

北京市高等教育精品教材建设立项项目

数字广播电视技术书系

北京广播学院《数字广播电视技术书系》编辑委员会

数字电视与 高清晰度电视

王明臣 姜秀华 张永辉 编著
张永辉 主审

9.1

中国广播电视出版社



数字电视与 高清晰度电视



158

7167491

0034

数 字 广 播 电 视 技 术 书 系

主 编 王明臣

副主编 李鉴增 张 琦 毛志伋

高福安 刘剑波

数 字 电 视 与 高 清 晰 度 电 视

王明臣 姜秀华 张永辉 编著

张永辉 主审

中国广播电视出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数字电视与高清晰度电视/王明臣,姜秀华,张永辉
编著. —北京:中国广播电视出版社, 2002.10

(数字广播电视技术书系)

ISBN 7-5043-3951-2

I. 数… II. ①王…②姜…③张… III. ①数字电
视—技术②高清晰度电视—技术 IV. TN949.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第066371号

数字电视与高清晰度电视

编 著:	王明臣 姜秀华 张永辉
责任编辑:	萧 歌
封面设计:	张一山
责任校对:	张 哲 张莲芳
监 印:	戴存善
出版发行:	中国广播电视出版社
电 话:	86093580 86093583
社 址:	北京复外大街2号(邮政编码 100866)
经 销:	全国各地新华书店
印 刷:	河北省高碑店市鑫昊印刷有限责任公司
装 订:	涿州市西何各庄新华装订厂
开 本:	787×1092毫米 1/16
字 数:	380(千)字
印 张:	18.75
版 次:	2003年1月第1版 2003年1月第1次印刷
印 数:	5000册
书 号:	ISBN 7-5043-3951-2/TN·262
定 价:	38.00元

(版权所有 翻印必究·印装有误 负责调换)

书系总序

时间似流星，把一批批酷爱读书的学子带出学校大门，撒向广阔的社会舞台施展才华……

时间如巨浪，推动广播电视事业千帆竞发，百舸争流，新技术、新模式层出不穷……

时间若彩笔，不断地把人们满头乌发抹灰、添白，向张张稚嫩的脸庞描绘鱼尾纹……

时间造化万物，推陈出新！

1997年3月《现代广播电视技术全书》第一版面世，至今已5年多了。这5年时间，世界信息技术飞速发展；这5年时间，我国广播电视由局部采用数字技术，推向整个系统实现数字化。时间不断流淌出新理论、新器件、新技术、新模式。在数字化的推动下，广播电视节目制播系统、传输覆盖以及管理手段日趋网络化、智能化；虚拟环境的营造和利用，部分地取代硬件系统，取得了更优、更美的艺术效果。在前几年还供不应求的《现代广播电视技术全书》，其内容已不能满足当前和今后的发展要求。无论是广播电视技术高等教育，还是第一线工程技术实践工作，都渴望能有更适合技术发展要求的新书，以解急需。

与我国广播电视第一线联系密切、长期从事工程技术教育和科学研究的北京广播学院的教授们，在历史责任感的推动下，应“中国广播电视出版”社之约，参照北京市“高等教育精品教材建设规划”要求，在《现代广播电视技术全书》的基础上，重新制定编写大纲，力争涵盖当今广播电视从节目制作、播出、传输覆盖到接收重现等技术领域的最新成果。经过多次研讨审议、通力合作、历时年余，终成这部四百余万字的新编巨著《数字广播电视技术书系》，共分10册：

1. 广播影视声学
2. 数字音频技术及应用
3. 数字电视与高清晰度电视
4. 数字电视制播技术
5. 多媒体与电脑动画
6. 有线电视网络
7. 数字卫星广播与微波技术

8. 宽带网络技术

9. 计算机网络技术及应用

10. 广播电视技术管理与教育

10 册书彼此协调分工, 构成相对全面、完整、配套齐全的书系; 而又各自独立成书, 可分册单独使用。这部书系的特色是力求突出其先进性、科学性、系统性和实用性。重点介绍当前国内外先进的数字技术、智能化制播技术、宽带网络技术、多媒体应用、光纤传输、卫星广播与数字微波等。该书系在兼顾技术理论、工程设计和实践应用的同时, 并对设备的管理和高质量的节目制作方法以及相关理论进行了较具体的论述, 力争作到理工结合、工艺兼容。

