

内 容 提 要

本书系根据邮电部高等院校1982年教学大纲编写的。全书共六章，第一到四章讨论了信号与线性系统的基本概念、连续时间信号与系统的时域分析和变换域分析；第五章讨论离散时间系统的时域分析和变换域分析；第六章讨论状态变量分析（包括时域与变换域，连续系统与离散系统）。

各章均附有与基本内容密切配合的例题和习题，便于自学。

本书为邮电高等院校通信技术专业本科学用书，也可供无线电技术类各专业《信号与线性系统》课的教材，还可供从事通信技术和无线电技术的科技人员参考。

邮电高等学校教材 信号与线性系统

刘永健

蔡六瑜 审

责任编辑：刘永健

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本：850×1168 1/32 1985年11月第一版

印张：15 16/32 页数：248 1985年11月天津第一次印刷

字数：411千字 印数：1-7,500册

统一书号：15045·总3157—教717

定价：3.80元

前 言

《信号与线性系统》课是通信技术类各专业本科生必修的专业基础课之一。它的任务是研究信号与线性系统理论的基本概念和基本分析方法，为学习有关专业课奠定基础。

本书是在原《信号与线性系统》讲义的基础上，根据邮电部属高等院校1982年教学大纲修订的《信号与线性系统》教学大纲，结合教学实践，重新改编而成。

鉴于目前《信号与线性系统》教材国内已出版多种，为了有所侧重，具有特色，重新改编时注意了本课程在通信专业中承上启下的地位，以及内容的深广度和专业的针对性。改编时的指导思想是：（1）贯彻工科基础课教材立足于“打好基础，精选内容，逐步更新，利于教学”的原则，从本科生的实际出发，讲清基本概念和基本理论，不贪多求深，有别于研究生用教材。（2）处理好与数学课的分工、衔接和配合，运用学生已学过的数学知识，阐明信号与线性系统的各种基本分析方法及其物理意义，而不是简单的数学重复。（3）处理好与先修课（如电路分析基础）和后续课（如通信系统、数字信号处理等）的关系。起到有利于对先修课的巩固加深和为后续课打好基础的作用。改编时进一步加深了原教材注意教学法的特点，做到重点突出，难点分散，由浅入深，循序渐进，对基本概念的文字表达力求准确易懂，配有与基本内容密切配合的较丰富的例题和习题以及深化性的习题，有助于学生对基本内容的掌握和便于自学。

参加原讲义编写的有刘永健副教授、周瑞楠同志、吴新余同志。重新改编时由刘永健副教授主编，郑薇薇副教授和吴新余同志审阅。改编稿经邮电高校《通信技术基础》教材编审委员会评选通

目 录

第一章 信号与系统的基本概念	1
§1-1 信号及其分类	2
§1-2 系统及其分类	8
§1-3 系统的模型	13
§1-4 系统的模拟	17
§1-5 线性时不变系统的分析方法概述	22
习题	26
第二章 卷积分析法	32
§2-1 冲激函数和冲激响应	33
§2-2 任意波形信号的分解和卷积积分	45
§2-3 卷积的图解和卷积积分限的确定	52
§2-4 卷积的运算性质和含有冲激函数的卷积	63
§2-5 冲激响应的一般计算方法	73
§2-6 卷积的数值计算	79
习题	83
第三章 信号的频谱分析与傅立叶变换分析法	92
§3-1 周期信号的傅立叶级数表示法	93
§3-2 信号的表示法与正交函数	100
§3-3 周期信号的频谱与功率谱	113
§3-4 傅立叶变换	122
§3-5 一些典型信号的傅立叶变换	128
§3-6 傅立叶变换的性质	132
§3-7 含有冲激函数的傅立叶变换	148
§3-8 能量谱密度与功率谱密度	172

§3-9 傅立叶变换分析法	180
§3-10 无失真传输系统与理想低通滤波器	194
§3-11 抽样定理	202
习题	208

第四章 拉普拉斯变换分析法220

§4-1 从傅立叶变换到拉普拉斯变换	220
§4-2 一些典型信号的拉普拉斯变换	223
§4-3 拉普拉斯变换的性质	228
§4-4 拉普拉斯反变换	242
§4-5 拉普拉斯变换与傅立叶变换的关系	256
§4-6 拉普拉斯变换分析法	260
§4-7 系统函数	273
§4-8 系统函数的零、极点对系统特性的影响	282
§4-9 系统稳定性的判别	299
习题	308

