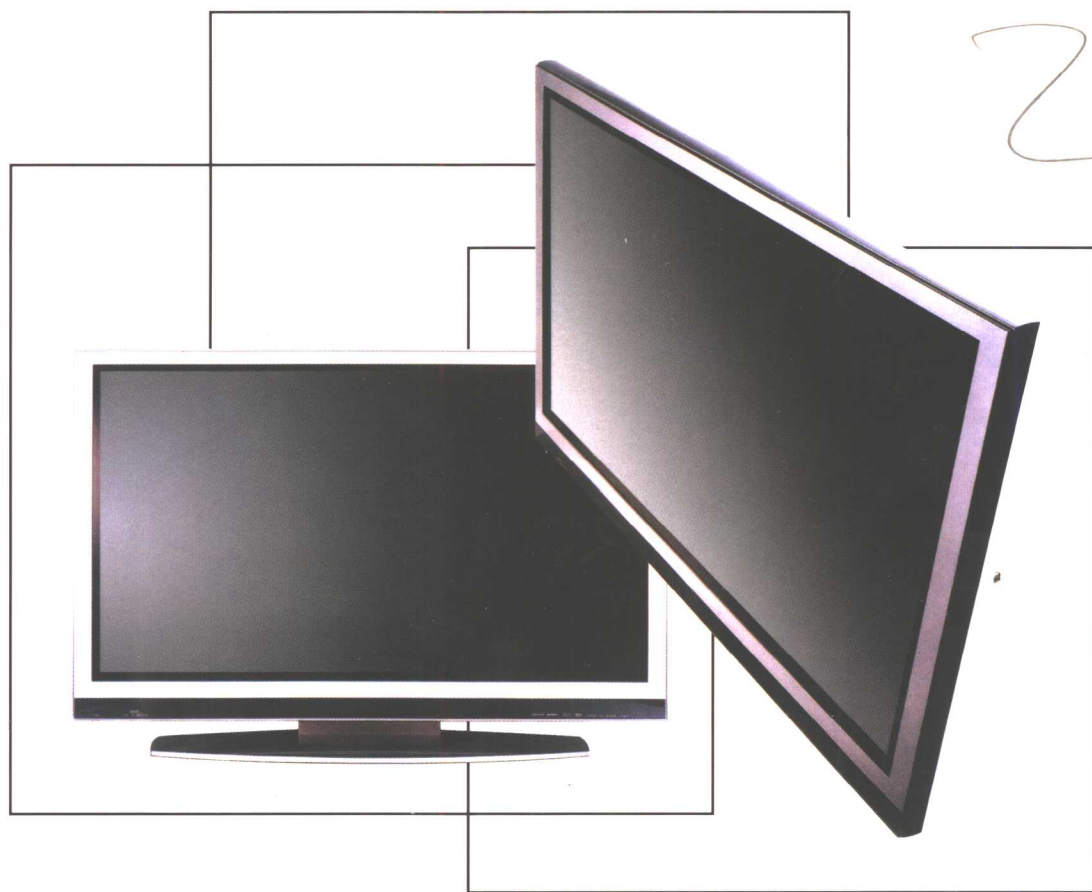


数字电视原理

习题及解答

余兆明 孙海安 徐栋梁 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

数字电视原理习题及解答

余兆明 孙海安 徐栋梁 编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字电视原理习题及解答/余兆明,孙海安,徐栋梁编著. —北京:人民邮电出版社,2005.1
ISBN 7-115-12847-2

I. 数... II. ①余... ②孙... ③徐... III. 数字电视—高等学校—解题 IV. TN949.197-44
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 134422 号

内 容 提 要

全书共分 7 章:第 1 章视频信号数字化;第 2 章图像压缩编码;第 3 章数字电视的国际标准;第 4 章数字电视传输;第 5 章数字电视调制;第 6 章数字音频技术;第 7 章视频信号分析。每一章的第 1 节为典型习题分析与讲解,第 2 节为习题,第 3 节为习题解答。

本书内容丰富、系统性强,可供高等院校广播电视专业、通信专业、多媒体通信专业以及相关专业的师生阅读,也适用于电视台的技术人员,广大数字视频设备的生产厂家、公司、用户以及从事宽带组网的工程技术人员和管理人员阅读参考。

数字电视原理习题及解答

- ◆ 编 著 余兆明 孙海安 徐栋梁
责任编辑 申 苹
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67129264
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 12.5
字数: 310 千字 2005 年 1 月第 1 版
印数: 1-4 000 册 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12847-2/TN · 2356

定价: 18.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

为配合数字电视原理教学,帮助从事数字视频技术的工程技术人员更深入地了解视频数字化的基本知识、电视信号数据压缩的基本原理、数字电视系统的实现方法及已公布的各种视频编码的国际标准,作者结合多年的教学经验和科研体会编写了此书。本书是《数字电视原理》(2004年4月由人民邮电出版社出版)的配套教材。

本书的重点是数字视频编码压缩原理、数字电视的国际标准、数字电视传输、数字电视调制、数字音频技术等内容的习题及解答。每章均附有典型例题讲解。

全书共分7章:第1章视频信号数字化;第2章图像压缩编码;第3章数字电视的国际标准;第4章数字电视传输;第5章数字电视调制;第6章数字音频技术;第7章视频信号分析。每一章的第1节为典型习题分析与讲解,第2节为习题,第3节为习题解答。

本书内容丰富、系统性强,可供高等院校广播电视专业、通信专业、多媒体通信专业以及相关专业的师生阅读,也适用于电视台的技术人员,广大数字视频设备的生产厂家、公司、用户以及从事宽带组网的工程技术人员和管理人员阅读参考。

