

视频基础概念



讲师：肖俊

软件与技术学院

内容

- 4.1 视频信号类型
- 4.2 模拟视频
- 4.3 数字视频

1. 视频信号类型

- 分量视频
- 复合视频
- S端子视频

1.1 分量视频

- 高端视频系统，如演播室使用的系统
 - 三个分离的视频信号——红色、绿色和蓝色图像平面
- 三根电线将相机或其他设备连接到电视或显示器
- 提供最佳色彩还原
 - 不同通道之间无“串扰”
 - 需要更大带宽和良好的同步性
- 除RGB外，还可使用YIQ、YUV等模型
 - 从RGB进行亮度 - 色度转换



1.2 复合视频

- 色度和亮度信号混合成单载波
 - 色度 - I 和 Q （或 U 和 V ）
 - 仅一根线 - 有一些干扰
- 用于彩色广播电视
向下兼容黑白电视



复合视频电缆及连接

1.2 复合视频

- a) 色度是两个颜色分量（ I 和 Q ，或 U 和 V ）的组合。
- b) 例如，在NTSC制电视中， I 和 Q 组合成色度信号，然后使用一个彩色副载波将色度信号置于与亮度信号共享的信号的高频端。
- c) 色度和亮度分量可在接收端分离，然后进一步恢复这两个颜色分量。
- d) 连接电视或录像机时，复合视频使用单根线缆，视频颜色信号混合传输，而非分开传输。音频和同步信号是该单一信号的附加部分。
- 由于颜色和强度被封装在同一信号中，亮度和色度信号之间的干扰不可避免。

1.3 S视频

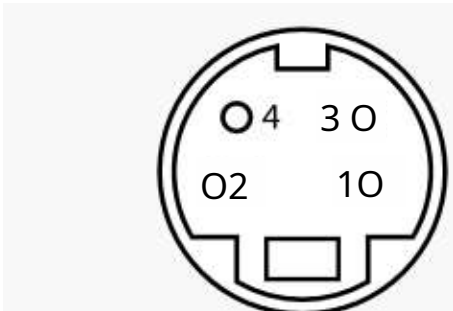
- S视频：作为一种折衷方案，（分离视频，或超级视频，例如在S-VHS中）使用两根线，一根用于传输亮度信号，另一根用于传输复合色度信号。
- 因此，颜色信息和关键的灰度信息之间的串扰更少。
- 将亮度信号单独分离出来的原因是，黑白信息对视觉感知最为关键。
 - 事实上，人类区分灰度图像空间分辨率的敏锐度比区分彩色图像颜色部分的敏锐度要高得多。
 - 因此，我们可以发送比强度信息所需精度更低的颜色信息——我们只能看到相当大的色块，所以减少颜色细节的传输是合理的。

1.3 S视频

- S视频连接器示例



标准的4针S视频电缆连接器，每个信号针都配有自己的接地针。



连接器引脚排列（看向插座时）。

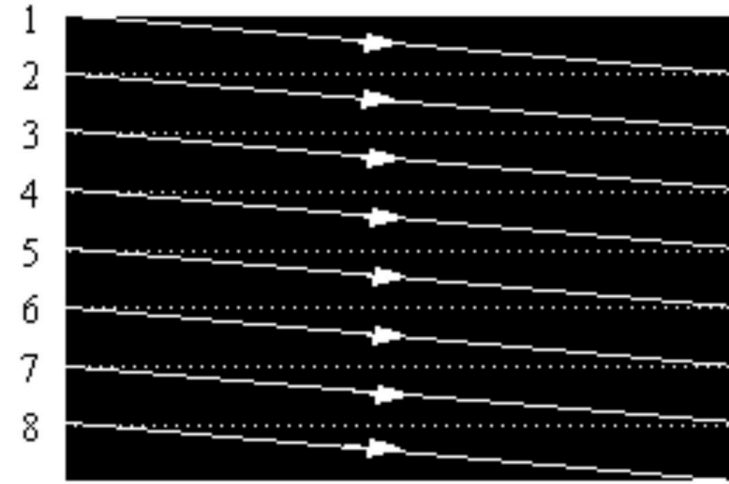
引脚1	GND	接地 (Y)
引脚2	GND	接地 (C)
引脚3	Y	强度 (亮度 e)
引脚4	C	颜色 (色度)

