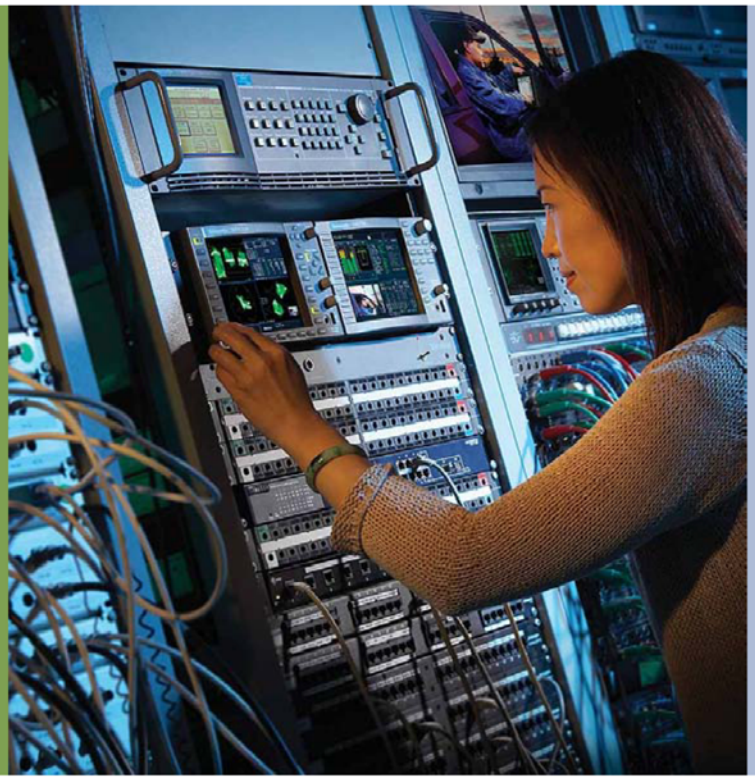
初级读本



标准清晰度和高清晰度数字视频测量指南

3G、双链路和 ANC 数据信息

Tektronix®

目录

前言……1
传统电视……1
“新”数字电视……2
模拟域的数字描述……2
分量数字视频……2
从模拟到数字……3
RGB 分量信号……3
伽马校正……4
用来校正 CRT 响应的伽马校正……5
R'G'B'信号到亮度和色差信号的转换……5
数字视频接口……7
601 取样……9
并行数字接口……11
串行数字接口(SDI)……12
构建在标准清晰度原理上的高清晰度视频……14
定时和同步……17
模拟视频定时……17
行定时……18
场定时……20
模拟高清晰度的分量视频参数……24
数字演播室扫描格式……25
分段帧(segmented frame)制作格式……25
数字演播室的同步和定时……27
电视电影的同步……30
双链路和3G格式……31
数字音频……45
分量数字视频中的嵌入音频……46
扩展的嵌入音频……47
系统化的 AES/EBU 音频……48
基本 HD 嵌入音频……49
音频控制包……51
如何监视多声道音频……52
5.1 环绕声中的音频通道……52
环绕声显示……53
附属数据……55
视频测量……61
监视和测量工具……61
数字和模拟信号的监视……62
视频信号劣化的评估……62
视频幅度……62
信号幅度……63
频率响应……65
群时延……65
非线性……66
微分增益……67
微分相位……67
数字系统的测试……67
增强测试……67
电缆长度增强测试……67
SDI检验场……68
服务中的测试……68
眼图测试……70
抖动测试……72
SDI状态显示……76
电缆长度测量……76
视频信号源间的定时……77
分量信号的通道间定时……78
波形方法……78
用于定时测量的泰克公司闪电显示……78
蝴蝶结方法……79
数字电视系统的运行……81
RGB和色差波形……81
分量信号的增益平衡……81
矢量显示……81
闪电显示……83
钻石显示……84
箭头显示……85
如何监视色域……86
容限的定义……88
结语……89

附录A — 彩色和色度……90
白色……91
红、绿和蓝分量……91
色域、合法、有效……94
分量格式变换表……96
附录 B —电视时钟关系……97
附录 C —标准清晰度模拟复合视频参数……98
附录D — 电视参考标准和实用文件……99
附录E — 参考文献……100
附录F — 术语汇编……101
致谢……107
作者简介……107
声明……107