孙海安老师参加了本书第1、2、3、7章相关内容的编写;徐栋梁老师参加了第5、6章相关内容的编写。余兆明教授对全书各章节进行了仔细安排,负责习题的收集、习题解答的编写和整理及书稿的审校工作。

在此,对关心本书的所有同仁深表谢意。数字技术的发展一日千里,数字电视设备不断推陈出新,相关文献浩如烟海。由于时间仓促,加之作者水平有限,常感力不从心,疏漏之处还望读者不吝赐教。

作 者

目 录

第 1 章 视频信号数字化	1
1.1 典型习题分析与讲解	1
1.2 习题	9
1.3 习题解答	11
第 2 章 图像压缩编码	29
2.1 典型习题分析与讲解	29
2.2 习题	72
2.3 习题解答	74
第 3 章 数字电视的国际标准	95
3.1 典型习题分析与讲解	95
3.2 习题	98
3.3 习题解答	99
第 4 章 数字电视传输	107
4.1 典型习题分析与讲解	107
4.2 习题	112
4.3 习题解答	115
第 5 章 数字电视调制	137
5.1 典型习题分析与讲解	137
5.2 习题	143
5.3 习题解答	143
第 6 章 数字音频技术	153
6.1 典型习题分析与讲解	153
6.2 习题	156
6.3 习题解答	157
第 7 章 视频信号分析	169
7.1 典型习题分析与讲解	169
7.2 习题	175
7.3 习题解答	176
参考文献	191

第 1 章 视频信号数字化

1.1 典型习题分析与讲解

例 1.1 试解释视、音频信号量化及量化噪声的概念，并推导出视、音频量化信噪比公式。

解：把幅度上连续变化的信号变为二进制离散信号时，必经过抽样、量化和编码的过程，这三个过程虽然现在可在 A/D 芯片中一次完成，但在严格考查图像质量时有必要分析量化和量化噪声。

1. 视、音频信号量化及量化噪声的概念

视频信号量化采用舍入量化。如图 1.1.1 所示，即用四舍五入来处理被量化信号与预置量化级数电平之间的差值。图中， ΔA 表示量化间距，细线表示视频信号 $f(t)$ ，粗线表示量化后的电平函数 $f'(t)$ 值。这样， $f(t) - f'(t)$ 为舍入量化的量化误差，最大量化误差为 $\frac{\Delta A}{2}$ 。下面分析舍入量化的量化噪声。

若输入信号的动态范围 A 一定时，把它变换为有限个 M 量化电平级，则量化间距 ΔA 越小，量化级数 M 越多， M 可表示为

$$M = \frac{A}{\Delta A} \quad (1.1.1)$$

采用二进制编码，所需的比特数 n 也随 M 而增大，有

$$M = 2^n \quad (1.1.2)$$

M 与 n 的取值主要由量化的信噪比决定。

2. 视、音频量化信噪比公式的推导

下面推导出均匀量化时的视、音频量化信噪比。

在输入信号的动态范围内，任何处的量化间隔幅度相等的量化称均匀量化或线性量化，从图 1.1.1 可以看出舍入量化的量化误差为 $+\frac{\Delta A}{2}$ 或 $-\frac{\Delta A}{2}$ 范围。设 $f(t)$ 为连续信号， $f'(t)$ 为量化后输出的阶梯信号， $e(t)$ 为量化误差。有

$$e(t) = f(t) - f'(t) \quad (1.1.3)$$

舍入量化时， $e(t)$ 除 $f'(t)$ 的极大值和拐点平缓变区外，其余部分都是锯齿状。 $e(t)$ 的斜率

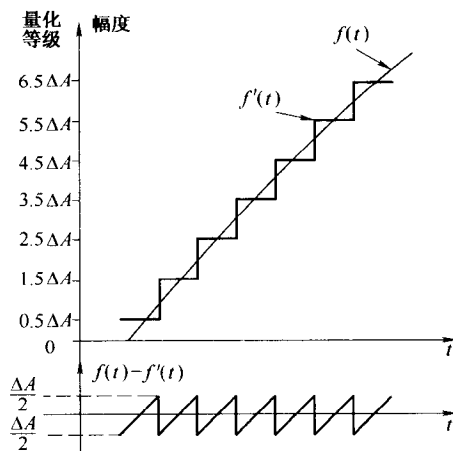


图 1.1.1 舍入量化示意图

$k = \Delta A / T$ ，所以 $e(t) = kt + \frac{\Delta A}{T}t$ 。设量化噪声功率为 N_q ，它是单位负载电阻上量化误差电压的平方在周期 T 中的平均值。即

$$N_q = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} [e(t)]^2 dt = \frac{\Delta A^2}{T^3} \cdot \frac{t^3}{3} \Big|_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} = \frac{\Delta A^2}{12} \quad (1.1.4)$$

可以得出结论：量化分层幅度 ΔA 越小，量化误差引起的失真功率也越小。

(1) 电视信号（单极性信号）的量化信噪比

$$\text{量化信噪比} = \frac{\text{信号峰峰值}}{\text{噪声均方根值}} = \frac{S_{P-P}}{N_q(\text{r. m. s})} = \frac{\Delta A \cdot 2^n}{\sqrt{\frac{\Delta A^2}{12}}} = 2\sqrt{3} \cdot 2^n \quad (1.1.5)$$

用分贝表示为

$$\left[\frac{S_{P-P}}{N_q(\text{r. m. s})} \right]_{\text{dB}} = 20 \lg(2\sqrt{3} \cdot 2^n) = 10.8 + 6n \quad (1.1.6)$$

