



高等学校电子信息类规划教材



数字化电视原理与技术

顾伟舟 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

21 世纪高等学校电子信息类规划教材

数字化电视原理与技术

顾伟舟 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书以数字技术在模拟电视接收机中的最新应用发展为主线,全面、系统、深入地讲述了电视机的组成、基本概念和工作原理,深入分析了电视信号处理、传递和接收的基本过程。具体内容包括:数字电视关键技术,数字化电视的功能与特点,彩色电视基础知识,电视图像的传送原理与基本参量,兼容制彩色电视传送方式,三大制式的编码与解码原理,数字化彩色电视接收机的工作原理。书中详细分析了亮色分离电路、画中画电路、倍频/逐行扫描电路、丽音(NICAM)电路、视频信号处理电路、I²C总线技术、红外遥控电路以及液晶电视和等离子电视等新技术在彩色电视机中的应用。

本书可作为高等院校电子类、信息类、无线电技术类专业教材,也可作为广大无线电爱好者和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字化电视原理与技术/顾伟舟编著. —西安:西安电子科技大学出版社,2011.4

21世纪高等学校电子信息类规划教材

ISBN 978-7-5606-2517-1

I. ①数… II. ①顾… III. ①数字电视—高等学校—教材 IV. ①TN949.197

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 237810 号

策 划 云立实

责任编辑 杨宗周 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2011年4月第1版 2011年4月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 13.5

字 数 318千字

印 数 1~3000册

定 价 20.00

ISBN 978-7-5606-2517-1/TN·0586

XDUP 2809001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

电视技术正在进行着一场深刻而重大的变革,世界电视行业已经步入从模拟电视全面向数字电视发展的过渡时期,全数字化的高清晰度电视取代传统的模拟电视是世界电视发展的必然趋势,这对我国的电视行业,是挑战,也是契机。

数字电视是一种全新的电视制式,其发展不是一蹴而就的事。在未来十几年的时间内,我国不但要大力发展数字电视,同时还要继续生产兼容制的模拟电视机,不能因为数字电视的发展而淘汰国内现有的约 5.14 亿台模拟电视机。然而,随着数字技术的发展,对现行模拟电视机的数字化可使其在性能上有明显的提高,也赋予其很多新的功能。目前,国内外各大电视机生产厂商都在电视机内部采用数字处理技术,生产出超级数码彩电,这些彩电以较高的性价比备受消费者的青睐,并迅速占领市场,走入千家万户。模拟电视采用数字技术主要体现在以下几个方面:

(1) 红外遥控系统:电擦除可编程只读存储器和中央微处理器应用到彩电遥控装置中,大大提高了遥控器的性能。

(2) 数字 Y/C 分离:数字式梳状滤波器 Y/C 分离电路,使亮度和色度信号完全分离,避免了亮色串扰,对于提高图像清晰度,改善画质效果明显。

(3) 画中画:子画面的视频信号经数字化后间隔抽样并存入存储器,经数模转换后与主画面的视频信号叠加、显示。同时,还可实现画面静止冻结、多画面显示及选台等功能。

(4) 倍频/逐行扫描:采用数字技术使图像的奇数场和偶数场信号在存储器中镶嵌,再逐行读出显示。这样可使闪烁明显减少,而且图像细腻,清晰度提高。

(5) 丽音(NICAM):可使电视机接收立体声伴音。

本书正是以数字技术在模拟电视接收机中的最新应用发展为主线,注重理论联系实际,全面、系统、深入地讲述了电视机的组成、基本概念和工作原理,深入分析了电视信号处理、传递和接收的基本过程。全书共分 11 章。第 1 章讲述了模拟信号的数字化处理;数字电视概念、特点、系统组成、关键技术及国内外发展状况;数字化电视的功能与特点。第 2 章讲述了彩色电视基础知识,电视图像的传送原理与基本参量等内容。第 3 章讲述了兼容制彩色电视信号传送方式,三大制式的编码与解码原理。第 4 章介绍了数字化彩色电视接收机的组成。第 5 章讲述电视机公共通道的作用,详细介绍了高频调谐器、中频信号处理电路的组成与工作原理。第 6 章讲述了电视伴音电路的组成,重点介绍了丽音(NICAM)电路和音效改善电路的组成与工作原理。第 7 章讲述了 PAL 制彩色解码电路的亮度通道和色度通道的组成与工作原理,重点介绍了亮色分离电路。第 8 章讲述了电视机同步扫描系统电路组成与工作原理,包括同步分离电路,行、场扫描电路,重点介绍了倍频/逐行扫描电路。第 9 章讲述了电视机自会聚管结构、工作原理和枕形失真校正电路、高压稳定电路等自会聚管附属电路。第 10 章讲述了电视机红外遥控电路组成及工作原理,详细分析了

I²C 总线技术在数字化电视机中的应用。第 11 章讲述了彩色电视机的新技术和新电路,重点介绍了画中画处理技术,以改善图像画质为目的的视频基色信号处理与放大电路,以及液晶和等离子等新技术在彩色电视机中的应用。各章节内容重点突出,整体上由概念到理论再到实际,环环相扣,由浅入深。每章都附有思考题与习题,以指导读者加深对本章主要内容的理解。