北京广播学院是全国著名的培养广播电视各类高级专门人才的高等学府, 拥有一大批在我国广播电视工程技术领域颇具声望的专家、教授和年轻的后起之秀。他们在数字电视、高清晰度电视、数字声音广播、数字记录、数字微波、卫星通信、宽带网络、多媒体制播技术以及现代化媒体管理等方面的研究成果, 为国内同行所关注。数十年来为我国广播电视事业培养了工程技术类大学本科生、研究生近万名, 为我国广播电视事业的发展作出了突出的贡献。学院汇集 30 多名学有所成, 业有所就的老、中、青优秀专家教授和科研骨干力量, 为了我国广播电视事业的发展, 为了满足广播电视技术领域第一线同行们的急需, 也为了学院教学和科研的需要, 将他们多年来从事教学和科研工作的积累, 以及技术实践经验, 认真地总结提炼, 编著成书, 献给我国广播电视事业的开拓者与继承者。本书系已纳入北京市“精品教材建设规划”, 可作为高等院校本科相关专业的教材; 又兼顾那些在广播电视技术领域第一线工作的工程设计、科研开发、设备维护人员的工作实践需求, 作为可靠、好用的“技术参谋”。

随着信息技术和数字技术、广播电视新技术的突飞猛进, 将会不断推出新的理论、新的技术、新的产品和新的制播手段。在当前和未来, 这种发展常常会超出人们的预料。我们衷心地希望广大读者和专家能对我们的工作提出改进意见和要求。我们也将按广大读者和专家们的意见和要求, 进一步补充和完善本书的内容, 使书系能与时俱进, 挺立潮头!

本书系的出版得到了北京广播学院领导和有关部门的大力支持, 尤其得到中国广播电视出版社有关领导, 及各位编辑的合作与支持。在此, 我谨代表北京广播学院《数字广播电视技术书系》编辑委员会, 向参加该书系编写的全体作者和有关领导及一切为该书系出版作出贡献的同仁一并深表谢意。

北京广播学院



2002 年 5 月

前言

数字电视与高清晰度电视是现代科学技术,尤其是现代电子技术、通信技术和计算机技术等高度发展的综合结晶,是当代信息社会中重要的信息技术组成部分。实现广播电视诸多技术的数字化已成为当前广播电视技术发展的主流。与模拟电视技术相比,数字电视具有诸多的优点和更高的音像质量,但是在电路组成、信息处理、设备构造、运行原理及实践方法上都更加复杂。帮助广大电视技术工作者较好地掌握数字电视与高清晰度电视中信号的产生和变换,以及传输和再现的过程,掌握数字电视设备的工作原理和技术特点,以迎接新时代的挑战,是本书的编写目的。

本书的读者对象主要是从事广播电视技术工程设计、科研开发和技术维护的工程师以上的科技人员,也可作为高等院校相关专业本科生、研究生的教学用书或学习参考书,同时也可供信息产业系统的工程技术人员参考。

本书共分8章。第1章讲述了数字电视与模拟电视的主要区别,数字电视信号的特点,数字信号的形成过程、变换标准及传送方式等。第2章讲述信源编码,即数码压缩,较全面介绍了数字信号码率压缩的必要性和可能性,具体分析了目前流行的几种压缩编码方案及其工作原理。第3章讲述码率压缩的标准化方案,主要介绍H.261、JPEG、MPEG-1、MPEG-2等几种主要的国际标准压缩方案及参数。第4章讲述信道编码即误码控制编码,较系统地介绍了几种码型的特点和选择码型的原则,较全面地分析了误码控制的基本原理、检错纠错与掩错的基本原理和几种主要的信道编码方式。第5章讲述数字高清晰度电视,较详细地叙述了高清晰度电视发展的过程,各种数字高清晰度电视的制式标准,我国数字高清晰度电视演播室参数标准及其传送格式和标准。第6章讲述数字电视地面广播标准,具体介绍了美国ATSC数字电视技术系统、VSB接收机、欧洲DVB-T数字电视系统及日本ISDB-T数字电视系统等。第7章讲述数字电视广播系统中的业务信息,较详细地介绍了数字电视广播系统的基本模式、业务群结构、DVB业务信息及电子节目传送方式等。第8章讲述数字电视接收,主要介绍了机顶盒的功能特点、数字电视广播的条件接收以及加密原理等内容。

本书第1、2、3、4章由王明臣编写,第5、7、8章由姜秀华编写,第6章由张永辉编写,全书由张永辉审校。本书在编写出版的过程中得到了北京广播学院有关领导与中国广播电视出版社有关领导的大力支持。同时,出版社各位有关编辑为本书的