第五章 离散时间系统与Z变换分析法318

§5-1 离散时间信号	318
§5-2 离散时间系统的数学模型——差分方程	323
§5-3 离散时间系统的模拟	329
§5-4 离散时间系统的时域分析法(零输入响应)	332
§5-5 离散时间系统的时域分析法(零状态响应)	340
§5-6 Z变换	355
§5-7 Z反变换	361
§5-8 Z变换的性质, Z变换与拉普拉斯变换的关系	365
§5-9 离散时间系统的Z变换分析法	377
§5-10 离散系统函数, 离散系统稳定性的判别	385
§5-11 离散系统的频率响应特性	392

§5-12 数字滤波器的概念	397
习题	403
第六章 状态变量分析法	410
§6-1 状态和状态变量	411
§6-2 状态方程的建立	413
§6-3 连续时间系统状态方程的复频域解	436
§6-4 连续时间系统状态方程的时域解	444
§6-5 离散时间系统状态方程的解	452
§6-6 矩阵指数函数 e^{At} 的计算	458
§6-7 按状态方程作系统的模拟	465
习题	468
附录A 关于傅立叶变换频域积分特性的证明	473
附录B 由 $f(t)$ 的 $(n+1)$ 阶导数的频谱求 $f(t)$ 频谱的公式	474
附录C 波特图	476
主要参考书目	487

第一章 信号与系统的基本概念

随着近代科学技术的发展,信号的形式不断增多,对信号传输与处理的要求不断更新,系统的规模和功能日益庞大和复杂,促进了信号与系统理论研究的发展。

通常在系统理论的研究中,包括系统分析与系统综合两个方面。系统分析是指在给定系统的条件下,求取输入激励所产生的输出响应;系统综合则是指在给定输入激励下,为了获得预期的输出响应去寻求系统的构成。本课程仅限于讨论系统分析,系统综合将在后续课程中讨论,学好分析是学习综合的基础。

系统分析理论是从电路分析理论上逐步发展起来的,但二者的着眼点不同,电路分析是根据电路结构和元件性质求解支路电流和电压;而系统分析则是根据系统特性由系统的输入求解输出。

本课程只讨论线性时不变系统,因为:第一,大多数系统是线性时不变系统;第二,许多非线性系统和线性时变系统经过适当处理,可以近似地化为线性时不变系统来分析。本课程着重讨论电网络系统,这不仅是因为专业的需要,也因为这类系统的一套分析理论和方法同样适用于其它系统,因而具有普遍意义。另外,虽然系统分析研究的是系统的输入和输出关系,不需要涉及系统内部的具体结构,但是,为了使分析过程和分析结果有明显的物理意义,用列举具体的电网络并应用电路分析的方法作例子,所以本课程与电路分析课程的关系是十分密切的。

本章将对本课程要用到的一些基本概念如信号、系统、系统的模型、系统的模拟以及线性时不变系统的各种分析方法作扼要的叙述,以便先建立一个总轮廓,然后在以后各章中分别讨论。

§1-1 信号及其分类

什么是信号 (Signal)? 广义地说, 信号是随时间变化的某种物理量。对于通信技术一般将语言、文字、图象或数据等统称为消息 (Message), 在消息之中包含有一定数量的信息 (Information), 通信的目的就是从一方向另一方传送消息, 给对方以信息。但是, 消息的传送一般都不是直接的, 而必须借助于一定形式的信号 (光信号、电信号等) 才能便于远距离快速传输和进行各种处理。因而, 信号是消息的表现形式, 它是通信传输的客观对象, 而消息则是信号的具体内容, 它蕴藏在信号之中。本课程将只讨论目前应用广泛的电信号, 它通常是随时间变化的电压或电流, 在某些情况下, 它也可以是电荷或磁通。由于信号是随时间而变化的, 在数学上它可以用一个时间 t 的函数来表示, 因此, 习惯上常常交替地使用“信号”与“函数”这两个名词。系统的主要任务是对信号进行传输与处理, 信号与系统之间有着十分密切的联系, 分析系统的功能和特性必然要涉及到对信号的分析, 因此信号分析是本课程的一个重要内容。