可以得出结论：量化比特数 n 每增加 1bit；则信噪比上升 6dB；反之，每下降 1bit，信噪比降低 6dB。按照 CCIR 601 号建议，用于传输时的视频信号量化比特数取 n 为 8bit，因此，量化信噪比应为 59dB。数字信号在传输过程中只要不产生误码，或者产生的误码被全部纠正过来的情况下，不会增加新的噪声。所以，在测量数字电视的信噪比时，基本上可由量化信噪比确定。量化信噪比与量化比特数 n 的关系如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 均匀量化时量化比特数与量化信噪比的关系

量化比特数 n (bit)	5	6	7	8	9	10
量化信噪比 (dB)	41	47	53	59	65	71

(2) 电视信号幅度下降一半时的量化信噪比

$$M = \frac{A}{\Delta A}, M = 2^n, A = 2^n \cdot \Delta A$$

$$\text{如果 } A_1 = \frac{1}{2}A, \text{ 则有 } \frac{1}{2}A = \frac{1}{2} \cdot 2^n \cdot \Delta A, \text{ 即 } A_1 = 2^{(n-1)} \cdot \Delta A$$

量化信噪比为

$$\frac{S_{P-P}}{N_q(\text{r. m. s})} = \frac{\Delta A \cdot 2^{(n-1)}}{\sqrt{\frac{\Delta A^2}{12}}} = 2\sqrt{3} \cdot 2^{(n-1)} \quad (1.1.7)$$

用分贝表示为

$$\left[\frac{S_{P-P}}{N_q(\text{r. m. s})} \right]_{\text{dB}} = 20 \lg(2\sqrt{3} \cdot 2^{(n-1)}) = 10.8 + 6(n-1) \quad (1.1.8)$$

可以得出结论：当电视信号幅度下降一半时量化信噪比下降 6dB。

(3) 声音信号（双极性信号）的量化信噪比

设声音信号的最大幅度为 A ，它在 $+A$ 到 $-A$ 范围内变化。对它均匀量化成 N 级，有

$$2A = N \cdot \Delta A, N = 2^n \quad (\text{以二进制表示})$$

量化信噪比为

$$\frac{S_{\text{max}}}{N_q} = \frac{\frac{A^2}{2}}{\frac{\Delta A^2}{12}} = \frac{3}{2} \cdot 2^{2n} \quad (1.1.9)$$

用分贝表示为

$$\left[\frac{S_{\max}}{N_q} \right]_{\text{dB}} = 6.02 \cdot n + 1.76 \quad (1.1.10)$$

若输入信号幅度 a 小于最大输入幅度 A ，则有

$$\left(\frac{S}{N_q} \right) = \frac{\frac{a^2}{2}}{\frac{\Delta A^2}{12}} = \frac{3}{2} \cdot 2^{2n} \cdot \left(\frac{a}{A} \right)^2 = \left(\frac{a}{A} \right)^2 \cdot \frac{S_{\max}}{N_q} \quad (1.1.11)$$

用分贝表示为

$$\left[\frac{S}{N_q} \right]_{\text{dB}} = \left[\frac{S_{\max}}{N_q} \right]_{\text{dB}} + 20 \lg \frac{a}{A} \quad (1.1.12)$$

当 $a = 0.5A$ 时，

$$\left[\frac{S}{N_q} \right]_{\text{dB}} = \left[\frac{S_{\max}}{N_q} \right]_{\text{dB}} + 20 \lg \frac{0.5A}{A} = \left[\frac{S_{\max}}{N_q} \right]_{\text{dB}} - 6 \text{dB} \quad (1.1.13)$$

所以，当输入信号幅度下降 $1/2$ 时，则信噪比下降 6dB。

以上讨论的是均匀量化情况。

例 1.2 分别求出电视信号量化比特数为 7bit、8bit、9bit 时的量化信噪比。

解：舍入量化时， $\left[\frac{S_{\text{P-P}}}{N_q(\text{r. m. s})} \right]_{\text{dB}} = 10.8 + 6n$

因此， $n = 7\text{bit}$ 时，电视信号的量化信噪比为 $10.8 + 6 \times 7 = 52.8(\text{dB})$ ；

$n = 8\text{bit}$ 时，电视信号的量化信噪比为 $10.8 + 6 \times 8 = 58.8(\text{dB})$ ；

$n = 9\text{bit}$ 时，电视信号的量化信噪比为 $10.8 + 6 \times 9 = 64.8(\text{dB})$ 。

可见，量化比特数每增加 1bit，则信噪比上升 6dB。

例 1.3 分别求出伴音信号量化比特数为 14bit、15bit、16bit 时的量化噪声值。

解：舍入量化时， $\left[\frac{S_{\max}}{N_q} \right]_{\text{dB}} = 6.02n + 1.76$

因此， $n = 14\text{bit}$ 时，声音信号的量化信噪比为 86.04dB；

$n = 15\text{bit}$ 时，声音信号的量化信噪比为 92.06dB；

$n = 16\text{bit}$ 时，声音信号的量化信噪比为 98.08dB。

例 1.4 舍入量化和截尾量化各有何特点？分别在这两种量化方式下求出 $n = 8\text{bit}$ 时视、音频信号的量化信噪比。

解：(1) 舍入量化是用四舍五入来处理被量化信号与预置量化级数电平之间的差值，其最大量化误差为 $\frac{\Delta A}{2}$ ；截尾量化是把高于预置量化级数电平的尾数部分全部舍去，其最大量化误差为 ΔA ，比舍入量化误差大 1 倍。因此，一般多采用舍入量化。