按时出版和提高出版质量做出了不懈的努力。借此机会对所有为本书的出版给予鼓励帮助的领导、编辑和相关人士深表谢意。

限于水平和经验，加之资料不足和时间仓促，书中难免有缺点和错误之处，希望广大读者提出批评和建议，共同为不断提高我国广播电视技术水平和发展广播电视事业而努力。

北京广播学院

作者

2002年8月1日

内 容 提 要

本书是《数字广播电视技术书系》之一种，全面地、系统地介绍了数字电视和高清晰度电视的基本原理和基本概念，并深入分析了数字信号处理、传送和接收的基本过程。

全书共分8章，分述了：电视信号的模数转换、信源编码、码率压缩的标准化方案、信道编码、数字高清晰度电视、数字电视地面广播标准、数字电视广播系统中的业务信息、数字电视接收。特别是较深入地讲解了各种数码压缩变换、误码校正的具体过程和实现方法，数字电视和高清晰度电视的实现过程及其各种参数、接口标准、数字电视信号的国家标准与国际标准，并具体讲述了数字电视信号的各种接收方式。

本书主要的读者对象是在广播电视技术领域第一线工作的工程设计、科研开发和设备操作维护的工程技术人员，也可作为高等院校相关专业的教材和教学参考书使用。

目 录

第1章 电视信号的模数转换	(1)
1.1 数字信号与模拟信号的比较	(1)
1.1.1 模拟信号及其特点	(1)
1.1.2 数字信号及其特点	(2)
1.2 数字信号的产生过程	(2)
1.2.1 数字设备系统的基本组成	(2)
1.2.2 取样	(3)
1.2.3 量化	(11)
1.2.4 编码	(19)
1.2.5 模/数转换器举例	(22)
1.2.6 电视信号数字化的国际标准	(23)
1.3 数/模转换	(27)
1.3.1 数/模转换器的组成	(27)
1.3.2 数字解码电路	(28)
1.3.3 内插低通滤波器	(31)
1.4 数字信号的传输接口	(32)
1.4.1 数字信号的比特并行传输	(32)
1.4.2 数字信号的比特串行传输与时分复用	(38)
第2章 信源编码	(48)
2.1 码率压缩的必要性与可能性	(48)
2.1.1 数码率与信道容量	(48)
2.1.2 信息、信息量与信息熵	(49)
2.1.3 图像信号的冗余	(52)
2.1.4 码率压缩编码方式的分类	(57)
2.1.5 码率压缩编码与解码电路的组成	(58)
2.2 预测编码	(59)
2.2.1 预测编码基本概念	(59)

2.2.2	前值预测编码	(60)
2.2.3	一维预测编码与二维预测编码	(62)
2.2.4	三维预测编码与运动补偿	(65)
2.3	正交变换编码	(67)
2.3.1	正交变换编码基本原理	(67)
2.3.2	离散傅氏变换	(69)
2.3.3	离散余弦变换 (DCT)	(72)
2.3.4	沃尔什变换	(76)
2.3.5	DCT 系数的量化	(78)
2.4	熵编码	(81)
2.4.1	熵编码的概念	(81)
2.4.2	可变字长熵编码	(82)
2.4.3	游程编码	(86)
2.5	小波变换编码	(87)
2.5.1	小波变换的基本概念	(87)
2.5.2	离散序列小波变换	(91)
2.5.3	二维小波变换及其图像处理	(95)
2.5.4	矢量量化与图像数据压缩	(100)
第3章	码率压缩的标准化方案	(105)
3.1	H.261 标准方案	(105)
3.1.1	数据容量与位率	(105)
3.1.2	图像格式与压缩比	(106)
3.1.3	图像数据的层次结构与复用编码	(108)
3.1.4	H.261 标准图像编、解码电路的组成	(109)
3.2	JPEG 标准方案	(111)
3.2.1	JPEG 标准方案的产生	(111)
3.2.2	JPEG 不可逆压缩编码方案	(111)
3.2.3	JPEG 可逆压缩编码方案	(112)
3.3	MPEG-1 标准方案	(113)
3.3.1	MPEG-1 标准方案的目标	(113)
3.3.2	MPEG-1 标准的格式与数据分层结构	(113)
3.3.3	MPEG-1 标准的编码电路的组成	(116)
3.3.4	MPEG-1 标准的解码电路的组成	(118)
3.4	MPEG-2 标准方案	(119)
3.4.1	MPEG-2 的处理序列	(119)
3.4.2	MPEG-2 的类和级	(120)
3.4.3	MPEG-2 的系统结构	(123)

