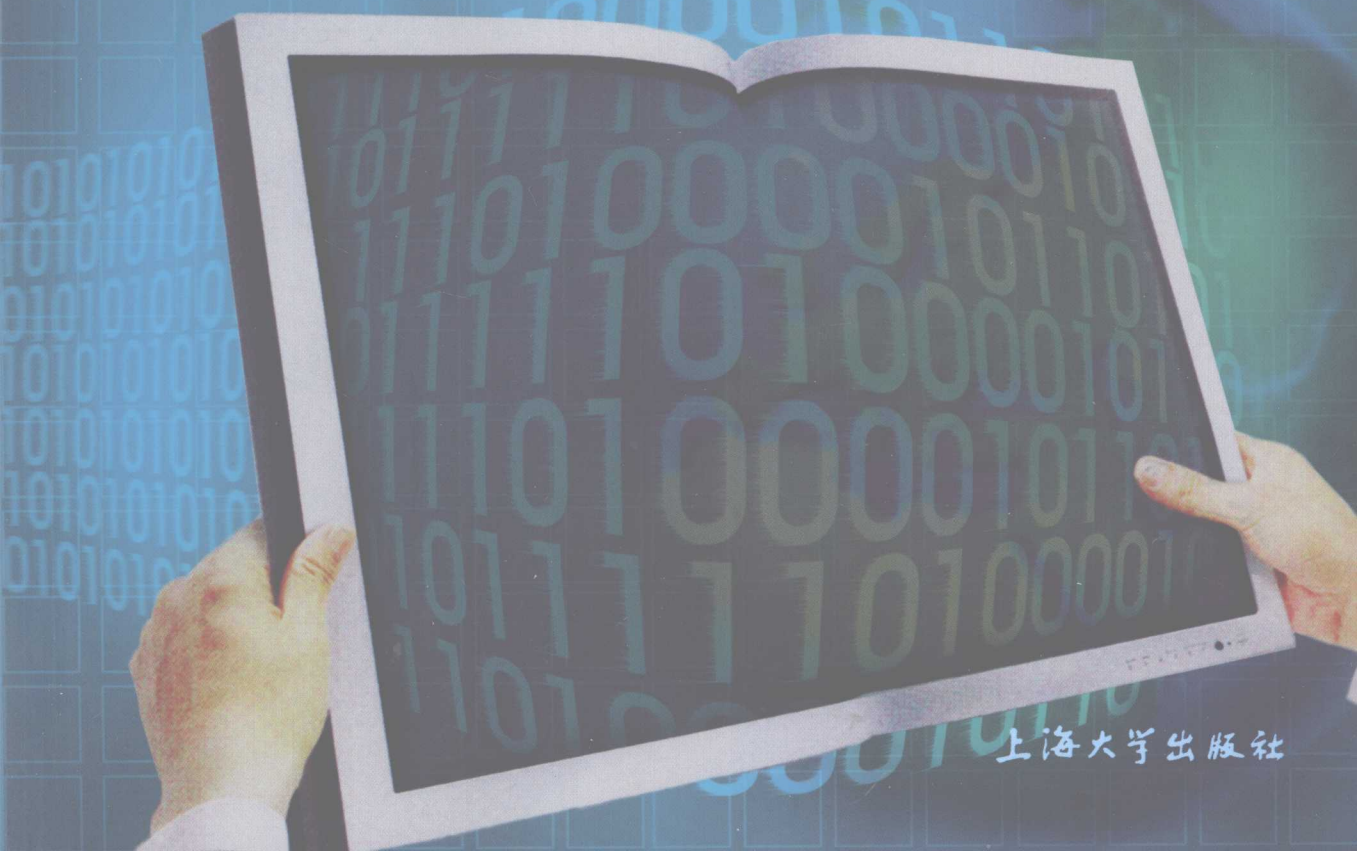


上海市高校教育高地建设项目

SHUZI DIANSHI ZHIBO XITONG

数字电视 制播系统

翁志清 陈伟平 编著



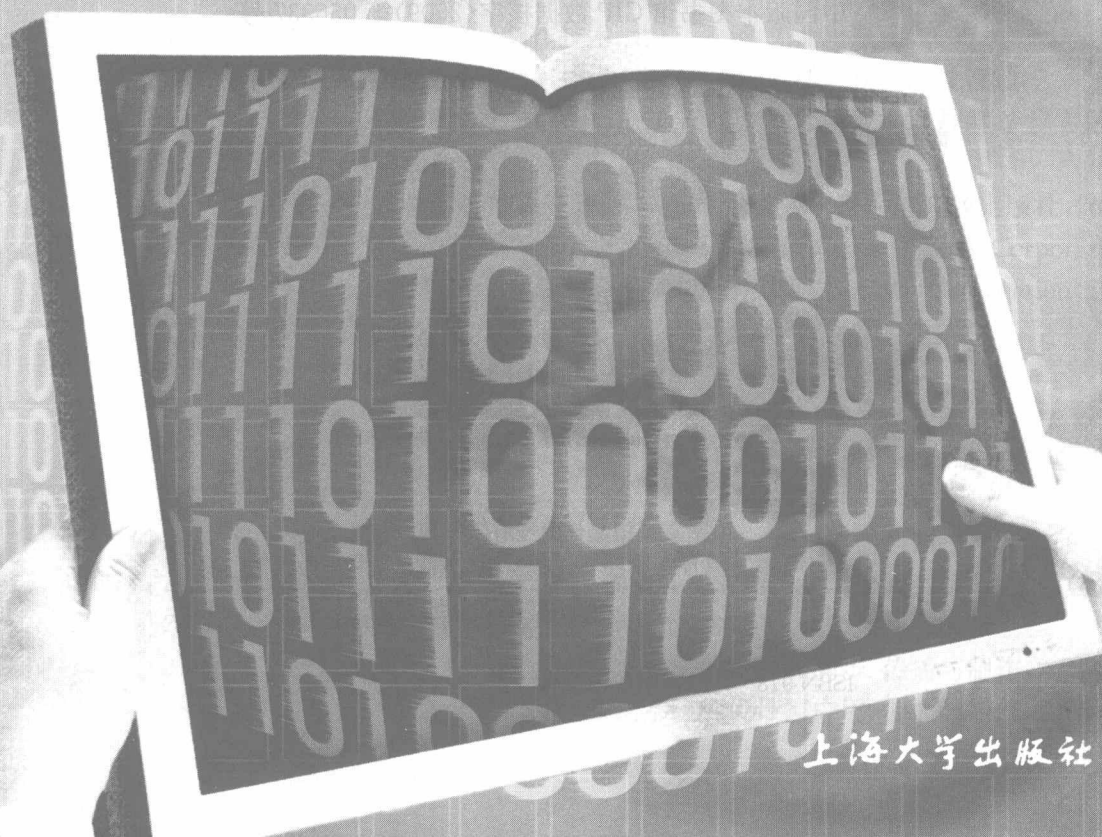
上海大学出版社

上海市高校教育高地建设项目

SHUZI DIANSHI ZHIBO XITONG

数字电视 制播系统

翁志清 陈伟平 编著



上海大学出版社

内 容 提 要

本书是专门针对影视艺术技术、广播电视、教育技术等专业,为学生较系统地了解广播电视制播技术方面的基本知识、培养学生掌握整个电视制播技术流程中的相关设备及系统的应用能力而编写的教材。全书共分七章,分别为视音频信号数字化与压缩编码技术、数字电视制播技术参数标准、数字电视制播系统概述、数字电视节目前期摄录系统、数字电视节目后期制作系统、数字电视演播系统、数字播出系统。为帮助读者复习巩固所学知识,每章后面都附有思考与练习题。全书的编著力图做到:反映 21 世纪数字电视制播新理论、新技术、新标准、新成果;论述上注重系统原理,避免数学推导和证明;注重理论与实际应用的结合,较全面地阐述数字电视制播技术的基础理论、关键技术、重要标准和系统构建原理。

图书在版编目(CIP)数据

数字电视制播系统/翁志清,陈伟平编著. —上海:上海大学出版社, 2009. 5

ISBN 978-7-81118-451-8

I. 数… II. ①翁…②陈… III. 数字电视—电视节目—制作—高等学校—教材 IV. G222.3 TN941.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 056337 号

