

电视原理

第七章

电视信号数字化基础

第一节 电视信号数字化参数的选择

石东新

sdx@cuc.edu.cn

中国传媒大学 信息工程学院

- 模拟电视的缺点：
1. 亮度、色度分解力不足
  2. 亮色互串
  3. 亮色增益差和亮色延时差
  4. 微分增益和微分相位
  5. 电视信号时间利用率不充分
  6. 电视信号幅度利用率不充分
  7. 声音只有单声道
  8. 不适合磁带节目多代复制
  9. 宽高比不适合人眼视觉特性

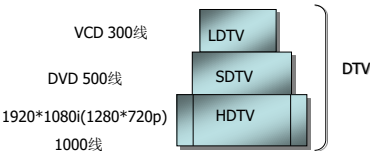
数字电视基本概念

1、什么是数字电视？

数字电视指的是将数字电视信号进行传输、处理或进行存储的系统，或还原成图像（可先还原成模拟信号）。

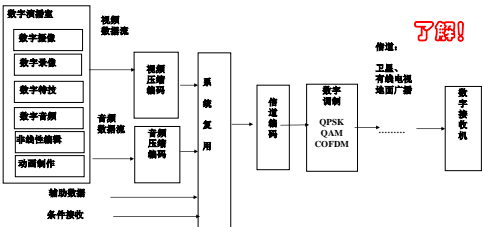
■数字电视是一个系统工程。

从数字电视节目源到信号处理手段，以及相应的接收、显示设备，都是数字的。



现存数字电视广播系统

数字电视广播系统



- 美国的ATSC——96年
- 欧洲的DVB ——93~96年
- 日本的ISDB——99年

第二节 电视信号的数字化

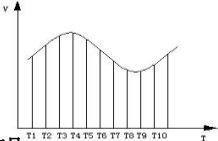
- 一、信号的数字化
- 二、视频信号的数字化
- 三、音频信号的数字化

模拟信号数字化过程：  
模拟信号→取样、量化、编码→数字信号

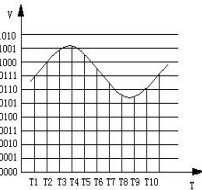
采样: Nyquist取样定理:

$f_s \geq 2f$  or  $T_s \leq T/2$

否则，产生“混叠”现象，无法重构原连续信号。

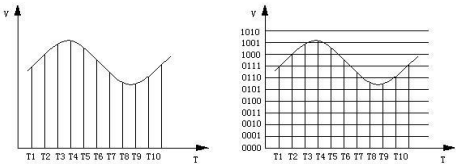


- 量化
- 用有限的离散值近似表示“无穷”的连续量。
- 量化误差:  $-\Delta/2 \sim +\Delta/2$
- 量化比特数 (n)与量化级数 (M)之间的关系:  
 $M=2^n$



4比特量化为16个量化级

- 均匀量化时，满量化范围的单极性信号的量化信噪比S/N与量化比特数n之间的关系：  
 $S/N \approx 10.8 + 6n$  (dB)
- 对于双极性信号，量化信噪比S/N与量化比特数n之间的关系：  
 $S/N \approx 1.8 + 6n$  (dB)
- 均匀量化造成大信号时信噪比有余而小信号时信噪比不足的缺点。



编码

按照一定规律，把量化后的离散值用二进制数字表示。

一、数字复合编码和数字分量编码

数字复合编码



取样频率的选择需考虑：副载波谐波影响&不同模拟制式影响

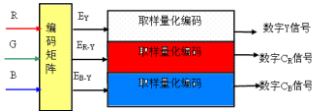
SMPTE 244M标准规定了NTSC数字复合信号的特性和并行传输接口。

4fsc NTSC数字复合视频信号抽样频率为 $4 \times f_{sc} = 14.318\text{MHz}$ （标称14.3MHz）。抽样时钟从模拟信号的色同步导出。在抽样后的信号频谱中，在基带的最高频率（NTSC制标称带宽4.2MHz）和奈奎斯特频率7.16MHz之间留有相当的距离。

4fsc PAL数字复合视频信号抽样频率是PAL色度副载频的4倍，即17.734475MHz（标称值17.73MHz）抽样时钟要从模拟的彩色副载波获得。最高信号频率为6MHz，奈奎斯特频率为8.86MHz。

欧洲由于4fsc数字复合录像机不能处理SECAM信号，所以对4fsc数字复合录像机兴趣不大，倾向采用数字分量设备。

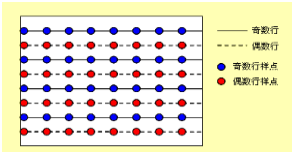
数字分量编码：分别对三基色信号 $E_R$ 、 $E_G$ 、 $E_B$ 或对分别亮度信号Y和色差信号 $E_{R-Y}$ 、 $E_{B-Y}$ 进行数字化处理。



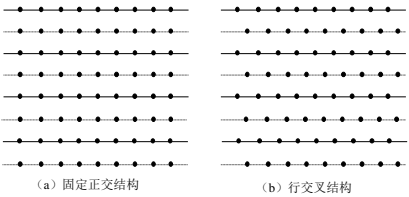
1982年国际无线电咨询委员会（CCIR）向各国推荐了标准清晰度电视的数字分量编码参数方案，即著名的CCIR601建议。各国都以这个建议作为本国的数字电视编码参数标准。

二、取样结构

**取样结构**是指取样点在空间与时间上的相对位置，数字电视中采用固定正交结构。



有利于行、帧间信号处理。



$$f_s = n \cdot f_H$$

三、取样频率？

**牢记！**

(1) 满足取样定理，即取样频率应该大于亮度视频带宽6MHz 的两倍：

$$f_s \geq 12MHz$$

(2) 为了保证取样结构是正交的，要求行周期 $T_H$ 必须是取样周期 $T_s$ 的整数倍，即要求取样频率 $f_s$ 应等于行频 $f_H$ 的整数倍。

$$T_H = n \cdot T_s$$

$$f_s = n \cdot f_H$$

(3) 为了便于节目的国际间交流，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。

现行的扫描格式主要有**625行/50场**和**525行/59.94场**两种，它们的行频分别为15625Hz和15734.265Hz。这两个行频的最小公倍数是2.25MHz，也就是说取样频率应是2.25MHz的整数倍。即：

$$f_s = m \cdot 2.25MHz$$

注--NTSC制，帧频=29.97Hz；4.5MHz/(525\*30\*1000/1001)=286

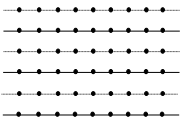
(4) 为了减少传输数据量，取样频率应在满足以上条件，尽量低。

在ITU-R 601建议中， $m=6$ ，亮度信号取样频率 $f_s$ 为13.5 MHz。

对于625行/50场扫描格式的亮度信号来说，每行的取样点数为**864**= 13.5 MHz×64 μs；

对于525行/59.94场扫描格式的亮度信号来说，每行的取样点数为**858**= 13.5 MHz÷(525×30Hz÷1.001)。

$$13.5MHz=15625Hz \times 864=525 \times 30 \times 1000/1001Hz \times 858$$



四、色度格式

**牢记！**

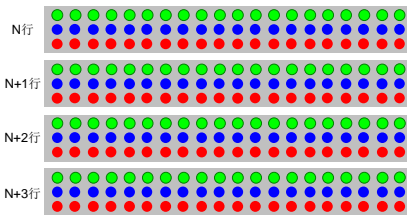
在数字电视中，对亮度信号和两个色差信号的分量信号有以下几种取样格式：

- 4:4:4
- 4:2:2
- 4:2:0
- 4:1:1

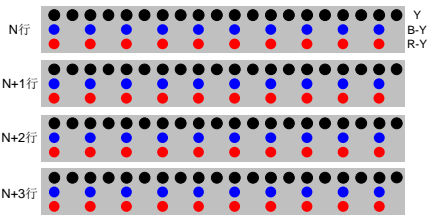
数字电视作为新的电视标准，为什么不直接传输RGB数字信号，却仍然传输Y、R-Y和B-Y信号？