全书具有如下三大特点:

(1) 注重先进性。本书全面反映了数字技术在现行模拟制彩色电视机中的最新应用与发展趋势。

(2) 注重理论与实际应用相结合。在讲述基本概念、基本理论、基本电路的同时注重理论联系实际,学以致用,简化原理的分析计算,突出重点,力求使读者读得懂,学得会。

(3) 注重基础。注重基本概念、基本原理、基本电路的讲述,尽量避免繁杂的数学推导。

本书内容新、实用性好、理论深度适当、实践性强,适于教学和自学。

本书可作为高等院校电子类专业教材,也可作为广大无线电爱好者和工程技术人员的参考书。

在本书的编著过程中,参考和引用了前人的研究成果、著作和论文,具体出处见参考文献。在此,向这些文献的著作者表示由衷的敬意和感谢。此外,本书的出版,还得到了西安电子科技大学出版社云立实和杨宗周二位副编审的大力支持和帮助,他们为本书出版付出了努力,在此表示深深的敬意和感谢。

由于电视技术的发展日新月异,编者水平有限,因而在内容的选取和安排等方面或许存在不妥之处,恳请各位老师、同学和广大读者批评指正。

编 者
2010 年 12 月

目 录

第 1 章 数字压缩技术与数字电视技术的发展	1
1.1 电视的发展历程	1
1.2 模拟信号的数字化处理	2
1.3 数字图像信号的压缩编码原理及 MPEG 标准简介	5
1.4 模拟电视与数字电视	14
1.5 数字化电视	21
思考题与习题	27
第 2 章 视觉特性与电视显像原理	28
2.1 人眼的生理特性	28
2.2 电视传像原理	34
2.3 电视扫描	38
2.4 同步和消隐	46
2.5 全电视信号波形、标准及其调制极性	52
2.6 电视图像信号及其频谱	54
2.7 人眼视觉特点与电视标准的关系	58
思考题与习题	64
第 3 章 彩色电视信号与彩色电视制式	65
3.1 彩色电视信号	65
3.2 NTSC 制式及其编、解码过程	72
3.3 PAL 制式及其编、解码过程	82
3.4 SECAM 制式及其编、解码过程	92
3.5 彩色电视机制式现状	95
思考题与习题	96
第 4 章 数字化电视接收系统的功能与组成	98
4.1 功能特点	98
4.2 数字化彩色电视机电路组成	99
思考题与习题	102
第 5 章 公共通道	103
5.1 高频调谐器	103
5.2 图像中频信号处理电路	112
思考题与习题	121
第 6 章 伴音通道	122
6.1 伴音通道的基本功能	122
6.2 伴音通道的电路组成及工作原理	122

6.3 丽音解码电路工作原理	125
6.4 音效改善电路	130
思考题与习题	132
第7章 彩色解码与解码电路	134
7.1 PAL 制彩色解码与解码电路	134
7.2 彩色电视多制式解码系统	142
7.3 新型亮度/色度信号分离电路	144
思考题与习题	149
第8章 同步扫描系统电路	150
8.1 同步扫描系统的组成	150
8.2 行扫描电路	152
8.3 场扫描电路	155
8.4 倍频/逐行扫描电路	158
思考题与习题	164
第9章 彩色显像管及其附属电路	166
9.1 自会聚管结构、原理与特点	166
9.2 自会聚管的色纯与会聚调整	169
9.3 自会聚管附属电路	170
思考题与习题	178
第10章 红外遥控系统及总线技术	180
10.1 红外遥控数字调谐系统的功能、组成及特点	180
10.2 红外遥控系统工作原理	183
10.3 I ² C 总线技术	186
思考题与习题	191
第11章 彩色电视机新技术和新电路	192
11.1 画中画处理技术	192
11.2 视频基色信号处理与放大电路	196
11.3 液晶电视和等离子电视	200
思考题与习题	208
参考文献	209

第1章 数字压缩技术与数字电视技术的发展

1.1 电视的发展历程

1.1.1 电视诞生

电视的概念及工作原理早在19世纪中叶就已提出了,1884年,德国人尼普科夫发明了机械圆盘扫描方式。1927年,美国的全电子式电视通过有线网络把图像和声音从华盛顿传到纽约。1928年,英国科学家贝尔德运用机械扫描方式成功地进行了伦敦与纽约间的无线播出实验,传出了静止图像。1930年实现了声像同步播出。1933年,美国RCA公司的兹沃雷金等人先后发明了光电摄像管、电子扫描系统和电子束显像管等,把电视广播向实际应用又推进了一步。同一时期,德国、法国、苏联、日本等都进行了实验研究。1936年11月,英国正式开办电视广播,其图像在当时各国进行的实验中具有最高的清晰度。1939年初,美国、苏联开始进行电视实验广播。1941年,美国国家电视标准委员会确定美国的电视技术标准为每秒525行,30帧(就每帧行数和场频来说,现行电视标准主要有525行/60帧和625行/50帧两种)。同年7月1日,美国联邦通信委员会正式批准建立美国第一座电视台——全国广播公司纽约WNBT电视台。第二次世界大战前开办电视的国家还有德国、法国、意大利等。战争期间这些国家的电视台或完全停播,或处于停滞状态。战后,才陆续恢复。20世纪50年代末期,发达国家几乎全部有了电视台,70年代,世界上大多数国家建立了电视台。