责任编辑 王悦生

封面设计 柯国富

技术编辑 金鑫章斐

数字电视制播系统

翁志清 陈伟平 编著

上海大学出版社出版发行

(上海市上大路 99 号 邮政编码 200444)

(<http://www.shangdapress.com> 发行热线 66135110)

出版人:姚铁军

*

南京展望文化发展有限公司排版

上海第二教育学院印刷厂印刷 各地新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 16.75 字数 408 千字

2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1~3 100

ISBN 978-7-81118-451-8/TN·012 定价: 26.00 元

前言

近十年来,随着视音频编码技术、码率压缩技术和计算机自动控制技术的发展,促进了摄录像技术和节目制作设备的数字化和智能化;数字特技、非线性编辑和虚拟演播室技术的发展,使电视节目更加丰富多彩和赏心悦目;数字播出技术、宽带网络技术和数字传输技术的发展,带来了网络化广播电视的一场变革。目前,电视制播系统从传统的模拟式逐步走向数字化,再从数字化进一步走向数据化、网络化,这已经成为电视制播技术的主要发展方向。本书主要围绕数字电视节目制播系统的构成原理较全面地介绍了制播系统涉及的相关基本知识与技术原理、制播系统中主要设备的原理与功能以及制播系统的构成与设计应用等方面的内容。