由于色差信号的带宽比亮度信号窄的多，所以在分量编码时两个色差信号R-Y和B-Y的取样频率可以降低，从而降低数据量，但同时也要考虑到色度信号取样点正交结构的要求。

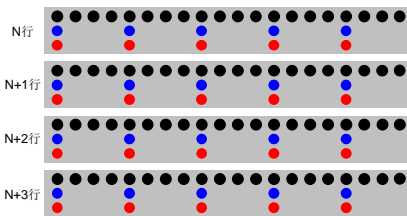
4:4:4 (RGB/Y、R-Y、B-Y) 的取样结构



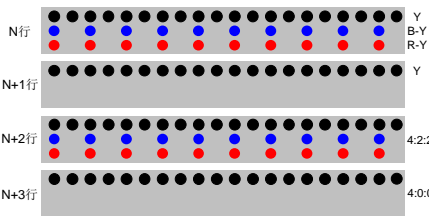
4:2:2 (Y/R-Y/B-Y) 的取样结构



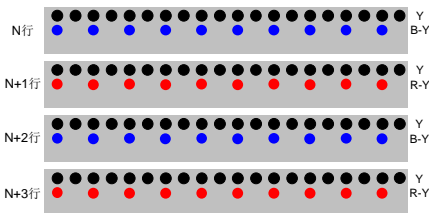
4:1:1 (Y/R-Y/B-Y) 的取样结构



4:2:0 (Y/R-Y/B-Y) 的取样结构-1



4:2:0 (Y/R-Y/B-Y) 的取样结构-2



- 4:4:4: 表示RGB取样，RGB信号的取样点数量一样
- 4:2:2: 色差信号Cr和Cb的取样点数在水平方向为Y的1/2，垂直方向与Y相同。
- 4:2:2:4: 最后的4表示键控信号的取样点数
- 4:1:1: 色差信号Cr和Cb的取样点数在水平方向为Y的1/4，垂直方向与Y相同。
- 4:2:0: 色差信号Cr和Cb的取样点数在水平和垂直方向上均为Y的1/2。
- 4:0:0: 表示每行电视信号中只有亮度信号。
- 该表示法的原始含义是亮度与色度信号的取样频率之比
  - 4:2:2, 4表示亮度信号的取样频率，2和2表示两个色差信号的取样频率
  - 4的原始含义是亮度信号的取样频率约是色度副载波的4倍即13.5MHz（NTSC的副载波频率是3.58MHz）
  - 2的含义是色差信号的取样频率约是副载波的2倍即6.75MHz

(1) 4: 4: 4格式

在4: 4: 4格式中，R、G、B分量或Y、R-Y、B-Y分量信号取样频率相同，即

$$f_R = f_G = f_B = f_Y = f_{C_r} = f_{C_b} = 13.5MHz$$
$$f_R : f_G : f_B = f_Y : f_{C_r} : f_{C_b} = 4 : 4 : 4$$

一般在要求高质量的信号源的情况下采用这种格式。

(2) 4: 2: 2格式

色差信号Cr和Cb的取样频率均为亮度信号取样频率的一半，即

$$f_{C_r} = f_{C_b} = \frac{1}{2} f_Y = 6.75MHz$$
$$f_Y : f_{C_r} : f_{C_b} = 4 : 2 : 2$$

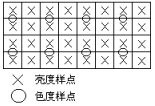


色差信号Cr和Cb在水平方向上的取样点数为亮度信号的一半，而在垂直方向上的取样点数与Y相同。这种格式主要用于标准清晰度数字电视（SDTV）演播室中。

(3) 4: 2: 0格式

色差信号Cr和Cb的取样频率均为亮度信号取样频率的四分之一，类似于4: 2: 2，但垂直方向上色差信号被降采样：

$$f_{C_r} = f_{C_b} = \frac{1}{4} f_Y = 3.375MHz$$



这种格式是信源压缩编码中常用的格式，MPEG-2也是以4: 2: 0格式为基础的。但不属于CCIR601建议中的演播室编码参数规范。

(4) 4: 1: 1格式

色差信号Cr和Cb的取样频率均为亮度信号取样频率的四分之一，即：

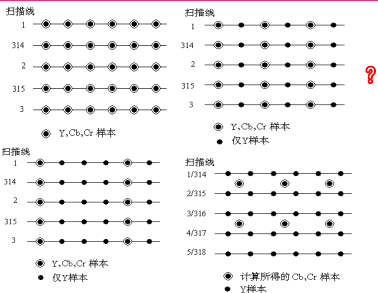
$$f_{C_r} = f_{C_b} = \frac{1}{4} f_Y = 3.375MHz$$
$$f_Y : f_{C_r} : f_{C_b} = 4 : 1 : 1$$



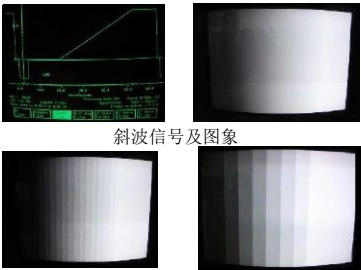
色差信号Cr和Cb在水平方向取样点数为Y的四分之一，而在垂直方向的取样点数与Y相同。

不属于CCIR601建议中的演播室编码参数规范。

图像子采样



五、量化



斜波信号4bit量化后的图像

斜波信号3bit量化后的图像

(1) 视频信号（单极性信号）的量化信噪比  
视频信号一般用信号的峰-峰值与量化噪声的均方根之比表示量化信噪比：

$$\left[ \frac{S_{p-p}}{N_q(s)} \right] = 20 \log(2\sqrt{3} \cdot 2^n) = 10.8 + 6n(dB)$$

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

(2) 声音信号（双极性信号）量化信噪比

量化信噪比用信号功率与量化噪声功率之比表示：

掌握！

$$\left[ \frac{S_{\max}}{N_q} \right] = 1.76 + 6n(dB)$$

均匀量化时量化每增加1比特，量化信噪比增加6dB

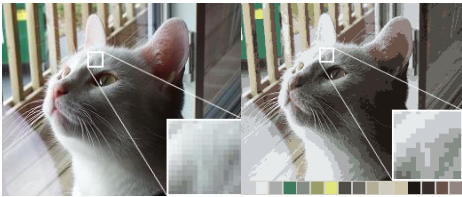


(3) 量化误差对图像的影响

如果n过小，量化误差会对图像产生以下影响：

- 颗粒杂波：**量化误差会在画面上产生颗粒状的细斑，画面不均匀，称为颗粒杂波。
  - 边缘忙乱：**在图像亮度急剧变化部位，如轮廓边缘，量化产生的幅值误差会转换为图像边缘的位置误差，使得在荧光屏上显示的图像变为左右晃动的锯齿状边缘，这种图像失真称为边缘忙乱。量化比特数n需要大于4-5比特，可基本消除。
  - 伪轮廓失真：**在亮度信号缓慢上升或下降区，由于量化结果而变为阶梯式的上升或下降曲线，称为伪轮廓失真。主观测试表明，要使人眼察觉不到轮廓失真，量化比特数n需要大于6-7比特。
- 量化比特数的选择最终由主观评价来决定。主观评价实验表明，n≥8比特对广播电视是合适的。

量化误差（噪声）：伪轮廓失真



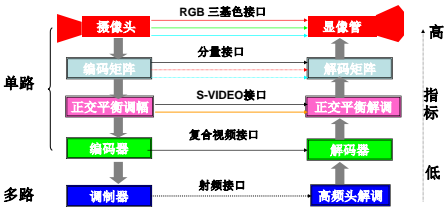
量化误差（噪声）：颗粒杂波



六、电视信号的量化

掌握！

电视信号接口及指标



(1) 量化前归一化处理

因为：  
 $E_Y = 0.299 E_R + 0.587 E_G + 0.114 E_B$   
 $E_{R-Y} = 0.701 E_R - 0.587 E_G - 0.114 E_B$   
 $E_{B-Y} = -0.299 E_R - 0.587 E_G + 0.886 E_B$

彩条	$E_R$	$E_G$	$E_B$	$E_Y$	$E_{R-Y}$	$E_{B-Y}$
白	1.0	1.0	1.0	1.0	0	0
黄	1.0	1.0	0	0.886	0.114	-0.886
青	0	1.0	1.0	0.701	-0.701	0.299
绿	0	1.0	0	0.587	-0.587	0.886
品	1.0	0	1.0	0.413	0.587	0.587
红	1.0	0	0	0.299	0.701	-0.587
蓝	0	0	1.0	0.114	-0.114	0.886
黑	0	0	0	0	0	0

亮度信号  $E_Y$  的动态取值在  $0 \sim 1$  之内，

$E_{R-Y}$  信号的动态范围是  $\pm 0.701$ ，  
 $\pm 0.701 * 0.713 = \pm 0.5$

掌握!