2. 模拟视频

- 相关概念
- NTSC视频
- PAL视频
- SECAM视频
- NTSC、PAL和SECAM的比较

2.1 相关概念

- 模拟信号： $f(t)$ - 随时间变化的图像
- “逐行”扫描在每个时间间隔内按行扫描完整图像（一帧）。
- 阴极射线管显示器（85Hz 以上）



2.1 相关概念

•在电视以及一些显示器和多媒体标准中，还使用了另一种称为“隔行”扫描的系统：

- 首先扫描奇数行，然后扫描偶数行。这就产生了“奇数”和“偶数”场——两场构成一帧。
- 实际上，奇数场结束时奇数行停在一行的中间位置，偶数扫描从半程点开始。

2.1 相关概念

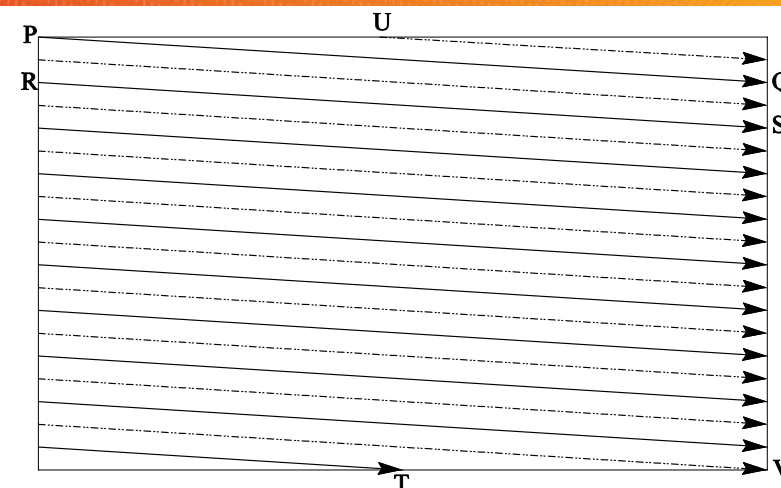
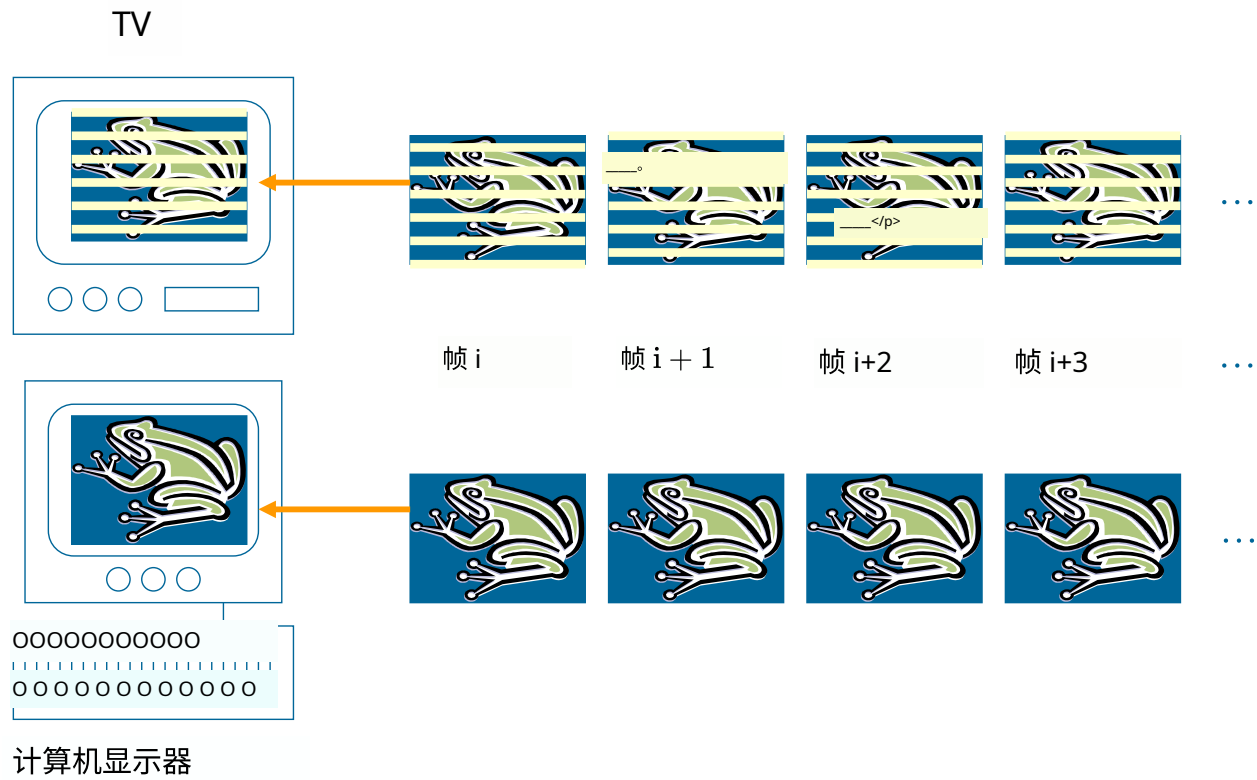