信号的特性可以从两个方面来描述, 这就是时间特性和频率特性。信号是时间 t 的函数, 它具有一定的波形, 因而表现出一定的时间特性, 如出现时间的先后、持续时间的长短、重复周期的大小以及随时间变化的快慢等。另外, 任意信号总可以分解为许多不同频率的正弦分量, 即具有一定的频率成份, 因而表现出一定的频率特性, 如各频率分量的相对大小, 主要频率分量占有的范围等。信号的形式所以不同, 就在于它们各自有不同的时间特性和频率特性。信号的时间特性和频率特性有着密切的关系, 不同的时间特性将导致不同的频率特性, 将在第三章讨论这种关系。

信号分为两大类: 确定信号 (Determinate signal) 和随机信号 (Random signal)。确定信号是时间 t 的确定函数, 在电路

分析课程中所遇到过的正弦信号和各种形状的周期信号就是确定信号的例子。随机信号则不是时间 t 的确定函数，例如雷达发射机发射一系列脉冲到达目标又反射回来，接收机收到的回波信号就有很大的随机性。因为它与目标性质、大气条件、外界干扰等种种因素有关，不能用确定的函数式表示而只能用统计规律来描述。实际传输的信号几乎都具有未可预知的不确定性，因此都是随机信号。如果传输的信号都是时间的确定函数，那么对接收者，就不可能由它得知任何新的信息，这样失去了传送消息的本意。但是，在一定条件下，随机信号也会表现出某种确定性，例如在一个较长的时间内随时间变化的规律比较确定，可以近似地看成确定信号，使分析简化，以便于工程上的实际应用。作为理论上的抽象，应该首先研究确定信号，在此基础上根据随机信号的统计规律进一步研究随机信号的特性。本课程只讨论确定信号的分析，随机信号则留待后续课程中研究。

确定信号又可分为连续时间信号和离散时间信号，简称连续信号 (Continuous signal) 和离散信号 (Discrete signal) 连续信号在任何时刻除了若干个不连续点外都有定义，如图1-1所示，通常用 $f(t)$ 表示。离散信号仅在一些离散时刻有定义，如图1-2所示，通常用 $f(t_k)$ 或 $f(kT)$ [简写为 $f(k)$] ($k = 0, 1, 2, 3, \dots$) 表示。正弦信号是连续信号的例子，而医院里定时记录病人的体温所得到的体温信号则是离散信号的例子。

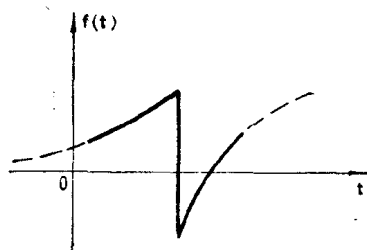


图 1-1 连续时间信号

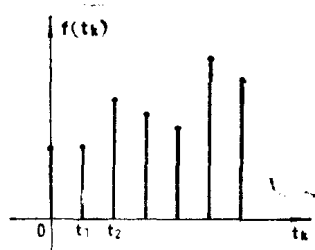


图 1-2 离散时间信号

确定信号也可分为周期信号 (Periodic signal) 与非周期信号 (Aperiodic signal), 前者每隔一定时间 T (称为周期) 重复变化, 而后者的变化则是不重复的。

信号又可分为能量信号 (Energy signal) 与功率信号 (Power signal)。设信号电压或电流为 $f(t)$, 则它在 1Ω 电阻上的瞬时功率为 $p(t) = f^2(t)$, 在时间间隔 $-T \leq t \leq T$ 内 (这里 T 不是周期) 消耗的能量为 $E = \int_{-T}^T f^2(t) dt$ 。当 $T \rightarrow \infty$ 时, 总能量为

$$E = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T}^T f^2(t) dt \quad (1-1)$$

平均功率为

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T f^2(t) dt^* \quad (1-2)$$

应用以上两式来计算信号在 1Ω 电阻上的总能量和平均功率时, 可能有两种情况: 一种是总能量为有限值而平均功率为零, 即 $0 < E < \infty$ 和 $P \rightarrow 0$ 。另一种是总能量为无限大而平均功率为有限值。即 $E \rightarrow \infty$ 和 $0 < P < \infty$ 。把前者称为能量信号, 后者称为功率信号。一般, 周期信号都是功率信号, 非周期信号则可以是能量信号, 也可以是功率信号。属于能量信号的非周期信号称为脉冲信号, 它除了在有限时间范围有一定的数值而在其余时间或者数值为零或者数值很小可忽略不计, 如图1-3所示。属于功率信号的非周期信号是 $|t| \rightarrow \infty$ 时仍有数值的一类信号, 图1-4所示的信号就是一个例子。

