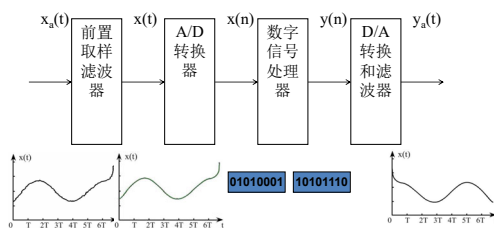


## 第一章、演播室串行数字信号传输及标准接口

### 主要内容

- 从模拟到数字的信号处理
- 模拟电视信号传输接口
- 数字信号传输及标准接口
- 其他重要接口

### 一、从模拟到数字的信号处理



数字信号从何而来？

数字化：

抽样 → 量化 → 编码

本质：

时间离散化 → 幅度离散化 → 提高有效性和可靠性

### 1. 抽样（取样）

频率选择原则：

- 奈奎斯特Nyquist准则：  $f_s > 2f_m$
- 分布正交，便于处理。
- 行、场、帧的样点数为整数

抽样损失：

- (1) 混叠失真aliasing （频率）
- (2) 孔阑效应 （脉冲宽度）





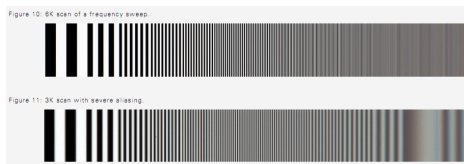
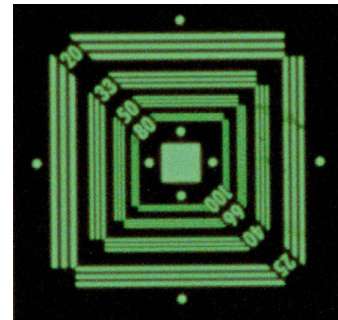
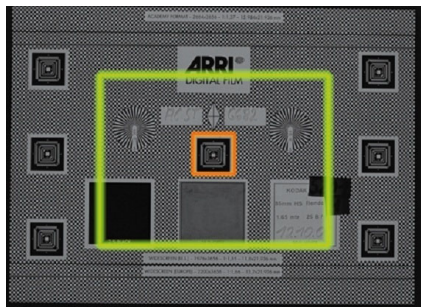
#### 采样产生的信号损伤:

##### (1) 混叠效应

- 抽样频率未满足奈奎斯特准则，恢复信号中包含混叠分量，恢复图像产生混叠失真，表现为莫尔条纹干扰。

##### 解决办法

- 提高抽样频率，过抽样；
- 前置滤波，限制高频——OLPF 光学低通滤波器
- 虚焦+轮廓校正



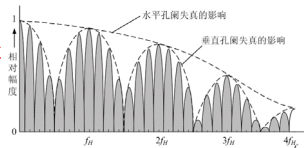
## 1. 抽样（取样）

#### 频率选择原则:

- 奈奎斯特Nyquist准则:  $f_s > 2f_m$
- 分布正交，便于处理。
- 行、场、帧的样点数为整数

#### 抽样损失:

- (1) 混叠失真aliasing （频率）
- (2) 孔阑效应 （脉冲宽度）

**(2) 孔阑效应**

宽度为 $\tau$ 的门脉冲的时域序列可表示为:

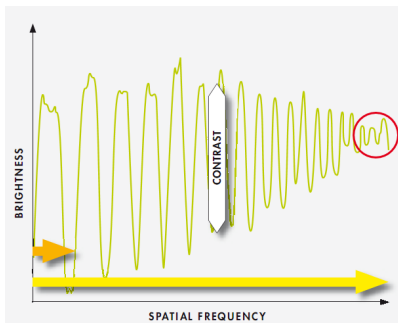
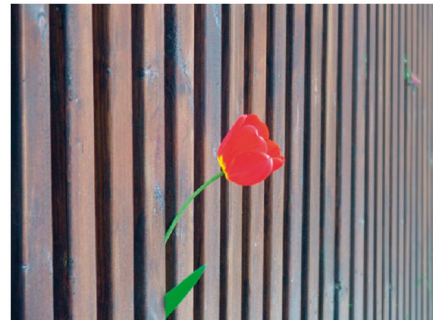
$$S_{\delta}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P(t - nT_s) \quad \text{其中} \quad P(t) = \begin{cases} 1 & |t| \leq \tau_s/2 \\ 0 & |t| > \tau_s/2 \end{cases}$$