前言

人们往往认为数字电视深奥而又复杂，但当观看到最后结果时，却发现有些东西十分熟悉；电视工程师从一开始就在寻找一种好上加好的体验，即寻求高质量的视频和音频传输手段，以将艺术家的表演呈现给观众。在数字电视中，唯一的新鲜之处就在于它的信息传送方式。

信息究竟是怎样传播的呢？艺术家和观众（在许多地区和国家还有广告客户）也许并不关心信号传送的路径。他们可以从改进后的数字电视中受益而不必了解其细节。这正是科学的乐趣所在。但所有这些却是我们凡与电视技术打过交道的人所关注的。我们受益于过去 60 多年来电视技术所取得的显著进步，特别是过去 20 年来由数字电视带来的进步。

视频节目、数字音频及其相关的附属数据信号共同构成了数字电视信号。在模拟电视中，视频和音频信号可以通过完全分离的路径从信号源进入家庭电视接收机。而数字电视的组成却具有大得多的自由度，它可以由视频、音频和其它信号一起构成数据码流。现在，我们需要了解的是这些数据是如何组成的以及如何从中选择我们所需要的信号。

传统电视

我们将模拟视频和模拟音频称之为传统电视的基础。重要的是我们仍然将模拟作为试图实现的目标……也许更多。数字电视以模拟为基础，我们对数字电视的了解建立在我们对模拟电视的了解之上。景物进入摄像机，声音进入话筒，这些都是模拟的。所显示的景物和您耳朵所听到的声音同样是一种模拟现象。

我们已经知道，模拟视频是景物光数值的“样值”。亮度的数值是以电压来表示的。样值的色彩提供的是附加信息。样值同步地通过传送系统，以在显示器上再现原始景物的影象。模拟视频的传送方式是电压数值的连续“串行”流，它包含了构成图像所有必须的“数据”，接收者利用这些信息就可获知它们表示什么内容。您可以看到，在数字电视中，替换几个字，作少许改动，就可利用过去五十多年我们已了解的特点，我们将明白，数字视频其实与模拟视频大不相同。

既然我们是以采集的模拟景象作为开始，又以显示的模拟景象作为结束，那么为什么还要使用数字视频？在许多情况下，摄像机感光器件仍然产生的是模拟视频信号，但是它通常几乎同时将表示视频信号瞬时值的模拟电压转换为数字而进行处理，并且基本上无劣化产生。在某些情况下，例如由计算机产生的视频信号或图形信号，视频就是以数字格式开始的，再如新的数字电视系统，直至显示部分就完全没有转换为模拟方式。

我们仍然使用模拟 NTSC、PAL 或 SECAM 传输制式发送和接收电视信号，但是我们也正在使用数字传输方式来传送高质量的、更有效的电视信号到家庭用户。数字电视成为日常生活中的一个有用部分。我们中有些人使用它并致力于开发它，还有些人将只是使用它而不必深入地了解它。

“新”数字电视

多少年以来，数字信号一直是电视的一部分，最初，它只是隐藏在设备内部，例如在测试信号和字符发生器中；随后，它贯穿了整个系统。在这本小册子中，我们将首先简要地讨论电视信号的视频部分。音频也是数字的，它作为数字数据码流而后在电视接收机中予以恢复。数字音频将在随后的几章加以讨论。

数字视频是模拟视频的简单延伸。一旦我们掌握了模拟视频，就不难了解数字视频的产生和处理过程以及它与模拟之间的转换。模拟视频和数字视频有着很多相同的规则，在数字域可能出现的许多问题，将会导致模拟视频源的不正确。因此，重要的是要制定标准以用于模拟和数字视频器件的设计和运行。

模拟域的数字描述

早期的数字视频只是模拟 NTSC 或 PAL 复合模拟视频信号的数字描述。所制定的标准是用来描述运行容限和规定每个电平的数字数据，以及每个数字是如何产生的和如何恢复的。由于数据率高，以前通常是以 8 比特或 10 比特母线在内部处理数字视频数据，起初使用的是多线缆外部连接标准。该标准同时也包含了某种附属和内部处理数据以使接收机和传输数据同步，还可增加附加业务如嵌入音频。后来，更高的数据率进入实用，并制定了单线缆复合串行接口标准。在此基础上，数字视频就成为模拟电压的数字表示，并具有足够高的数据率以适应不断变化的视频和必要的辅助数据。