以后还会遇到一些既非功率又非能量的信号, 例如 图 1-5 所示的单位斜坡信号 $tU(t)$ 。

为了分析的方便, 常常把信号分解为许多基本信号。这些基本信号常见的有单位阶跃信号、单位冲激信号和复指数信号等, 下面

* (1-1) 式和 (1-2) 式是对实信号而言, 如果是复信号, 则应为:

$$E = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T}^T |f(t)|^2 dt, \quad P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T |f(t)|^2 dt$$

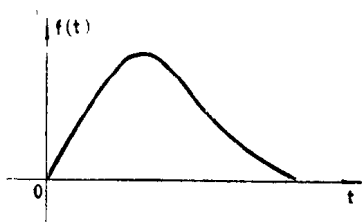


图 1-3 非周期能量信号 (脉冲信号)

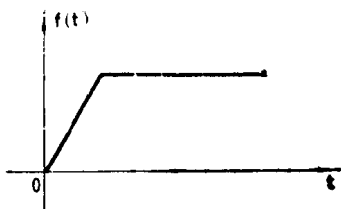


图 1-4 非周期功率信号

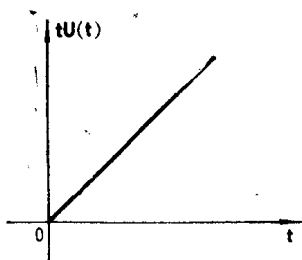


图 1-5 非功率非能量信号

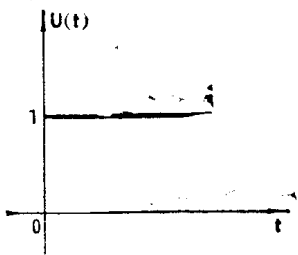


图 1-6 单位阶跃信号

对它们作一些简单介绍。

(1) 单位阶跃信号 (Unit Step Signal)

单位阶跃信号记为 $U(t)^*$ ，其定义是

$$U(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & t > 0 \end{cases} \quad (1-3)$$

其波形如图1-6所示。在 $t = 0$ 处，函数值未定义**。

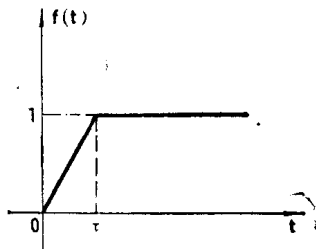


图 1-7 极短时间内由零变到1的信号

- 单位阶跃函数的符号GB3102.11-82推荐用 $e(t)$ ，本书采用通用的 $U(t)$ ，字母 U 表示“单位之意”。
- 可以根据实际的物理意义，定义 $U(t)$ 在 $t = 0$ 处的函数值为 0，为 1 或为 $\frac{1}{2}$ 。

单位阶跃信号可以理解为在极短时间 τ 内由0变到1的信号(如图1-7)当 $\tau \rightarrow 0$ 的极限。

(2) 单位冲激信号 (Unit impulse signal)

单位冲激信号记为 $\delta(t)$, 其工程定义是

$$\delta(t) = \begin{cases} 0 & t \neq 0 \\ \infty & t = 0 \end{cases} \text{ 和 } \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1 \quad (1-4)$$

式中 $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$ 表示 $\delta(t)$ 所包围的面积(强度)为1, 这就是

在 $\delta(t)$ 的名称前面冠以“单位”两字的意义。(1-4)式只是 $\delta(t)$ 的工程定义而不是 $\delta(t)$ 的严格数学定义。 $\delta(t)$ 不是一个普通函数, 为了对 $\delta(t)$ 有一个直观的认识, 可以将 $\delta(t)$ 看成是某些普通函数, 例如门函数 $g_{\Delta}(t)$ 的极限。

门函数 $g_{\Delta}(t)$ 的数学表示式为

$$g_{\Delta}(t) = \begin{cases} \frac{1}{\Delta} & |t| < \frac{\Delta}{2} \\ 0 & |t| > \frac{\Delta}{2} \end{cases} \quad (1-5)$$

