

第 7 章

电视信号数字化基础

中国传媒大学
姜秀华

◆第7章 电视信号数字化基础

7.1.1 模拟电视广播制式的不足

- 亮度分解力不足
- 亮度分解力决定了重现图像上亮度细节的清晰程度。当前兼容性的模拟电视广播制式中,因色度副载波带宽里存在亮、色间串扰,电视接收机的亮度通道往往仅约3.5MHz带宽,水平分解力300电视线左右,图像细节受到较大局限。
- 色度分解力不足
- 标准规定色差信号基带带宽1.3MHz,因此图像彩色水平分解力不足140电视线。
- 但实际的彩色接收机中色度通道的带宽仅为0.6MHz,因此显示的图像实际的彩色分解力低于100电视线。

- 亮度、色度信息互串
- 在模拟复合电视信号中,在 $\pm 1.3\text{MHz}$ 范围内亮、色信号频带共用,电视接收机中一般不能将两种信号干净地分开,从而使图像上出现的亮串色的色杂波干扰和色串亮的细网纹干扰,损伤正常图像的亮色细节。
- 微分相位(DP)和微分增益(DG)
- 视频通道的非线性特性会造成微分相位(DP)和微分增益(DG),引起不同亮度层次上的色调失真和饱和度失真。DP和DG是因为亮度、色度信号频带共用和一起处理而色度信号叠加在亮度信号上同时传输产生的,视频通道的非线性使不同亮度电平上的色度信号有不同的相移和增益,从而导致色度失真和饱和度失真。

- 电视信号的时间利用率不充分
- 当前的全电视信号中行、场消隐期内仅仅传送了消隐脉冲和同步脉冲,以向接收端提供行、场扫描逆程所需的消隐信息和同步信息。
- 行消隐期占行周期的18.75%,
- 场消隐期占场周期的8%,
- 如此可观的时间比例未利用来传输更多的信息显然是信息容量的重大浪费。

- 电视信号的幅度利用率不充分
- 按照标准,基带全电视信号峰-峰幅度为1.0Vp-p,中,正程视频信号占0.7 Vp-p,消隐期内同步脉冲占0.3 Vp-p。
- 可见,呈现图像的视频信号只占全电视信号幅度的70%,未能充分利用有效视频通道动态范围来传输图像信息。

- 声音信号只是单声道
- 根据基本的技术规范，一路电视频道（带宽6，7 MHz或8MHz）内只携带一路声音信号，属于单声道电视广播。随着电视机屏幕尺寸的不断增大和视频信号处理电路的逐步改进，单声道声音愈发显得与大屏幕图像不相匹配。

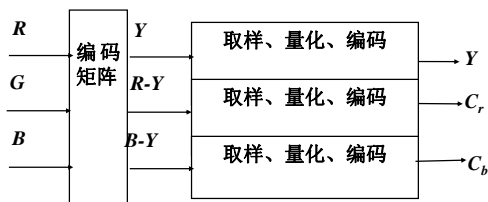
7.1.3 数字电视的主要优点

- （1）改善了视音频质量
- 数字电视采用分量编码方式，亮度信号和色差信号通过时分复用方式在同一个通道中传输，没有模拟电视中的亮色信号之间的干扰，同时带宽也高于模拟电视信号，使图像质量得到了很大提高。
- （2）提高了节目制作和播出的质量和效率
- 电视台已经实现了节目制作数字化、制播网络化、节目资源共享，大大提高了节目制作和播出的质量和效率。
- （3）提高了传输效率
- 由于压缩技术的突破和多种高效编码方法和调制技术的出现，使得原来只能传输一套模拟电视的8MHz频道内，现在能传4套至6套数字SDTV电视，或传输一套数字HDTV电视。

7.3 电视信号取样原理

7.3.1 数字视频分量编码方式

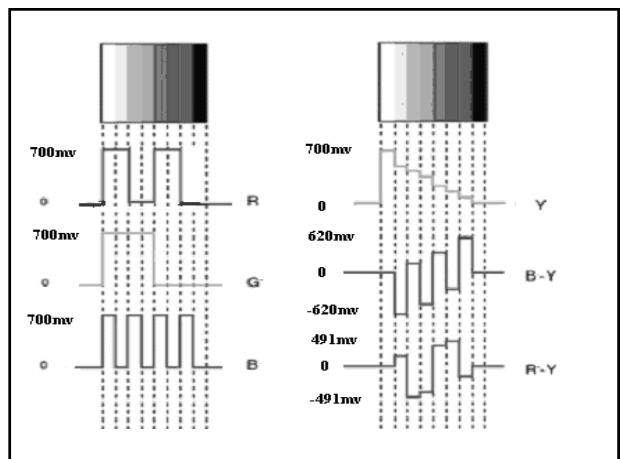
- 数字电视采用分量编码方式，是将亮度Y和色差信号R-Y、B-Y分别进行PCM编码，即取样、量化、编码。

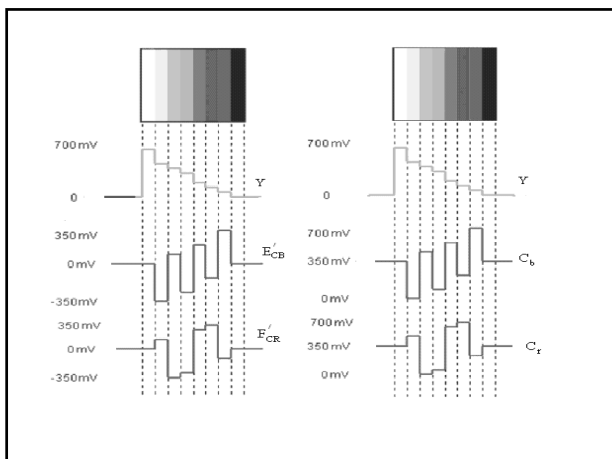


- 在对电视信号数字分量编码处理之前，需要对信号进行转换。
- （1）首先将R、G、B三基色信号转换成Y、R-Y、B-Y亮度 and 色差信号。
- （2）由于B-Y的数值动态范围在± 620 mV 之间、R-Y的数值动态范围在± 491 mV 之间，为了把R-Y和B-Y信号动态范围控制在±350mV之内，需要引入幅度压缩系数，
- $E_{CR}=0.713 (R-Y)$,
- $E_{CB}=0.564 (B-Y)$ ，称为模拟视频分量。
- （3）为了便于数字化处理，再将 E_{CR} 、 E_{CB} 引入350mv偏置，使信号的数值动态范围在，0~700mv之间。