图 5.1：隔行光栅扫描

图5.1展示了所采用的方案。首先绘制实线（奇数场）。从P到Q，然后从R到S，依此类推，止于T；接着偶数场从U开始，到V结束。

图5.1中从 Q 到 R 等的跳转称为水平回扫。在此期间，阴极射线管（CRT）中的电子束被消除，从 T 到 P 的跳转称为垂直回扫。

2.1 相关概念



2.1 相关概念

- 由于隔行扫描，奇数行和偶数行在时间上相互错开——通常不易察觉，除非屏幕上有非常快速的动作，此时可能会出现模糊。
- 例如，在图5.2的视频中，移动的直升机比静止的背景更模糊。

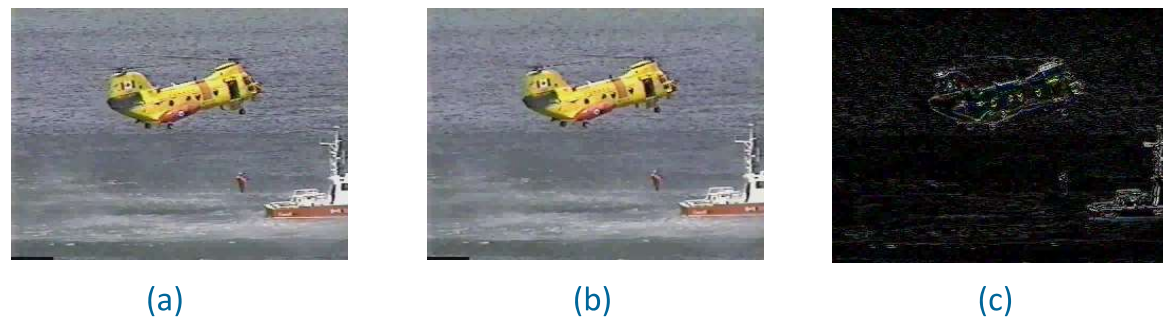


图5.2：隔行扫描为每一帧生成两个场。(a)场1，(b)场2，(c)场的差异

2.1 相关概念

•模拟视频使用一个偏离零的小电压来表示“黑色”，用另一个值（如零）来表示一行的起始。例如，我们可以使用“比黑色更黑”的零信号来表示一行的开始。

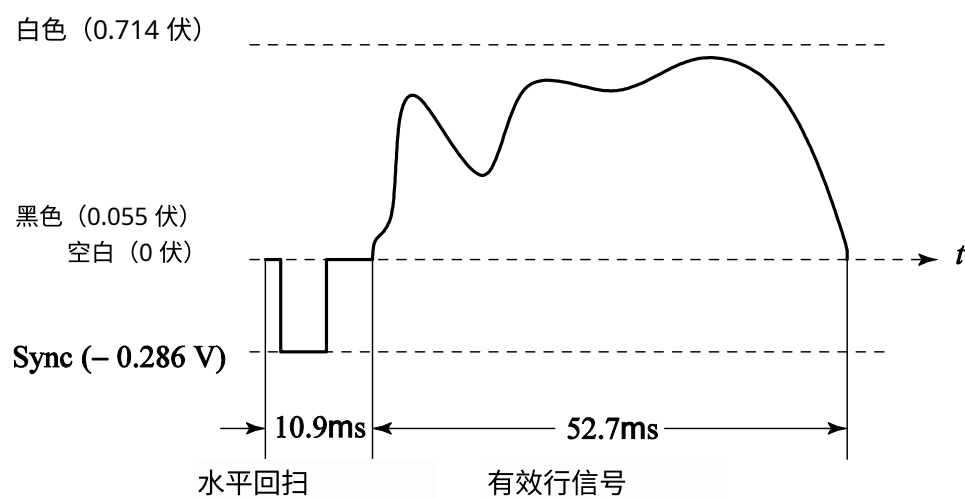


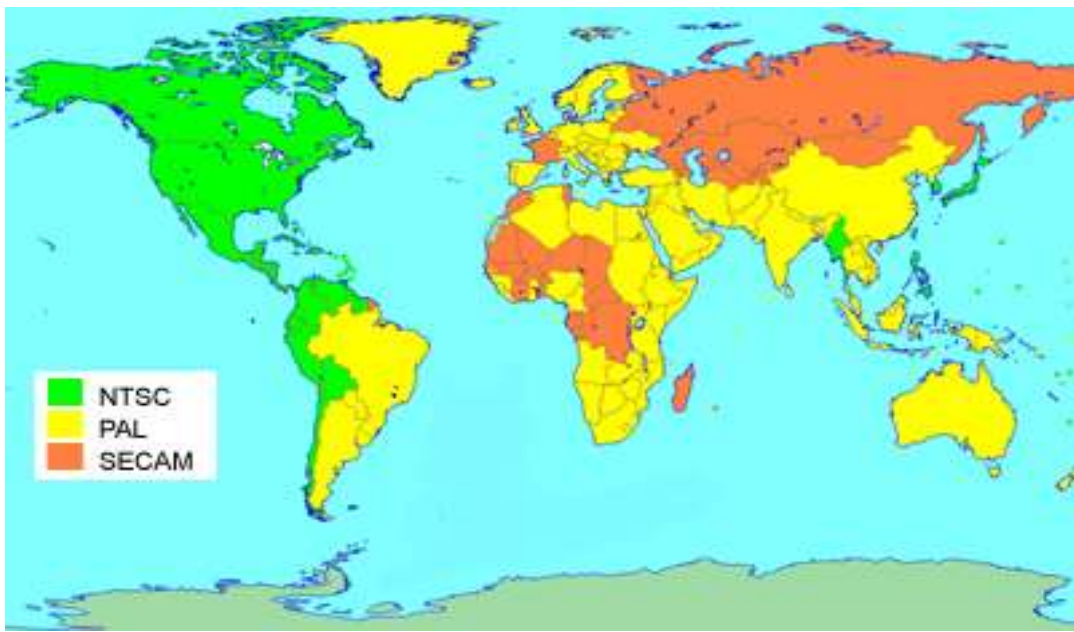
图5.3 一条NTSC扫描线的电子信号。

2.1 相关概念

- 模拟电视的电视标准
 - NTSC视频（正交平衡调幅）
 - 美国、加拿大、日本和韩国，1953年由美国推出
 - PAL制视频（逐行倒相正交平衡调幅）