它是宽度为 Δ , 幅度为 $\frac{1}{\Delta}$ 的矩形脉冲, 如图1-8(a)所示。显然,

该脉冲的面积为1。当宽度 Δ 趋于零时, 幅度 $\frac{1}{\Delta}$ 便趋于无限大, 但是

不管 Δ 怎样变小并趋于零, $g_{\Delta}(t)$ 所包围的面积始终保持为1, 如图1-8(b)。它就是 $\delta(t)$ 的图形, 因为这个图形与(1-4)式的定义完全符合, 因此单位冲激可以看成是门函数 $g_{\Delta}(t)$ 在 $\Delta \rightarrow 0$ 时的极限。

$$\text{即} \quad \delta(t) = \lim_{\Delta \rightarrow 0} g_{\Delta}(t) \quad (1-6)$$

由于 $t \neq 0$, $\delta(t) = 0$ 和 $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$

故

$$\int_{-\infty}^t \delta(t) dt = \begin{cases} 1 & t > 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$

或

$$\int_{-\infty}^t \delta(t) dt = U(t) \quad (1-7)$$

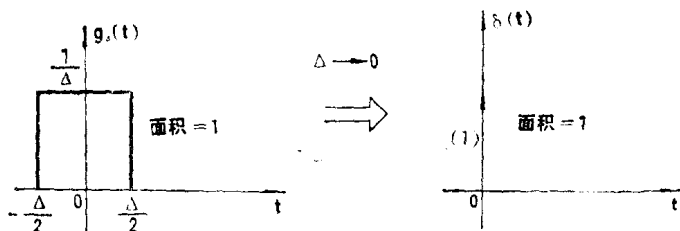


图 1-8 单位冲激函数作为门函数的极限

(1-7) 式表明单位阶跃信号是单位冲激信号的积分。(1-7) 式还表明 $\delta(t)$ 不是一个普通函数，因为一个普通函数的从 $-\infty$ 到 t 的积分应该是积分上限 t 的连续函数，而现在 $U(t)$ 在 $t=0$ 这一点明显地不连续。关于 $\delta(t)$ 的性质，将在下一章进一步讨论。

(3) 复指数信号 (Complex exponential signal)

复指数信号 e^{st} 是一个十分重要的基本信号，其中 $s = \sigma + j\omega$ 为复数，称为复频率。它的波形随 s 的不同而不同。当 $s = 0$ 时， $e^{st} = 1$ ，就成为直流信号；当 $\omega = 0$ 时， $e^{st} = e^{\sigma t}$ 就成为一个单调增长或衰减的实指数信号，如图 1-9(a) 所示；当 $\sigma = 0$ 时

$$e^{st} = e^{j\omega t} = \cos\omega t + j\sin\omega t$$

其实部是一个等幅余弦信号，而虚部是一个等幅正弦信号，图 1-9(b) 画出了其实部的波形。在一般情况下 e^{st} 的实部是一个增幅或减幅余弦信号，虚部是一个增幅或减幅正弦信号，图 1-9(c) 和 (d) 画出了两种不同实部的波形。