本书是专门针对影视艺术技术、广播电视、教育技术等专业,为让学生较系统地了解广播电视制播技术方面的基本知识、培养学生掌握整个电视制播技术流程中的相关设备及系统的应用能力而编写的教材。在编写过程中兼顾了高等院校数字媒体专业课程设置的特点和一般读者的知识面,增加了数字化技术与数字电视制播技术密切相关的理论知识,便于读者完整地掌握数字电视制播系统的理论体系。

全书共分七章,分别为视音频信号数字化与压缩编码技术、数字电视制播技术参数标准、数字电视制播系统概述、数字电视节目前期摄录系统、数字电视节目后期制作系统、数字电视演播系统、数字播出系统。为帮助读者复习巩固所学知识,每章后面都附有思考与练习题。全书的编著力图做到:反映 21 世纪数字电视制播新理论、新技术、新标准、新成果;论述上注重系统原理,避免数学推导和证明;注重理论与实际应用的结合,较全面地阐述数字电视制播技术的基础理论、关键技术、重要标准和系统构建原理。

本书中的第 1 章至第 4 章由翁志清编写,第 5 章至第 7 章由陈伟平编写。本书在编写过程中参阅了国内外的文献资料、论文和设备产品资

料,并得到了有关专家和第一线技术人员的帮助和指导,在此一并表示衷心的感谢。由于编者理论水平和实践经验有限,在内容的编写和安排等方面难免存在不妥之处,敬请读者批评指正,提出宝贵意见和建议。

编 者

2008 年 10 月

目 录

第 1 章 视音频信号数字化与压缩编码技术	001
1.1 电视系统的视频和音频信号数字化处理	001
1.1.1 视频信号的数字化	002
1.1.2 音频信号的数字化	005
1.1.3 数字视音频信号的比特率和所需存储容量	009
1.2 数字视音频压缩编码技术	010
1.2.1 数字视频压缩编码	011
1.2.2 数字音频压缩编码	015
1.3 视音频信号的压缩编码标准	019
1.3.1 图像压缩编码的标准	019
1.3.2 声音压缩编码标准	025
1.4 视频转码技术	028
1.4.1 视频转码技术的分类	029
1.4.2 视频转码方式	030
1.4.3 视频转码技术的实现	030
思考与练习题 1	031
第 2 章 数字电视制播技术参数标准	033
2.1 数字演播室的定时与同步	033
2.1.1 定时与同步	034
2.1.2 电视制播系统的同步基准信号	041
2.2 演播室数字电视信号参数标准	043
2.2.1 演播室数字视频参数	043
2.2.2 演播室数字音频参数	046
2.2.3 电视节目图像与声音的质量评价	047
2.3 演播室数字视频和数字音频接口标准	052
2.3.1 数字视频接口标准	052
2.3.2 数字音频接口标准	066
思考与练习题 2	075

第3章 数字电视制播系统概述	077
3.1 数字电视系统技术概况	077
3.1.1 数字电视系统技术的发展	077
3.1.2 数字电视广播系统及其特点	078
3.1.3 数字电视中心技术	080
3.2 数字电视节目制作系统	083
3.2.1 传统的电视节目制作系统	083
3.2.2 网络化电视节目制作系统	087
3.2.3 网络制作模式与传统独立制作模式比较	089
3.3 数字电视播控中心	090
3.3.1 电视播控方式的发展	090
3.3.2 数字电视播控的系统构成	091
3.3.3 数字播控系统的基本功能	093
3.3.4 数字播控系统的核心技术	093
3.3.5 总控系统	094
思考与练习题3	096
第4章 数字节目前期摄录系统	097
4.1 数字电视摄像机	097
4.1.1 数字电视摄像机的分类和特点	098
4.1.2 数字电视摄像机的工作机理	100
4.1.3 数字电视摄像机的性能	107
4.1.4 数字电视摄像机常用配件	111
4.1.5 数字电视摄像机的使用与维护	114
4.2 数字磁带录像机	127
4.2.1 数字磁带录像机的分类和主要格式	127
4.2.2 数字磁带录像机的基本机理与主要特性	135
4.2.3 数字磁带录像的新特征和新一代数据记录方式录像存储设备	138
4.2.4 数字磁带录像机的使用与维护	140
思考与练习题4	152
第5章 数字节目后期制作系统	153
5.1 数字节目后期制作系统概述	153
5.2 数字视频切换台	154
5.2.1 概述	154
5.2.2 视频切换台的传统特技功能	154
5.2.3 数字视频切换台的组成	157
5.3 数字视频特技	158
5.3.1 概述	158