几种视频分量信号的转换

Y、R-Y、B-Y	模拟分量 E_{CR} 、 E_{CB}	加偏置后的分量 C_R 、 C_B
$Y=0.299R+0.587G+0.114B$	$Y=0.299R+0.587G+0.114B$	$Y=0.299R+0.587G+0.114B$
$R-Y=0.701 R-0.587 G-0.114 B$	$E_{CR}=0.713 (R-Y)$	$C_R=0.713 (R-Y) + 350 \text{ mV}$
$B-Y=-0.299R-0.587G+0.886 B$	$E_{CB}=0.564 (B-Y)$	$C_B=0.564 (B-Y) + 350 \text{ mV}$

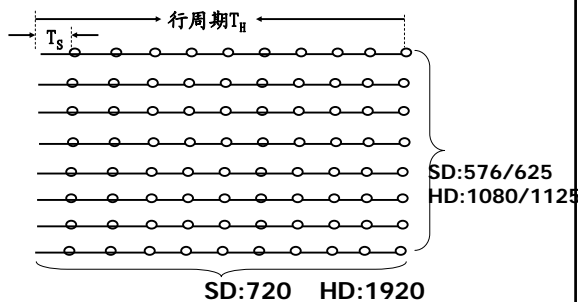




7.3.2 电视信号的取样结构

- 电视信号可以看作是一个三维函数 $f(x, y, t)$
- 对电视信号的取样实际上是在图象的水平方向 x 轴方向上进行

数字电视图像取样结构



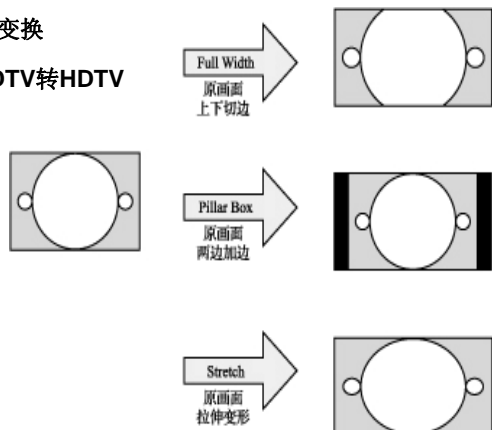
在数字电视中一般采用正交结构, 这种结构沿垂直方向取样点上下对齐排列。

数字电视图像格式

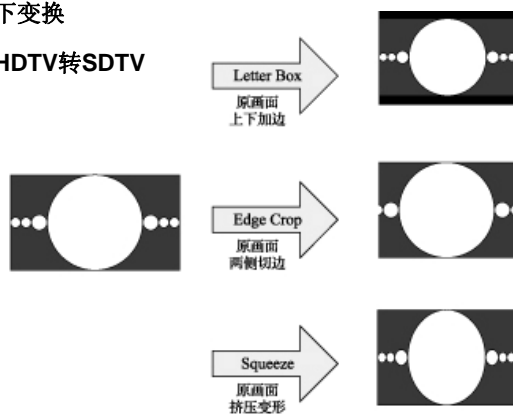
每行有效样点 每帧有效行数 场频 隔行扫描
Interlaced
P - 逐行扫描
Progressive

720 × 576 / 50 i
720 × 480 / 60 i
1920 × 1080 / 50 i / 60 i
1280 × 720 / 25P / 30P

- 上变换
- SDTV转HDTV



- 下变换
- HDTV转SDTV



7.3.3 亮度信号取样频率的选择

- (1) 满足取样定理: 亮度信号取样频率 f_s 应大于亮度信号Y的带宽的两倍。
- SDTV亮度信号的带宽=6MHz, 因此 $f_s \geq 12\text{MHz}$
- HDTV亮度信号的带宽=30MHz, 因此 $f_s \geq 60\text{MHz}$
- (2) 数字电视采用正交取样结构, 要求 f_s 是行频 f_H 的整数倍

- (3) 为了便于节目国际间的交流, 亮度信号取样频率的选择还必须兼顾国际上不同的扫描格式。
- SDTV有2种扫描格式:
 - 15625Hz (625/50/2:1)
 - 15734.265Hz (525/60/2:1)
- 取样频率 f_s 应是这2种行频的整数倍:
- 因此SDTV亮度信号取样频率取为: $f_y = 13.5\text{ MHz}$ 。
- HDTV有3种扫描格式:
 - 1125/50/2:1, $f_H=28125\text{Hz}$ 、1125/59.94/2:1, $f_H=33750\text{Hz}$ 、1250/50/2:1, $f_H=31250\text{Hz}$ 。
- 取样频率 f_s 应是这3种行频的整数倍:
- HDTV亮度信号取样频率取为: $f_y = 74.25\text{ MHz}$

- (4) 为了降低码率, 应该在满足取样定理的条件下, 尽量降低取样频率, 一般选取样频率为信号带宽的2.2~2.4倍左右。

◆ 每行的取样点数

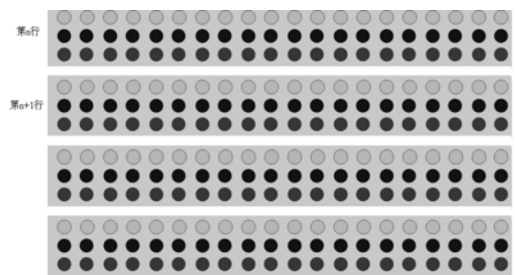
- ◆ 每行的取样点数 $= T_H \div T_s = f_s \div f_H$
- ◆ 对于SDTV/625行/50场格式的亮度信号每行的取样点数为: $13.5\text{MHz} \div 15625\text{Hz}=864$;
- ◆ $64\mu\text{s} \div 74\text{ns}=864$;
- ◆ 注意: T_H 是1整行, 包括了行逆程。
- 对于HDTV/1125行/50场格式的亮度信号每行的取样点数为: $74.25\text{MHz} \div 28125\text{Hz}=2640$;