由于复指数信号能概括多种情况，可以利用它来描述多种基本信号，如直流信号，指数信号，等幅、增幅或减幅正弦与余弦信号，因此，它是信号与系统分析中经常遇到的重要信号。

当然，常见的基本信号不仅限于以上几种，还有一些基本信号，

在以后的章节中加以讨论。

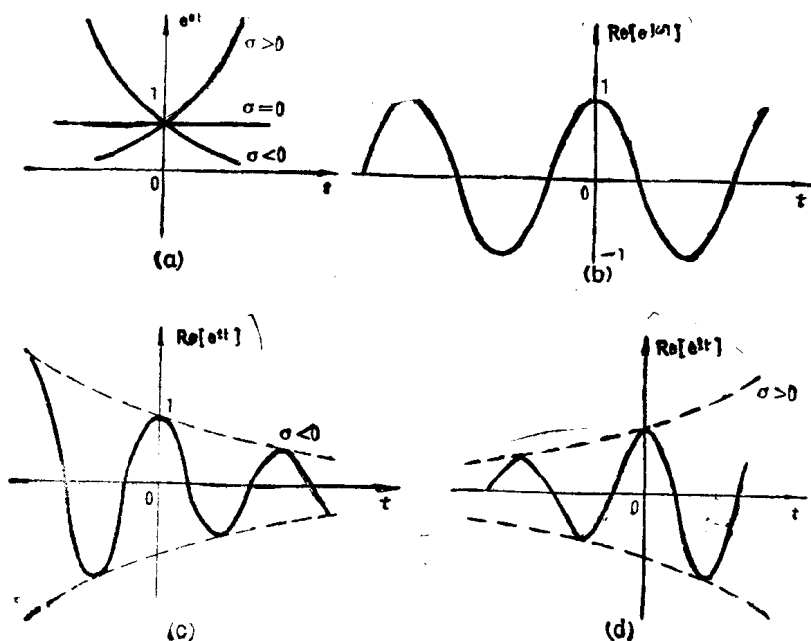


图 1-9 复指数信号在 e^{st} 不同 s 值时的波形

§1-2 系统及其分类

什么是系统 (System)? 系统是由一些“单元”(元件或子系统)用一定规则相互连接而组成的具有一定功能的有机整体。

系统的概念可以归纳为以下几点:

1. 系统是由一些单元所组成。但是单元和系统之间没有明显的界限,它们是相对而言的,从某种观点来看是系统,而从另一种观点来看则是单元。例如一个音频放大器,可以说是一个系统,因为它是由电阻、电容、变压器及晶体管等元件所组成。然而它在扩音机系统里又是其中的一个单元。

2.由单元组成系统时，各单元之间的连接是有一定规则的，连接的方式不同，所组成的系统也不同。例如同样是晶体管、电阻、电容等元件，用某种方式连接可以组成一个放大器，而用另一种方式连接则可以组成一个振荡器等等。

3.系统有一个或多个操作对象。系统的功能体现在对操作对象有目的的控制、处理和传输。通常把系统的操作对象称为系统的输入或激励，而把经过处理的结果称为系统的输出或响应。

系统的范围极其广泛，它包括自然系统和人工系统，物理系统和非物理系统、太阳系、原子核、动物的神经组织等是自然系统；交通运输网、水利灌溉网、计算机网络等则是人工系统。通信系统、控制系统、电力系统、机械系统等属于物理系统，而政治结构、经济组织、人口发展、生产管理等则属于非物理系统。因此，系统不仅涉及到自然科学的各个领域，而且扩大到了社会科学领域。为了使日益庞大和复杂的系统能够协调一致的动作，最佳地完成预定的功能，从七十年代以来出现了一门将系统理论用于系统工程设计的新兴的边缘学科，这就是系统工程学。信号与系统理论是系统工程学的必备基础。

为了建立系统的基本概念，下面以通信系统为例来说明。通信系统的功能是传送消息，它一般由七个子系统依次连接如图1-10所示。各个子系统的功能分别是：

(1) 消息源——产生语言、文字、图象、数据等消息的人或设备。

(2) 输入转换器——把消息转换为信号的装置。

(3) 发送器——把输入转换器输出的信号转换为另一种形式的信号，以便于信道传输的装置。

(4) 信道——信号传输的通道。

(5) 接收器——接收由信道传来的信号，并把它的形式转换为适合于输出转换器工作的装置。

(6) 输出转换器——把接收器输出的信号转换为消息的装

置。

(7) 消息用户——接收消息的人或设备。

以具体的电视系统为例，播放室里的声音和场景就是消息源，观众是消息用户。电视摄像管把场景转换为图象信号，话筒把声音转换为伴音信号，电视摄像管和话筒都是输入转换器。电视发送机把图象信号和伴音信号的频率提高，使其成为高频信号，以便利用电磁波的形式辐射出去，电视发送机就是图1-10中的发送器。发送天线和接收天线之间广阔的空间是电磁波的通道，这就是信道。电视接收机把从接收天线收到的高频信号转换为图象信号和伴音信号，电视接收机就是图1-10中的接收器。扬声器把伴音信号转换为声音，显象管把图象信号转换为画面，这里扬声器和显象管都是输出转换器。

不同的通信系统可以有不同的信道和不同的消息源。但系统组成的基本情况，大都如图1-10所示。



图 1-10 通信系统的组成

系统有各种类别，本书涉及到的有：

1. 连续时间系统和离散时间系统；
2. 线性系统和非线性系统；
3. 时不变系统和时变系统；
4. 因果系统和非因果系统。

下面分别解释各类系统的意义及有关的概念。

连续时间系统和离散时间系统

输入和输出均为连续时间信号的系统称为连续时间系统。输入和输出均为离散时间信号的系统称为离散时间系统。我们经常分析的电网络是连续时间系统的例子，而数字计算机就是离散时间系统的例子。