5.3.2	数字视频特技的基本原理	159
5.4	非线性编辑系统	160
5.4.1	概述	160
5.4.2	非线性编辑系统的组成和分类	161
5.4.3	非线性编辑系统基本原理	162
5.5	数字节目现场制作系统	166
5.5.1	数字转播车系统	166
5.5.2	便携式数字节目现场制作系统	179
5.6	数字音频系统	180
5.6.1	数字音频工作站的概念	180
5.6.2	数字音频工作站的类型	181
5.6.3	数字音频工作站的构成及实现	183
	思考与练习题 5	188
第 6 章	数字电视演播系统	189
6.1	数字电视演播中心概述	189
6.1.1	数字演播室的建立	189
6.1.2	数字演播室的基本构架和设计原则	191
6.1.3	数字演播室视音频系统设备	192
6.2	新闻中心节目制播网络	195
6.2.1	新闻中心节目制播网络简介	195
6.2.2	实现新闻制作网络的一些难题	198
6.2.3	某省级电视台新闻中心的设计介绍	207
6.2.4	制播一体化网络系统的维护	215
6.3	虚拟演播室系统	216
6.3.1	虚拟演播室系统概述	216
6.3.2	虚拟演播室的构成和工作原理	216
6.3.3	虚拟演播室关键技术	218
6.3.4	虚拟演播室技术在不同电视节目中的应用	225
6.3.5	虚拟演播室节目制作的运作流程	226
6.3.6	虚拟演播室网络化	227
	思考与练习题 6	228
第 7 章	数字播出系统	230
7.1	数字播出系统概述	230
7.2	视频服务器	231
7.2.1	视频服务器的概念	231
7.2.2	视频服务器的构成	231
7.2.3	视频服务器的数字视音频压缩格式	232

7.2.4	视频服务器的信号输入	234
7.2.5	视频服务器的存储技术	235
7.2.6	视频服务器的组网技术	236
7.2.7	视频服务器的控制协议	237
7.2.8	视频服务器的特点	237
7.2.9	视频服务器的应用	237
7.3	数字视频矩阵	240
7.3.1	矩阵概述	240
7.3.2	数字矩阵在转播车的应用	245
7.3.3	数字矩阵在电视播控中心的应用	247
7.4	硬盘播出系统	251
7.4.1	硬盘播出系统的结构	252
7.4.2	数字播出系统的播控软件	255
7.4.3	数字播出系统的未来发展	257
思考与练习题 7		257
参考文献		259

第 1 章 视音频信号数字化与压缩编码技术

本章内容提要

- ◎ 视频信号和音频信号的数字化以及数字视音频信号的比特率和所需存储容量
- ◎ 数字视频压缩编码基本方法和数字音频压缩编码基本方法
- ◎ 图像压缩编码的标准和声音压缩编码标准
- ◎ 视频转码技术的分类、视频转码方式、视频转码技术的实现

崭新的 21 世纪已经到来,对于广播电视而言,新的纪元——数字时代也已经到来。数字视频以模拟技术不可比拟的优势展示在人们面前。自 20 世纪中后期,随着计算机技术、网络技术的发展,广播电影电视制作和播出技术的数字化、网络化和信息化进展飞速,数字摄录/编辑设备、非线性编辑系统、硬盘存储节目的全自动播出系统、自动播控系统被广泛采用,数字演播室、虚拟演播室、数字节目制作系统、数字音频工作站、数字电视传送系统等技术也逐步应用,是我们感受着数字化时代的到来,感受着科技创新给广播电影电视带来的挑战和机遇。

1.1 电视系统的视频和音频信号数字化处理

电视系统的整体数字化使节目摄录、后期制作、信号传输和节目播出都带来了巨大变化。电视系统的整体数字化将使得通信、广播和计算机因广播电视数字化而最终融合。同时,信息的形式将会发生很大变化,不再是简单的声音、图形、图像,而是多种格式和媒体的组合。完全不同媒体的广播、电视、通信和计算机,在整体数字化后,在数字领域中都是用同一种符号“0”和“1”来表示。由于视音频数字化已是成熟的技术,这里仅对数字化处理要点作一介绍,以期读者能对其有一基本的了解。

1.1.1 视频信号的数字化

视频信号从模拟信号变为数字信号必须经过三个步骤,即取样、量化和编码。其中取样是时间离散过程,量化是幅度离散过程,编码是用二进制代表的数字式信号。

1.1.1.1 取样

取样是利用取样脉冲序列从连续信号中抽取一系列的离散样值,这些离散信号叫做取样信号。图 1-1-1 显示了“取样”的过程。该图以 3 个取样为例,表明对模拟信号是怎么进行取样的,如果取样周期为 t ,由于取样是周期重复,因而其取样频率为 $f_s = 1/t$ 。取样过程必须满足取样定理(奈奎斯特取样准则)的条件,即取样频率必须大于原模拟信号频谱中最高频率的 2 倍 ($f_s \geq 2f_m$)。

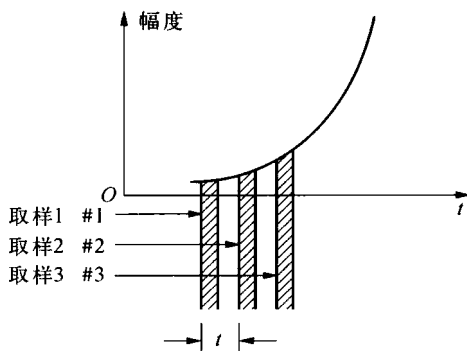


图 1-1-1 对模拟信号进行取样

图 1-1-2 中的情况属理想情况,信号基带带宽位 f_m ,对基带信号进行取样就相当于对此信号进行调幅(调制信号位取样频率),调幅产生上、下边带,并且这上、下两个边带带宽相同。