1.1.2 彩色电视

彩色电视是摄取、传送、接收彩色图像的电视系统。它是依据三基色原理研制出来的。自然界的一切色彩都可以通过对红、绿、蓝三种基色光混合而模拟出来,因此电视技术也只要传送和重现红、绿、蓝三个基色光信号,即可获得彩色图像。彩色电视又是在黑白电视的基础上发展起来的,因此要求电视台播出彩色电视节目时黑白电视机同样能够很好地收看,反之一样,即彩色与黑白必须相互兼容。为了兼容,彩色电视的体制应与黑白电视的体制(主要指扫描方式、每帧行数、行帧、场帧、帧频、视频带宽、频道宽度、图像和伴音载频差及它们的调制方式等)一致。兼容制彩色电视中色度信号的编码有不同的方法,因而形成不同的彩色电视制式。1953年,美国国家电视制式委员会提出NTSC(National Television System Committee)制。1954年美国全国广播公司、哥伦比亚广播公司,采用

NTSC 制式首次播出彩色电视节目。日本、加拿大分别于 1957、1966 年采用同一制式播出。1956 年,法国提出 SECAM(法文“Séquential Couleur à Mémoire”(顺序传送彩色与存储))制。1960 年,联邦德国提出 PAL(Phase Alternation Line-by-Line)制。为便于转播和交换节目,各国曾多次讨论统一电视制式问题,但始终未能达成协议。于是国际上便形成了三种彩色电视制式同时并存的局面。彩色电视机在哪国使用必须符合该国的黑白体制、彩色制式及频道划分,这样才能保证电视机可靠地接收到良好的彩色图像和伴音。目前世界上采用 PAL 制的国家最多。我国所采用的电视制式为 PAL-D。

电视是 20 世纪先进的电子科学技术的一项重大成果。电视技术已经历了黑白电视、彩色电视、全数字高清晰度电视的发展过程,其中黑白电视为第一代电视,彩色电视为第二代电视,高清晰度电视是它们的发展方向。数字电视是第三代电视,是电视技术发展的新里程碑,数字电视与第三代移动通信及因特网一起构成了进入新世纪后的三大信息基础设施。作为以昂贵的电子设备为载体的大众传播媒介,电视事业的发展速度在很大程度上取决于国家的工业化水平和社会的经济状况。在数字化风靡全球的今天,数字电视正以其独特的魅力,向我们展示出广阔的市场前景。

1.2 模拟信号的数字化处理

1.2.1 模拟信号和数字信号的特点

模拟信号的特点是在时间上和振幅上都是连续变化的,与此相对应的是在时间和幅度上均为离散的信号,即数字信号。

在数字系统中,信号往往处于两种状态,即高电平“H”和低电平“L”,高电平用逻辑电平“1”来表示,低电平则用逻辑电平“0”来表示。如果在系统中用 5 V 表示高电平,0 V 代表低电平,即使在传输过程中出现干扰,导致低电平上升 1.5 V,高电平跌落到 3 V,系统中仍可方便地加以区分,因此运用数字技术作为信息传递的方法,不但提高了信噪比,而且在动态范围、非线性失真、频带宽度等方面都有极大地改善。由于数字信号加工方便、存储容易、出错易纠、便于复原,从而得到广泛地运用。例如在模拟制录音和录像过程中,失真和噪声限制了重放信号的动态范围,如果把声音和图像信号转换成电报中莫尔斯码那样的数字信号,即使从刻录到重放过程中出现失真和噪声,只要在重放时能识别这些码,即可重现原有的信号,显然动态范围并不受到失真和干扰的影响。

1.2.2 采样、量化和编码

把幅度和时间上连续变化的模拟信号变成时间上离散的信号,必须经过采样、量化和编码三个过程。所谓采样,是以恒定的周期采集模拟信号在该时刻的数值;量化是用特定的尺度来测量取样值;而编码则是把幅度上已经量化的数值,用二进制数 0 和 1 按一定规则来编排。上述过程称为脉冲编码调制(PCM)。模拟电视信号数字化的基本方法就是脉冲编码调制(PCM),在实际应用中,以上三个过程在模/数转换集成电路中一次完成。