(2) 对于舍入量化，电视信号（单极性信号）的量化信噪比公式为

$$\left[\frac{S_{\text{P-P}}}{N_q(\text{r. m. s})} \right]_{\text{dB}} = 10.8 + 6n$$

音频信号（双极性信号）的量化信噪比公式为

$$\left[\frac{S_{\max}}{N_q} \right]_{\text{dB}} = 6.02n + 1.76$$

当 $n = 8\text{bit}$ 时，电视信号的量化信噪比为 $10.8 + 6 \times 8 = 58.8(\text{dB})$ ，音频信号的量化信噪比为 $6.02 \times 8 + 1.76 = 49.92(\text{dB})$ 。

(3) 对于截尾量化，电视信号的量化信噪比公式为

$$\left[\frac{S_{\text{p-p}}}{N_q(\text{r. m. s})} \right]_{\text{dB}} = 4.8 + 6n$$

音频信号的量化信噪比公式为

$$\left[\frac{S_{\max}}{N_q} \right]_{\text{dB}} = 6.02n - 4.26$$

所以 $n = 8\text{bit}$ 时，电视信号的量化信噪比为 $4.8 + 6 \times 8 = 52.8(\text{dB})$ ，音频信号的量化信噪比为 $6.02 \times 8 - 4.26 = 43.9(\text{dB})$ 。

例 1.5 如何实现截尾量化和舍入量化？

解：图 1.1.2 为实现舍入量化的框图，图 1.1.3 为实现截尾量化的框图，其差别在量化电阻上。

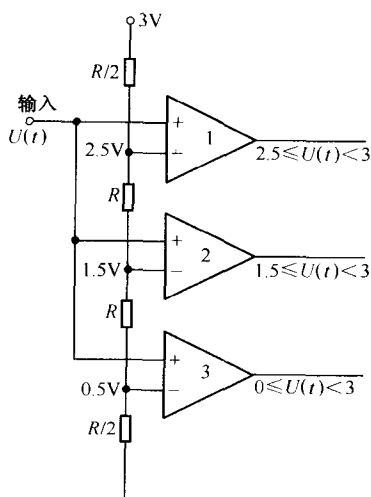


图 1.1.2 舍入量化示意图

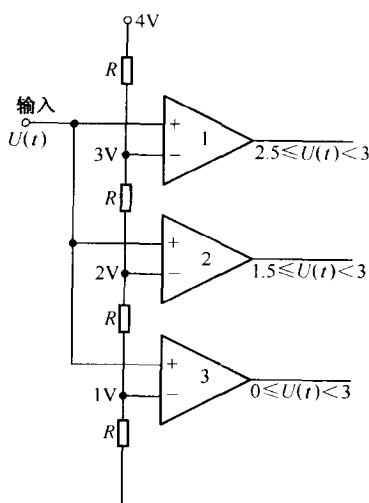


图 1.1.3 截尾量化示意图

例 1.6 试列出几种数字电视设备分辨率的计算方法。

解：图像分辨率实质上是能够在电视机屏幕上分辨的线数，有垂直和水平分辨率两种。垂直分辨率是指在图像垂直高度上能够看得清楚的，从黑到白和从白到黑过渡的水平线数或像素数，它反映了图像水平线的可分辨程度。对于某一电视制式来说，这实际上由电视制式所规定的水平扫描行数所决定。例如 PAL 制，每帧扫描行数为 625；NTSC 制，每帧扫描行数为 525。但水平扫描行数并不等于垂直分辨率，去掉消隐行，乘以一个参数，实际上，

PAL 制的垂直分辨率为 403 线，NTSC 制的垂直分辨率为 338 线。

水平分辨率，是指在水平扫描方向上，长度等于垂直高度的范围内，能够看清楚从黑到白和从白到黑过渡的垂直线数或像素数。所谓“长度等于垂直高度的范围内”，是指在电视水平扫描行的正程范围内所能看到的总的垂直线数除以图像的宽高比。

1. 水平分辨率的经验计算方法

水平分辨率：80×最大带宽（MHz）

在数字视频设备中，最大带宽等于 $f_s/2$ ，其中， f_s 为信号数字化时的采样频率。

根据上述水平分辨率公式，可以计算出各种影碟机的水平分辨率如表 1.1.2 所示。

表 1.1.2 VCD、SVCD、DVD 水平分辨率

系统/编码方式	像素结构（宽×高）	抽样频率 f_s （MHz）	最大带宽（MHz）	极限水平分辨率（线）
VCD/MPEG-1	352×288（PAL）	6.75	3.375	269
（SIF）	352×240（NTSC）			
SVCD/MPEG-2	480×576（PAL）	9.0	4.50	358
（2/3D1）	480×480（NTSC）			
DVD/MPEG-2	720×576（PAL）	13.5	6.75	537
（D1）	720×480（NTSC）			

2. 垂直分辨率和水平分辨率的精确计算方法

（1）隔行扫描时的理论公式计算方法

① 垂直分辨率：垂直分辨率可用如下公式表示

$$M = K_1(1 - \beta)Z \tag{1.1.14}$$

式中， K_1 为克尔系数，取为 0.7； β 为垂直回扫率； Z 为扫描行数。

对于 PAL 信号， $Z = 625$ ，每帧垂直消隐为 50 行，则 $\beta = \frac{50}{625} = 0.08$

所以，

$$M = K_1(1 - \beta)Z = 0.7 \times (1 - 0.08) \times 625 = 402.5 \approx 403(\text{线})$$