在实际应用中,在数字化之前一般要加一个低通滤波器,以限制基带信号的带宽。但由于其截止特性不是理想的那样陡峭,而是缓慢下降,与理想情况不一样。如果按理想情况选取取样频率,就会在基带信号与下边带之间出现交错,从而产生干扰,引起信号失真。一般取样频率选在 $2.5f_s$ 左右,其示意图如图 1-1-3 所示。

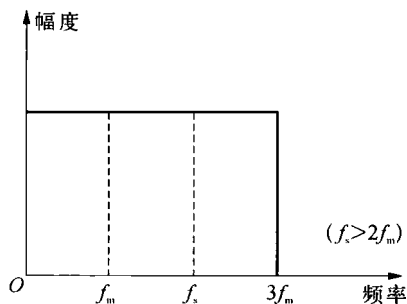


图 1-1-2 取样奈奎斯特准则

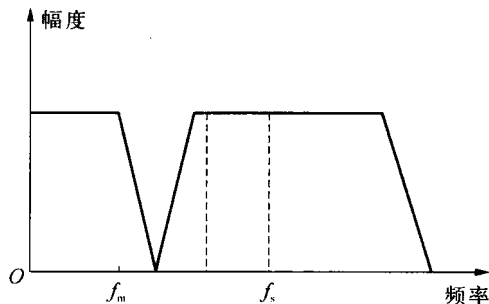


图 1-1-3 取样频率实际考虑

因此,视频信号取样频率的选择必须遵循如下三个条件:

- (1) 满足取样定理的要求: $f_s \geq 2f_m$ 。
- (2) 防止混叠失真。当 $f_s < 2f_m$ 时,低通滤波器除原频谱没有被完全取出外,还混入相邻周期中的频谱,形成附加信号产生失真,造成图像网纹干扰,叫做混叠失真。为了防止混叠失真,要求 $f_s = (2.2 \sim 2.7)f_m$ 。
- (3) 正交结构。样点结构图是每行对齐、每场重复,称为正交结构,要求取样点位置分布应成正交结构,便于信号处理。

1.1.1.2 量化

量化是将取样的样值在幅度方向对信号进行数字化。就是度量每一个取样值,然后归并于设定的量化电平中的电平上。这样用有限个量化电子来代替无数个取样电平,使原来幅度连续变化的模拟信号变成了一系列离散的量化电平值。量化包括两种方式:一是只舍不入(截尾方式),即当取样电平处在两个量化等级之间时,将其归并到下面的量化等级上,而把超过的部分舍去;二是四舍五入(舍取方式),即当取样信号电平超过某一量化等级一半时归并到上一量化等级,低于该量化等级之半时归并到下一量化等级。

图 1-1-4 显示了量化过程。假设原来模拟信号是一个逐渐上升的锯齿信号,那么经量化后信号就变成了阶梯信号。很明显,两者是不同的,存在着差别和失真,但只要将量化电平分得很细,其阶梯信号就愈来愈不明显,就越接近于锯齿信号。显然,将量化电平分得越细,其失真程度就会越低。但数字化后的比特率也会成倍增加;如果选得太低,信号就会出现轮廓效应,并伴有量化噪波。

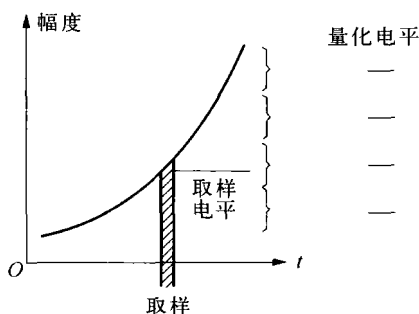


图 1-1-4 量化

当信号在整个动态范围内时,可分为 M 个量化等级,量化等级 M 常用量化比特数 n 来表示,它们之间的关系为 $M = 2^n$ 。

目前对取样信号的量化主要有两种方式,即均匀量化和非均匀量化。对于 PAL 制信号的量化,亮度信号 Y、色差信号 R-Y 和 B-Y 选用 8 bit 或 10 bit 量化,代码电平从 0~255 或 0~1023,并且图像量化为了防止非线性失真采用均匀量化方式。但在摄像机中由于模拟视频信号先要经过 γ 校正处理,而 γ 校正类似于非线性量化特性,可以减轻小信号时的噪声的影响,一般使用非均匀量化方式。