7.3.4 色度取样格式

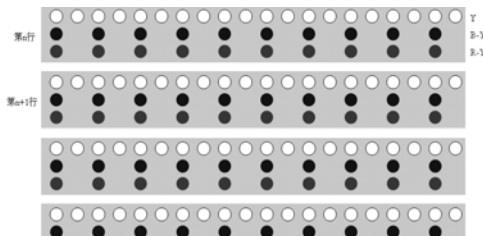
在数字电视中两个色差信号一般用 C_R 和 C_B 来表示。根据人眼对彩色的分解力比黑白图像的分解力低的视觉特性, 一般将亮度信号用全带宽传送, 而色差信号则用半带宽或四分之一带宽传送。

1. 4:4:4格式

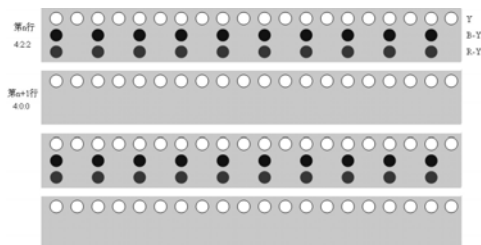
- 在4:4:4格式中, 一般用采用 R 、 G 、 B 信号, 三个信号取样频率相同。
- 4:4:4格式一般用在要求非常高质量的信号源的场合。



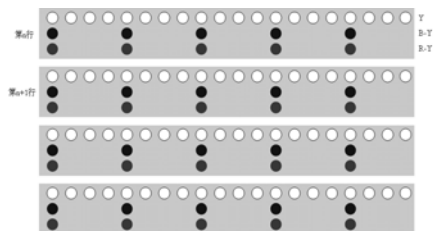
- (2) 4: 2: 2格式
- 色差信号Cb和Cb的取样频率均为Y取样频率的1/2;
- 色差信号 C_R 、 C_B 在水平方向上的取样点数为亮度信号的一半, 在垂直方向上 C_R 、 C_B 在的取样点数与Y相同。
- 也可以说, 亮度信号全带宽传输, 色度信号半带宽传输;
- 4:2:2编码方式主要应用于高质量数字电视演播室中节目制作。



- (3) 4: 2: 0格式
- 两个色差信号 C_R 和 C_B 在水平方向和垂直方向上的取样点数均为Y的一半。
- 4:2:0格式不属于演播室标准的格式, 但是由于这种格式的码率比较低, 用于在数字电视广播传输中。



- (4) 4: 1: 1格式
- 色差信号CR、CB在水平方向上的取样点数为亮度信号的四分之一, 而垂直方向上CR、CB的取样点数与Y相同。
- 取样频率也为亮度信号Y的取样频率的四分之一, 可以说, 色度信号是四分之一带宽传送;
- 这种格式也不属于演播室标准规范的格式。



亮度信号和色度信号的分解力比较

色度取样格式	4: 4: 4	4: 2: 2	4: 1: 1	4: 2: 0
水平方向亮度和色度信号分解力之比	1: 1	2: 1	4: 1	2: 1
垂直方向亮度和色度信号分解力之比	1: 1	1: 1	1: 1	2: 1

7.3.5 数据量计算

- (1) 如果每个样值10比特编码
- 对于4:4:4格式:
- 一帧画面的有效数据量为:
- $720 \times 576 \times 10 \times 3 = 12.44\text{M bits/帧}$
- 一秒的有效数据量为:
- $720 \times 576 \times 10 \times 3 \times 25 = 311\text{M bits/秒 (bps)}$
- 对于4:2:2格式:
- 一帧画面的有效数据量为:
- $720 \times 576 \times 10 \times 2 = 8.29\text{Mbits/帧}$
- 一秒的有效数据量为:
- $720 \times 576 \times 10 \times 2 \times 25 = 207.36\text{M bits/秒 (bps)}$

- 对于4:2:0格式和4:1:1格式;
- 一帧画面的有效数据量为:
- $720 \times 576 \times 10 \times 1.5 = 6.22\text{Mbits/帧}$
- 一秒的有效数据量为:
- $720 \times 576 \times 10 \times 1.5 \times 25 = 155.52\text{M bits/秒 (bps)}$
- 可见4:4:4 格式的数据量是4:2:2 格式的1.5倍;
- 可见4:2:2格式的数据量是4:2:0格式的1.33倍。

- (2) 如果每个样值8比特编码
- 对于4:4:4格式:
- 一帧画面的有效数据量为:
- $720 \times 576 \times 10 \times 3 = 12.44\text{M bits/帧}$
- 一秒的有效数据量为:
- $720 \times 576 \times 10 \times 3 \times 25 = 311\text{M bits/秒 (bps)}$
- 对于4:2:2格式:
- 一帧画面的有效数据量为:
- $720 \times 576 \times 10 \times 2 = 8.29\text{Mbits/帧}$
- 一秒的有效数据量为:
- $720 \times 576 \times 10 \times 2 \times 25 = 207.36\text{M bits/秒 (bps)}$

- 对于4:2:0格式和4:1:1格式;
- 一帧画面的有效数据量为:
- $720 \times 576 \times 10 \times 1.5 = 6.22\text{Mbits/帧}$
- 一秒的有效数据量为:
- $720 \times 576 \times 10 \times 1.5 \times 25 = 155.52\text{M bits/秒 (bps)}$
- 可见4:4:4 格式的数据量是4:2:2 格式的1.5倍;
- 可见4:2:2格式的数据量是4:2:0格式的1.33倍。