$E_{B-Y}$  信号的动态范围是  $\pm 0.886$   
 $\pm 0.886 * 0.564 = \pm 0.5$

$E_Y = 0.299 E_R + 0.587 E_G + 0.114 E_B$   
 $E_{R-Y} = 0.713 E_{R-Y} = -0.500 E_R - 0.419 E_G - 0.081 E_B$   
 $E_{B-Y} = 0.564 E_{B-Y} = -0.169 E_R - 0.331 E_G + 0.500 E_B$

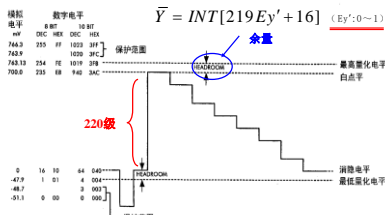
即：模拟分量信号： $Y$ 、 $Pr$ 、 $Pb$

$Y$  为  $0.7mV$ ，同步为  $-300mV$ ， $Pr$ 、 $Pb$  为  $\pm 350mV$

(2) 量化级与电平的对应关系

(a) 亮度信号

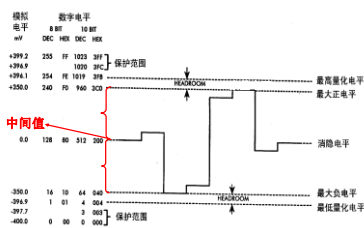
以  $100/0/100/0$  彩条信号为例，说明数字分量信号对量化范围的规定。亮度分量的模拟信号电平与其相对应的数字信号样值（即量化电平）之间的关系如下图所示：



- 在10比特量化系统中共有1024个数字电平（ $2^{10}$ 个），用10进制数表示时，其数值范围从0到1023；用16进制数表示时，其数值范围从000到3FF。数字电平000-003和3FC-3FF称为储备电平（reserve）或保护电平，不允许出现在视频数据流中，其中，000和3FF用于传送同步信息。从4-1019代表亮度信号电平；消隐电平定为64；峰值白电平定为940。
- 用8比特量化时，其储备电平为0和255，用16进制表示为00和FF。数字电平的余量范围为1-16和235-254；从1-254代表亮度信号电平。消隐电平定为16，峰值白色电平定为235。
- 数字分量方式对亮度信号中的同步部分不抽样！

(b) 色差信号

$$\bar{C}_R = INT[224[0.713(E'_R - E'_Y)] + 128]$$



量化公式总结：

$$\bar{Y} = INT[219Ey' + 16] \quad (Ey': 0 \sim 1)$$

$$\bar{C}_R = INT\{224[0.713(E'_R - E'_{Y'}) + 128]\}$$

$$\bar{C}_B = INT\{224[0.564(E'_B - E'_{Y'}) + 128]\}$$

量化级=取整((MaxQ-MinQ) [模拟电平公式(相对值)]+0电平量化级数)

MaxQ: 最高量化级数

MinQ: 最低量化级数

2)关于数码率的计算：（以标清4: 2: 2取样标准为例）

总数码率：

625/50或525/60制式：

掌握！

若采用 10bit量化，Y信号的数码率为

$$n \times fs = 10 \text{bit} \times 13.5 \text{MHz} = 135 \text{Mbps},$$

Cr信号的数码率为

$$n \times fs = 10 \text{bit} \times 6.75 \text{MHz} = 67.5 \text{Mbps},$$

Cb信号的数码率为

$$n \times fs = 10 \text{bit} \times 6.75 \text{MHz} = 67.5 \text{Mbps},$$

总数码率为270Mbps。

$$\begin{aligned} 4:2:2 \text{ 总数码率} &= 10 \text{bit} \times 13.5 \text{MHz} \times (4+2+2)/4 \\ &= 10 \text{bit} \times 13.5 \text{MHz} \times 2 = 270 \text{Mbps} \end{aligned}$$

总数码率跟制式无关，仅与取样格式、量化bit和抽样频率有关！

4:2:2 10bit量化总数码率

$$= 10 \text{bit} \times 13.5 \text{MHz} \times (4+2+2)/4$$

$$= 10 \text{bit} \times 13.5 \text{MHz} \times 2 = 270 \text{Mbps}$$

4:2:0 10bit量化总数码率

$$= 10 \text{bit} \times 13.5 \text{MHz} \times (4+2+0)/4$$

$$= 10 \text{bit} \times 13.5 \text{MHz} \times 1.5 = 202.5 \text{Mbps}$$

4:1:1 10bit量化总数码率

$$= 10 \text{bit} \times 13.5 \text{MHz} \times (4+1+1)/4$$

$$= 10 \text{bit} \times 13.5 \text{MHz} \times 1.5 = 202.5 \text{Mbps}$$

4:4:4 10bit量化总数码率

$$= 10 \text{bit} \times 13.5 \text{MHz} \times (4+4+4)/4$$

$$= 10 \text{bit} \times 13.5 \text{MHz} \times 3 = 405 \text{Mbps}$$

4: 2: 2有效数码率：

625/50制式：

若采用 10bit量化，Y信号的有效数码率为

一行的有效取样点数×一帧的有效行数×每秒的帧数

×一个样点的bit数 =  $720 \times 576 \times 25 \times 10 = 103.68 \text{ Mbps}$

Cr信号的有效数码率为 51.84Mbps,

Cb信号的有效数码率为 51.84Mbps,

三个信号的有效数码率为207.36Mbps(总数码率为270Mbps)。

$$\begin{aligned} 4:2:2 \text{ 10bit量化有效数码率} &= 720 \times 576 \times 25 \times 10 \times (4+2+2)/4 \\ &= 207.36 \text{Mbps} \end{aligned}$$

有效数码率跟制式有关，还与取样格式和量化bit有关！

$$\begin{aligned} 4:2:2 \text{ 10bit量化有效数码率} &= 720 \times 576 \times 25 \times 10 \\ &\quad \times (4+2+2)/4 \\ &= 207.36 \text{Mbps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4:2:0 \text{ 10bit量化有效数码率} &= 720 \times 576 \times 25 \times 10 \\ &\quad \times (4+2+0)/4 \\ &= 155.52 \text{Mbps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4:1:1 \text{ 10bit量化有效数码率} &= 720 \times 576 \times 25 \times 10 \\ &\quad \times (4+1+1)/4 \\ &= 155.52 \text{Mbps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4:4:4 \text{ 10bit量化有效数码率} &= 720 \times 576 \times 25 \times 10 \\ &\quad \times (4+4+4)/4 \\ &= 311.04 \text{Mbps} \end{aligned}$$

## 第二节 数字标清电视演播室接口

### 一、数字电视演播室参数标准

#### 4:2:2格式演播室数字编码的主要参数

1982年CCIR第15次全会上通过了著名的601号建议书，它对数字电视的发展起了重要的作用。

后经多次修正、扩展(1982-1986-1990-1992-1994-1995-2007)，现在是在包含16: 9宽高比在内的ITU-R BT.601-6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建议。

演播室数字编码的主要参数（4:2:2格式）。

掌握！



数字电视演播室参数标准—4: 2: 2色度采样格式

参数	625/50	扫描格式	2525/59.4	扫描格式
编码信号	$Y_c, C_R, C_B$			
取样结构	正交、行、帧扫描位置置零，每行中 $C_R$ 和 $C_B$ 的取样点和Y的奇数(1, 3, 5...)取样点同位。			
取样频率: 亮度(Y) 每个色度信号( $C_R, C_B$ )	13.5MHz 6.75MHz			
每个数字有效行的取样数: 亮度(Y) 每个色度信号( $C_R, C_B$ )	720 360			
每一帧行的取样数: 亮度(Y) 每个色度信号( $C_R, C_B$ )	864 432		858 429	
编码方式	线性PCM, 8, 10bit量化			
取样信号电平与量化级之间的对应关系 量化技术范围 亮度(Y) 每个色度信号( $C_R, C_B$ )	(以8bit量化为例) 0~255 共220量化级, 最小电平对应量化级16 峰值电平对应量化级235 共225量化级, 最大电平对应量化级128 最大正电平对应量化级240 最大负电平对应量化级16			
$O_H$	模拟同步前沿沿1/2幅度处端点			

FIGURE 1 中国传媒大学电视原理 17.12.4

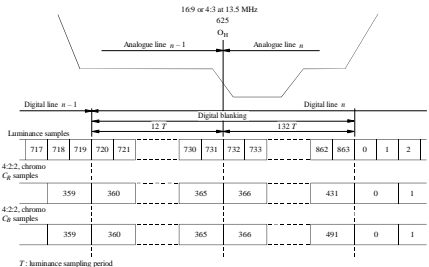


Fig. 1 for 625-line 13.5 MHz

石东新信息工程学院 广播电视工程系

50

## 二、数字分量电视信号的接口

**两种接口方式:**

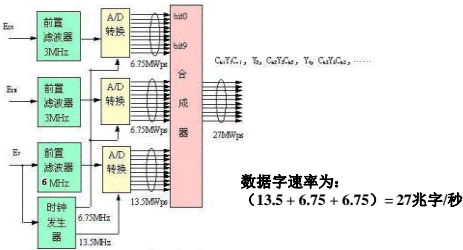
并行方式;