② 水平分辨率：一般应考虑像素尺寸为正方形时，图像质量为最佳，考虑到普通电视屏幕宽高比 $K = 4/3$ ，所以水平分辨率为

$$N = KM = K K_1(1 - \beta)Z$$

对于 PAL 信号

$$N = \frac{4}{3} \times 403 = 537(\text{线})$$

所以，对于 MPEG-2（MP@ML）D1 标准，720×576（PAL）格式的垂直分辨率为 403（线）；水平分辨率为 537（线）。对于 MPEG-1（MP@LL）1/2D1 标准，352×288（PAL）格式的垂直分辨率为 202（线）；水平分辨率为 269（线）。对于 MPEG-1（MP@ML）2/3D1 标准，480×576（PAL）格式的垂直分辨率为 403（线）；水平分辨率

为358（线）。

(2) 隔行扫描时的经验公式计算方法

水平分辨率 = 80 × 最大带宽(MHz)

在数字视频设备中，最大带宽等于 $f_s/2$ ， $f_s/2$ 为信号数字化时的抽样频率。

根据上述公式，可计算出水平和垂直分辨率列入表 1.1.3。

表 1.1.3 VCD、CVD、SVCD、DVD 水平和垂直分辨率

系 统	编 码 方 式	像素结构（宽×高）	极限垂直分辨率（线）	极限水平分辨率（线）	抽样频率（MHz）	最大带宽（MHz）
VCD	MPEG-1	352×288（PAL）	202	269	6.75	3.375
	（SIF）	352×240（NTSC）	169	225	6.75	3.375
CVD	MPEG-2 1/2D1	352×576（PAL）	403	269	6.75	3.375
	MPEG-2 1/2D1	352×480（NTSC）	338	225	6.75	3.375
	MPEG-2 2/3D1	480×576（PAL）	403	358	9.0	4.5
	MPEG-2 2/3D1	480×480（NTSC）	338	300	9.0	4.5
SVCD	MPEG-2 （2/3D1）	480×576（PAL）	403	358	9.0	4.5
	MPEG-2 （2/3D1）	480×480（NTSC）	338	300	9.0	4.5
DVD	MPEG-2 （D1）	720×576（PAL）	403	537	13.5	6.75
	MPEG-2 （D1）	720×480（NTSC）	338	450	13.5	6.75

(3) 逐行扫描时的计算方法

逐行扫描时，因不发生并行现象，水平分辨率应等于一行中的样点数。而垂直分辨率应等于垂直方向的样点数。

例如：VCD 图像格式为 352×288，则水平分辨率应为 352，而垂直分辨率应为 288。由此类推，一些数字设备的水平和垂直分辨率见表 1.1.4。

表 1.1.4 VCD、CVD、SVCD、DVD 水平和垂直分辨率

系 统	编 码 方 式	像素结构（宽×高）	垂直分辨率（线）	水平分辨率（线）
VCD	MPEG-1	352×288（PAL）	288	352
	（SIF）	352×240（NTSC）	240	352
CVD	MPEG-2 （1/2D1）	352×576（PAL）	576	352
	MPEG-2 （1/2D1）	352×480（NTSC）	480	352

续表

系 统	编 码 方 式	像素结构 (宽×高)	垂直分辨率 (线)	水平分辨率 (线)
SVCD	MPEG-2 (2/3D1)	480×576 (PAL)	576	480
	MPEG-2 (2/3D1)	480×480 (NTSC)	480	480
DVD	MPEG-2 (D1)	720×576 (PAL)	576	720
	MPEG-2 (D1)	720×480 (NTSC)	480	720

例 1.7 试列出数据不压缩时速率的计算方法。

解：(1) 速率 = 抽样频率 × 每样点的比特数

对 MPEG-2 4:2:2 格式

$$Y \quad 13.5 \times 8b = 108 \text{ (Mbit/s)}$$

$$V = R - Y \quad 6.75 \times 8b = 54 \text{ (Mbit/s)}$$

$$U = B - Y \quad 6.75 \times 8b = 54 \text{ (Mbit/s)}$$

合计为 216Mbit/s (包括行、场消隐期间的样点数据)

如果按 MPEG-2 标准压缩后的速率为 8.448Mbit/s, 则压缩倍数约为 26 倍;

如果按 MPEG-1 标准压缩后的速率为 2.048Mbit/s, 则压缩倍数约为 100 倍。

(2) 速率 = 一帧图像的样点数 × 每样点的比特数 × 25Hz

一帧图像的样点数 = 每行的有效样点数 × 一帧图像的有效行数

$$\text{一行样点数} = (\text{抽样频率}) / (\text{行频}) = 13.5\text{MHz} / 15.625\text{kHz} = 864$$

$$\text{一行有效样点数} = 864 \times \eta = 864 \times 0.83 = 720 \quad (\eta \text{ 为水平回扫率})$$

$$\text{一帧有效行数} = 625 - 50 = 575 \quad (\text{取 } 576)$$

$$\text{一帧图像样点数} = 720 \times 576 = 414720$$

对 MPEG-2 4:2:2 格式

$$Y \quad 720 \times 576 \times 8 \times 25 = 82.944 \text{ (Mbit/s)}$$

$$V = R - Y \quad 360 \times 576 \times 8 \times 25 = 41.472 \text{ (Mbit/s)}$$

$$U = B - Y \quad 360 \times 576 \times 8 \times 25 = 41.472 \text{ (Mbit/s)}$$

合计为 165.9Mbit/s (不包括行、场消隐期间的样点数据)