7.4 标准清晰度数字电视演播室编码参数标准 (4:2:2格式)

- 1982年的CCIR601号建议书, 规定数字演播室分量编码标准。
- 经过多年的修正、扩展, 现已发展到包含16: 9宽高比在内的ITU-R BT.601-5标准;
- 我国也于1993年制定了国标GB/T 14857-93演播室数字电视编码参数规范”, 等同采用了601标准。

标准清晰度数字电视演播室编码参数标准 (4:2:2格式)

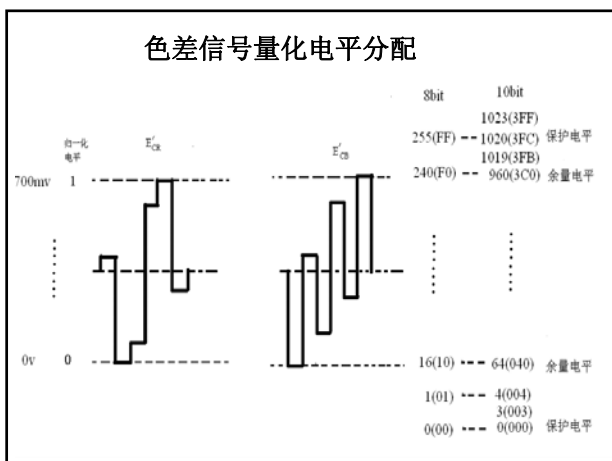
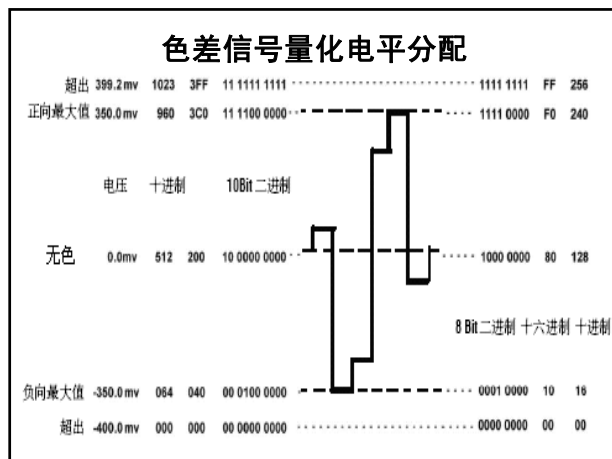
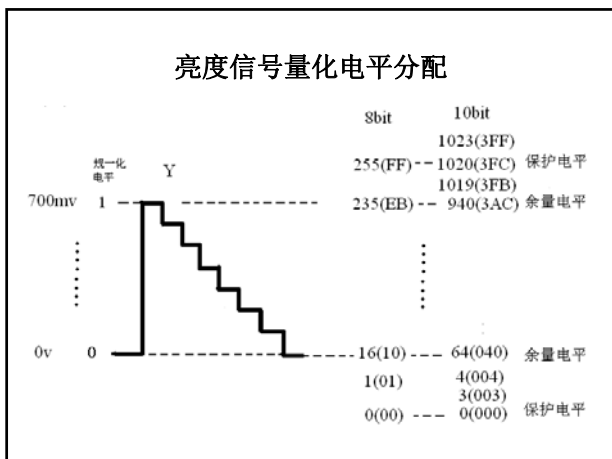
参数	625/50 扫描格式	525/59.94 扫描格式
编码信号	Y, CR, CB	
取样频率: 亮度信号 (Y) 每个色差信号 (CR, CB)	13.5 MHz 6.75MHz	
每个数字行有效期的取样数	(Y) 720 (CR, CB) 360	
每一整行的取样数	(Y) 864 (CR, CB) 432	858 429
编码方式	线性PCM, 8, 10bit量化	
视频信号电平与量化级对应关系	(以8bit量化为例, 0~255)	
亮度信号	共占220量化级, 消隐电平对应于16级 峰值白电平对应于量化级235	
每个色差信号	共224量化级, 零电平对应于第128级 最大正电平对应于第240级 最大负电平对应于第16级	
O _{II}	模拟行同步前沿1/2幅值处基准点	

视频信号量化

(1) 视频信号量化比特数的选择

- * 从降低比特率考虑, 量化比特数应选小;
- * 从减小量化噪声考虑, 量化比特数应选大;
- * 因此应综合考虑, 最终由主观评价决定;
- * 主观评价实验表明:
- * 广播电视的视频信号的量化比特数应: $n \geq 8$ 。
- * 目前演播室节目制作常用选用10。

- (2) 量化电平分配
- 601 标准中给出了量化比特数分为8比特和10比特两种的视频信号电平与量化级的对应关系。
- 对分量信号 E_Y 、 $E_{(R-Y)}$ 、 $E_{(B-Y)}$ 量化:
- 量化比特数: 8比特 (或10比特)。
- 量化级数: 256 (或1024)
- 8比特字的数字信号可以通过10比特字的数字设备和数字通路, 只要在8比特的最低位后加两位0即可, 在输出端再将两位0去掉, 即可恢复8比特字数字信号。



(3) 量化误差

- 视频信号是单极性信号,量化信噪比用信号峰-峰值与量化噪声有效值之比表示:
- $[S/N]_{dB} \approx 10.8 + 6n$
- 比特数n每增加1, 量化信噪比上升6dB

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

- 音频信号是双极性信号,
- 量化信噪比用信号功率与量化噪声功率之比表示:
 $[S/N]_{dB} \approx 1.76 + 6n$
- 音频信号的量化比特数: 常用的有16bit、20bit和24bit等几种。

n(bit)	16	20	24	32
量化信噪比	97.76 dB	121.76 dB	145.76 dB	193.76 dB

(4) 量化噪声对图像的影响

- 伪轮廓:** 量化误差使图像缓慢上升或下降区, 而变为阶梯式的上升或下降曲线, 图像出现地图等高线状的亮度失真;
- 边缘忙乱:** 量化误差使图像亮度急剧变化区, 如轮廓边缘, 出现左右晃动的锯齿状边缘。