被这样的抽样脉冲抽样后的信号频谱可表示为:

$$F_s(\omega) = \frac{1}{2\pi} F(\omega) * 2\pi \frac{\tau_s}{T_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left[ \frac{\sin(n\pi\tau_s/T_s)}{n\pi\tau_s/T_s} \right] \delta(\omega - n\omega_s)$$

$$= \frac{\tau_s}{T_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left[ \frac{\sin(n\pi\tau_s/T_s)}{n\pi\tau_s/T_s} \right] F(\omega - n\omega_s) \quad \text{其中} \quad \omega_s = 2\pi/T_s$$

抽样后信号频谱的谱线幅度也受到了 $\text{sinc}/x$ 函数的调制。当 $n=0$ 时, 有最大幅度, 当 $n=T_s/\tau_s$ 时, 幅度下降为零。

**采样产生的信号损伤:****(2) 孔阑效应**

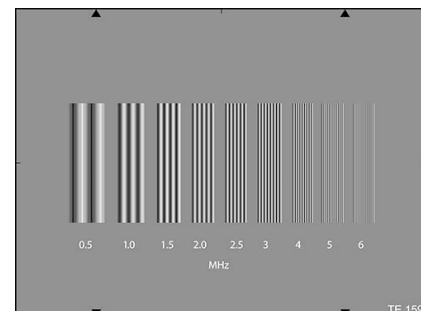
理想抽样信号脉冲宽度为无穷窄, 实际设备的抽样脉冲宽度有限, 孔阑效应产生高频衰落, 表现为图像细节模糊

防止孔阑失真的方法:

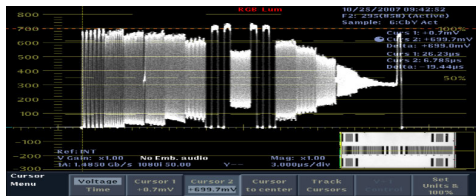
- 抽样脉冲尽量窄  $T \ll \frac{1}{2f_m}$
- 模数变换后加入高频补偿——摄像机细节校正

**调制深度Modulation Depth**

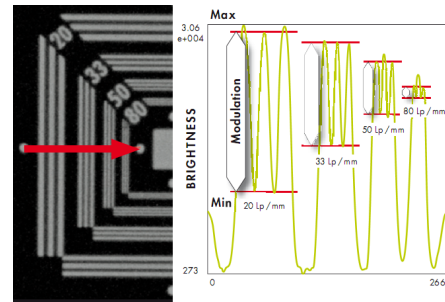
- 表明摄像机在视频应用频带中的频率特性 (频率响应), 该参数的大小描述了在某频率下图像的清晰锐利的程度。
- 测试此参数时, 摄像机需拍摄多波群卡 (Multi Burst chart)。
- 调制深度与多种因素有关: 镜头MTF、感光器件、传输通道、处理电路等。



标清设备：以0.5MHz的调制度为100%，测量5 MHz的**调制深度值**，典型设备的值为（50%~80%），最佳值为接近100%；另读取6MHz的调制度作参考。高清设备以1MHz的调制度为100%，读取27.5MHz的调制度做代表，30MHz调制度做参考。



$$\text{调制深度/调制度 } M = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$$

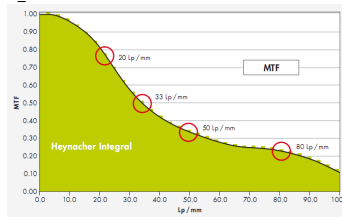


### MTF 调制传递函数(Modulation Transfer Function)

镜头成像的调制度随空间频率变化的函数称为调制度传递函数  
**MTF (Modulation Transfer Function)**

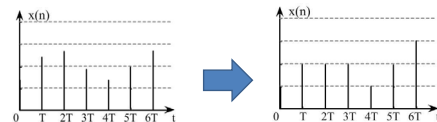
$$\text{调制深度/调制度 } M = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$$