PCM 编码过程如图 1-1 所示。模拟电视信号(图 1-1(a))通过采样电路,得到一系列

样值脉冲。采样电路每隔 T_s 秒从连续模拟信号中取出宽度为 τ 的样值脉冲，采样脉冲宽度 τ 一般是很短暂的，如图 1-1(b) 所示。图中 τ 为取样脉冲宽度， T_s 为取样周期， $f_s = 1/T_s$ 称为采样频率。采样电路可以看成是一个受控开关，当宽度为 τ 的采样脉冲到来时开关接通，有一个与该模拟信号幅度相当的脉冲信号输出。显而易见，用作控制开关的采样脉冲重复频率 f_s 越高，则在单位时间内取样值越多，则重现的波形越接近于原来的信号，采样真实性也就越高。但是采样频率升高，采样脉宽会变窄，这样会使信道带宽成倍增长，显然不符合电视系统设计要求。那么多大的采样频率才是最佳的呢？人们通过多年的研究提出了一个奈奎斯特(Nyquist)采样定理：对模拟信号进行采样时，其采样频率 f_s 应大于或至少等于原信号频谱中最高频率 $f_{\max}$ 的两倍，即 $f_s \geq 2f_{\max}$ ，此时采样后的信号包含着原模拟信号的全部信息。只要将其通过一个截止频率为 $f_s/2$ 的低通滤波器，就能恢复原始信号。如果采样频率 $f_s < 2f_{\max}$ ，就无法用低通滤波器分离出原信号的频谱信息，即使使用截止频率为 $f_s/2$ 的低通滤波器来恢复原始信号，也会产生失真。所以说，奈奎斯特采样定理是确定采样电路参数(f_s 或 T_s)的依据。换句话说，只要符合采样定理，采样后的离散信号就可以完全不失真地恢复原始模拟信号。

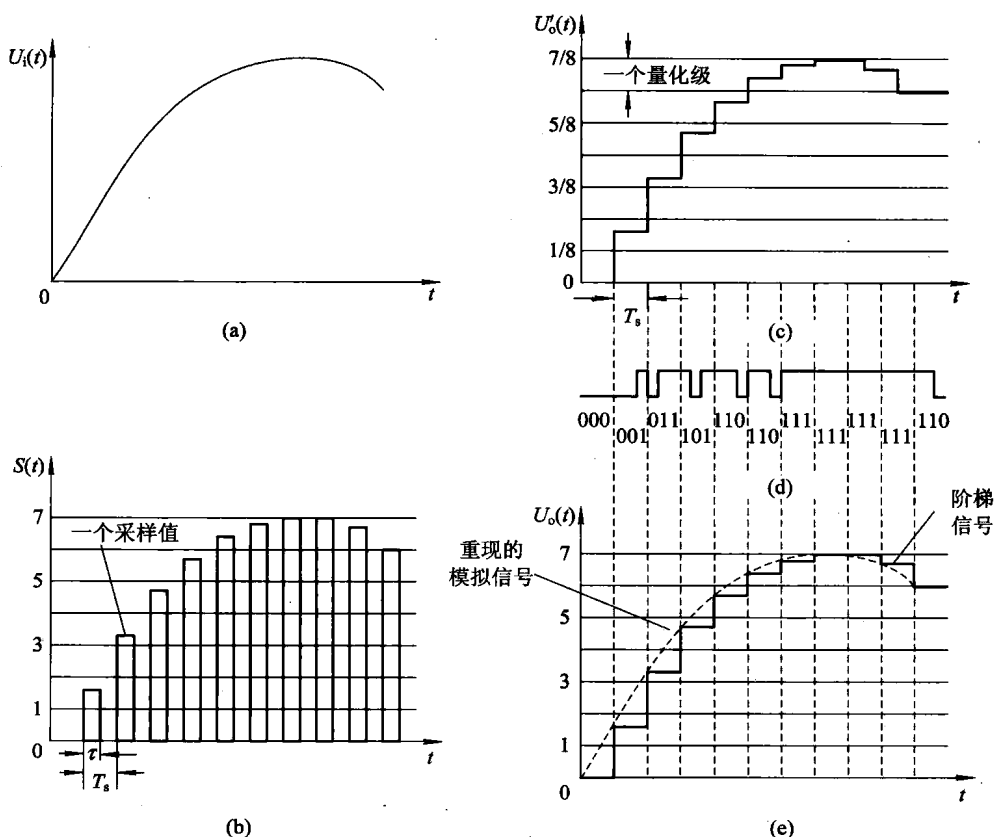


图 1-1 PCM 编码过程

(a) 模拟信号；(b) 取样信号；(c) 量化信号；(d) PCM 信号；(e) 重现的模拟信号

通过采样, 模拟信号转变成离散的脉冲, 然后再对这些脉冲振幅加以量化。一般而言, 当某一模拟信号的峰峰值为 A , 若用 B 个特定数值进行量化时, 则量化单位为 $\frac{A}{B-1}$ 。在当前的数字系统中均用二进制数来表示, 这时量化数与二进制数的位数 N 的对应关系为

$$B = 2^N$$

例如 $N=3$ 的二进制量化数 $B=8$, 八位二进制的量化数为 256。十六位二进制量化数等于 65536。显然, 若某模拟信号的峰峰值等于 2.1 V, 则用三位二进制数量化, 其量化单位为 0.3 V, 若用十六位进行量化, 则其量化单位为 $32 \mu\text{V}$ 。