不同量化比特的效果



7.5标准清晰度数字电视演播室信号接口

- 数字视频设备相互连接需要规定信号接口的机械连接特性、数字信号电特性和数据流的传输规范，称为信号接口。
- 标准清晰度数字电视演播室信号接口的国际标准是ITU-R BT.656-4建议书。标准规范了4:2:2格式数字视频信号的接口。
- 我国标准GB/T 17953-2000等同采用了BT.656标准

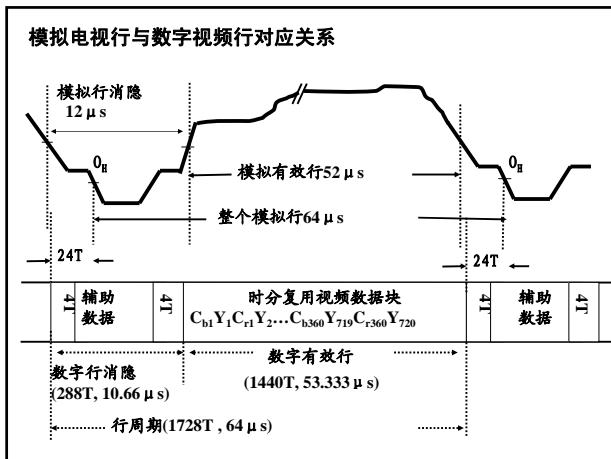
- 标准规定了两种信号接口方式，
- 一种是并行方式，将8比特（或10比特）的视频数据字同时传送，这需要使用多芯电缆将各个比特位通过各芯传送；
- 另一种是串行方式，将视频数据字的各个比特以及相继的数据字通过单一芯线顺序传送。

7.5.1并行和串行接口通用的信号格式

- Y的取样频率为13.5MHz,
- C_r, C_b 的取样频率为6.75MHz,
- 传输总码率为:
- $13.5M + 6.75M + 6.75M = 27M$ 字节/秒 (MWps)
- 包括了行场消隐期中的辅助数据
- 系统时钟频率为27 MHz,
- 时钟周期 $T = 37ns$
- 视频数据与模拟行同步间的关系是以时钟周期T为单位进行计数。

$$T = \frac{1}{27 \times 10^6} = 37 (ns)$$

- 每行 $64 \mu s$ ，一整行内共有个1728时钟周期 ($1728 \times 37ns = 64 \mu s$, $T = 37ns$);
- 数字有效行为1440个时钟周期，占 $53.333 \mu s$ ；传送的经过时分复用后的 $YC_r C_b$ 数据样值；
- 数字行逆程为288个时钟周期，占 $10.66 \mu s$ ，主要传送是同步字节和辅助信息。



- (1) 数字分量信号时分复用在数字有效行内传输
- 数字有效行包括1440个时钟字节，时分复用排列亮度信号和两个色差信号，规定传输次序：
 - $C_{b1}Y_1C_{r1}, Y_2, C_{b2}Y_3C_{r2}, Y_4, C_{b3}Y_5C_{r3}, Y_6, \dots, C_{b360}Y_{719}C_{r360}, Y_{720}$
- 即奇数点按 C_bYC_r 的次序传输，偶数点只传输Y样点数据，每一行如此，直至第576行。

(2) 数字声音信号和辅助数据嵌入数字行逆程中传送

- 数字声音：在串行分量数字信号的消隐期间嵌入AES/EBU数字声音信号。
- 监测与诊断信息：插入误码检测校验字和状态标识位，用于检验传输后的校验字有效状态，以监测10比特字数字视频接口的工作状况。
- 图像显示信息：在4:3和16:9画面宽高比混合使用的情况下，传送宽高比标识信令是必要的。
- 其它应用：比如传送图文电视信号、节目制作和技术操作信令。国际标准化组织不断地对以上各种数据的格式及插入位置作出统一规定。

●(3) 视频数据与模拟行同步间的关系

- 数字分量视频信号是由模拟分量视频信号经过A/D转换得到的，数字有效行与模拟行之间应该有明确的定时关系；
- ① 以模拟行同步前沿 O_H 为基准，每一数字行起始于模拟行同步前沿 O_H 前24T处，每行64 μs，共有864个亮度取样周期， $864 \times 2 = 1728$ 个时钟周期。
- ② 数字行有效期起始于模拟行同步前沿 O_H 后264T处，数字行有效期内共有720个亮度取样周期，占1440T。
- ③ 数字行消隐起始于模拟行同步前沿 O_H 前24T处，共占288T。左端有4T的定时基准码EAV (End of Active Video)，代表有效视频结束，右端有4T的定时基准码SAV (Start of Active video)，代表有效视频开始。

(4) 视频定时基准码SAV和EAV

- 模拟电视中同步关系由复合同步脉冲表示；
- 数字电视中同步关系是在每一行的逆程期加入两个定时基准信号。
- EAV(End of Active Video)有效视频结束
- SAV(Start of Active video)有效视频开始。
- 每个定时基准信号由4个字组成，每个字为8比特或10比特，
- 前三个字是固定前缀，供定时基准信号用，
- 第四个字定义了场的奇偶标识、行场消隐期和行场正程期状态的信息以及校验位。

定时基准码的比特分配(n=10)

比特位	第一字	第二字	第三字	第四字	
D9	1	0	0	1	0 奇数场 1 偶数场
D8	1	0	0	F	
D7	1	0	0	V	0 场正程 1 场逆程
D6	1	0	0	H	
D5	1	0	0	P3	0 SAV 1 EAV
D4	1	0	0	P2	
D3	1	0	0	P1	保护比特
D2	1	0	0	P0	
D1	1	0	0	0	
D0	1	0	0	0	