第4章 信道编码	(132)
4.1 码型的选择	(132)
4.1.1 码型选择的基本原则	(132)
4.1.2 码型的分类及其特点	(133)
4.1.3 二元码的种类及其特点	(135)
4.2 误码产生的原因及影响	(138)
4.2.1 二元码产生误码的过程	(138)
4.2.2 误码率与信杂比的关系	(138)
4.2.3 定时判决脉冲时基抖动的影响	(142)
4.2.4 眼图	(143)
4.3 误码控制编码方式	(144)
4.3.1 误码控制的基本概念	(144)
4.3.2 奇偶校验编码方式	(150)
4.3.3 里德-索洛蒙码纠错编码	(151)
4.3.4 卷积码的纠错编码	(156)
4.3.5 检纠突发性误码的编码方式	(161)
第5章 数字高清晰度电视	(165)
5.1 高清晰度电视的发展过程	(166)
5.1.1 模拟高清晰度电视	(166)
5.1.2 数字高清晰度电视	(167)
5.2 数字高清晰度电视演播室参数标准	(169)
5.2.1 传统隔行扫描数字高清晰度电视视频参数	(169)
5.2.2 方型像素通用数字高清晰度电视视频格式	(170)
5.3 我国数字高清晰度电视演播室参数标准	(171)
5.3.1 有关参数的选择	(171)
5.3.2 数字 HDTV 演播室视频参数	(174)
5.3.3 编码方程	(174)
5.3.4 24P 格式	(178)
5.4 数字高清晰度电视演播室视频信号接口	(179)
5.4.1 通用信号格式	(179)
5.4.2 比特并行接口	(183)
5.4.3 比特串行接口 (SDI: Serial Digital Interface)	(186)
第6章 数字电视地面广播标准	(190)
6.1 概述	(190)
6.2 ATSC 数字电视系统	(191)

6.2.1 简说	(191)
6.2.2 ATSC 的图像源格式	(191)
6.2.3 ATSC 的信道编码	(192)
6.2.4 VSB 接收机	(204)
6.2.5 ATSC 的总体性能	(208)
6.3 DVB-T 数字电视系统	(209)
6.3.1 简说	(209)
6.3.2 MPEG-2 系统标准在 DVB 中的实施	(210)
6.3.3 DVB-T 的信道编码和调制传输	(210)
6.4 日本的 ISDB-T 数字电视系统	(226)
6.4.1 简说	(226)
6.4.2 ISDB-T 概要	(227)
6.4.3 信道编码方式	(232)
6.4.4 调制方式	(233)
6.4.5 传输和复用配置控制 (TMCC)	(241)
6.4.6 接收系统	(242)
6.4.7 补充说明	(243)
第 7 章 数字电视广播系统中的业务信息	(245)
7.1 数字电视广播系统中的业务信息定义	(245)
7.1.1 数字电视广播系统模式	(245)
7.1.2 业务群结构	(246)
7.1.3 业务信息 (SI) 的总体结构	(247)
7.2 业务信息表	(248)
7.2.1 MPEG-2 定义的节目特定信息 (PSI)	(248)
7.2.2 SI 标准定义的业务信息	(249)
7.2.3 业务信息表的传输	(250)
7.3 描述符 (descriptor)	(252)
7.3.1 描述符可能应用的位置	(253)
7.3.2 几种主要的描述符	(255)
7.4 电子节目指南 EPG	(261)
7.4.1 EPG 的功能	(261)
7.4.2 EPG 的生成	(261)
第 8 章 数字电视接收	(263)
8.1 机顶盒 (Set Top Box, STB)	(264)
8.1.1 机顶盒的基本功能及发展过程	(264)
8.1.2 各种机顶盒的特点	(265)

8.1.3 数字有线电视机顶盒系统结构	(267)
8.1.4 软件机顶盒	(268)
8.1.5 中间件 (Middle Ware)	(269)
8.2 数字电视广播中的条件接收	(270)
8.2.1 数字电视广播条件接收基础知识	(271)
8.2.2 数字电视广播 CA 系统结构及原理	(272)
8.2.3 加密原理	(275)
8.2.4 数字电视广播中传送条件接收信息	(277)
8.2.5 同密和多密模式	(278)
8.2.6 软件 CA 平台模式	(281)
8.2.7 CA 发展方向	(282)