当输入信号概率分布是均匀分布时, 采用均匀量化方法较为理想, 图 1-1(c) 为均匀量化后产生的阶梯波信号。均匀量化方法从优化设计的角度考虑不一定是最优, 但其设计简单, 易于实现, 目前最为常用。均匀量化方法的最优输出电平是每个量化间隔的中点。量化数越大, 每个量化间隔就越小, 量化误差也就越小。量化时, 具体方法一般有两种: 只舍不入法和有舍有入法。只舍不入法是将取样保持信号 $U'_s(t)$ 不足一个量化间隔的尾数舍去, 取其整数部分, 其最大误差为 1 个量化单位。有舍有入法是当采样保持信号 $U'_s(t)$ 的尾数小于量化间隔的二分之一时, 用舍尾取整法得其量化值; 当采样保持信号 $U'_s(t)$ 的尾数大于量化间隔的二分之一时, 用舍尾入整法得其量化值, 其量化误差最大值为 $1/2$ 的量化单位。

由于量化产生的误差会使恢复的图像出现颗粒状细斑, 因而量化误差又称颗粒噪声或量化噪声。显而易见量化误差是以量化噪声的形式引入到整个电视系统中的, 因此降低量化噪声显然是模/数变换中很重要的问题, 而量化噪声的高低很大程度上取决于量化的位数, 位数越高, 噪声越小。

电视信号的量化信噪比一般用信号峰峰值与量化噪声有效值之比表示, 即

$$\text{量化信噪比} = \frac{S_{pp}}{\sqrt{N_q(s)}} = 2\sqrt{3} \cdot 2^n$$

量化信噪比若用分贝表示为

$$\frac{S}{N}(\text{dB}) = 10.8 + 6n \quad (\text{图像亮度信号、单极性})$$

$$\frac{S}{N}(\text{dB}) = 1.76 + 6n \quad (\text{声音信号、双极性})$$

式中, n 为二进制编码位数 (即每一取样值的量化比特数)。显而易见, 量化位数每增加 1 bit 信噪比上升 6 dB; 同样, 当量化位数下降 1 bit 时, 信噪比则下降 6 dB。图像信号是单极性的, 因此受噪声干扰相对小一些, 当量化位数 $n=8$ 时, 单极性的图像信号的 $S/N=58.8 \text{ dB}$, 而双极性的声音信号的 $S/N=49.76 \text{ dB}$ 。

1982 年国际无线电咨询委员会 (CCIR) 确定了标准清晰度电视的数字分量编码参数, 即 CCIR-601 建议。数字分量编码方式是对三基色信号 R 、 G 、 B 或对亮度信号 (Y) 和色差信号 (C_R 、 C_B) 分别进行数字化处理。根据 CCIR-601 的建议, 电视图像信号采用分量信号编码 (Y 、 C_R 、 C_B), 并取 8 位均匀量化, 其中,

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

而归一化 (即最大电平为 1.0 V) 的色差信号为

$$C_{R-Y} = 0.713(R-Y) = 0.500R - 0.419G - 0.081B$$

$$C_{B-Y} = 0.564(B-Y) = 0.169R - 0.331G + 0.500B$$

显然均匀量化的亮度信号分为 256 个量化级, 相对于二进制 00000000~11111111, 码电平变化范围为 0~255。为了防止信号过载, 也为了防止图像的直流成分变动导致动态范围扩大, 在 256 个量化级中, 上端留出 20 个量级, 下端保留 16 个量级, 这样当码电平为 16 时, 代表黑电平极限值, 而码电平为 235 时, 作为白电平极限值, 若用 $\bar{Y}$ 代表量化后的亮度信号, 则

$$\bar{Y} = 219Y + 16$$

对于黑区, 则 $Y=0$, $\bar{Y}=16$; 而白区, $Y=1$, $\bar{Y}=235$ 。均匀量化色差信号的码电平分配考虑到动态范围为 $-0.5 \sim +0.5$, 零电平处于 128, 所以色差信号分配 224 个量级, 上、下端均留出 16 个量化级作为过载保护带, 这样量化后的色差信号为

$$\left. \begin{aligned} \bar{C}_R &= 224C_R + 128 = 160(R-Y) + 128 \\ \bar{C}_B &= 224C_B + 128 = 126(B-Y) + 128 \end{aligned} \right\}$$

当传送红色信号时, $R-Y=0.701$, $\bar{C}_R=240$;

当传送蓝色信号时, $B-Y=0.866$, $\bar{C}_B=240$;

而传送黑色或白色信号时, $R-Y=B-Y=0$, 则 $\bar{C}_R=\bar{C}_B=128$ 。

经量化后的信号(图 1-1(c))便可进行编码。所谓编码就是用 n 位二进制码来表示取样信号的量化值(图 1-1(d))。若信号的量化分层数为 $M=2^n$, 则所需的二进制编码位数 n 为

$$n = \lg M$$

可见, 编码位数 n 越多, 即量化分层数越多, 量化误差越小, 则恢复的图像质量越高。但是 n 越大, 数码率随之增加, 数字信号的频带加宽, 设备越复杂, 造价越高。