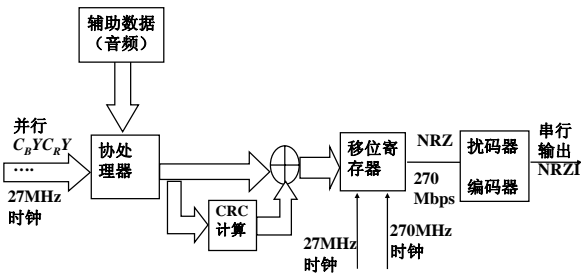
7.5.2 比特并行接口

- 在并行接口中，每行的数字视频以 $C_{B1}Y_1 C_{R1}$ ， Y_2 ， $C_{B2}Y_3 C_{R2}$ ， Y_4 ， $C_{B3}Y_5 C_{R3}$ ， Y_6 ，…… $C_{B360}Y_{719} C_{R360}$ ， Y_{720} 的顺序、每个字节10比特同时传输。
- 并行接口采用25芯电缆，内有12对双绞线，每位数据采用平衡双绞线传输，其中：
 - 10对导线平衡传输10个并行比特位；
 - 一对导线平衡传输27MHz的时钟信号；
 - 一对公共地电位连接线；
 - 电缆屏蔽层还需要防止电磁辐射的接地线；

- 由于在双绞线上传输27MHz的数据，电缆的幅频特性限制了使用的电缆长度。在无电缆均衡器条件下，容许电缆长度为50m，采用电缆均衡器后可达200m。
- 可见，并行接口利用25芯电缆传输，插脚多，较容易发生接触不良问题，而且电缆较粗，长度也受到限制，因此并行传输仅适合在演播室内等短距离范围内使用。

7.5.3 比特串行接口

- ◆ 在串行数字接口（Serial Digital Interface，SDI）中，每个10比特的数据字经并/串转换电路后变成串行的数据流，传输码率从27Mbps变为270Mbps，用单芯同轴电缆传输。



- (1) 协处理器用于嵌入定时基准信号、格式化后的数字音频和其他辅助数据
- (2) CRC计算：CRC是冗余校验码，插入到并行数据码流中，可以提高数据流的抗干扰能力。
- (3) 并/串变换移位寄存器：27Mbps的10比特并行数据流由27MHz的时钟信号并行写入移位寄存器，然后用10倍频的270MHz时钟串行读出，规定先传最低有效位。

- (4) 扰码器的作用：
 - 由于接收端解码时需要恢复时钟信号，而串行接口时钟的恢复只能利用信号本身的跳变来产生，这称为自时钟方式。

- 由于在数据流中免不了有长串的连“0”和连“1”，会导致电平跳变数目少，缺乏时钟信息。
- 常用的解决方案是采用扰码，即产生一个伪随机二进制序列（PRBS），与原数据序列进行模2加，经过扰码后数据流中将只有很短的连“0”和连“1”，从而电平跳变多，时钟信息丰富。

- ◆加扰后的数据其“1”、“0”的连续长度也即游程都很短，而且“1”、“0”出现的概率基本相等。
- ◆加扰后单个“1”、“0”的概率较大，因而较容易从中提取出时钟信号；
- ◆扰码虽然“扰乱”了原有数据的本来规律，但因为是特意“扰乱”的，在接收端很容易去加扰（或称解扰）。

●（5）编码器的作用

- 把非归零码（NRZ）变换成倒相的非归零码（NRZI）。在NRZ码中用低电平表示0，高电平表示1。
- 在NRZI码中，用数据周期内电平跳变表示1，不跳变表示0，这称为相对码或差分码。
- NRZI码的优点在于，接收端对数据流的极性不敏感，只响应于极性的变换，容易解码和提取时钟信息。

机械特性

- 在串行接口中用特性阻抗 75Ω 的单芯同轴电缆传输信号，接插件为标准的BNC型接头。

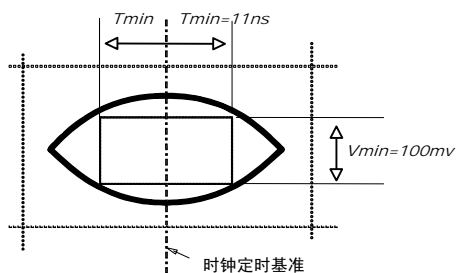
信号衰减

- 由于串行码率较高，电缆的损耗特性限制了同轴电缆的使用长度。当不加电缆均衡器时容许同轴电缆的长度250米左右，加上均衡电路时，可达1公里以上。

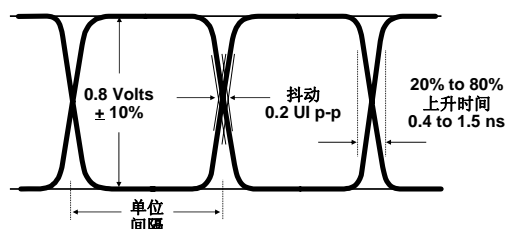
眼图

- 最佳抽样时刻：眼图张开最大时刻；
- 斜率：斜率越大系统对定时抖动越灵敏；
- 判决门限电平：判决电平应在眼图中央水平线上；
- 噪声容限：采样时刻上，上下两阴影区的间隔之半称为最小噪声容限。噪声瞬时值超过它就可能发生错判。

◆对应最小输入信号电平时的眼图



◆串行数字眼图



眼图指标

	单位	技术要求
SDI幅度	mV	800±80
上升时间	ns	0.4—1.5
下降时间	ns	0.4—1.5
上升和下降时间之差	ns	<0.5
上冲	%	±5
下冲	%	±5
直流电平偏移	mV	±500
抖动	1kHz	ns
	10Hz	ns

码率计算

- (1) 对于4:2:2格式, 10bit量化:
- SDI信号串行码率为:
- $(13.5 \text{ MHz} + 2 \times 6.75 \text{ MHz}) \times 10 = 270 \text{ M bps}$
- 有效码率:
- $720 \times 576 \times 25 \times 10 \times 2 = 207.36 \text{ Mbps}$
- (2) 对于4:2:0格式, 8bit量化:
- 有效码率:
- $720 \times 576 \times 25 \times 8 \times 1.5 = 124 \text{ Mbps}$