第1章 电视信号的模数转换

1.1 数字信号与模拟信号的比较

所谓信号,是用某种物理量(如电、磁、光等)来代表某种信息(如声、像、文字等所包含的信息)的形式或符号。通常,按表示形式可分为两大类,即模拟信号和数字信号。

1.1.1 模拟信号及其特点

模拟信号的特点表现为连续性,在时间轴上是连续的,即每个时刻都存在一个信号幅值与之对应(也包括零幅值),在幅度轴上也是连续的,即信号幅值在其动态范围(最小值到最大值的变化范围)之内的每个幅度水平上都可能存在。以电压模拟信号为例,如图1-1所示。图1-1(a)为声音模拟信号,图1-1(b)为黑白电视模拟信号。

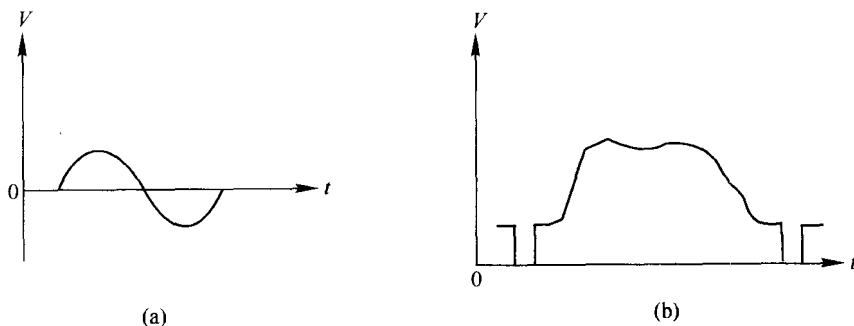


图 1-1 电压模拟信号

长期以来,声音、图像或文字等信号的处理与传送方式,均采用模拟信号方式。模拟信号的缺点是信号受干扰杂波影响大,一旦窜入振幅性干扰杂波,与信息内容叠加后将无法区分而形成干扰。另外,模拟信号电路的调整复杂,信号存储与延迟电路实现较困难,也不便于利用信号时间轴的压缩、扩张来实现信号的各种变换,尤其难于实现多媒体化和网络化。这些都使模拟信号的使用受到一定的限制。

1.1.2 数字信号及其特点

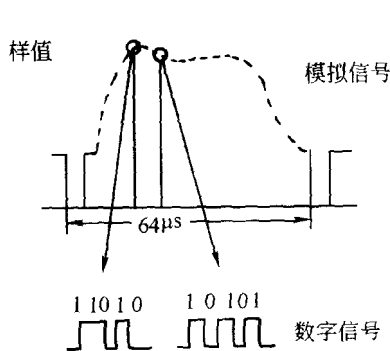


图 1-2 数字信号

数字信号是将代表信息的物理量以一系列数据组的形式来表示,其主要特点表现为离散性。它在时间轴上是离散的,即单位时间内存在着有限个数据组(或称样值);在幅度轴上也是离散的,即每个数据存在于有限个状态数(或称量化等级)上。在数字信号情况下,电路中处理的信号是一系列数据流,图 1-2 中表示了两个数字信号(11010 及 10101),在电路中每一组脉冲串代表一个具体的数据(量化级)。

数字信号具有许多突出优点,首先是信号抗干扰能力强。由于用二进制数表示的数据脉冲只有 0、1 两个幅值,故振幅性干扰可以通过限幅加以消除。数字信号经过处理、变换或传输,干扰杂波不会积累。数字电路或设备容易调整和实现自动化操作,一致性和互换性好,稳定性高,便于大规模集成化生产。数字信号的另一方面的优点是便于存储、延迟和变换。通过改变存储器的读出顺序,又可以在空间坐标轴上对数字信号实现各种空间变换。更为重要的优点则是可以实现多媒体化与网络化。

模拟信号数字化中存在的问题首先是数字信号的数码率(即单位时间处理的比特数)高,占用频带宽。彩色分量电视信号的数码率超过 200Mb/s(兆比特/秒),基带宽度超过 100MHz,若不进行码率压缩,很难实现数字信号的处理与传输。其次是数字信号在通道传输或处理中会产生数据的丢失或错误,必须利用检错或纠错来加以克服。目前,上述问题已经得到了很好的解决。