$$\text{MTF} = M_{\text{out}} / M_{\text{in}}$$

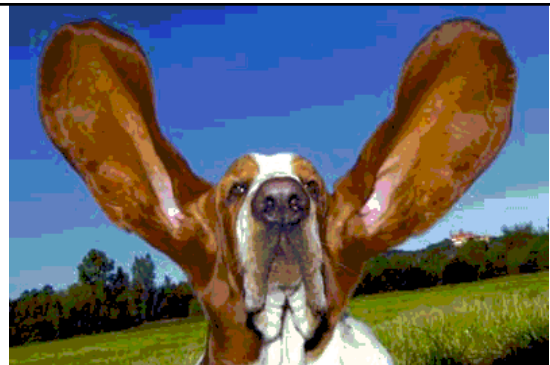


## 2. 量化

- 将抽样的样值变为在幅度上离散的有限个二进制信号。就是量化。
- 量化使幅度上的连续变为离散。



- 量化误差（量化噪声）： $[nQ - \frac{Q}{2}, nQ + \frac{Q}{2}] \rightarrow nQ$ 
  - 大都采用四舍五入，最大误差为 $Q/2$
  - 不可逆！**
  - 随机变量
- 量化间距为 $Q$ ， $s$ 是输入信号的动态范围， $n$ 为量化电平的级序，理解为量化比特数（二进制环境下），量化电平级数 $M$ 。 $M = S/Q = 2^n$
- 信号峰峰值 $s = 2^n Q$ ，量化噪声有效值  $N_{\text{rms}} = \frac{Q}{\sqrt{12}}$
- 量化噪声：
 
$$\frac{S}{N_{\text{rms}}} = 20 \lg \frac{2^n Q}{\frac{Q}{\sqrt{12}}} = (6.02n + 10.8) \text{ dB}$$



— \*除了量化比特数外影响量化信噪比的因素

- 提高抽样频率 $f_s$ ，可使信噪比提高 $10\lg \frac{f_s}{2f_{\max}}$   
可见， $f_s$ 越大，信噪比越高；
- 信号幅度未占满整个量化范围时，信噪比下降 $20\lg \frac{V_q}{V_w - V_B}$   
可见， $\frac{V_q}{V_w - V_B}$ 越大，信噪比越低；

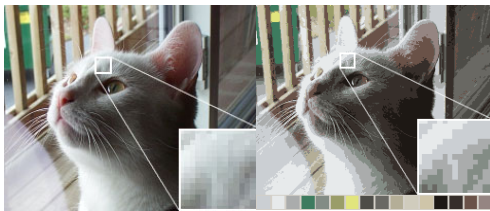
— 所以，量化信噪比修正为

$$\frac{S}{N_{\text{rms}}} = 6.02n + 10.8 + 10\lg \frac{f_s}{2f_{\max}} - 20\lg \frac{V_q}{V_w - V_B} \text{ dB}$$



26

### 量化噪声 (1) 伪轮廓现象



#### (1) 伪轮廓

- 如果信号量化区间太大，图像大面积缓慢变化（如渐变的蓝天）时，能够看出不连续的跳变，即在图像的渐变区出现从一个量化电平到另一个量化电平之间的轮廓线，实际上就是图像的等量化电平线，这种轮廓线是原图像所没有的，称为伪轮廓，即轮廓效应。
- 解决办法：利用随机高斯噪声信号发生器产生适当的颤动信号，叠加到原图像信号中，人们便察觉不到轮廓效应的存在。数字电视中使用最多的颤动信号是频率为抽样脉冲的1/2，峰峰值为量化间隔的1/2的方波信号。

