3 取样率对伪噪声的影响
(a) 输入信号; (b) 取样输入信号 (高取样率); (c) 取样输入信号 (中取样率); (d) 取样输入信号 (低取样率)。

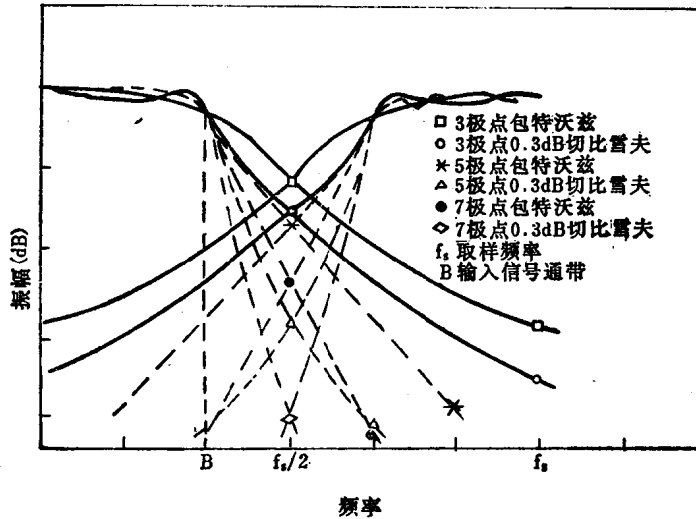


图2.4 滤波对伪噪声的影响

的一个数字字。前面已介绍，取样过程对信号有一定影响，但通过选择合适的带宽、取样频率等可使信息的损失最小。从一个连续信号到一个数字信号的转换，需要把信号电压分成 M 个有限间隔。 M 可以用一个 n 位数字字表示为

$$M = 2^n$$

量化误差可以用信号的精确值和量化取样之间的总均方差电压来表示。从图 2.5 可以看出，信号电压 $V(t)$ 位于第 i 个和第 $(i-1)$ 个电平之间，这个电平确定第 i 个量化间隔。误差信号 e_i 表示为：

$$e_i = V(t) - V_i$$

其中 e_i = 精确电平和第 i 个量化电压电平之间的误差电压，

$V(t)$ = 输入信号电压，

V_i = 第 i 个量化间隔的电压。

假定信号电压的量化和分布是均匀的，则信号对量化噪声比为：

$$S/N_Q = M^2 - 1$$

或表示成对数形式

$$S/N_Q = (6)(n) \text{ dB}$$

其中

S 是峰值信号功率，

N_Q 是平均量化噪声，

M 是量化级数，等于 2^n ，

n 是振幅字中的位数。

图 2.6 说明了由于量化所引起的误差电压和相应的峰值信号对量化噪声的比与数字字长（位数）的关系。

2.2.3 信号重组

信号重组 (signal reconstruction) 是这样一个过程，在取样数据系统的输出端从周期的取样信号中提取所需要的信号。这些取样信号可以是在取样和保持电路输出端的

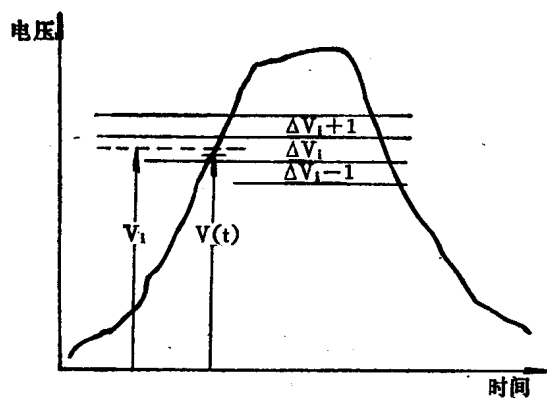


图2.5 量化步

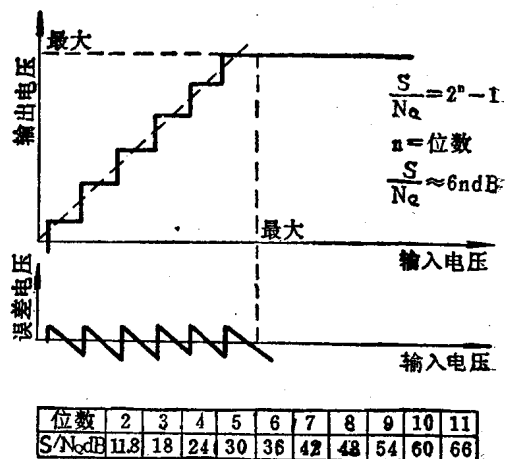


图2.6 量化噪声

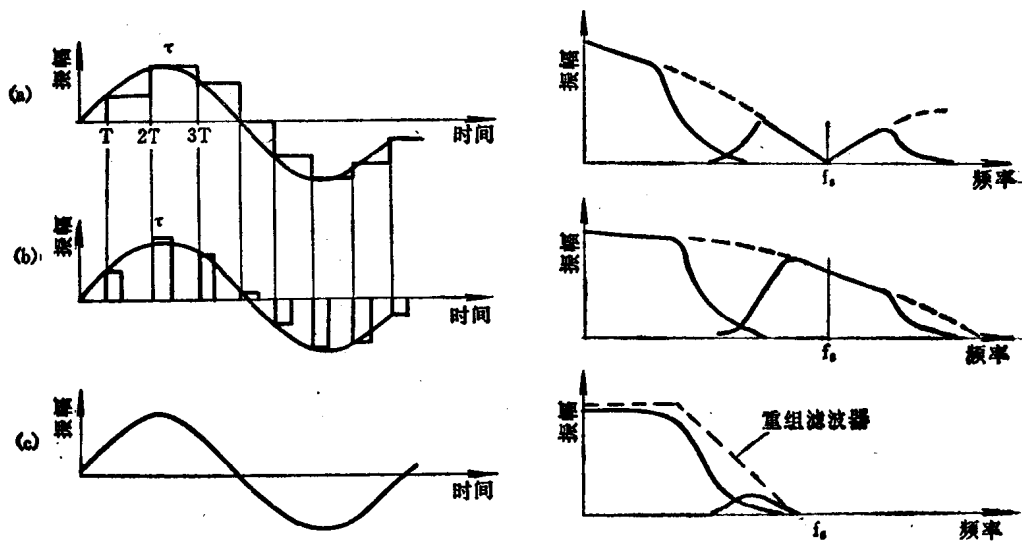
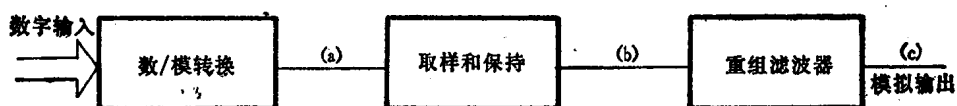