分量数字视频

早期的模拟特技设备的设计师们就认为，在进行信号处理时应当尽可能地使红、绿、蓝三个视频通道保持分离，这样对信号质量是有益的。NTSC 和 PAL 编码 / 解码处理并非是透明的，多级的编码和解码处理会使信号逐渐劣化。摄像机中最初产生的信号是独立的红、绿和蓝通道信息，在将其编码成 NTSC 和 PAL 复合信号以传送到用户家庭之前，最好在通过系统时使用尽可能少的信号格式处理。但在电视设备中，处理这三个独立而又对等的通道信息存在着逻辑性和可靠性的问题。从实用的观点来看，这三路信号应当共存于同一条线路(通常就是同轴电缆)中。由此，我们可以对这三个分量信号进行简单的矩阵运算，把红、绿、蓝视频通道组合为更为有效的一路亮度信号和两路色差信号；把它们每一路均数字化，而后将复用后的数据用一单根同轴电缆进行传输。我们能够处理这种数据流信号，就象我们处理传统的 NTSC 和 PAL 复合视频信号一样。现在我们就可以处理这种高速的数字数据流了。尽管这种数据信号所包含的能量变化速率远大于 NTSC 或 PAL 视频信号的 5 至 6MHz 的能量变化速率，但它却能无损耗地进行处理，而且在适当的传输距离内还无须维护。一旦视频信号处于数字域，我们就能很容易地抽取它的分量进行个别处理，也可再次将它们在数字域中组合在一起，而且不会附加损耗，也不存在通道间的相互干扰。

分量和数字技术在视频质量控制中有着突出的优点，已制造出的高速数字器件，在实用上可达到高清晰度视频的带宽。通过各种压缩算法，可对数字信号本身进行处理，以降低所需的总数据量。目前已能将高清视频和相关多通道音频的所需带宽限制在高质量实时模拟视频的所需带宽内。有关视频压缩的内容已在许多书刊(见参考文献) 中均有介绍，在此不再讨论。

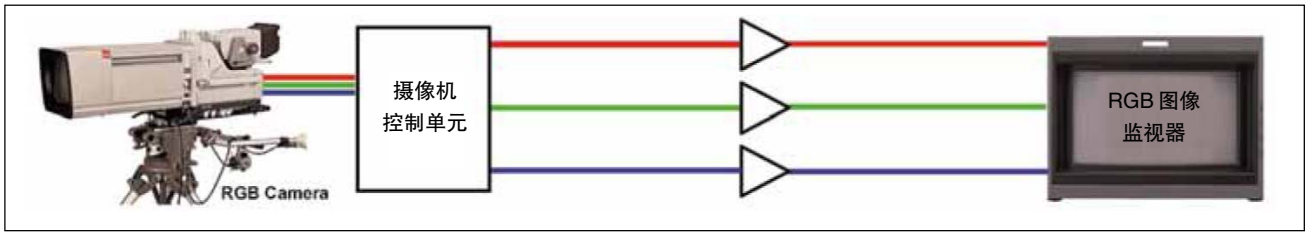


图 1. 摄像机和监视器之间用 RGB 信号直接连接

从模拟到数字

数字数据流可以很容易地按其单个分量进行分解，以实现与模拟信号相同的功能。我们在描述并比较模拟和数字视频域时，我们将继续沿用这种类比。在我们清楚地了解到模拟和数字视频间的相似性后，就可以转入 HDTV，HDTV 就是相应高清模拟格式的数字再现。

NTSC 和 PAL 视频信号是摄像机三个通道的复合制式，其主要彩色分量是红、绿和蓝，经过矩阵变换形成一个亮度通道，并含有已抑制副载波的两个通道的色度信息的调制产物。单通道复合传输的第三种制式是 SECAM 制式，它使用的是一对频率调制的副载波以传送色度信息。实际上，在演播室的节目制作过程中，从摄像机的 RGB 采集器件直至最终的 RGB 通道显示器件，无论哪个处理环节，并无必要将信号转换为 NTSC、PAL 或 SECAM 制式。但是，了解 NTSC、PAL 或 SECAM 这些制式是有益的，这样就无须再重新学习复合视频。

RGB 分量信号

视频摄像机将景象的光束分解为三种基本的彩色 – 红、绿和蓝。摄像机中的感光器件将这样的三种单色图像分别转换为分离的电信号。为了识别图像的左边沿和顶部，电信号上附加有同步信息。显示器与摄像机的同步信息可以附加在绿色通道上，有时也附加在所有的三个通道上，甚至专门用一个单独的通道来传送同步信息。