在 PCM 接收端, 用一块集成的数模转换器(D/A)把接收到的 PCM 信号进行译码, 成为阶梯信号。阶梯信号中每一个阶梯幅度对应于每一个取样信号的量化值(见图 1-1(c)), 最后将阶梯信号经过低通滤波器平滑成为连续信号(见图 1-1(e)), 这就是重现的模拟电视信号。

1.3 数字图像信号的压缩编码原理及 MPEG 标准简介

数字电视图像信号的数据量很大, 例如, 一帧 640×480 分辨率的 24 bit(R、G、B 三色分量各为 8 bit 量化)真彩色图像的数据量约为 900 KB, 一个 100 MB 的硬盘只能存储 100 幅静止图像画面。PAL 制彩色电视图像信号若按 CCIR-601 的 4:2:2 标准采样, 其数码率将达 216 Mb/s。高清晰度电视的数码率高达 1.188 Gb/s, 若不压缩, 即使使用 4 次群信道(139.264 Mb/s)也无法传输一路全数字高清晰度电视信号。

图像数据压缩之所以可以实现, 是因为原始图像中存在很大的冗余度, 传输前将冗余度去掉, 称之为压缩编码。经过压缩后的全数字高清晰度电视信号就可以在地面广播电视的一个标准信道带宽(例如 6 MHz)内传送。在接收端则通过解码, 即解压缩将图像信号复原。

在图像信息中存在以下几种冗余：

空间冗余——图像中某些区域的颜色均匀，各点亮度相同，因而其数据存在冗余。

时间冗余——在运动图像中，每相邻两帧图像之间有许多相似之处，这种相似性存在着时间冗余。

视觉冗余——这是人的视觉分辨率要低于实际图像分辨率的冗余。例如人的视觉对于灰度级的分辨率为 2^6 ，而一般图像量化采用的灰度级为 2^8 。

编码冗余——这是采用不同编码方法造成的数据冗余。例如用等长码表示时信息中的冗余一般比采用不等长码表示的冗余多。

1.3.1 数据压缩编码的分类

数据压缩的任务是在不影响或少影响图像质量的前提下，尽量设法减少图像数据中的数据量。其首要任务是设法去掉各种冗余的数据。

数据压缩实际也是一个编码的过程，即将原始数据进行编码压缩。数据解压缩是数据压缩的逆过程，即将经过压缩的数据还原成原始数据。因此，数据压缩方法也称为编码方法。

1. 评价压缩比优劣的依据

(1) 压缩比。压缩比指原始图像经过 A/D 转换后未经压缩所产生的数据量与经压缩所产生的数据量之比。

(2) 图像质量。还原出来的图像质量比原始图像有多大失真，一般采用人的视觉效果和信噪比两个评价方法。前者是通过人在 2 m 范围内观察所作的评价，后者是通过仪器测量。

(3) 实现难度，即实现压缩和还原算法的难易程度，亦即完成压缩所需要的时间与空间花费或硬件实现的复杂性。

2. 压缩编码的分类

数据压缩方法种类繁多，可以大致分为无损压缩和有损压缩两大类，如图 1-2 所示。

无损压缩利用数据的统计冗余进行压缩，可完全恢复原始数据而不引入任何失真，但压缩率受到统计冗余度的理论限制，一般为 $2:1 \sim 5:1$ 。这类方法广泛用于文本数据、程序和图像数据的压缩。由于压缩比的限制，仅使用无损压缩方法不可能完全解决图像和数字视频的存储和传输问题。

有损压缩方法利用了人眼视觉和听觉器官对图像或声音中的某些频率成分不敏感的特性，允许在压缩过程中损失一定的信息；虽然不能完全恢复原始数据，但是所损失的那部分图像内容

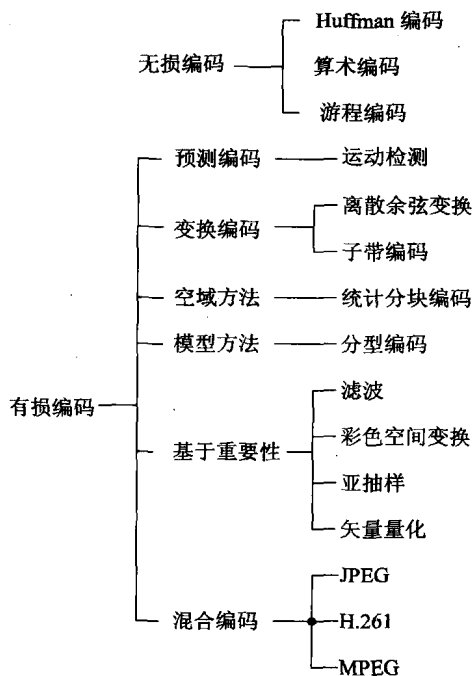


图 1-2 压缩编码的主要方法

对理解原始图像或声音的影响很小，却换来了大得多的压缩比。有损压缩广泛应用于语言、图像和视频数据的压缩。

常用的有损压缩方法有：PCM(脉冲编码调制)、预测编码、变换编码(主要是离散余弦变换方法)、插值和外推法(空域亚采样、时域亚采样、自适应)等。新一代的数据压缩方法，如矢量量化和子带编码、基于模型的压缩、分形压缩和小波变换压缩等也已接近实用水平。