 - 德国、英国和中国，1962年由德国推出
 - SECAM制视频(顺序传送彩色与存储)
 - 法国、俄罗斯，1966年由法国推出
- 与黑白电视系统向下兼容
 - 参数一致性：扫描方法、扫描行频、场频、帧频、图像载频、音频载频 - 信号传输一致性：亮度信号、两个色度信号

2.1 相关概念

•标准分布



2.2 NTSC视频

•NTSC（国家电视标准委员会）

- 4:3长宽比；
- 每帧525行；
- 每秒30帧（30 fps）；
- YIQ色彩模型

•详细参数

- 29.97 fps；或每帧33.37毫秒；
- 隔行扫描，每场262.5行
- 水平扫描频率， $525 \times 29.97 = 15,734$ 行；
- 每行时间： $1/15,734 = 63.6$ 微秒 (10.9 + 52.7)
- 垂直回扫，每场预留 20 行；485 行
- 水平扫描，预留 1/6 的光栅
- 水平分辨率 - 每行采样点数

2.2 NTSC 视频



2.2 NTSC视频

•NTSC视频是一种没有固定水平分辨率的模拟信号。因此，必须确定对信号进行采样的次数以用于显示：每个样本对应一个输出像素。

•“像素时钟”用于将视频的每条水平线划分为每行的样本。
samples. The higher the frequency of the pixel clock, the more