1.2 数字信号的产生过程

1.2.1 数字设备系统的基本组成

目前在整个电视系统中仍然以模拟信号广播,相应的电路及设备也都工作在模拟信号状态。因此,作为局部的独立数字信号电路及设备,例如数字特技机、数字录像机或数字TBC(时基校正器)等,在与模拟电路或设备配合组成电视系统时,它们的输入及输出信号仍然是模拟信号,故必须利用接口电路来实现模/数(A/D)转换与数/模(D/A)转换,图 1-3 中表示出一个独立数字设备之基本组成。输入端来自模拟信号设备的模拟信号,首先经过 A/D 转换器转换为数字信号,然后送入数字处理设备进行

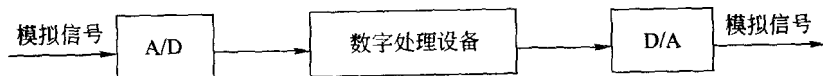


图 1-3 数字设备基本系统组成

数据的变换、存储、延迟等处理,最后送入数/模转换器转换回模拟信号,送入其他模拟信号处理设备。

A/D转换器的作用是把连续变化的模拟信号转换为离散的数字信号,其示意图如图1-4所示。它主要包括取样、量化和编码三大部分。取样,是实现时间轴上的离散化;量化,是实现幅度轴上的离散化;编码,是实现把离散化了的数据用二进制码型表示,进而变为一系列的电脉冲。以下对各部分的工作过程作进一步介绍。

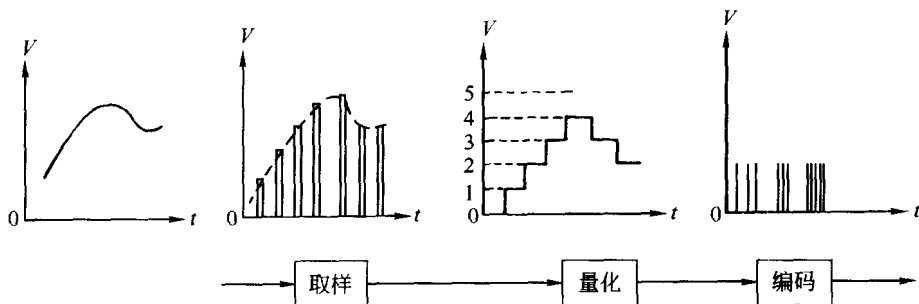


图 1-4 A/D 转换器示意图

1.2.2 取样

(1) 取样的概念

取样又称抽样或采样,它是把时间上连续的模拟信号变成时间上离散的有限个样值的信号。这是模拟信号数字化过程中必需的第一步信号处理措施。通过后面的分析中可以知道,由这个时间上离散的信号中可以恢复出原来的模拟信号,即取样过程不会造成模拟信号信息的损失。

(2) 取样的过程

图1-5中表明取样的过程。在模拟信号通路中串入一个由取样脉冲控制的电子开关,当脉冲到来时开关合上,信号通过它并把其幅值保留在电容器 C_0 上,而脉冲过去后开关即打开。这样,就把时间轴上连续的模拟信号变成了离散的脉冲信号。这个过程,实质上是利用模拟信号对脉冲信号进行振幅调制。这里,电容 C_0 起电压保持作用,使取出的信号幅值保持一段时间(一个取样间隔),以便随后实现量化和编码。

(3) 取样参数的选择

① 取样定理

根据数学上的傅里叶变换原理,在一定条件下,一个时间函数 $f(t)$ 可以变换成一个相应的频率函数 $F(\omega)$ 。

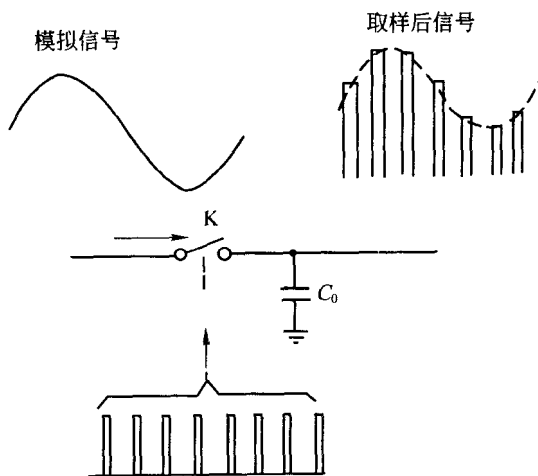


图 1-5 取样的过程