图2.7 模拟信号重组

原始取样信号或者是线性化或数字处理后的信号。这里，基本的假定是：为了数字处理而被取样和保持的信号，现在反过来要以最小的信息损失将其转换成模拟形式。一个取样和保持电路（S & H）或一个数/模转换器（DAC）的输出所具有的频谱如图 2.7(a) 所示。取样宽度 τ 等于取样周期 T 。当取样周期和最短的信号周期差不多时，在信号频谱中可看到振幅增益因数明显的起伏，这种起伏反映了输出信号的失真情况。除非将它补偿，否则，将会导致信息一定程度的损失。这种情况，类似于带宽不足的低通滤波器。

为了进行校正，采用窄的重组取样脉冲宽度（相当于信号带宽的倒数 $1/B$ ），或者在输出滤波器中实现 $\sin x/x$ 函数。图 2.7(b) 示出了一个窄脉冲重组取样的情况。

假如采用窄脉冲，则包含在取样脉冲中的信号能量值将减少，其数值正比于占空因数 τ/T 。在分析固定补偿、过冲、振铃和其他伪信号的影响（这些因素导致所需信号的失真）时，必须考虑这种增益的降低。

数据取样一旦被建立起来，它们便通过一个重组低通滤波器。此低通滤波器可把取样信号的高频分量去掉（见图 2.7(c)）。输出低通滤波器主要的作用是去掉由于输出取样所引起的高频频谱。低通滤波器也可以用来整形输出网络的振幅和相位响应。

2.3 取样数据系统

取样数据系统可以用模拟或数字处理技术或者两者结合起来实现。图 2.8 示出的是用数字处理技术实现的取样数据系统。在此取样数据系统中，假定输入和输出信号都为模拟量（当然这不是必要的条件，因为数字信号可以看作是模拟信号的一个特殊类型）。下面，说明一下图 2.8 所示取样数据系统中每个方框的功能。

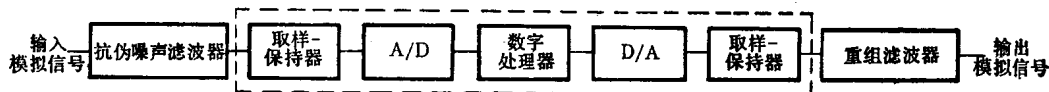


图 2.8 用数字处理技术实现的取样数据系统

抗伪噪声滤波器 此滤波器用来限制输入模拟信号的带宽。由于它用在取样之前，所以它可以降低由于取样过程所引起的失真。

输入取样和保持电路 经过滤波的输入信号在一定的时间间隔内被取样。被取样的振幅需保持足够长的时间，以便于其后的处理，如模/数转换。保持时间 $\leq$ 取样周期。

输入模拟/数字转换器（ADC） 被保持的模拟电压转换成一个数字字，这种转换是用模拟电压和代表数字字的分离阈值进行比较来实现的。

数字处理机 它可以是通用的处理机，也可以是用来执行预先确定的功能的专用处理机。作为一种典型的情况，通用微处理机可以编程执行任何功能。但是对大部分实时应用来说，它的执行时间显得太慢。可编程的数字信号微处理机，如 2920 信号微处理机可以解决一般微处理机实时应用执行时间太慢的问题，这是因为，数字信号微处理机是为了实现高速信号处理，同时又保留其通用性而特殊设计的。

数字/模拟转换器（DAC） 处理过的数字字用 DAC 转换成模拟量。再一次用分离振幅电平得到近似的模拟信号（和 ADC 的情况一样）。另外，DAC 的输出加权在频域

(frequency domain) 中的信号输出, 会导致某种信号失真。

输出取样器 降低输出频率失真的方法之一, 是用一个非常窄的取样脉冲对输出信号重新取样。输出取样器取 DAC 所保持的输出, 并用很窄的取样脉冲重新取样输出信号。

重组滤波器 由于所希望的输出信号是被处理的输入信号的连续表示, 所以, 必须从 DAC 或取样器输出中去掉高频分量。实际上, 这个过程使得从取样到取样的模拟输出变得平滑。低通滤波器用来执行信号的“重组”(reconstruction)。

取样一个信号的过程会导致一定的失真量, 此称之为伪噪声 (aliasing noise)。模拟取样到数字字的转换是用模/数转换器 (ADC) 来实现的。ADC 是用一个数字字来表示模拟信号的, 这个数字字和一个分离的振幅近似的信号相一致, 此过程也引起一失真项 [称为量化噪声 (quantization noise)]。利用设计适当的取样数据系统, 可以使这些失真或“噪声”项降到足够小。所以, 取样数据系统能很好地表示模拟等效系统, 且具有数字处理的优点。