图 1 是最简单的连接线路，由摄像机输出的信号直接送入图像监视器。这种多线缆传输系统可用于模拟标准或模拟高清晰度视频。多线缆连接也可以用在小型的、永久配置的子系统中。

这种方法可用来产生从摄像机到显示器的高质量图像，然而传送这样的信号需要三个单独的通道，工程师不得不对每个通道信号分别进行处理，以使它们具有相同的增益、直流偏置、时间延迟量和频率响应。三个通道间的增益不等或直流偏置的误差会使最终显示的彩色产生细微的变化。这种系统也许会产生定时误差，这可能来自于由摄像机到显示器采用不同的电缆长度或使用不同的传输路径，这将会产生三个通道间的定时偏离，导致图像边沿的模糊不清，严重时会出现多个分离的图像。而三个通道间频率响应的差异会引起瞬态效应，就好象这三个通道是重新拼合的一样。很明显，有必要将这三个通道当作一个通道来处理。

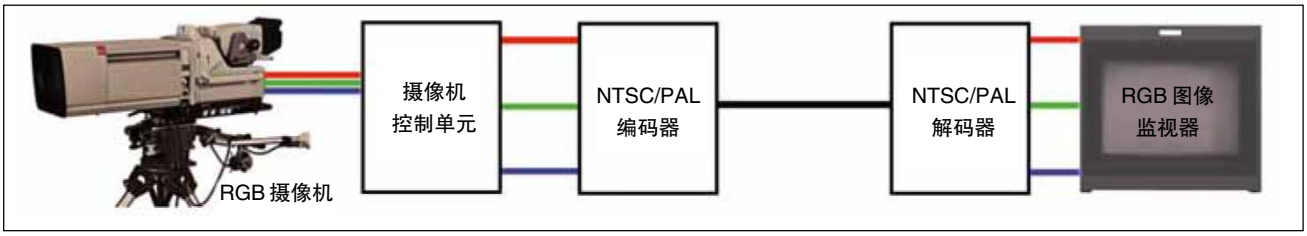


图 2. 编码为 NTSC 或 PAL 后的视频信号沿单芯同轴电缆传输

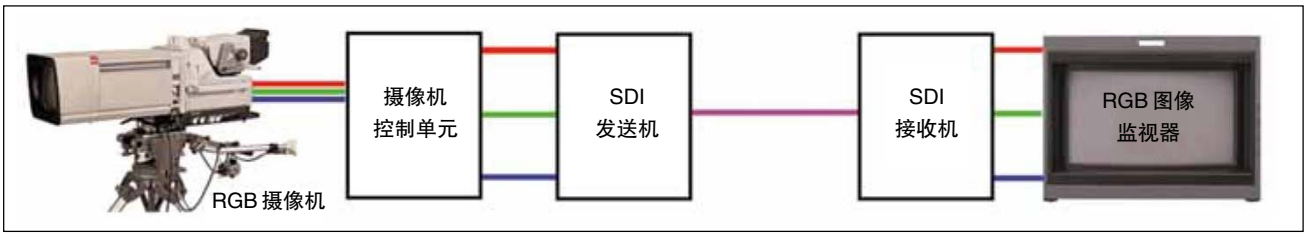


图 3. 数字传输避免模拟信号的劣化

在电视设施中，插入 NTSC 或 PAL 编码器和解码器(图 2)十分简单，它使信号易于处理而沿单线传输。这样可以使信号的传输带宽有所降低，三个通道的视频信号能量带宽为 4.2MHz(NTSC 制)或 5.0MHz 至 5.5MHz(PAL 制)。单线传输使视频路径更为简单，然而在路径较长的情况下应当考虑频率响应和定时问题。由于在 NTSC 或 PAL 复合信号中，色度和亮度是共享 4.2MHz 或 5.0MHz 至 5.5MHz 的频率带宽，应当避免使用多级的编码器和解码器。

为了取代分量数字编码器和解码器，图 3 的性能更好，连接线路也不甚复杂。目前，单根同轴电缆可传输数据率为 270Mb/s 的标准清晰度信号；传输高清晰度信号的数据速率可达 1.485Gb/s 或更高。

标准清晰度信号可以转换为模拟 NTSC 或 PAL 信号，以适用于地面广播电视频道中的传输。高清晰度信号也可压缩到现有的 NTSC 或 PAL 频道带宽之内以进行地面电视传播传输。