**串行方式;**

国际标准是**ITU-R BT.656号建议**，包含机械连接特性和通过接口的数字信号电气特性两方面规范。

51

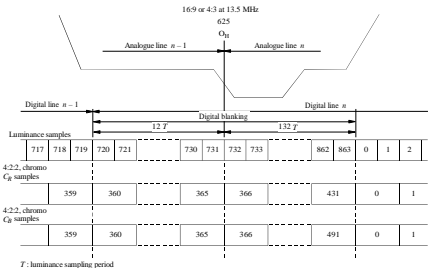
### 1、并行和串行接口通用的信号格式



数据字速率为:  
 $(13.5 + 6.75 + 6.75) = 27$ 兆字/秒

52

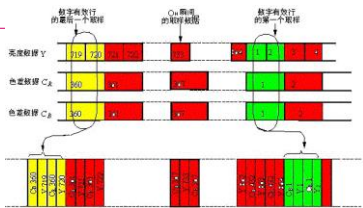
FIGURE 1 中国传媒大学电视原理 17.12.4



石东新信息工程学院 广播电视工程系

53

媒大学电视原理 17.12.4



**Cb1Y1Cr1** , Y2, **Cb2Y3Cr2** , Y4, **Cb3Y5Cr3** , Y6 ,.....

数字电视系统时钟频率为27MHz，每个样值时间T:

$$T = \frac{1}{27\text{MHz}} = 37(\text{ns})$$

54

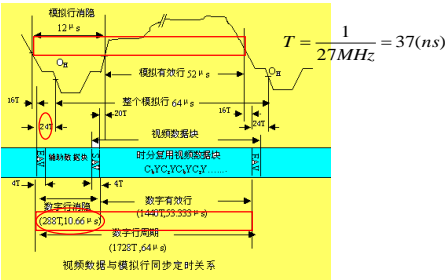
1) 4:2:2数字分量信号的时分复用传输

$Cb_1Y_{2i}Cr_{1i}Y_{2i+1}$   
 $Cb_0Y_0Cr_0Y_1, Cb_1Y_2Cr_1Y_3, Cb_2Y_4Cr_2Y_5, \dots$   
 $Cb_{359}Y_{718}Cr_{359}Y_{719}$

时钟频率27MHz，采用亮度和色差数据时分复用，传送顺序为Cb、Y、Cr、Y...（先送最低位）。  
(625/50)一行有864+432+432=1728个字（标准中编号：0号~1727号，0号位于行同步前沿后第264个字），Y 864, Cr、Cb 各432。  
行正程0~1439号（共1440个字），行消隐1440~1727号（共288个字）。

掌握!

2) 视频数据与模拟行同步间的定时关系



3) 数字消隐期288个字节

掌握!

视频定时基准信号SAV和EAV 和其他辅助信息

定时基准信号（TRS）----表示行场的分界，

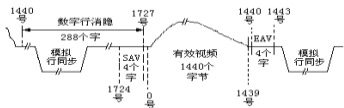
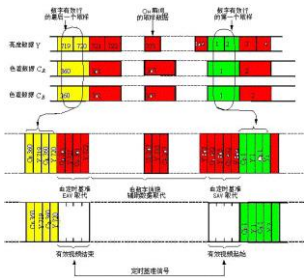
- 包括：有效视频起始（SAV:Start of Active Video）、有效视频结束（EAV:End of Active Video）。

数字分量标准规定：不对模拟同步脉冲进行取样。

EAV和SAV 在行消隐期间，EAV的字号是1440-1443，

SAV的字号是1724-1727，各4个字节。在场消隐期间，EAV、SAV保持与场正程同样的格式。

4:2:2数字流的构成



这4个字用16进制表示为：3FF 000 000 XYZ

3FF 000 000留给定时基准信号用；

第四个字定义了场的奇偶标识、行场的消隐期和正程期状态的信息以及校验位。

数据bit位	第1字（3FF）	第2字（00）	第3字（00）	第4字（XYZ）
B9（MSB）	1	0	0	1
B8	1	0	0	F
B7	1	0	0	V
B6	1	0	0	H
B5	1	0	0	P3
B4	1	0	0	P2
B3	1	0	0	P1
B2	1	0	0	P0
B1	1	0	0	0
B0	1	0	0	0

F---场序标志符号，0：奇数场，1：偶数场。

V---场正程、逆程标志，0：场正程，1：场消隐。

H---SAV、EAV标志，0：SAV，1：EAV（行正程、行消隐）

bit位	参数	F	V	H	P3	P2	P1	P0
1		0	0	0	0	0	0	0
2		0	0	1	1	1	0	1
3		0	1	0	1	0	1	1
4		0	1	1	0	1	1	0
5		1	0	0	1	0	1	1
6		1	0	1	1	0	1	0
7		1	1	0	1	1	0	0
8		1	1	1	0	0	0	1

关于纠错编码--采用线性分组码 (7, 3) 码

B9 B8 B7 B6 B5 B4 B3 B2 B1 B0

B9 F V H P3 P2 P1 P0 B1 B0

B5 = B7 + B6

B4 = B8 + B6

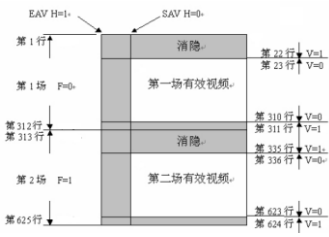
B3 = B8 + B7

B2 = B8 + B7 + B6

能纠正1位错误  
能检2位错误

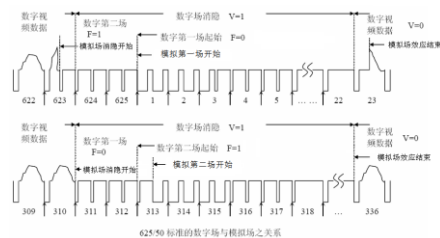
了图!

625/50定时基准信号: 3FF 000 000 XYZ



通过F、V: 0变1、1变0, 来确定行号。

4) 奇数场和偶数场场正程和场消隐期行的规定:



第一场占了312行, 第二场占了313行; 第一场中消隐占了24行, 正程占了288行; 第二场中消隐占了25行, 正程占了288行。因此一帧的正程中有效行为288+288=576行, 它比模拟信号多了一行。

5) 数字消隐期288个字节

视频定时基准信号SAV和EAV 和其他辅助信息

了图!

辅助数据 (Ancillary) 的插入:

1. 时间码的传送: 纵向时间码LTC, 场消隐期时间码VITC等
2. 数字声音传送: 多达16路AES/EBU20bit数字声音信号
3. 监测与诊断信息传送: 可插入误码检测校验字和状态标识位
4. 图像显示信息传送: 4: 3和16: 9指示 (格式通用时)
5. 其它应用: 图文, 操作指令

了图!

说明:

- (1) 辅助数据插入的位置有:  
行辅助数据 (HANC) 和场辅助数据 (VANC)
- (2) 辅助数据必须和视频时钟 (27MB/s) 同步
- (3) 每个辅助数据块前有6个字识别码, 后面有一个校验字。
- (4) 无辅助数据的字, Y赋值40H, Cr和Cb赋值200H。

了图!

三、比特并行接口

1) 机械特性

在并行接口中规定用10对导线对10个并行的比特位作平衡传输, 码型为NRZ (不归零) 码。

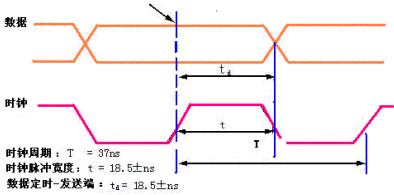
需要一对导线同时传输27MHZ的时钟信号。发、收设备间应由一对公共地电位连接线, 电缆屏蔽层还需要由防止电磁辐射的接地线。

因此实际并行接口采用25芯电缆=12对双绞线 (10对信号+1对时钟+1对系统地) +屏蔽线

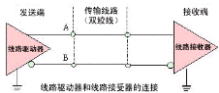
Table 5—Connector contact assignments

Pin	Signal line	Pin	Signal line
1	Clock	14	Clock return
2	System ground A	15	System ground B
3	Data 9	16	Data 9 return
4	Data 8	17	Data 8 return
5	Data 7	18	Data 7 return
6	Data 6	19	Data 6 return
7	Data 5	20	Data 5 return
8	Data 4	21	Data 4 return
9	Data 3	22	Data 3 return
10	Data 2	23	Data 2 return
11	Data 1	24	Data 1 return
12	Data 0	25	Data 0 return
13	Cable shield		

2)并行接口电气特性  
时钟信号是27MHZ方波，时钟周期为T=37ns，时钟的定时基准为时钟信号高低电平的过度时刻，时钟信号的正向跳变应出现在两次数据跳变的中间。