### 量化噪声 (2) 颗粒杂波



#### (2) 颗粒杂波

- 如果小信号的量化区间太大，造成量化噪声太大，使得小信号区域图像信噪比不足，表现为图像在这个区域内出现颗粒状的杂波。
- 解决办法：
  - 采用**非线性量化**，即摄像机减小小信号的量化区间。数字摄像机信号处理大都通过非线性量化提高小信号信噪比，同时也满足了r校正的需求。
  - 采用压缩扩张的编解码方法，即在量化前先利用非线性器件将信号电平高的部分进行压缩，然后量化编码，解码D/A后的模拟信号再通过非线性器件对大幅信号进行扩张，恢复到原比例关系。这种方法扩大了小信号的动态范围，等效于“**小信号细量化，大信号粗量化**”。

### 3、编码PCM（Pulse-code modulation）常用码型

量化电平	自然二进制码	格雷码	折叠二进制码
0	000	000	011
1	001	001	010
2	010	011	001
3	011	010	000
4	100	110	100
5	101	111	101
6	110	101	110
7	111	100	111

### 4\*、压缩编码（MPEG、JPEG等）

编码产生的信号损伤（因量化而产生损伤）：

#### （1）差分脉冲编码PCM

- 量化误差累积；
- 边缘清晰度临界，即当被预测值处于图像突变边缘时，往往产生较大的预测误差；

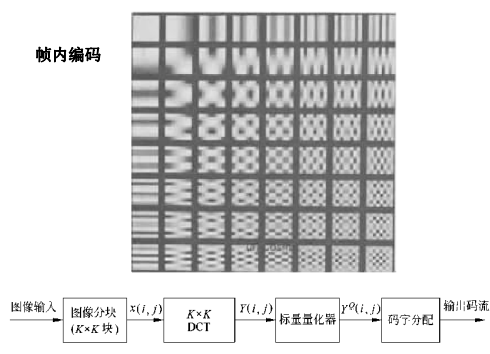
#### （2）变换编码DCT

- 二次量化时高频信息的丢失，表现为“块效应”。

#### （3）运动补偿

- 画面活动剧烈时，预测效果较差，“块效应”明显，表现为运动物体边缘的“蚊音效应”。

帧内编码



块效应



蚊音效应

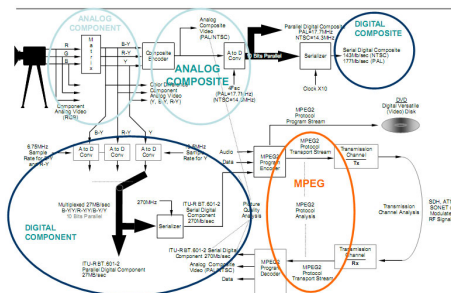
做个题，休息一下。

AD转换过程中，抽样带来的问题包括？

- 混叠失真
- 孔阑失真
- 伪轮廓现象
- 块效应
- 蚊音效应



## 二、模拟电视信号传输接口

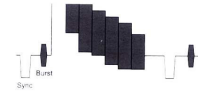


## 二、模拟电视信号传输接口

### (一) 模拟复合视频信号接口(CVBS)

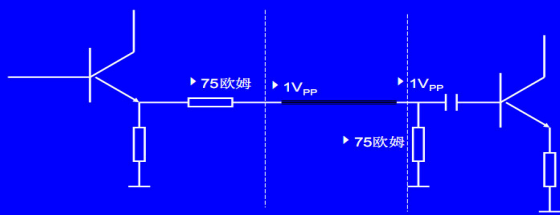
所有模拟复合视频设备都采用的接口，我国标准为：

- 电平： $1V_{pp} \pm 20mV$
- 极性：正极性
- 阻抗： $75 \Omega \pm 1\%$
- 传输：非平衡型
- 连接端：BNC连接端

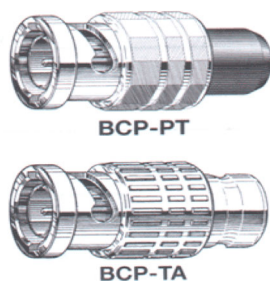
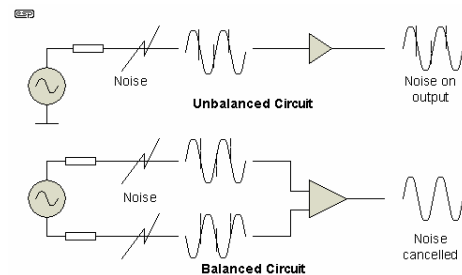