•不同的视频格式每行提供的样本数量不同，如表5.1所示。

格式	每行样本数
VHS	240
S-VHS	400-425
贝塔制大尺寸磁带	500
标准8毫米	300
高清8毫米	425

2.2 NTSC视频

NTSC的颜色模型与调制

•NTSC采用YIQ颜色模型，并使用正交调制（正交调制）技术将 I （同相）和 Q （正交）信号（频谱重叠部分）合并为单个色度信号 C ：

$$C = I \cos(F_{sc}t) + Q \sin(F_{sc}t) \tag{5.1}$$

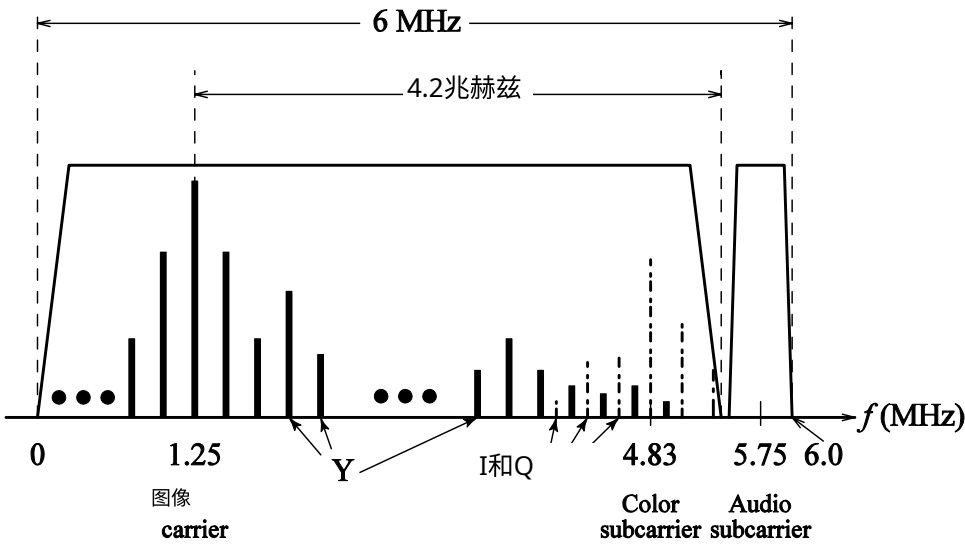
•这种调制后的色度信号也称为彩色副载波，其幅度为 $\sqrt{I^2 + Q^2}$ ，相位为 $\tan^{-1}(Q/I)$ 。 C 的频率为 $F_{sc} \approx 3.58\text{MHz}$ 。

•NTSC复合信号是亮度信号 Y 和色度信号的进一步组合，定义如下：

$$\text{composite} = Y + C = Y + I \cos(F_{sc}t) + Q \sin(F_{sc}t) \tag{5.2}$$

2.2 NTSC视频

•图5.5：由于人眼对色彩细节（高频色彩变化）不敏感，NTSC制式为 4.2MHz 至 Y 分配了带宽，仅为 I 分配了 1.6MHz，为 Q 分配了 0.6MHz。



2.2 NTSC视频

•NTSC制式 6MHz 的带宽很窄。其音频副载波频率为 4.5MHz。图像载波位于 1.25MHz，这使得音频频段的中心位于频道内的 $1.25 + 4.5 = 5.75 \text{ MHz}$ 处（图5.5）。但请注意，色彩信号位于 $1.25 + 3.58 = 4.83\text{MHz}$ 处。

•因此，音频信号与彩色副载波过于接近，这可能会导致音频信号和彩色信号之间产生干扰。正是由于这个原因，NTSC制彩色电视实际上将其帧率降低到了 $30 \times 1,000/1,001 \approx 29.97$ 帧/秒。

•因此，所采用的NTSC制彩色副载波频率略有降低，降至

$$f_{sc} = 30 \times 1,000/1,001 \times 525 \times 227.5 \approx 3.579545 \text{ MHz},$$

其中，227.5是NTSC制广播电视中每条扫描线的彩色样本数量。

2.2 NTSC制视频

•解码复合信号的步骤：

- 首先，使用低通滤波器提取 $Y - Y + 1 \cos(F_{sc}t) + Q \sin(F_{sc}t)$
- 与 Y 分离后，对 C 进行解调以提取I和Q