收发之间每位数据采用平衡双绞线传输。



3)容许的电缆的长度时钟信号是27MHz方波，并行传输，限制了使用电缆的长度：  
无均衡器：50m左右；  
有均衡器：200m左右。

4：2：2并行比特传输特性

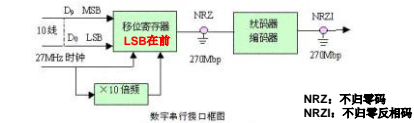
一般特性	视频数据、定时信息和辅助数据采用时分复用方式，以NRZ码形式通过10(8bit为8)对线传送。通过第11(8bit为第9)对线传送27MHz同步时钟信号。
发送特性	<ul style="list-style-type: none"><li>平衡输出</li><li>输出阻抗：110Ωmax</li><li>输出共模电压：-1.3V±15% 对地测量</li><li>输出信号幅度：0.8-2V<sub>pp</sub> 在110Ω两端测量。</li><li>上升和下降时间：&lt;5ns，差值不大于2ns，在输出端接110Ω电阻，测量电平从20%上升到80%的时间</li><li>时钟信号抖动：&lt;±3ns，测量时间至少要超过一场</li><li>时钟脉冲上升沿的50%点应对准各数据码元的中心</li></ul>

四、串行数字信号接口（SDI：Serial Digital Interface）

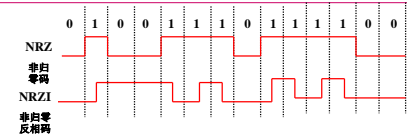
1、概述

SMPTE 259M标准和ITU-R 656标准规定了4：2：2分量数字信号和4fsc复合数字信号的串行接口（SDI）标准，并适合于625/50和525/60两种扫描标准，用同轴电缆在演播室内使用。  
采用比特串行方式传输数字视频信号比用比特并行方式经济得多。一般，原有的模拟视频电缆都可用来传输串行数字信号。  
正常的工作要求同轴电缆的长度不超过设备生产厂家所限定的范围，典型的限定条件是在时钟频率或在二分之一时钟频率上，电缆对信号的衰减量不超过30dB。

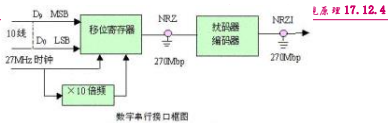
2. 形成过程



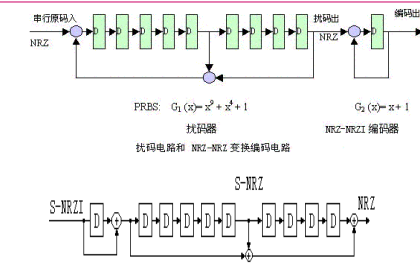
1) 并/串变换：移位寄存器将10位的输入数据又由27MHz的时钟信号予以并行写入，然后用10倍频的270MHz时钟进行串行读出，LSB（最低有效位）在先，MSB（最高有效位）在后，码型为NRZ不归零码。



2) 码型变换编码 (NRZ-NRZI) :  
NRZ码为逻辑1, NRZI码的电平变化 (低变高 或 高变低 )  
NRZ码为逻辑0, NRZI码的电平保持不变 (高或低)  
在NRZ码信号为很长的连1时, 则其NRZI码就成为方波信号。  
NRZI码比NRZ码有更多的电平变换次数, 即脉冲沿增多, 这可改进时钟再生锁相环的工作, 稳定时钟信号。显然NRZI码的极性并不重要, 只要检测出电平变换, 就可以恢复数据。



3) 扰码:  
NRZI码仍有直流分量和明显的低频分量。为进一步改进接收端的时钟再生, 采用了扰码方式 (scrambling)。  
扰码器使长串连0和连1序列以及数据重复方式随机化并扰乱, 限制了直流分量, 提供了足够的信号电平转换次数, 保证时钟恢复可靠。  
解决方案是用一个伪随机二进制序列 (PRBS) 与原数据进行模2加, 以达到扰码的效果。经过扰码后数据流中就只会有很短的连"0"、连"1", 从而电平跳变多, 时钟信息丰富。

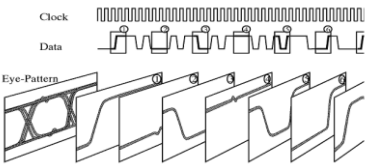
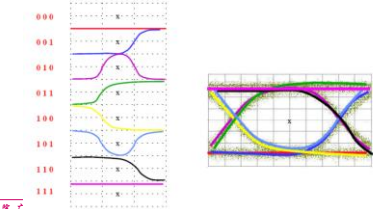


3. 串行数字信号接口的电气特性

通道编码	发端特性	收端特性
加扰NRZI码输入信号为正逻辑生成多项式: $G_1(X)=X^9+X^8+1$ $G_2(X)=X+1$ 数据字长度: 10bit 比特传送顺序: 先传送数据字的最低位LSB	非平衡输出; 输出阻抗: 75Ω 反射损耗: ≥15dB (5MHz~270MHz) 输出信号幅度: 800mVp-p±10% DC偏置: 0V±0.5V 相对信号幅度的半从信号幅度的0%~80%的上升和下降时间: 0.4~1.5ns, 差值不超过0.5ns 上冲和下冲: 小于信号幅度的10% 抖动: 略	非平衡输入输入阻抗: 75Ω反射损耗: ≥15dB (5MHz~270MHz) 电缆均衡量: 在时钟频率上可逾30dB

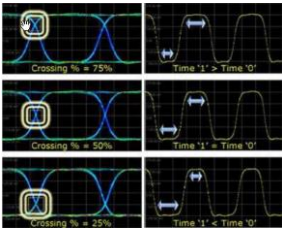
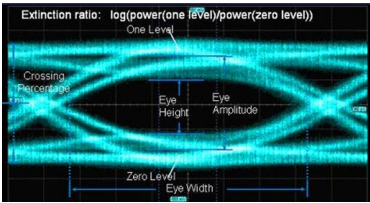
4. 眼图

眼图是一系列数字信号在示波器上累积而显示的图形, 它包含了丰富的信息, 从眼图上可以观察到码间串扰和噪声的影响, 体现了数字信号整体的特征, 从而估计系统优劣程度, 因而眼图分析是高速互连系统信号完整性分析的核心。

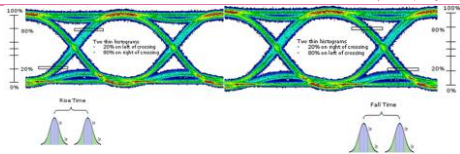


示波器眼图的形成原理

通过用恢复的时钟信号等间隔的触发数据记录中的信号, 将这些截取到的单位UI波形叠加在一起, 就形成了眼图。

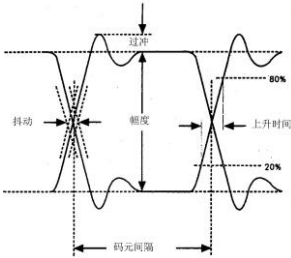


交叉点比例



上升时间=平均（80%时间位准）-平均（20%时间位准）  
下降时间=平均（20%时间位准）-平均（80%时间位准）

上升/下降时间愈短，愈能表现出眼图中中间的白色区块，  
代表可传递的信号及容忍误码比率的性能愈好



SDI面临淘汰：

SDI在标清或者高清具有优势，超高清（4K及以上）会带来一系列问题，主要表现在几个方面：

- 电缆多且维护困难。
- SDI信号传输距离的限制。
- SDI高清产品及其传输线缆和后端存储产品的品种单调、价格比较高，导致系统方案选择性少、整体造价比较高。

IP化

- 4K信号需要4条HD-SDI线缆，IP化之后一条10G以太网线缆就可以传输，线缆数量由此大大减少，便于维护；
- 以太网的可扩展性，提供有力保障；
- IP链路支持多路SD-SDI、HD-SDI和3G-SDI信号混合，支持长距离传输，而且组网简单，保证向超高清的平滑升级。

第三节 数字高清晰度电视

HDTV系统设计追求的目标是：图像质量和声音质量方面都比现行的电视广播高出一个档次，能让观众看到清晰鲜艳、生动逼真的画面和听到优美动听的环绕立体声的音响。

高清晰度电视：  
应使一个正常视力的观众在距离显示图像高度约**三倍**距离处看到的图像质量达到和观看原始景物相同的感受。

- 一 HDTV的特点：
- 1. 和SDTV相比，垂直和水平解力各提高一倍
  - 2. 具有临场感
    - (1) 屏幕尺寸大,画面尺寸应做到对角线0.8m（32寸）以上。
    - (2) 宽高比为16：9（1.78），（宽银幕电影为2.16：1）。
    - (3) 要求允许的观看距离在图像高度的3倍左右，即水平视角达 30° ～45° 。
  - 3. 提供多声道优质声音（环绕声、20Hz---20kHz）。
  - 4. 展宽色域，提高电视色彩的感染力。

标清与高清的差别: 宽高比



习惯上电视一般以整数与整数之比来表述宽高比，而电影则是以高度为1宽度为小数的形式表述宽高比


SDTV 4:3 (1.33:1)



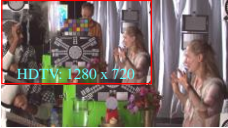
HDTV 16:9 (1.78:1)