如果按 MPEG-2 标准压缩后的速率为 8.448Mbit/s, 则压缩倍数约为 20 倍;

如果按 MPEG-1 标准压缩后的速率为 2.048Mbit/s, 则压缩倍数约为 82 倍。

(3) 对 MPEG-2 4:2:0 格式

$$Y \quad 720 \times 576 \times 8 \times 25 = 82.944 \text{ (Mbit/s)}$$

$$V = R - Y \quad 360 \times 288 \times 8 \times 25 = 20.736 \text{ (Mbit/s)}$$

$$U = B - Y \quad 360 \times 288 \times 8 \times 25 = 20.736 \text{ (Mbit/s)}$$

合计为 124.416Mbit/s (不包括行、场消隐期间的样点数据)

如果按 MPEG-2 标准压缩后的速率为 8.448Mbit/s, 则压缩倍数约为 15 倍;

如果按 MPEG-1 标准压缩后的速率为 2.048Mbit/s, 则压缩倍数约为 61 倍。

例 1.8 试列出几种数字电视设备的数据格式。

解：表 1.1.5 列出了几种数字电视设备的数据格式。

表 1.1.5 几种数字电视设备的数据格式

系 统	编 码 方 式	亮度信号像素结构 (宽×高)	帧数/每秒
电视电话	QCIF	176×144	25
VCD	MPEG-1 CIF SIF	352×288 (PAL)	25
		352×240 (NTSC)	30
CVD	MPEG-2 (1/2) D1	352×576 (PAL)	25
		352×480 (NTSC)	30
	MPEG-2 (2/3) D1	480×576 (PAL)	25
		480×480 (NTSC)	30
SVCD	MPEG-2 (2/3) D1	480×576 (PAL)	25
		480×480 (NTSC)	30
DVD	MPEG-2 D1	720×576 (PAL)	25
		720×480 (NTSC)	30
HDTV	MPEG-2 (高级窄屏) 4 : 3	1440×1152	25
		1440×960	30
	MPEG-2 (高级宽屏) 16 : 9	1920×1152	25
		1920×960	30

注：QCIF：Quarter Common Intermediate Format（四分之一公用中间格式）；CIF：Common Intermediate Format（公用中间格式）；SIF：Source Input Format（源输入格式）；VCD：Video Compact Disc（视频光盘）；SVCD：Super Video Compact Disc（超级视频光盘）；DVD：Digital Video Disc（数字视频光盘）；HDTV：High Definition Television（高清晰电视）；D：Definition（分辨率）。

例 1.9 试比较 H. 261 与 H. 263 的图像数据格式有何不同。

解：表 1.1.6 列出了 H. 261 与 H. 263 图像数据格式的不同之处。

表 1.1.6 H. 261 与 H. 263 图像数据格式的比较

视频格式	亮度图像分辨率	色度图像分辨率	H. 261 支持	H. 263 支持	不压缩时的速率		每帧图像允许的最大数据 (kbit)
					亮度 (Mbit/s)	两个色差 (Mbit/s)	
SQCIF	128×96	64×48		是	3.0	4.4	64
QCIF	176×144	88×72	是	是	6.1	9.1	64
CIF	352×288	176×144	可选	是	24.3	36.5	256
4CIF	704×576	352×288		可选	97.3	146.0	512
16CIF	1408×1152	704×576		可选	389.3	583.9	1024

注：SQCIF：扩展 QCIF 格式；QCIF：1/4 公用中间格式；CIF：公用中间格式；4CIF：4 倍公用中间格式；16CIF：16 倍公用中间格式。

例 1.10 试列出用于实时传输所需要的压缩率。

解：表 1.1.7 列出了用于实时传输所需要的压缩率。

表 1.1.7

用于实时传输所需要的压缩率

图 像 层	H. 262/MPEG-2	实时 HRI-0	实时 HRI-1	实时 HRI-2	实时 HRI-3
有效像素数目	720×483	1920×1080	3840×2160	5760×3240	7680×4320
抽样频率比 Y : (R-Y) : (B-Y)	4 : 2 : 2	4 : 2 : 2	4 : 2 : 2	4 : 4 : 4	4 : 4 : 4
量化比特数 Y, (R-Y), (B-Y)	8	10	10	12	12
帧/秒	30	60	60	60	60
不压缩数据速率 (Gbit/s)	0.216	2.5	10	40	72
传输速率 (Mbit/s)	5~10	60~80	100~150	150~600	150~600
压缩率	20~40	30~40	70~100	70~270	120~480

例 1.11 试列出传统方法的压缩率。

解：表 1.1.8 列出了传统方法的压缩率。

表 1.1.8

传统方法的压缩率

压 缩 方 法	压 缩 率
频域的压缩：DCT	5~10 倍
时域的压缩：运动补偿	2~3 倍
采用数据统计特性的压缩：可变字长编码	1.3~1.5 倍
平均压缩率	15~30 倍

例 1.12 试列出 MPEG-1 中 I、P、B 帧的数据字节和压缩比。

解：表 1.1.9 列出了 MPEG-1 中 I、P、B 帧的数据字节和压缩比。

表 1.1.9

MPEG-1 中 I、P、B 帧的数据字节和压缩比

帧 类 型	不同帧数据的字节数	压 缩 比
I	18KB	7 : 1
P	6KB	20 : 1
B	2.5KB	50 : 1
平均	4.8KB	27 : 1

1.2 习 题

1. 什么叫做数字电视，它与模拟电视相比有哪些优点？
2. 普通彩色电视数字化后未经压缩的数码率为多少？相当于多少模拟信号带宽？
3. 请画出数字电视系统原理框图，并解释各功能块的作用。
4. 试画出数字电视机顶盒框图，解释各部分的作用，并说明为什么高频通道未数字化。
5. 由于模拟输入信号方式的不同，图像信号编码可分为哪两种？它们各有什么优、缺点？
6. 利用所学的知识，分别求出 625 行、1125 行、2248 行电视的模拟带宽。