SDI接口的特点:

- (1) 将并行数字信号变为串行数字基带信号, 可在电缆和光缆中传输;
- (2) 可将同步信息、辅助数据以及几路AES/EBU标准数字音频信号嵌入在串行数字信号的附属数据区内;
- (3) 采用加扰的NRZI码, 改善了通道传输特性, 传输距离长。

7.6 数字高清晰度电视

- HDTV的特点
- (1) HDTV的水平和垂直分解力各是SDTV的2倍;
- (2) HDTV视频带宽为30MHz。
- (3) HD-SDI的码率是1485Mbps;
- (4) HDTV的图像的宽高比是16:9, 符合人眼的视觉特性。
- (5) HDTV具有高质量的环境立体声, 至少有4路伴音带宽为20kHz的数字伴音通道。

ITU(国际电联)推荐的演播室HDTV标准BT.709-3

- 每行有效样点数: 1920
- 每帧有效扫描行: 1080
- 取样结构: 正交取样
- 像素形状: 方形像素
- 画面宽高比: 16:9
- 每帧扫描行数: 1125行 (原1250行标准已经取消)
- 垂直扫描频率:
 - 逐行扫描: 23.976/24/25/29.97/30/50/59.94/60帧
 - 隔行扫描: 50/59.94/60场
- 取样频率: 亮度74.25 MHz, 色度37.125 MHz
- 标称带宽: 亮度30 MHz, 色度15 MHz
- 量化电平: 8或10比特

我国高清电视数字编码标准

- ◆广电总局于1998年开始进行数字高清晰度电视演播室视频参数标准的研究制定工作, 于2000年颁布了《高清晰度电视节目制作及交换用视频参数值》标准GY/T 155—2000
- ◆该标准等效采用了国际电信联盟的建议书ITU-R BT.709-3 《节目制作及国际间节目交换用HDTV参数值》中的第二种方案方型像素通用格式。

国家广电总局的HDTV演播室标准 GY/T 155-2000

- 高清晰度电视节目制作及交换用视频参数值部分内容
 - 每行有效样点数: 1920
 - 每帧有效扫描行: 1080
 - 取样结构: 正交取样
 - 像素形状: 方形像素
 - 画面宽高比: 16:9
 - 每帧扫描行数: 1125行
 - 垂直扫描频率: 隔行50场, 逐行24帧
 - 取样频率: 亮度74.25 MHz, 色度37.125 MHz
 - 标称带宽: 亮度30 MHz, 色度15 MHz
 - 量化电平: 8或10比特

高清电视数字编码与信号接口标准

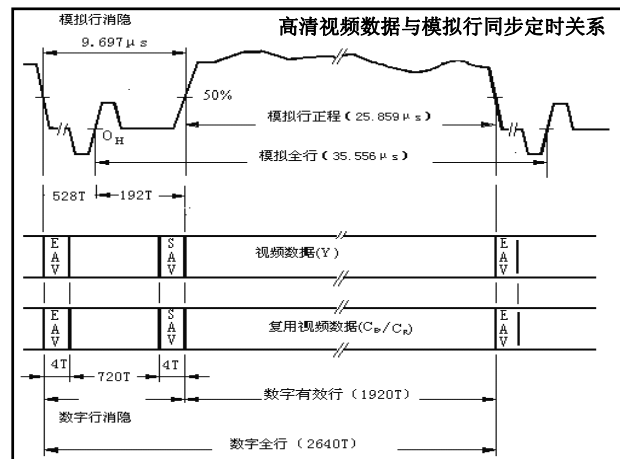
- HD信号接口国际标准是ITU-R BT. 1120-2号建议
- 《Digital interfaces for 1125/60 and 1250 digital interfaces for 1125/60 and 1250/50 HDTV studio signals》。
- 我国于2000年也颁布了基于4:2:2格式的数字高清晰度电视演播室视频信号接口标准GY/T 157-2000。

信号传输方式

4:2:2数字分量信号的时分复用传输

- 亮度信号Y和经过时分复用后的色差信号 C_R 、 C_B 处理为20比特数据字, 每个20比特数据字对应一个色差取样和一个亮度取样, 复用次序如下

$Y_1 \quad Y_2 \quad Y_3 \quad Y_4$
 $C_{B1} \quad C_{R1} \quad C_{B3} \quad C_{R3}$



- 数字高清视频采用三电平同步信号, 并规定同步头的正向过零点处为同步定时点 O_H ;
- ①每行35.556 μs, 有2640个亮度取样周期;
- ②数字行开始于相应行的模拟同步信号的基准点(OH)前528个亮度取样周期处;
- ③数字行有效期开始于相应行的模拟同步信号的基准点(OH)后的192T个亮度取样周期处, 占1920T;
- ④数字行消隐起始于模拟行同步前OH前528T处, 共占720T;
- ⑤数字行消隐左端有4T的定时基准码EAV (End of Active Video); 右端有4T的定时基准码SAV (Start of Active video)。

- Y的取样频率为74.25MHz,
- C_R, C_B 的取样频率为37.125MHz,
- 传输总码率为:
 $74.25M + 37.125M + 37.125M = 148.5M$ 字节/秒
- 包括了行场消隐期中的辅助数据
- 时钟周期:
 $T = 1/74.25 \times 10^6 = 13.468 \text{ ns}$ 。

比特并行接口

- ◆共使用21对导线
- ◆视频信号数据字的比特用 20 对屏蔽导线并行传输。20 对导线用于亮度信号Y 和时分复用的色差信号 C_B/C_R 的传输；
- ◆另有一对屏蔽导线传输 74.25 MHz 同步时钟信号。
- ◆数据信号以非归零码（NRZ）形式实时传送。
- ◆接口使用 93 芯接插件。