线性系统和非线性系统

线性 (Linearity) 包含着两个重要的概念: 齐次性 (Homogeneity) 和迭加性 (Superposition property)。若系统输入增加 k 倍输出也增加 k 倍, 这就是齐次性, 如图1-11(a)所示。

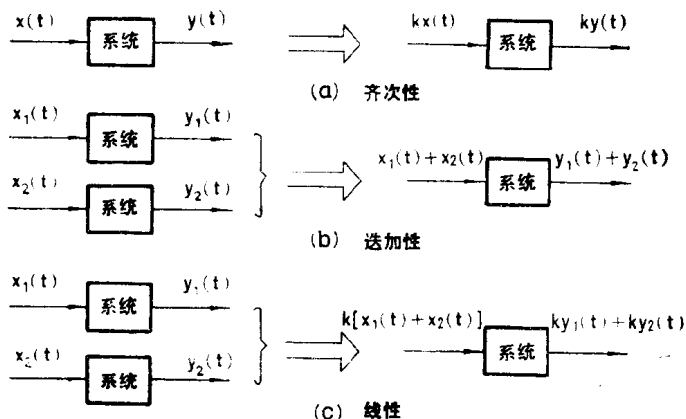


图 1-11 线性二齐次性 + 迭加性

若有几个输入同时作用于系统, 而系统总的输出等于每一个输入单独作用分别引起的输出的和, 这就是迭加性, 如图1-11(b)。

同时具有齐次性和迭加性便是线性, 如图1-11(c), 用式子来表示:

若

$$x_1(t) \rightarrow y_1(t)$$

$$x_2(t) \rightarrow y_2(t)$$

则

$$k[x_1(t) + x_2(t)] \rightarrow ky_1(t) + ky_2(t) \quad (1-8)$$

一个系统的输出不仅与输入有关, 还与系统的初始状态有关。因此, 具有初始状态的系统的线性概念还应加以补充。设具有初始状态的系统加入激励时的总响应为 $y(t)$; 仅有激励而初始状态为零时的响应为 $y_{zs}(t)$, 称为零状态响应; 仅有初始状态而激励为零时的响应为 $y_{zi}(t)$, 称为零输入响应。若下式成立

$$y(t) = y_{zs}(t) + y_{zi}(t) \quad (t \geq t_0) \quad (1-9)$$

则系统具有分解性 (decomposition property)。

因此，一般线性系统必须具有：

(1) 分解性；

(2) 零输入线性——当系统有多个初始状态时，零输入响应对每个初始状态呈现线性；

(3) 零状态线性——当系统有多个输入时，零状态响应对每个输入呈现线性。

凡不具备上述特性的系统称为非线性系统。

时不变系统和时变系统

系统又可分为时不变系统 (Time invariant system) 和时变系统 (Time-varying system)。时不变系统意味着只要初始状态不变，系统的输出波形仅取决于输入波形而与输入的起始作用时刻无关。这种性质，称为时不变性。不具备时不变性的系统，称为时变系统。

时不变系统的时不变性，如图1—12所示。用式子来表示：

$$\begin{aligned} \text{若} \quad & x(t) \rightarrow y(t) \\ \text{则} \quad & x(t-t_d) \rightarrow y(t-t_d) \end{aligned} \quad (1-10)$$

式中 t_d 是输入的延迟时间。

以上线性系统和非线性系统、时不变系统和时变系统是根据系统的输入（包括初始状态）和输出关系是否具有线性和时不变性来定义的。另外还可以根据组成系统的元件特性来定义，那就是由线性元件和独立电源组成的系统，称为线性系统，如果含有非线性非源元件，则称为非线性系统；由参数不随时间而变的元件和独立电源组成的系统，称为时不变系统，如果含有参数随时间而变的非源元件，则称为时变系统。对线性系统或时不变系统来说，这两种定义是一致的，但是根据元件特性定义的非线性系统或时变系统则不一定是根据输入和输出关系定义的非线性系统或时变系统。本课程着重讨论系统的输入和输出关系，故采用前一种定义。

必须指出，系统的线性和时不变性是两个不同的概念，线性系