- 1. C 乘以 $2 \cos(F_{sc}t)$
 - $C - 2\cos(F_{sc}t) = I + I \cdot \cos(2F_{sc}t) + Q \cdot 2\sin(2F_{sc}t)$
- 2. 应用低通滤波器提取I

2.3 PAL制式视频

- PAL：逐行倒相制
 - 625条扫描线，25帧/秒，4:3宽高比
 - 25帧/秒；即每帧40毫秒；
 - 隔行扫描，每场312.5条线
 - 水平扫描频率， $625 \times 25 = 15,625$ 条线；
 - 每行时间： $1/15,734 = 64$ 微秒（11.8 + 52.2）
 - 垂直回扫，每场保留25行；共575行
- 颜色模型 - YUV，Y - 亮度，U和V - 两个色度
- 在PAL标准中：Y 带宽为 5.5MHz, U，V 带宽为 1.8MHz

2.4 SECAM视频

- SECAM代表顺序传送彩色与存储（Système Electronique Couleur Avec Mémoire），是第三大主要的广播电视标准。
- SECAM每帧同样使用625条扫描线，每秒25帧，宽高比为4:3，采用隔行扫描。
- SECAM和PAL非常相似。它们在颜色编码方案上略有不同：
 - (a) 在SECAM中，U和V信号分别使用4.25 MHz和4.41 MHz的独立彩色副载波进行调制。
 - (b) 它们在交替行中传输，即每条扫描线上只会传输 U 或 V 信号中的一个。

2.4 NTSC、PAL和SECAM的比较

电视系统	帧率 (帧/秒)	扫描线数量	总计 频道 带宽 (兆赫兹)	带宽分配 (兆赫兹)		
				Y	I或U	Q或V
NTSC	29.97	525	6.0	4.2	1.6	0.6
PAL	25	625	8.0	5.5	1.8	1.8
SECAM	25	625	8.0	6.0	2.0	2.0