1.1.1.3 编码

编码是将已量化的电平编成二进制或其他进制的数码,最简单的编码方式是二进制编码。二进制编码是用 n 比特二进制数码来表示已经量化的样值,每一个二进制对应一个量化值,然后把它们排列,得到由二值脉冲组成的数字信息流。从图 1-1-5 中可以看出,对于一个模拟信号,右边第一竖行采用 4 个量化电平,通常用 2 bit 码表示(00, 01, 10, 11)。如果这 4 个电平仅是 256 个量化电平中的一部分,那么就要用 8 bit 码加以表示。8 bit 二进制码如图 1-1-5 中右侧第二竖行表示。

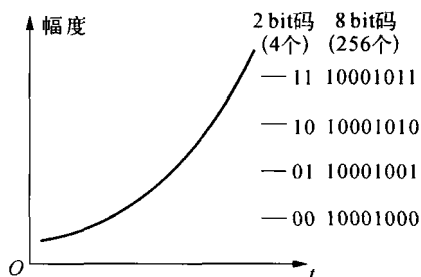


图 1-1-5 编码

制码如图 1-1-5 中右侧第二竖行表示。

二进制编码常用三种形式:一是自然二进制,它和二进制数一一对应,它的权重码每一位都有确定大小,从最高位到最低位依次为 $2^n, 2^{n-1}, \dots, 2^2, 2^1, 2^0$;二是交替二进制(格雷码),指任何 4 的位数只有一个码发生变化,不是权重码,不能直接运算,必须先变成自然二进制码,才能变换成模拟信号;三是折叠二进制码,以量化范围的中心为折叠线,上下对称地以自然二进制码排列,下半部分的最高位“1”代表负

号,上半部分的最高位“0”代表正号,适用于双极性信号,例如声音信号和色差信号。表 1-1-1 所示为三种二进制编码方式的比较($n=4$ bit)。

表 1-1-1 三种二进制编码方式的比较($n=4$ bit)

十进制数	自然二进制	交替二进制	折叠二进制
0	0000	0000	0111
1	0001	0001	0110
2	0010	0011	0101
3	0011	0010	0100
4	0100	0110	0011
5	0101	0111	0010
6	0110	0101	0001
7	0111	0100	0000
8	1000	1100	1000
9	1001	1101	1001
10	1010	1111	1010
11	1011	1110	1011
12	1100	1010	1100
13	1101	1011	1101
14	1110	1001	1110
15	1111	1000	1111

针对模拟视频信号形式的不同,可以分为分量编码和复合编码。

分量编码是指对亮度信号 Y 和两个色差信号 $R-Y$ 、 $B-Y$ 分别进行取样、量化和编码的过程。对于 625 行/50 场 PAL 制,亮度信号每行取样点为 864 个,色差信号每行取样点为 432 个, $f_H=15\ 625$ Hz; Y 取样频率为 13.5 MHz,色差信号 $R-Y$ 、 $B-Y$ 取样频率分别为 6.75 MHz;对于 525 行/60 场 NTSC 制,亮度信号每行取样点为 858 个,色差信号每行取样点为 429 个, $f_H=15\ 734$ Hz; Y 取样频率为 13.5 MHz,色差信号 $R-Y$ 、 $B-Y$ 取样频率同样为亮度信号取样频率的一半,即分别为 6.75 MHz。可以看出,亮度信号与两个色差信号三者的取样频率的比例关系为

$$f_s(Y) : f_s(R-Y) : f_s(B-Y) = 4 : 2 : 2$$

以上这种选择取样频率的方式称为 4:2:2 标准。

复合编码是指对彩色全电视信号直接进行模/数转换,其中 PAL 制取样频率选择 $f_s = 4f_{sc} = 4 \times 4.43\text{ MHz} = 17.7\text{ MHz}$ 。

通过取样、量化和二进制编码所形成的信号为脉冲编码调制(PCM)信号。

从以上可以看出,不管数字化视频设计如何不同,但取样、量化和编码这三个过程是基本的。

图 1-1-6 形象地显示了这三个过程。这实际上就是一般书中和文献中介绍的 A/D 变换过程。

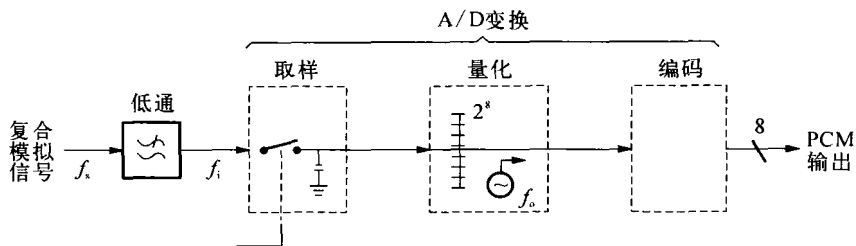


图 1-1-6 A/D 变换过程

对于模拟视、音频信号要变成数字信号,除了取样、量化和二进制编码过程外,还需通过信源编码和信道编码两个过程。

信源编码的目的就是通过压缩编码技术来减少初始数字视、音频信号的数码率从而提高数字信号的传输效率和记录效率。信道编码的目的就是通过纠错编码、交织编码、均衡等技术来提高数字信号的抗干扰能力从而增强数字信号传输的可靠性。