1.3.2 几种压缩编码的简单介绍

1. 游程编码

游程编码(简写为 RLE 或 RLC)是一种十分简单的压缩方法，它将数据流中连续出现的字符(称为游程)用单一的记号来表示。例如，字符串 abaccbbaaa 可以压缩为 aba3c2b3a。

游程编码的压缩效果不太好，但由于简单，编码/解码的速度非常快，因此仍然得到广泛的应用。许多图形和视频文件，如 .BMP、.TIFF 及 .AVI 等都使用了这种压缩。

2. Huffman 编码

Huffman 编码是经典数据压缩方法之一，它根据数据中各符号出现的概率，给出现频率高的符号赋以较短的代码，而给出现频率低的符号赋以较长的代码。例如，根据英文字母在一般文章中的出现频率，可以给出下述的 Huffman 编码：

符号	Huffman 编码
E	100
T	101
A	1100
...	...
Q	01101110001
Z	01101110000

3. LZW 编码

与经典的基于统计模型的方法不同，LZW(Lempel-Ziv-Welch)压缩使用字典方案。它读入待压缩数据，并与一个字典中(字典开始时是空的)的字符串对比，如果有匹配的字符串，则输出该字符串在字典中的索引，否则将字符串插入字典中。

LZW 编码压缩效率高、实现简单，是使用最广泛的无损压缩方法之一。众所周知的通用文件压缩软件如 ARJ、PKZIP、ZOO、LHA 等，都是以 LZW 压缩为基础的，图形文件中的 .GIF 也使用了这种压缩。

4. 混合编码

混合编码是近几年来广泛采用的方法，这种方法充分利用各种单一压缩方法的长处，

以期在压缩比和效率之间取得最佳的平衡。例如广泛流行的 JPEG 和 MPEG 压缩方法都是典型的混合编码方案。

20 世纪 90 年代, 国际标准化组织(International Standardization Organization, ISO)、国际电工委员会(International Electro-Technical Committee, IEC)和国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)等国际组织, 制定了许多重要的多媒体数据压缩标准, 如 JPEG, H. 261, H. 263, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 和 MPEG-7 等。这些标准的制定大大推动了数字电视技术及多媒体技术的发展, 而且已在数字电视、多媒体领域得到广泛的应用。

1.3.3 静止图像压缩标准(JPEG)编码方法简介

1. JPEG 标准的制定

静止图像数据压缩标准 JPEG(Joint Photo-graphic Experts Group), 直译为联合摄影术专家组, 其中联合是指几个国际组织的联合。它是从 1986 年正式开始制定的。当时由两个国际组织联合支持, 其一是国际标准化组织; 其二是国际电报电话咨询委员会。到 1987 年 11 月, 国际电工委员会也参加合作, 因此说 JPEG 是三个国际组织合作的成果。虽然从 1986 年开始, 经过许多次国际会议讨论和修改后, 于 1992 年 7 月 2 日表决通过标准的第一部分, 但是可能对有关测试标准草案(即标准的第二部分)作进一步修改。JPEG 是 ISO 的标准, 同时也是 CCITT 的推荐标准。

JPEG 是数字图像压缩的国际标准。它适用于彩色和单色多灰度或连续色调静止数字图像的压缩标准, 包括无损压缩及基于离散余弦变换和 Huffman 编码的有损压缩两个部分。前一种算法不会产生失真, 但压缩比很小; 后一种算法进行图像压缩时信息量虽然有损失, 但压缩比可以很大。例如压缩 20~40 倍时, 人眼基本上看不出图像失真。它是以 DCT(Discrete Cosine Transform)为基础的压缩方法, 也称为基线顺序编解码(Baseline Sequential Codec)方法, 因为这种方法的优点是先进、有效、简单、易于交流, 因此应用广泛。

2. JPEG 基本算法

基本 JPEG 算法操作可分成以下几个步骤, 如图 1-3 所示。

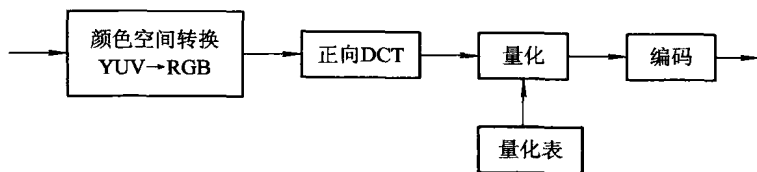


图 1-3 基于 DCT 的 JPEG 编码过程

1) 颜色空间转换

图 1-3 中第一步的颜色转换是去除数据冗余过程的组成部分, 但它并不是 JPEG 算法的核心。JPEG 把色彩作为独立的部分进行处理, 以便压缩使用不同色彩空间(如 RGB 和 CMYK 等)的图像数据。

