

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。

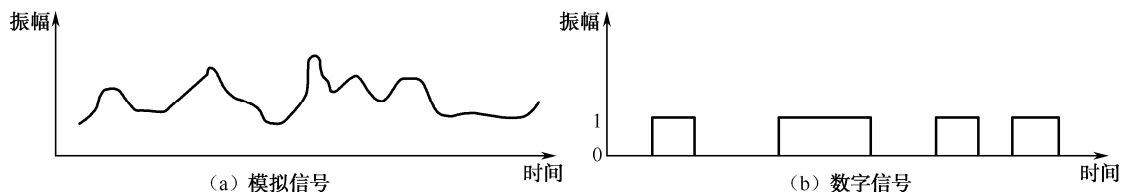


图 1.1.1 模拟信号和数字信号

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。

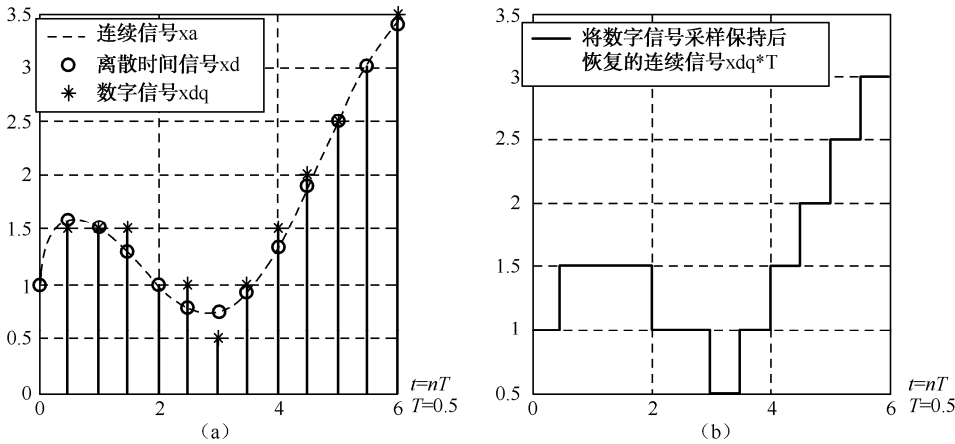


图 1.1.2 连续信号、离散信号和数字信号

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。

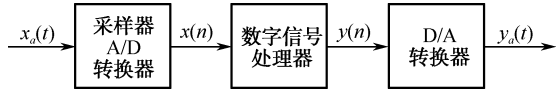


图 1.2.1 数字信号处理系统

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。

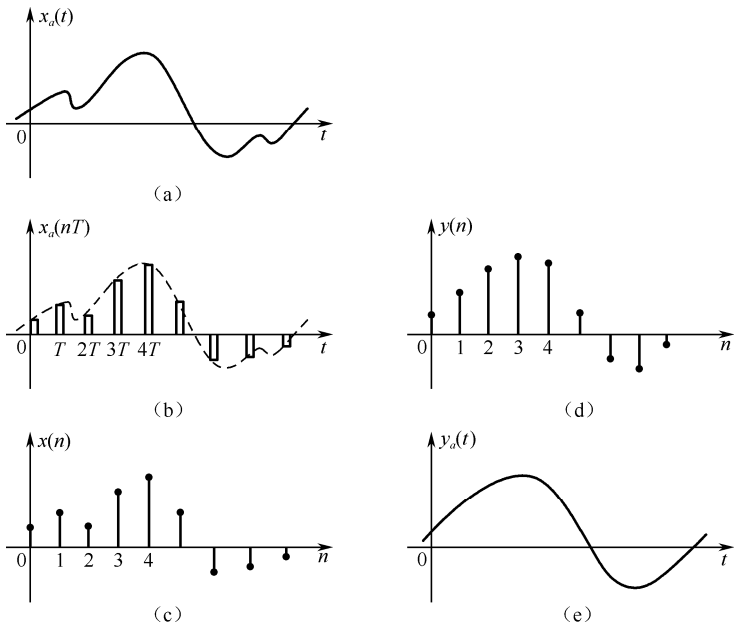


图 1.2.2 数字信号处理过程

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。