7. 有关数字电视及其压缩编码的国际标准有哪些？它们有何特点？码率为多少？
8. 什么叫 HDTV？它的扫描行数和带宽大约为多少？
9. 什么叫做 VCD、DVD 以及 VOD？
10. 在数字电视中，LDTV、SDTV、HDTV 各代表什么？它们有何异同？
11. 请分别计算出 DVD、HDTV 在 $4:2:2$ 和 $4:2:0$ 两种格式不压缩时的码率。
12. 彩色电视按标准幅度（峰峰值为 $1V$ ）进行编码时，量化比特数 $n = 8\text{bit}$ ，此时的量化信噪比为多少？如果峰峰值降为 $\frac{1}{2}V$ 后，量化信噪比又为多少？
13. 按照均匀量化，请分别求出亮度信号 Y 中对应的白、黄、青、绿、紫、红、蓝、黑 8 个电平的 8bit 码。
14. 按照均匀量化，请分别出色差信号 U 中对应的白、黄、青、绿、紫、红、蓝、黑 8 个电平的 8bit 码。
15. 按照均匀量化，请分别出色差信号 V 中对应的白、黄、青、绿、紫、红、蓝、黑 8 个电平的 8bit 码。
16. 分别画出全电视信号编码和分量信号编码框图，并解释它们之间的不同点。
17. 如何理解 $4:2:0$ 抽样结构？VCD 是采用此抽样结构，请求出它不压缩时的数据速率；如果压缩比为 $30:1$ 时，压缩后的数据速率应为多少？
18. 视频信号和音频信号的量化信噪比公式有何不同？
19. 亮度信号与色差信号的码电平如何分配？为什么要留保护带？
20. 请分别画出 $4:4:4$ 、 $4:2:2$ 、 $4:2:0$ 、 $4:1:1$ 抽样点结构。
21. 设计一个 $n = 4\text{bit}$ 的并行 A/D 量化器（舍入量化）和 PCM 编码器。要求画出整体电路图，列出真值表。
22. 设计一个 3bit 电流相加型 D/A 变换器。
23. 并串型 A/D 变换器中， $n = 8\text{bit}$ 时，比较器的个数应该为多少？为什么？
24. 在 R-2R 型变阻网络 D/A 变换器中，电阻网络每个节点到地的阻抗为多少（见图 1.2.1）？为什么？

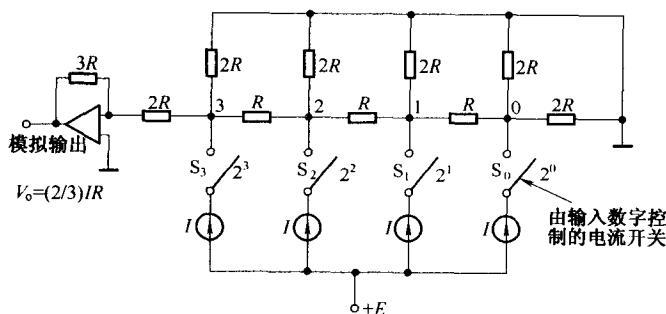


图 1.2.1 R-2R 型变阻网络 D/A 变换器

25. 设计一个 8bit 电流相加型 D/A 变换器需要多少个电流源？
26. 分别求出电视信号量化比特数为 7bit、9bit 时的量化信噪比。
27. 分别求出声音信号量化比特数为 14bit、15bit、16bit 时的量化信噪比。
28. 请分别算出并型、并串型 8bit 量化器分别要用多少个比较器。

29. 解释图 1.2.2 中并串型 A/D 变换器 (8bit) 的工作原理。

30. 分别求出 $n = 8\text{bit}$ 时视频信号和声音信号的量化信噪比。

31. 固定抽样结构分哪几种? 如何实现?