美国、欧洲和澳大利亚的部分标清数字电视也采用16:9，但在中国和其它大多数国家和地区只有高清采用16:9宽高比

标清与高清的对比: 清晰度



SDTV  
PAL: 720 x 576  
NTSC: 720 x 480



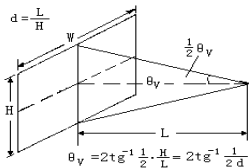
HDTV: 1920 x 1080

在美国和部分国家、地区也把逐行扫描的1280 x 720作为高清电视的标准

二 高清晰度电视扫描参数、图像格式及其视频带宽的计算

1、扫描行数

随着视距和图像高度比值d的减小，所需的行数就增加。



一帧所要求的扫描行数和观看距离/图像高度（d）的关系：

d	7	6	4	3.3	3	2.5	2
扫描行数	525	625	940	1125	1240	1480	1812

- 2、场频
- 3、扫描方式
- 4、图像格式

a 宽高比 16: 9

720\*576 1920\*1080

b 图像纵横像素数 SDTV HDTV

c 像素宽高比 SDTV HDTV

720/4 :576/3 =180:192 1920/16:1080/9=120:120=1:1

HDTV广播的两个演播室标准(用于广播)

扫描标准	使用地区	每帧总行数	每帧有效行数	每行总样点数(Y)	每行有效样点数(Y)	宽高比	Y信号取样频率	像素宽高比	系统
1125行60场隔行	美国、日本、韩国、台湾等	1125	1080	2200	1920	16: 9	74.25 MHz	1: 1	1080/60i
1125行50场隔行	澳大利亚、中国、香港、新加坡	1125	1080	2640	1920	16: 9	74.25 MHz	1: 1	1080/50i

只有帧频（场频、行频）和行消隐的时间不同。

CCIR建议扫描行有效像素数为

$$720 \times 2 \times \frac{16/9}{4/3} = 1920$$

采样频率74.25MHz选择原因？

- 1.满足取样定理，取样频率应该大于模拟高清亮度视频带宽30MHz的两倍；
- 2.保证取样结构是正交 取样频率fs等于行频fH的整数倍(1125/60)；
- 3.保持高清与标清格式Rec.601的兼容关系，亮度取样频率是2.25MHz的整数倍；
- 4.为了减少传输数据量，取样频率应在满足以上条件，尽量低。  
(满足条件：67.5MHz、74.25MHz、81MHz) 74.25MHz=2.25MHzX33
- 5.保证有足够的水平消隐期，即水平回扫期；如：67.5MHz水平回扫期过短，74.25MHz，水平消隐期为3.77us,易实现。

我国高清晰度电视标准：每秒25帧，一帧有1125行，有效行数为1080；

理想垂直分解力为1080线，

实际垂直分解力为0.75×1080=810线。

每一行的理想像素数为1080×16/9=1920，即：

理想水平分解力为1920线。

扫描一行的时间为1/f<sub>H</sub>=1/（1125×25）= 35.556us。

采样频率为=74.25 MHz

一行像素数=74.25 ×10<sup>6</sup>/（1125×25）=2640

扫描每个像素的时间为：  
35.556us /2640= 0.013468 us=1/(74.25MHz)

行逆程系数=（2640-1920）/2640=0.2727....

场逆程系数=（1125-1080）/1125=0.04

理想水平分解力为1920线，扫描一行正程的时间为25.859 微秒，每1MHz带宽相当于约52线。

我国HDTV模拟信号带宽为30MHz。

我国数字高清实际最高水平分解力：

$$30M \times 25.859 \times 2=1552$$

三 我国HDTV演播室标准

1. 1080/50i：一帧的有效扫描行数为1080，总行数为1125，场频为50Hz，隔行扫描，行频为28125Hz，

取样频率：Y为74.25MHz，

CR、CB为37.125MHz。

每行的总样点数：Y为2640，CR、CB为1320。

每行的有效样点数为1920，CR、CB为960。

编码格式：线性，8bit或10bit/分量。

2. 1080/24P：一帧的有效扫描行数为1080，总行数为1125，帧频为24 Hz，逐行扫描，行频为27000Hz，

取样频率：Y为74.25MHz，CR、CB为37.125MHz。

每行的总样点数：Y为2750，CR、CB为1375，

每行有效样点数：Y为1920，CR、CB为960。

编码格式：线性，8bit或10bit/分量。



参 数	数 值
编码信号	R、G、B或Y、C <sub>B</sub> 、C <sub>R</sub>
R、G、B和Y的取样结构	正交，行和帧扫描位置重复
C <sub>B</sub> 、C <sub>R</sub> 的取样结构	正交，行和帧扫描位置重复，彼此 与亮度取样点隔点重合（第一个有效色差样点与 第一个有效亮度点重合）
编码方式	线性，8或10Bit/采样
量化电平	8Bit编码      10 Bit编码
R、G、B、Y的消隐电平	16              64
C <sub>B</sub> 、C <sub>R</sub> 的消隐电平	128            512
R、G、B、Y的峰值电平	235            940
C <sub>B</sub> 、C <sub>R</sub> 的峰值电平	16和240      64和960
量化电平分配	8Bit编码      10Bit编码
视频数据	1~254          4~1019
同步基准	0和255        0~3和1020~1023
每帧总行数	1125
隔行比	2:1

参 数	数 值
每帧总行数	1125
隔行比	2:1
帧频 (Hz)	25
行频 (Hz)	28125
每行总样点数:	2640
$C_B, C_R$	1320
每行有效取样点数:	1920
$C_R, C_G$	960
标称信号带宽 (MHz)	30
R、G、B、Y的取样频率 (MHz)	74.25
$C_R$ 和 $C_G$ 的取样频率 (MHz)	37.125

#### 四 数字高清晰度电视演播室视频信号接口

### 1、通用信号格式

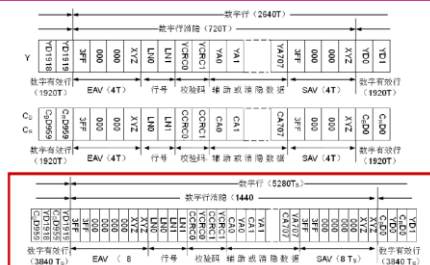
包括视频数据、定时基准码(EAV和SAV)、辅助数据(音频等)。

## 视频数据

一帧画面亮度像素数为 $1920 \times 1080$ ，两个色差信号

像素各为 $960 \times 1080$ 。信号先被分成Y和时分复用的色差信号CB / CR两路 (CB、CR、CB、CR ...), 分别加入定时基准码(EAV和SAV), 然后再复用在一起。

## 行编号及CRC循环冗余校验字



## 2、高清串行数字接口(HD-SDI)

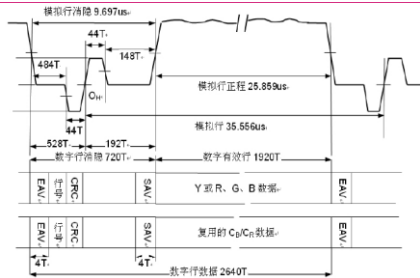
串行数据包括:

视频数据、视频定时基准码、行号数据、校验码、辅助数据。

4: 2: 2色度采样格式。

视频数据按CB, Y, CR, Y, CB, Y, CR, Y...

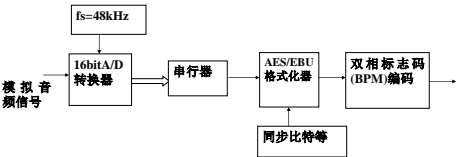
字节的顺序 (148.5M字/秒) 从低位到高位传输。



注意：  
(A) 高清晰度数字电视信号的总码率（采用10比特量化）为 $74.25 \text{ (MHz)} \times 10 \text{ (Bit)} \times 2 = 1485 \text{ Mbit/S}$ ，SDTV的总码率为 $270 \text{ Mbit/S}$ ，它们都和制式无关。它们分别是HD-SDI和SDI的码率！  
(B) HDTV有效码率（采用10bit量化）  
 $1080/50i: 1920 \times 1080 \times 25 \times 10 \times 2 = 1036.8 \text{ Mbit/S}$   
1080/50i的有效码率是标准清晰度电视的5倍

第4节 AES/EBU数字声音信号接口

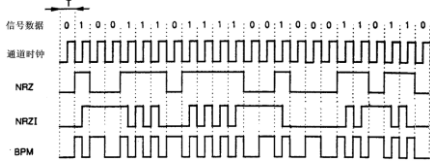
AES(Audio Engineering Society)和EBU (European Broadcasting Union)一起开发的一个数字音频传输标准，即AES/EBU标准（也就是AES3-1992，ANSI S4.40-1992，或IEC-958）。它是传输和接收数字音频信号的数字设备接口协议。（GY/T 158-2000）  
传输介质是电缆，允许高带宽容量和由A/D转换器产生的并行数据字节的串行传输。