$Y_1 \quad Y_2 \quad Y_3 \quad Y_4$

$C_{B1} \quad C_{R1} \quad C_{B3} \quad C_{R3}$

比特串行接口

- ◆比特串行数据包括视频数据、视频定时基准码、行序号数据、校验码、辅助数据和消隐数据。在串行化之前，亮度数据Y 和复用的色差数据 C_B/C_R 分别为并行数据。每种数据的字长均为10 比特。两个
- ◆并串转换 $C_{B1} \quad Y_1 \quad C_{R1} \quad Y_2 \quad C_{B3} \quad Y_3 \quad C_{R3} \quad Y_4$

HDTV码率计算

- ◆（1）4: 2: 2格式，10bit量化：
- ◆HDSOI码率：
- ◆ $74.25 \text{ (MHz)} \times 10 \times 2 = 1485\text{Mbps}$
- ◆有效码率：
- ◆ $1920 \times 1080 \times 25 \times 10 \times 2 = 1036.8 \text{ Mbps}$
- ◆（2）4: 2: 0格式，8bit量化，
- ◆有效码率：
- ◆ $1920 \times 1080 \times 25 \times 8 \times 1.5 = 622\text{Mbps}$

7.7、数字声音信号数字化基础

1. 演播室数字音频参数

- ◆我国广电总局于2000年制定了行业标准GY/T156-2000《演播室数字音频参数》，标准中就演播室数字记录与制作的声道数、取样频率、量化比特数等作出了规定。
- ◆（1）取样频率
- ◆GY/T156-2000标准规定，取样频率优选为48kHz，也可以选用32kHz或44.1kHz。

声音信号量化比特数

- ◆GY/T156-2000标准规定，音频编码方式优选为PCM 20比特线性量化，也可以选用16、18及24比特线性量化。

演播室数字音频声道

- ◆GY/T156-2000
- ◆轨记录的声道分配

轨记录的声道分配

声道	2声道	4声道	8声道
1	L (左声道)	L (左声道)	L (左声道)
2	R (右声道)	R (右声道)	R (右声道)
3		C (中央声道)	C (中央声道)
4		MS (单声声道)	LFE (附加低频声道)
5			LS (左环绕声)
6			RS (右环绕声)
7			F (自由使用)
8			F (自由使用)

数字声音信号码率

◆ $R_b = \text{声道数} \times \text{取样频率(kHz)} \times \text{量化比特数(n)}$

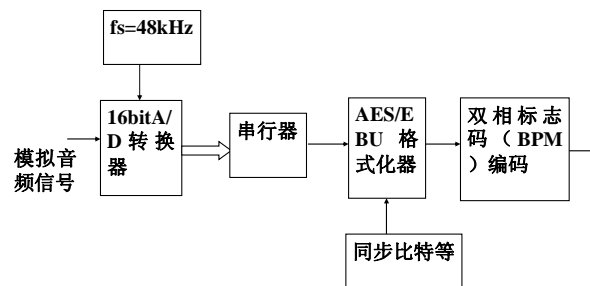
◆ 数字电视:

◆ $R_b = 2 \times 48 \text{ KHz} \times 20 = 1920\text{kbps} = 1.92\text{Mbps}$

2、AES/EBU数字声音信号接口

◆ AES/EBU 标准是 AES(Audio Engineering Society) 和 EBU(European Broadcasting Union)一起开发的一个数字音频传输标准。

◆ 我国行标 GY/T 158-2000 等同采用了 AES/EBU标准。



格式结构

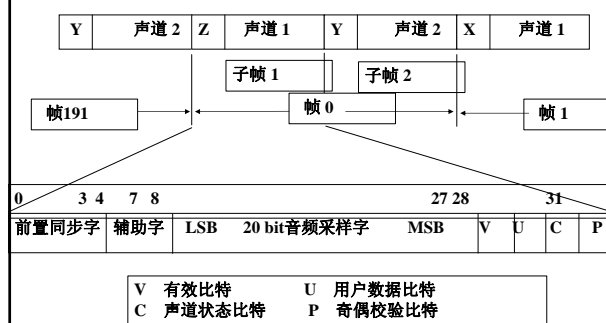
◆ AES/EBU信号格式中，基本单位为音频帧，每192个音频帧构成一个块。

◆ 一帧包括两个子帧（A和子帧B），

◆ 每个子帧32比特，包括一个音频的样值24比特、辅助数据、同步数据、附加数据（V）、用户比特（U）、声道状态比特（C）和奇偶校验比特（P）。在数据流中一个标志符Z标识每个块的开始。



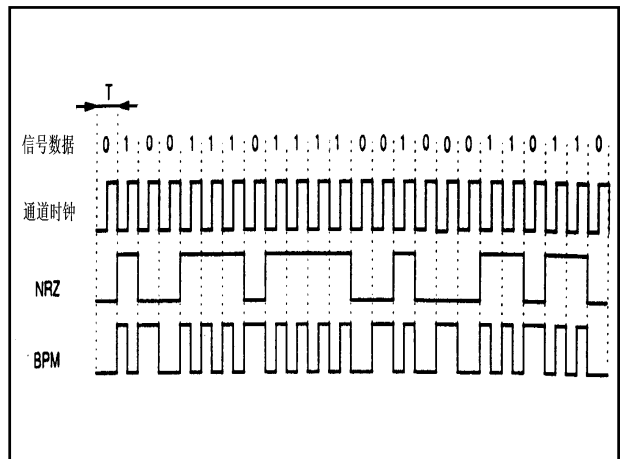
音频帧结构



- 双相标志码编码

双相标志码（BPM）指在每个数据比特周期的开始都有一个转换，而且在每个比特1的中间有一个转换。

因此在双相标志码的编码数据流中不会出现两个连续的1或0。这种数据流信号有一个重要特征：不看极性，只看数据比特单元的中间有没有转换就可知是1还是0。这种码也称为曼彻斯特码，用于在磁带上记录时间码，并用于AES/EBU格式的音频信号编码。



- 不归零码的能量大部分集中于低频，双相标志码的频谱宽于不归零码，编码的数据需要更大的信道带宽。双相标志码编码数据的能量在低频和高频区都很小，在比特率左右最大，其频谱形状表明在低频和直流处能量为0。