最后通过调制把需传输的数字信号放在载波和脉冲串上,为后面发送做好准备。

1.1.2 音频信号的数字化

音频信号的数字化包括对电视系统中的伴音信号和数字音频广播中的声音信号的数字化。

实际上,与视频数字化相类似,音频信号数字化也是模拟信号变换为数字信号的过程,又称为 A/D 转换,即将时间上连续变化的音频信号进行取样、量化、编码变换成二进制编码的数字信号。

1.1.2.1 取样

音频信号的取样是把时间连续变化的信号波形变为时间离散的信号。音频数字化与视频数字化过程基本相似,只是考虑的角度不同,其取样过程也必须遵循取样定理的条件,即取样频率必须大于或等于原模拟信号频谱中最高频率的 2 倍。由于人耳能够听到的音频频率上限约 20 kHz,所以作为高保真的音频数字系统,其取样频率应大于 40 kHz,目前多采用 44.1 kHz 或 48 kHz 的取样频率;对于最高频率限制在 15 kHz 的一般质量信号的 A/D 变换,取样频率也应大于 30 kHz。传统音频设备的音频带宽如表 1-1-2 所示,几种音频数字设备中音频的取样频率如表 1-1-3 所示。

表 1-1-2 传统音频设备的音频带宽

方 式	带 宽/kHz	方 式	带 宽/kHz
电影 16 mm	7	LD	15
电影 35 mm	12~15	1 英寸 C 格式	15
VHS 录像机	10	Hi-8	20
3/4 英寸 VTR	10~15	1/4 英寸录音带	20
Betacam	12~15		



表 1-1-3 音频数字设备中音频的取样频率

方 式	取样频率/kHz	方 式	取样频率/kHz
CD	44.1	D3	48
D1	48	数字音频磁带	32, 44.1, 48
D2	48		

音频信号的取样频率选取应考虑以下几点:

(1) 由于电视伴音信号与图像信号在传输时采用了时分复用方式,因此必须考虑取样频率与图像信号的行频、场频之间的关系。

(2) 由于对数字电视伴音和数字音频广播需要使用统一的数字音频标准,因此必须考虑对两者采用相同的取样频率。

(3) 由于音频信号数字化有不同的应用场合,如演播室、CD 唱片、卫星传输等,分别有不同的音质要求,因此必须考虑对它们采用不同的取样频率。

目前音频工程学会(AES)推荐的音频信号取样频率有三种,分别是 48 kHz、44.1 kHz、32 kHz。

48 kHz 可以用于 DAT(数字声频磁带记录器)、演播室条件下的分量编码、24 幅/秒的电影和 PAL 制电视。对于 PAL 制来说,当扫描行数是 625 行,行频为 15 625 Hz,对亮度信号和两个色差信号分别进行 A/D 变换(分量编码)时,亮度取样频率是 13.5 MHz,可选音频取样频率为

$$f_s = 13.5 \text{ MHz} \div 3 \div 375 \times 4 = 48 \text{ kHz}$$

44.1 kHz 可以用于 PAL 制彩色电视和 NTSC 制黑白电视。由于用电视录像机来作为记录设备,所转换的伪视频信号应有场同步和行同步,即应与所用电视制式相适应。

对于 PAL 制,由于帧频为 25 Hz,每帧行数 L 为 625 行,行频为 $25 \times 625 = 15\,625$ Hz。在每帧消隐期间内,被消隐的行数 B 为 37 行,因此每帧中有效行与行数之比为 $(L - B)/L = 588/625$ 。设一行有 3 个取样,则音频取样频率为

$$f_s = 3 \times 15\,625 \text{ Hz} \times 588 \div 625 = 44.1 \text{ kHz}$$

对于 NTSC 制黑白电视,帧频为 30 Hz,每帧行数 L 为 525 行,行频为 $30 \times 525 = 15\,750$ Hz。在每帧消隐期间内被消隐的行数 B 为 35 行,因此每帧中有效行与行数之比为 $(L - B)/L = 490/525$ 。同样设一行有 3 个取样,则音频取样频率为

$$f_s = 3 \times 15\,750 \text{ Hz} \times 490 \div 525 = 44.1 \text{ kHz}$$

32 kHz 可以用于记录卫星直播节目和 DAT 的长时间(长 1 倍)格式的使用,但其音频最高频率只能达到 15 kHz。

$$f_s = 13.5 \text{ MHz} \div 3 \div 375 \div 3 \times 2 \times 4 = 32 \text{ kHz}$$