串行传输16到20bit的并行字节，先传输最低有效位，加入字节时钟标志以表明每个样值的开始，最后的数据流为双相标志码编码。

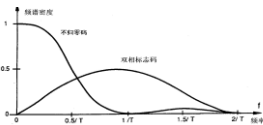
1、双相标志码编码（BPM）

每个数据比特周期的开始都有一个转换；  
每个比特1的中间有一个转换。

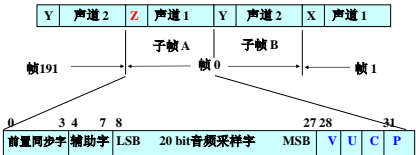


因此在双相标志码的编码数据流中不会出现两个连续时钟的高电平或低电平。这种数据流信号有一个重要特征：不看极性，只看数据比特单元的中间有没有转换就可知是1还是0。

非归零码和双相标志码的频谱特性在下图中进行了比较。非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。



2、格式结构

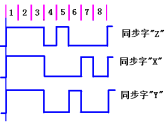


基本单位:音频帧(64bit)。一帧包括两个子帧(子帧A和子帧B)。每192个音频帧构成一个块,共384个子帧。  
子帧为32bit,包括来自一个音频源或声道的样值数据、辅助数据、同步字、附加数据(V、U、C和P)。  
48kHz取样系统中每个样值时宽是20.83μs,一个AES/EBU块的时间为20.83μs×192=4000μs。625/50系统中一场信号可容纳5个块,525/60系统中,一场对应的音频块数不是整数。

- (1) 同步字  
4比特的同步字用来标识一个新样值以及一个新块的开始。  
同步字有三种:  
·同步字Z: 表示一个音频块第1帧的开始。  
·同步字X: 表示一个块内帧(非第1帧)的第1个子帧的开始。  
·同步字Y: 表示每个第2子帧的开始。

ZYXYXYXYXYXYXY...ZYXYXYXY...

这些同步字长度均为4比特,而且不像子帧中其它数据,它们不是双相标志码编码。这种结构使传输线路上的重流量最小,并且便于时钟恢复和串行数据流中子帧的识别。



(2) 音频帧其他数据

一个音频帧包括两个32比特的子帧。  
音频子帧可以分别传左右声道, 或一个单声道。

每个样值可以是16或20比特, 也可以是24比特(4个辅助数据也作为样值比特)。

辅助数据可表示一些其它信息, 如低质量的辅助声道(用于制作人员的通话或演播室之间的交流)。

- 每个子帧有4个附加比特:  
·有效比特(V): 表示音频样值数据是正确的;  
·用户比特(U): 用户自定义;  
·通道比特(C): 与该音频信号相关的信息, 如音频种类标识(通常有CD、PCM、DAT)、取样频率(32、44.1或48kHz)、声道方式(两声道, 立体声, 单声道, 主/从声道(指声道A为一个单声道, 声道B为数据))等;  
·奇偶校验比特(P)

第5节 高标清上下变换技术

上变换:  
在保持原视频基带信号频谱时,为提高数字信号的取样频率,可对原数字信号进行内插。

下变换:  
从高分辨率采样信号通过抽取滤波变换为低分辨率采样信号。

- 通常将标清到高清信号的变换模块称为上变换器(Up Converter);
- 高清到标清信号的变换模块则被称为下变换器(Down Converter);
- 交叉变换器(Cross Converter)  
说法1: 同时具备上下变换模块的设备;  
说法2: 具备各种高清格式之间变换的设备。

高清变换的需求：过渡时期的混合制播体系

- 新建制播体系倾向于采用全高清、全文件体制，实现网络化制作。
- 原有制作体系存在的大量标清制作资源。
- 要求支持高清同播、网络化备播。
- 高清节目需要引用少量标清素材；标清节目也不可避免要引用一些高清素材；高清节目可能在标清频道播出；反之，少量标清节目也可能在高清频道播出。



上下变换关键技术

主要流程



去隔行

根据给定的隔行视频信号，估算出缺失的偶数行或者奇数行图像数据，最终将其恢复为逐行视频信号。

1. 逐行扫描显示设备，对隔行输入的視頻图像需要进行图像扫描格式的转变。
2. 高清晰度数字电视，由于其图像尺寸的增大，画面更加精细，对去隔行处理技术的要求也进一步提高



- **重采样**  
通过插值（抽取）和滤波等手段，进行像素上采样和下采样；
- **彩色空间转换**  
标清和高清的色域不同，需进行色域空间的转换。
- **幅型变换**  
调整图像大小和形状来适应不同宽高比的显示，主要是对图像进行裁剪、拉伸或者挤压等处理。
- **细节增强**  
在上变换之后，模糊的SD图像并不能产生期望的HD清晰度，采用降噪滤波处理后，再提升图像信号高频部分。

下变换-幅型变换模式

- **切边模式**：它的特点是画面比例正常，但是画面左右两侧被剪切损失了一部分画面内容；
- **信箱模式**：在画面的上下两侧加黑边，这种模式的特点是画面比例正常且保留了全部16:9画面内容，信息量不丢失。
- **14:9信箱模式**：为了减少格式变换带来图像内容的丢失16:9→14:9只要裁掉1/8画面，在16:9画幅的图像采用“14:9”下变换时，可以获得较好的视觉感受。
- **挤压模式**：它是将画面横向压缩，虽然保留了全部画面内容，但画面产生变形。

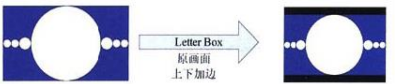
下变换-切边模式

- 高清制作：4：3构图，两侧切边(Edge Crop)下变换标清播出。
- 特点是画面比例正常，但是画面左右两侧被剪切损失了一部分画面内容。



下变换-信箱模式

- 高清制作，16：9构图，上下加边（信箱），标清播出。
- 特点是画面比例正常且保留了全部16:9画面内容，信息量不丢失。在同时制作高标准两版节目时，标清版节目往往采用这种下变换模式，这种情况不需要兼顾16:9和4:3两种取景。



上变换-幅型变换模式

- 加边模式：  
在画面的左右两侧加黑边，这种上变换模式保留了全部画面内容，画面比例也正常；
- 切边模式：  
将画面上下剪裁掉一部分画面，虽然画面比例正常，但损失了一部分画面内容；
- 14:9 镶边模式：  
为了减少格式变换带来图像内容的丢失，4:3→14:9 只裁掉1/7画面，这种方案很少使用。
- 拉伸模式：  
将画面横向拉伸，4:3的图像完全充满16:9的屏幕，虽然保留了全部画面内容，但画面产生变形。

上变换-加边模式

- 标清制作，左右两侧加边(Pillar Box)，上变换高清播出。



上变换-切边模式

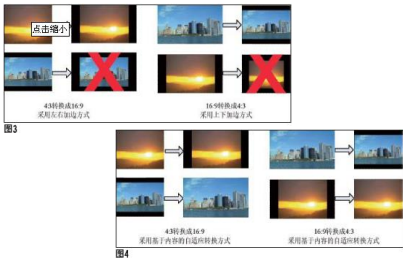
- 标清16: 9 遮幅制作，上下切边(Full Width)，上变换高清播出。



幅型变换遵循的原则

- 不变形：幅型变换各种变换方式的前提是不能造成图像的失真变形，变形可由用户终端实施。
- 不重复：尽可能减少变换次数，最多允许一个来回，素材引用尽可能使用原始的。
- 有规划：节目策划或前期采集应先规划好上变或下变的方式。
- 一致性：一个栏目或一个节目的AFD信息应连贯一致，一个广告段视同一个节目，节目播出以单一节目为单位进行自动变换控制。
- 有标识：节目及素材应按规定嵌入AFD信息，以支持自动处理。
- 满画面：充分利用整个画面，上变换图像两侧的黑边可考虑填充为资讯信息或活动的视频屏保信号，可赋予频道包装属性，同理处理高清letter box下变换。

AFD的引入



AFD的引入

- AFD：活动图像格式描述符 (Active Format Description)
- 它主要用来描述一个视频编码帧中，人们感兴趣的那部分活动图像的显示格式。
- AFD是一个4bit的码字，每个编码帧对应一个。
- 例如，当编码帧的幅型比为4:3时，AFD='1010'表示活动图像的幅型比为16:9，并且居于4:3编码帧的中心；当编码帧的幅型比为16:9 时，AFD='1010'表示活动图像的幅型比为16:9，并且所有的图像都处于16:9的图像保护区当中，需要全屏显示。