3. 数字视频

- 数字表示的优势
- 色度子采样
- 数字视频CCIR标准
- CIF标准
- 高清电视
- 视频图像质量

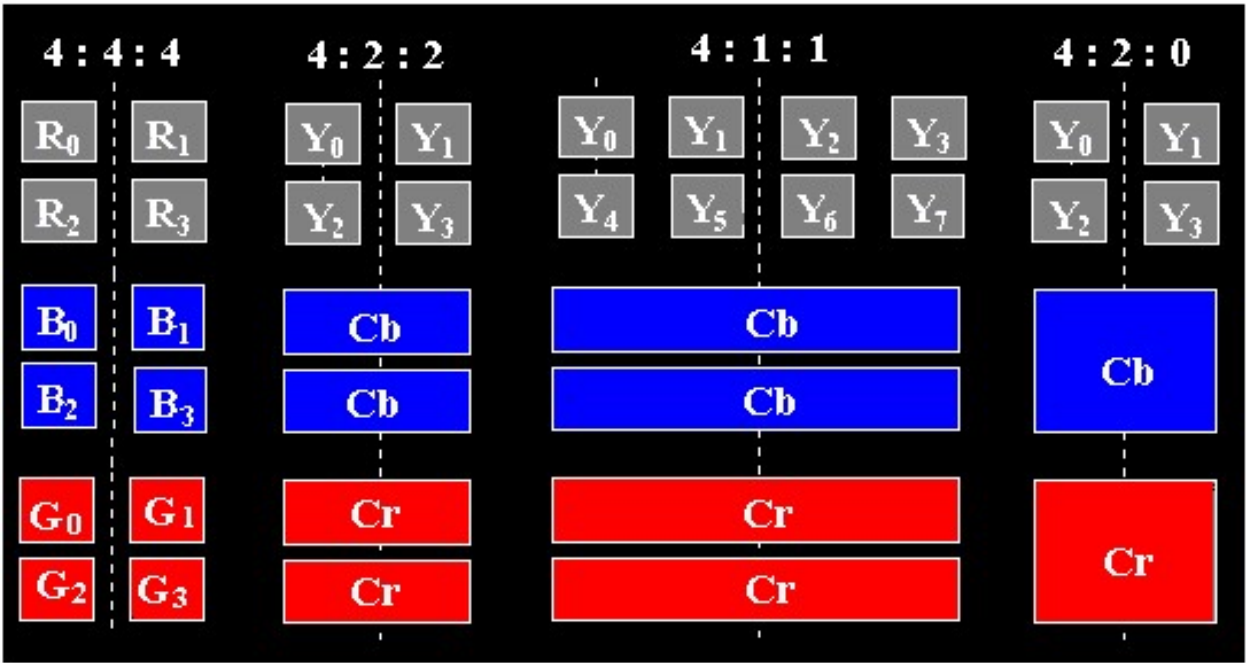
3.1 数字表示的优势

- 将视频存储在数字设备或内存中
- 随时可进行处理并集成到各种多媒体应用程序中
- 直接访问——非线性视频编辑
- 可重复录制，且图像质量不会下降
- 易于加密，且对信道噪声有更好的耐受性

3.2 色度子采样

- 人类视觉：彩色分辨率低于黑白图像——不同方案
- 每四个原始像素，实际传输多少像素值？ - 4:4:4 表示无下采样 - 4:2:2 表示 Cb 和 Cr 在水平方向以 2 为因子下采样 - 4:1:1 表示 Cb 和 Cr 在水平方向以 4 为因子下采样 - 4:2:0 表示 Cb 和 Cr 分别在水平和垂直方向以 2 为因子下采样
- 4:2:0 方案通常用于 JPEG 和 MPEG

3.2 色度子采样



3.3 数字视频CCIR标准

- CCIR是国际无线电咨询委员会，它制定的最重要的标准之一是用于分量数字视频的CCIR - 601标准。
- CCIR - 601：分量数字视频的一项重要标准，后发展为ITU - R - 601标准
- 对于NTSC标准：
 - 525行；每行858像素（其中720像素可见）；
 - 4:2:2采样方案；
 - 一个像素 - 两个字节
- CCIR 601（NTSC）数据速率：
 - $525 \times 858 \times 30 \times 2$ 字节 $\times 8$ 位/字节 ≈ 216 Mbps

3.3 数字视频CCIR标准

数字视频规格

	CCIR 601 525/60 NTSC	CCIR 601 625/50 PAL/SECAM	CIF	QCIF
亮度分辨率	720 x 480	720 x 576	352 x 288	176 x 144
色度分辨率	360 x 480	360 x 576	176 x 144	88 x 72
彩色子采样	4:2:2	4:2:2	4:2:0	4:2:0
场/秒	60	50	30	30
隔行扫描	是	是	No	No

3.4 CIF标准

- CIF - 通用中间格式
 - 由国际电报电话咨询委员会（CCITT）制定；后被国际电信联盟电信标准化部门（ITU - T）取代
- 通用中间格式（CIF）的理念：一种低比特率、画质与家用录像系统（VHS）相同的格式
- 四分之一通用中间格式（QCIF）——四分之一CIF，比特率更低
- CIF/QCIF的分辨率可被8或16整除
 - 便于H.261、H.263中基于块的视频编码