1.1.2.2 量化

取样把模拟信号变成了时间上离散的脉冲信号,但脉冲的幅度仍然是连续的,还必须离

散化才能最终用数字编码来表示。因此量化就是使模拟信号取样值的幅度以一定单位进行度量,并以整数倍的数值来表示。

在音频数字化中,为了提高音质,避免产生喘息现象,一般使用均匀量化方式。由于人耳对音频幅度变化非常敏感,所以高保真的数字音频设备对音频的量化等级一般为 16 位(16 bit)的均匀量化。高质量的音频信号(例如 DVD 格式)采用 24 bit 均匀量化。

为了使量化过程与取样信号相配合,量化电路必须满足以下基本条件:

- (1) 必须选取适合输入信号电平分布的阶梯高度,即选择合适的量化比特数,使量化效率高。
- (2) 必须考虑到对输入信号的最大幅值也能给予准确地量化,避免产生过载失真。
- (3) 必须对不同的信号选择合适的量化方式。

1.1.2.3 编码

取样、量化后的信号还不便于存储和传输,还需要把它转换成某种数字编码表示,这一过程就是编码。

音频工程学会(AES)规定,在专业数字设备中,应使用 2 的补码的编码方式。2 的补码是将偏移二进制码的最高位求反得到的码。偏移二进制码是将最低电平作为 0,而编码规律与自然二进制码相同。表 1-1-4 是自然二进制码、偏移二进制码和 2 的补码的对应表。

表 1-1-4 自然二进制码、偏移二进制码和 2 的补码的对应表

十 进 制 码	二 进 制 码		
量 化 电 平	自然二进制码	偏移二进制码	2 的补码
+7	111	1111	0111
+6	110	1110	0110
+5	101	1101	0101
+4	100	1100	0100
+3	011	1011	0011
+2	010	1010	0010
+1	001	1001	0001
+0	000	1000	0000
-0		—	—
-1		0111	1111
-2		0110	1110
-3		0101	1101
-4		0100	1100
-5		0011	1011

续 表

十 进 制 码	二 进 制 码		
量 化 电 平	自然二进制码	偏移二进制码	2 的补码
-6		0010	1010
-7		0001	1001
-8		0000	1000

1.1.2.4 A/D 变换器

A/D 变换器的设计方法很多,但是由于数字音频广播的取样频率为 48 kHz、44.1 kHz、32 kHz,为了减少量化噪声和具有大的动态范围,采用线性量化为 16 bit 以上。因此受转换速度与精度的限制,数字音频广播采用典型设计之一的高品质数字化效果的逐次比较寄存器型(SAR)A/D 变换器。

逐次比较寄存器型(SAR)A/D 变换器由反馈回路、比较器和控制逻辑电路等组成,如图 1-1-7 所示。将输入电压与 A/D 变换器内部的一个经过 D/A 中间转换的电压进行比较,用比较的结果来调整中间转换结果。通过这种反复比较,逐次设定输出数据的各位数值,直到它代表的电压与输入电压相等。

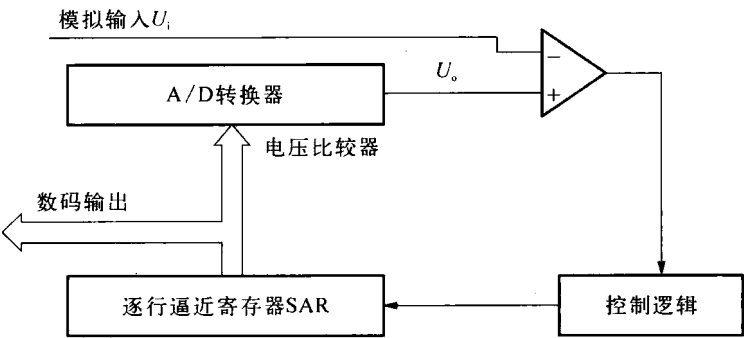


图 1-1-7 逐次比较寄存器型(SAR)A/D 变换器

这种转换器是将转换的模拟电压 U_i 与一系列的基准电压比较。比较是从高位到低位逐位进行的,并依次确定各位数码是 1 还是 0。转换开始前,先将逐位逼近寄存器(SAR)清 0,开始转换后,控制逻辑将逐位逼近寄存器(SAR)的最高位置 1,使其输出为 100...000,这个数码被 D/A 转换器转换成相应的模拟电压 U_o ,送至比较器与输入 U_i 比较。若 $U_o > U_i$,说明寄存器输出的数码大了,应将最高位改为 0(去码),同时设次高位为 1;若 $U_o \leq U_i$,说明寄存器输出的数码还不够大,因此,需将最高位设置的 1 保留(加码),同时也设次高位为 1。然后,再按同样的方法进行比较,确定次高位的 1 是去掉还是保留(即去码还是加码)。这样逐位比较下去,一直到最低位为止,比较完毕后,寄存器中的状态就是转化后的数字输出。例如,一个待转换的模拟电压 $U_i = 163 \text{ mV}$,逐位逼近寄存器(SAR)的数字量为八位,如表 1-1-5 和图 1-1-8 所示。