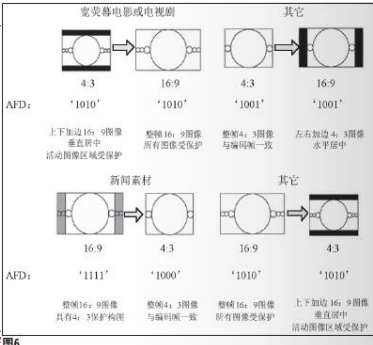


图6

## 第6节 HDMI 接口

- HDMI产生与发展
- HDMI传输原理
- HDMI支持的视音频格式
- HDCP版权保护功能
- HDMI 1.4a 3D扩展

www.hdmi.org



## 传统接口回顾



- HDMI的全称是“High Definition Multimedia Interface高清多媒体接口”。

- HDMI（高清晰度多媒体接口）技术是从高清电视和个人电脑到相机，摄像机，平板电脑，蓝光光盘的高清（HD）和超高清（UHD）设备的业界领先的接口和事实标准。射线播放器，游戏控制台，智能手机，以及任何其他能够发送或接收高清信号的设备。
- 超过1600家最大的消费电子产品，个人电脑和移动设备制造商都是HDMI采用者，截至2014年，已经有超过4B个支持HDMI的设备出货。
- HDMI技术通过单根电缆提供清晰的全数字音频和视频，极大地简化了布线，并为消费者提供最高品质的高清体验。它传输所有ATSC HDTV标准，并支持8声道，192kHz，未压缩的数字音频和所有当前可用的压缩格式，带宽可用，以适应未来的增强和要求。

## 1、HDMI产生与发展

- 2002年4月，来自电子电器行业的7家公司——日立、松下、飞利浦、Silicon Image、索尼、汤姆逊、东芝共同组建了HDMI高清多媒体接口接口组织HDMI Founders（HDMI论坛），开始着手制定一种符合高清时代标准的全新数字化视频/音频接口技术。
- 2002年12月9日正式发布了HDMI 1.0版标准，标志着HDMI技术正式进入历史舞台。
- 2004年5月，HDMI1.0标准首个升级版HDMI 1.1标准发布，由于规格变化不大，没有引起广泛关注。

## 1、HDMI产生与发展

- 1999年4月份，为了满足数字化时代高质量图形影像的要求，DDWG(Digital Display Working Group)数字显示工作组以美国Silicon Image公司的专利技术为蓝本，推出了一种名为DVI(Digital Visual Interface)的接口，旨在统一新一代数字显示接口标准。这一技术并且得到了IT业内以Intel、DELL、HP、IBM、微软等个大企业的广泛支持。经过3年多的推广，DVI技术在计算机显示输出领域得到了迅速运用，但是伴随着数字高清影音技术的发展，DVI接口也开始逐渐暴露出种种问题，甚至在一定程度上成为数字影像技术进步的瓶颈。

DVI接口存在的主要问题：

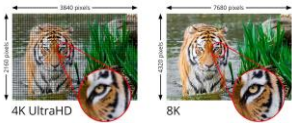
- 考虑的对象是PC，对于平板电视的兼容能力一般。
- 对影像版权保护缺乏支持。
- 只支持计算机领域的RGB数字信号，对数字化的色差信号无法支持。
- 只支持8bit的RGB信号传输，不能让广色域的显示终端发挥出最佳性能。
- 出于兼容性考虑，预留了不少引脚以支持模拟设备，造成接口体积较大，效率很低。
- 只能传输图像信号，对于数字音频信号的支持完全没有考虑。



对于DVI接口存在的各种缺陷，HDMI进行了大幅提升：

- 更好的抗干扰性能，长度不超过10米。
- 针对大尺寸数字平板电视分辨率进行优化，兼容性好。
- 支持EDID和DDC2B标准，设备之间可以智能选择最佳匹配的连接方式。
- 拥有强大的版权保护机制（HDCP），有效防止盗版现象。
- 支持24bit色深处理，（RGB、YCbCr4-4-4、YCbCr4-2-2）。
- 接口体积小，各种设备都能轻松安装。
- 一根线缆实现数字音频、视频信号同步传输，有效降低使用成本和繁杂程度。
- 完全兼容DVI接口标准，用户不用担心新旧系统不匹配。
- 支持热插拔技术。

- 2005年8月，针对对PC领域设备支持不足的缺陷，HDMI 1.2发布。增加了若干条非常重要的改进，在连接PC和数字音频时更加方便。
- 2005年12月，针对HDMI 1.2标准的修改版HDMI 1.2a发布，主要增加了可以利用一个遥控器控制多台电器的CEC功能，并且完善了各种HDMI设备的测试规则。
- 2006年5月，HDMI1.3。带宽和数据传输速率增加了一倍，加入对xvYCC广色域、高bit色深以及更高HDTV/PC分辨率规格的支持。
- 2009年，HDMI 1.4 以太网、3D、4K等。
- 2010年4月，HDMI 1.4a 3D扩展。
- 2013.9.4，HDMI 2.0
- 2017.11.28，HDMI 2.1，支持8K@60Hz，4K@120Hz，分辨率高达10K，动态HDR，超高速HDMI线缆带宽达48Gbps

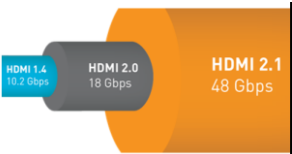


除了 4K 和 8K，还支持其他分辨率，包括 5K 和 10K



动态 HDR 让视频图像的整体质量得到明显提升，以前从 SDR 到静态 HDR，现在又从静态 HDR 到动态 HDR

最高可实现48Gbps带宽





Typical HDMI Cables

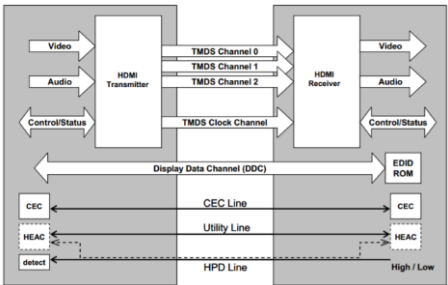


典型 HDMI 设备



2、HDMI传输原理

19Pins. 每一个标准的HDMI连接，都包含了3个用于传输数据的TMDS传输通道，还有1个独立的TMDS时钟通道，以保证传输时所需的统一时序。在一个时钟周期内，每个TMDS通道都能传送10bit的数据流。而这10bit数据，可以由若干种不同的编码格式构成，压缩或无压缩数据。



- HDMI标准继续沿用了和DVI相同的，由Silicon Image公司发明的TMDS(Time Minimized Differential Signal)最小化传输差分信号传输技术。
- TMDS (Transition Minimized Differential Signaling)：最小化差分信号传输；是一种微分信号机制，采用差分传动方式，利用2个引脚间电压差来传送信号，传输数据的数值（“0”或者“1”）由两脚间电压正负极性和大小决定。

注：TMDS和LVDS（低电压差分信号）十分类似，而LVDS无专利问题，故远较TMDS普及，液晶屏幕显示面板多是采用LVDS。

- HDMI接口有Type A、Type B、Type C、Type D、Type E 五种类型。
- 使用5V低电压驱动，阻抗都是100欧姆。
- 这三种插头都可以提供可靠的TMDS连接：
  - A型是标准的19针HDMI接口，普及率最高；
  - B型接口尺寸稍大，但是有29个引脚，可以提供双TMDS传输通道，因此支持更高的数据传输率和Dual-Link DVI连接，已经基本不用。
  - C型接口和A型接口性能一致，但是体积较小，更加适合紧凑型便携设备使用。
  - D型接口在HDMI 1.4规范中引入，用于手机，袖珍相机和其他便携式设备，尺寸和微型USB的接口差不多。
  - E型接口用于汽车连接



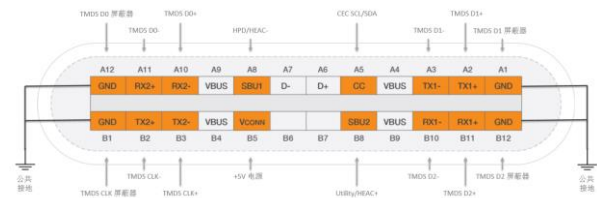


USB Type-C 的 HDMI 转接模式      支持 HDMI 1.4b 的所有功能

- 适用 USB Type-C 连接规格的 HDMI 转接模式于 2016 年 9 月推出
- 使得两种最流行的连接方案融汇贯通
- 使得配有 USB Type-C 连接器的 HDMI 源设备能够直接连接到具有 HDMI 功能的显示器
- 使得配有 USB Type-C 连接器的源设备能够使用本机 HDMI 功能
- 使用一根简单的 USB Type-C 转 HDMI 连接线，不需用到适配器或转换器



适于 USB Type-C 引线端映射的 HDMI 转接模式



- 3、4、5、6、11、
- 12、13、15、16、17、18、19、20、21
- 补充：
- 1、上下变换的过程一般包括哪几个部分和每一部分的作用是什么？有哪些常用的幅型变换模式？
- 2、HDMI的全称是什么？简要叙述其数据传输方式。

黑体字题，不做！

本章结束  
谢谢！