2) 离散余弦变换

图1-3中第二步是使用离散余弦变换(DCT)去除数据冗余。JPEG采用 8×8 子块的二维离散余弦变换算法。在编码器的输入端,把原始图像(对彩色图像是每个颜色成分)顺序地分割成一系列 8×8 的子块。在 8×8 图像块中,像素值一般变换较平缓,因此具有较低的空间频率。实施二维 8×8 离散余弦变换可以将图像块的能量集中在极少数几个系数上,其他系数的值与这些系数相比,绝对值要小得多。如下面的例子:

140	144	147	140	140	155	179	175	186	-13	15	-9	23	-9	-14	19
144	152	140	147	140	148	167	179	21	-34	26	-9	-11	11	14	7
152	155	136	167	163	162	152	172	-10	-24	-2	6	-18	3	-20	-1
168	145	156	160	152	155	136	160	-8	-5	14	-15	-8	-3	-3	8
162	148	156	148	140	136	147	162	-3	10	8	1	-11	18	18	15
147	167	140	155	155	140	136	162	4	-2	-18	8	8	-4	1	-7
136	156	123	167	162	144	140	147	9	1	-3	4	-1	-7	-1	-2
148	155	136	155	152	147	147	136	0	-8	-2	2	1	4	-6	0

输入的 8×8 图像块

经DCT变换的输出

3) 量化

为了达到压缩数据的目的,对DCT系数需作量化处理。量化的作用是在保持一定质量的前提下,丢弃图像中对视觉效果影响不大的信息。量化是多对一映射,是造成DCT编码信息损失的根源。JPEG标准中采用线性均匀量化器,量化过程是对64个DCT系数除以量化步长并四舍五入取整,量化步长由量化表决定。

量化表因素因DCT系数位置和彩色分量的不同而取值不同。量化表为 8×8 矩阵,与DCT变换系数一一对应。量化表一般由用户规定(JPEG标准中给出了参考值),可根据人眼视觉系统和压缩图像类型的特点进行优化,并作为编码器的一个输入。量化表中因素为1~255之间的任意整数,其值规定了其所对应DCT系数的量化步长。DCT变换系数除以量化表中对应位置的量化步长并舍去小数部分后,多数变为零,从而达到了压缩的目的。

4) 量化表

下面分别给出了JPEG标准所推荐的亮度量化表和色度量化表。

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

亮度量化表

17	18	24	47	99	99	99	99
18	21	26	66	99	99	99	99
24	26	56	99	99	99	99	99
47	66	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99

色度量化表

5) 差分编码

64 个变换数经量化后, 左上角系数是直流分量(DC 系数), 即空间域中 64 个图像采样值的均值。相邻 8×8 子块之间的 DC 系数一般有很强的相关性, JPEG 标准对 DC 系数采用 DPCM(差分编码)方法, 即对相邻像素块之间的 DC 系数的差值进行编码, 这个过程如图 1-4 所示。

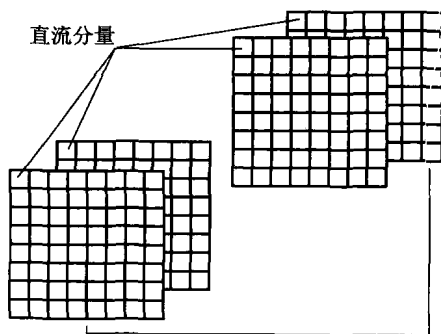


图 1-4 图像的所有 8×8 子块

6) Z 字形扫描

其余 63 个交流分量(AC 系数)使用游程编码。从左上角开始沿对角线方向, 以 Z 字形(Zig-Zag)进行扫描直至结束。Z 字形扫描过程如图 1-5 所示。

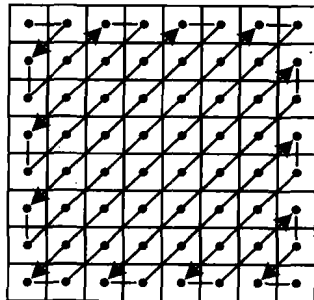


图 1-5 Z 字形扫描过程

7) 熵编码

为了进一步压缩数据, 对 DC 码和 AC 行程编码的码字再作基于统计特性的熵编码。JPEG 标准建议使用的熵编码方法有 Huffman 编码和自适应二进制算术编码。

1.3.4 活动图像压缩标准(MPEG)编码方法简介

MPEG 是活动图像专家组(Moving Picture Expert Group)的英文缩写。实际上, 它是标准化组织(ISO)和国际电工委员会(IEC)联合技术委员会 1(JTC 1)的第 29 分委员会(SC29)的第 11 工作组(WG11), 其全称是 WG11 of SC 29 of ISO/IEC JTC1。MPEG 的任务是开发运动图像及其声音的数字编码标准, 成立于 1988 年。

专家组最初的任务有三个: 实现 1.5 Mb/s、10 Mb/s、40 Mb/s 的压缩编码标准, 即 MPEG-1、MPEG-2、MPEG-3。但因为 MPEG-2 的功能已使 MPEG-3 为多余, 所以