32. 定性分析图 1.2.3 采用两行延时的 1 阶梳状二维 Y、C 分离电路的亮、色数字分离的工作原理。

33. 解释采用两个像素延时方法对 PAL 模拟全电视信号进行数字分离得 Y、R-Y、B-Y 信号的原理 (要求采用图解法, 画出电路框图并加以数学分析)。

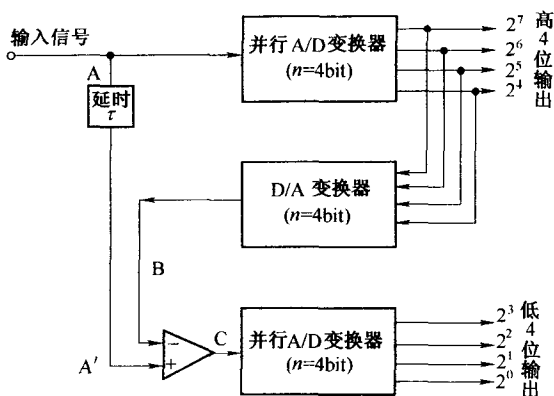


图 1.2.2 并串型 A/D 总框图

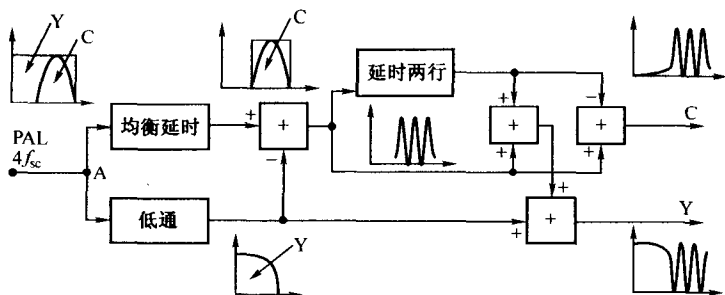


图 1.2.3 两行延时二维 Y、C 亮、色数字分离

34. 利用所学知识, 画出 NTSC 制彩色电视信号 Y、C 分离的电路框图, 并解释分离原理。

35. 推导出图 1.2.4 采用两行延时的 1 阶梳状二维 Y、C 分离电路的亮、色传输函数并画出幅频特性。

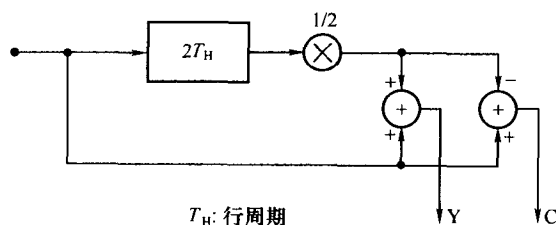


图 1.2.4 采用两行延时的 1 阶梳状二维 Y、C 分离电路

36. 量化有哪四种? 分别用于何处?

37. 有线电视高频头包括哪几部分电路? 各有什么作用?

38. 什么叫 I²C 总线? 它由几条线组成? 每条线的作用如何?

1.3 习题解答

1. 什么叫做数字电视, 它与模拟电视相比有哪些优点?

解: 所谓数字电视, 是将传统的模拟电视信号经过抽样、量化和编码转换成用二进制数代表的数字式信号, 然后进行各种功能的处理、压缩、传输、存储和记录, 也可以用电子计算机进行处理、监测和控制。采用数字技术不仅使各种电视设备获得比原有模拟式设备更高的技术性能, 而且还具有模拟技术不能达到的新功能, 使电视技术进入崭新的时代。数字电视技术与原有的模拟电视技术相比, 有如下优点:

- (1) 信号杂波比和连续处理的次数无关。
- (2) 可避免系统的非线性失真的影响。
- (3) 数字设备输出信号稳定可靠。
- (4) 易于实现信号的存储, 而且存储时间与信号的特性无关。
- (5) 由于采用数字技术, 可以实现设备的自动化操作和调整。
- (6) 可充分利用信道容量。数字技术可实现时分多路复用, 可实现数字视频、数字音频和其他多媒体信号混传, 充分利用信道容量。
- (7) 容易实现“无差错接收”。
- (8) 可以合理地利用频谱资源。
- (9) 在同步转移模式 (STM) 的通信网络中, 可实现多种业务的“动态组合” (dynamic combination)。
- (10) 很容易实现加密/解密和加扰/解扰技术, 便于专业应用 (包括军用) 以及点播应用 (VOD) (收费电视)。
- (11) 具有可扩展性、可分级性和互操作性, 能够实现不同层次质量图像的相互兼容, 易于建立全国数字电视传输网。
- (12) 可以与计算机“融合”而构成一类多媒体计算机系统, 成为未来“国家信息基础设施” (NII) 的重要组成部分。
- (13) 通过 CCIR 601 号建议, 可为三大模拟电视 PAL 制、NTSC 制、SECAM 制建立统一的数字电视参数规范, 改变了模拟体制下的 NTSC 制、PAL 制和 SECAM 制电视节目不能交换的特性。
- (14) 改变人们接收电视的方式, 如交互电视的诞生为电视的应用开辟了新天地。
- (15) 数字电视的出现将极大地改变信息家电的市场结构。

2. 普通彩色电视数字化后未经压缩的数码率为多少? 相当于多少模拟信号带宽?

解: 数字电视不进行数据压缩时, 数码率太高。例如, 亮度信号 Y 抽样频率一般选为 13.5MHz (3 倍彩色副载波频率), 每样品值经 8bit 量化后, 码率为 $13.5 \times 8 = 108$ (Mbit/s)。两个色差信号 U、V 的抽样频率分别为 6.75MHz ($3/2$ 倍彩色副载波频率), 每样品值经 8bit 量化后为 54Mbit/s。所以在不采用任何压缩措施时, 总的数码率为 $108 + 54 + 54 = 216$ (Mbit/s)。这相当于 3000 多路数字电话话路。从理论上讲, PCM 二进制传输信道每赫兹带宽能传输的最高码率是 2bit/s。因此, 这相当于要求信道提供 108MHz 的带宽, 是现有视频信号带宽的 10 倍以上。

3. 请画出数字电视系统原理框图, 并解释各功能块的作用。

解: 数字电视系统原理框图如图 1.3.1 所示, 它包括信源压缩编码部分、信道处理传输部分、信宿解压缩部分。发端由摄像机产生彩色电视图像, 经 A/D 变换后, 变为数字视频信号送入信源编码中。同时, 音频数字化后也送入信源编码中, 信源编码承担着图像和音频数据压缩功能, 它去掉信号中的冗余部分, 使传输码率降低。然后, 经 MPEG-2 标准压缩后的数字视、音频信号和数据通过节目复用, 送入传输流复用。传输流复用完成多套节目复用功能, 然后送入信道编码和调制器中, 信道编码和调制包括纠错编码和各种信号传输处理以及数字调制的功能, 提高信号在传输中的抗干扰能力。这是因为数据码流经长距离传输后