对于具体设备，在输出端对接特性要求严格，但是在输入端由于信道传输和分配，有些设备允许输入信号的电平范围达到 $1V_{pp} \pm 6dB$ （即 $0.5 \sim 2V_{pp}$ ）。

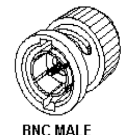
### 匹配连接原理图



$$\text{反射系数 } P = (Z_L - Z_0) / (Z_L + Z_0); \text{ 反射损耗/回波损耗 } R = -20 \log_{10} |P|$$

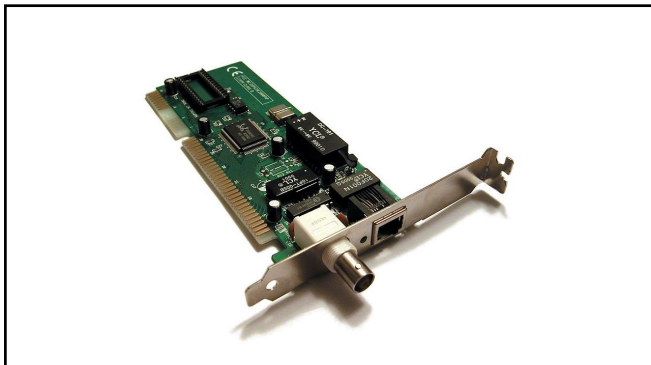


BNC FEMALE



BNC MALE



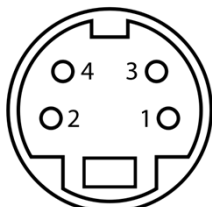
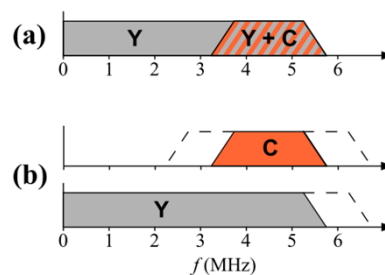


- 民用接口——RCA接口



## (二)、Y/C分离接口

- Y/C分离接口是S-VHS录像机和Hi8录像机使用的一种图像信号接口，又称为S接口、S-video。
- 亮度信号Y: 1Vpp, 正极性, 75  $\Omega$ , 非平衡型
- 色度信号C: PAL制: 0.3Vpp;  
NTSC制: 0.286Vpp;  
75  $\Omega$ , 非平衡。
- 连接端: 4芯DIN(S端子)或7芯连接端



- Pin 1 GND Ground (Y)
- Pin 2 GND Ground (C)
- Pin 3 Y Intensity (Luminance+sync)
- Pin 4 C Colour (Chrominance)

- 1 - S-Video Luminance Ground
- 2 - S-Video Chrominance Ground
- 3 - S-Video Luminance Signal
- 4 - S-Video Chrominance Signal
- 5 - Composite Video Ground
- 6 - No Connection
- 7 - Composite Video Signal





### YPbPr or RGB

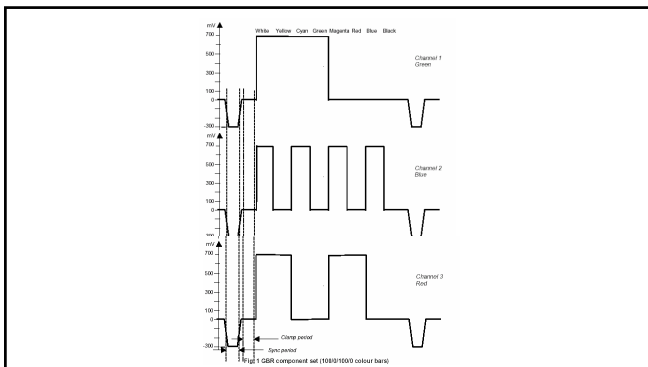
- 1 - Ground (all grounds are connected together)
- 2 - Ground
- 3 - Pr (YPbPr) or Red (RGB)
- 4 - Y (YPbPr) or Green (RGB) [There is no provision for a separate Sync signal]
- 5 - Ground
- 6 - Ground
- 7 - Pb (YPbPr) or Blue (RGB)