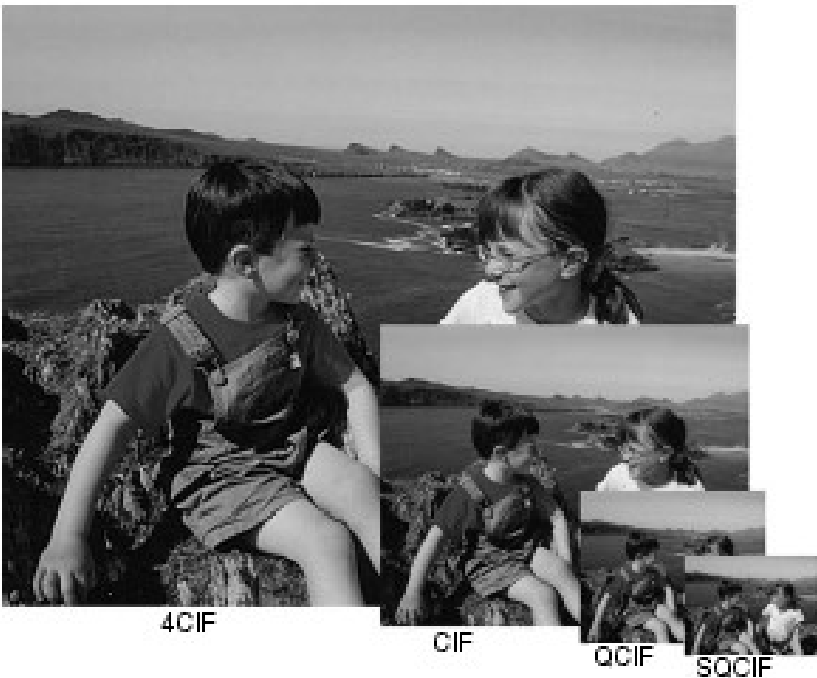
3.4 通用中间格式（CIF）标准

	CIF		QCIF		SQCIF	
	行/帧	像素/行	行/帧	像素/行	行/帧	像素/行
亮度（Y）	288	360(352)	144	180(176)	96	128
色度（Cb）	144	180(176)	72	90(88)	48	64
色度（Cr）	144	180(176)	72	90(88)	48	64

3.4 CIF标准

- 4CIF、CIF、QCIF以及SQCIF

CIF : 4:2:0 scheme



3.5 高清电视（HDTV）

•高清电视（HDTV）的主要目标不是提高每个单位面积的“清晰度”，而是扩大视野，尤其是在宽度方面。

- (a) 第一代高清电视基于日本索尼和日本广播协会（NHK）在晚期开发的一种模拟技术 1970s.
- (b) MUSE（多子奈奎斯特采样编码）是一种于20世纪90年代投入使用的技术。它有 1125 条扫描线，利用隔行扫描（每秒 60 场）宽高比为 16:9。Initial technologies that
- (c) 由于未压缩的高清电视很容易需要超过20兆赫兹的带宽，这无法适应当前的 6MHz 或 8MHz 频道，因此正在研究各种压缩技术。
- (d) 预计即使经过压缩，高质量的高清电视信号也将通过多个频道进行传输。

3.5 高清电视（High Definition TV）

- 高清电视发展简史：
 - (a) 1987年，美国联邦通信委员会（FCC）决定，高清电视标准必须与现有的NTSC标准兼容，并局限于现有的甚高频（VHF，Very High Frequency）和特高频（UHF，Ultra High Frequency）频段。
 - (b) 1990年，美国联邦通信委员会宣布了一项截然不同的计划，即倾向于全分辨率高清电视，并决定高清电视将与现有的NTSC电视同时播出，并最终取代它。
 - (c) 目睹了数字高清电视提案的热潮，美国联邦通信委员会于1993年做出了全面采用数字技术的关键决定。成立了一个“大联盟”，其中包括通用仪器公司、麻省理工学院、zenith公司和美国电话电报公司，以及汤姆逊公司、飞利浦公司、萨诺夫公司等提出的四项主要提案。
 - (d) 这最终促成了美国高级电视系统委员会（ATSC）的成立，该委员会负责制定高清电视的电视广播标准。
 - (e) 1995年，美国联邦通信委员会（FCC）高级电视服务咨询委员会建议采用ATSC数字电视标准。

3.5 高清电视（HDTV）

•该标准支持表5.4中所示的视频扫描格式。在表中，“I”表示隔行扫描，“P”表示逐行（非隔行）扫描。

表5.4：所支持的高级数字电视格式
ATSC

每行有效像素数量	有效行数	宽高比	帧率
1,920	1,080	16:9	60隔行 30逐行 24逐行
1,280	720	16:9	60逐行 30逐行 24逐行
704	480	16:9和4:3	60I、60P、30P、24P
640	480	4:3	60I、60P、30P、24P

3.5 高清电视（HDTV）

•传统电视与高清电视的显著区别：

- (a) 高清电视（HDTV）采用了更宽的16:9宽高比，而非4:3。
- (b) 高清电视采用逐行（非隔行）扫描。原因在于，隔行扫描会使移动物体边缘出现锯齿，并导致水平边缘闪烁。

3.5 高清电视（High Definition TV）

• 高清电视：示例



3.5 高清电视（High Definition TV）

- 美国联邦通信委员会（FCC）计划到2009年用数字电视广播取代所有模拟广播服务。提供的服务将包括：
 - 标清电视（Standard Definition TV）：当前的NTSC电视或更高标准。
 - 增强清晰度电视（EDTV）：480条或更多有效扫描线，即表5.4中的第三行和第四行。
 - 高清电视（HDTV）：720条或更多有效扫描线。

结束

谢谢！

邮箱：junx@cs.zju.edu.cn