### (三) 模拟分量接口

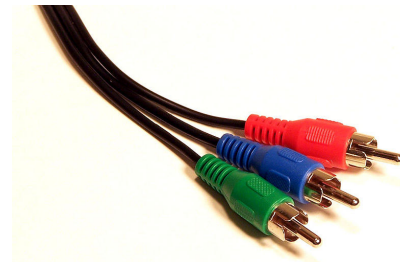
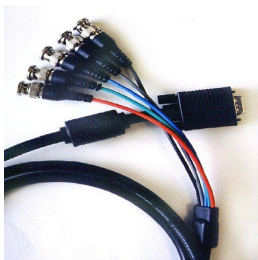
#### 1. R、G、B分量接口

- RGB三路信号并行的接口，作为业务级和广播级摄像机使用，计算机的接口很多是这种接口。
- R、G、B三路信号的带宽都和亮度信号相同；三个信号的特性一样均为：  
0.7V 电平； 正极性； 75Ω(或50Ω)； 非平衡型传输；



#### R、G、B分量接口在同步头处理上的几种形式：

- G信号代同步头，R、B信号有行、场消隐脉冲无同步头；
- R、G、B信号均带同步头；
- R、G、B信号有行、场消隐脉冲均无同步头，需另传输一路复合脉冲一起使用；
- R、G、B信号有行、场消隐脉冲均无同步头，另加两路行、场同步脉冲



Component video RCA

## 2. Y、P<sub>R</sub>、P<sub>B</sub>模拟分量接口

- 又称Y、R-Y、B-Y或Y、C<sub>B</sub>、C<sub>R</sub>以及E'<sub>Y</sub>、E'<sub>CB</sub>、E'<sub>CR</sub>并行分量接口，它也有几种不同的标准：EBU N10和 SMPTE标准、BETACAM标准、MII标准。

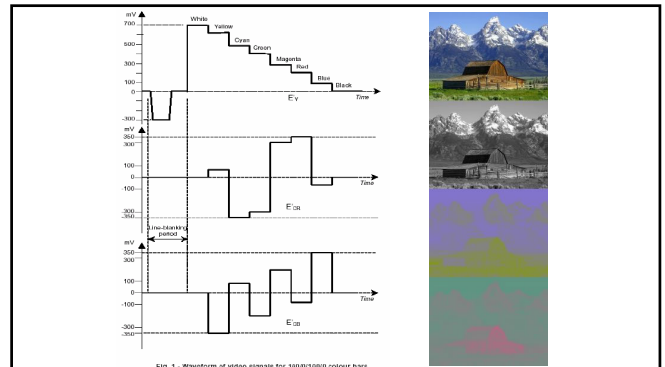
EBU N10和 SMPTE标准的参数：

亮度信号Y:  $E'_Y = 0.299E'_R + 0.587E'_G + 0.114E'_B$

色差信号:  $E'_C_R = 0.713(E'_R - E'_Y)$

$E'_C_B = 0.564(E'_B - E'_Y)$

- 亮度信号为正极性，带有行场同步和消隐信号，幅度为1Vpp；
- 两个色差信号为双极性信号，其幅度对100/0/100/0彩条来说是0.7Vpp，对100/0/75/0彩条则是0.525Vpp。
- 三并行信号匹配阻抗为75Ω，非平衡型传输。



## 思考

1. 抽样和量化可能带来的信号损伤分别有哪些？解决的方法有哪些？
2. 拍摄一幅均匀黑白条纹图像，信号频率为 $f=7.6\text{ MHz}$ （基波），抽样频率为 $f_s=15\text{ MHz}$ ，图像上产生的混叠干扰差频为多少Hz？