伽马校正

在处理视频信号时必须考虑的一个模拟因素，是视频显示器件应当精确再现景物中每个元素的亮度。阴极射线示波管（CRT）是一种固有的非线性显示器件，因此，它的亮度输出大小是其所加电压的非线性函数。该函数称为 CRT 的伽马。为了产生线性频响，在电视系统中应当计入校正因子。这样，摄像机中的 RGB 信号的伽马校正是利用 CRT 的伽马反函数。经过伽马校正的信号标以 R'、G' 和 B'；标记 (') 表示信号已经计入了伽马校正因子以补偿器件的拾取和显示特性。尽管该标记的出现也许有些麻烦，以致有时不正确地给省略掉了，在本文中，均采用了这个标记，以与标准文献一致。

新型 LCD 和等离子体显示技术在今天得到了日益广泛的应用，以致有人认为伽马校正也许在将来不再需要。然而人类的视觉对亮度的响应同样是一个幂函数；提升的亮度大约是 1/3 次方。为获取最佳对比度显示和信噪比，视频编码采用了相同的幂函数。这种编码方法称为概念编码。

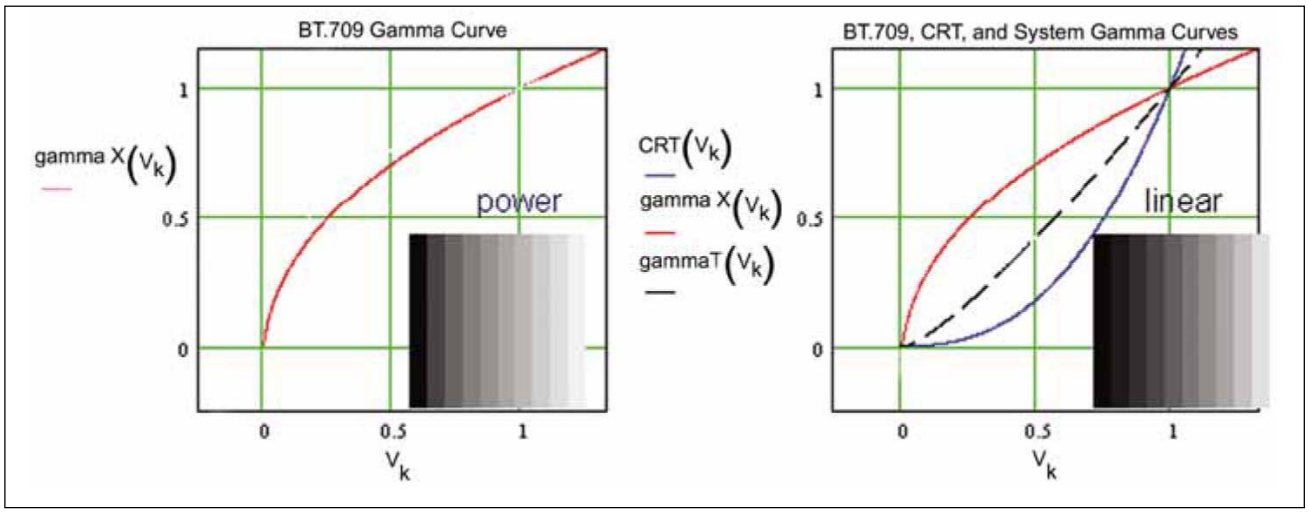


图 4. BT.709 伽马校正用以补偿 CRT 显示响应

用来校正 CRT 响应的伽马校正

CRT所需的伽马校正几乎是最佳的概念校正。由此，在评定包含有应用伽马校正因子的伽马校正设备的系统时，应当给予关注。

按照数字高清晰度视频的主要标准即 ITU – R BT.709 的规定，伽马校正的幂函数应是 0.45 次方，如图 4 所示。这样的伽马校正用于摄像机以校正 CRT 的非线性并提供概念编码。CRT 的非线性的幂函数在 2.2 与 2.6 次方之间，大多数CRT 的数值大约为 2.5。这样整个系统的总伽马值大约为 1.2，该数值对于一般的观看状态是相当理想的。它大致可以校正人眼的亮度感受，在视频信号数字化后用于传输时，还可以减少所需的比特数。

R'G'B' 信号到亮度和色差信号的转换

摄像机拾取器件所得到的本来就是红、绿和兰视频分量，它们也总是被工作人员作为便于处理的视频彩色信号。然而，在对视频信号进行处理而传送图像时，RGB 方式却不是带宽利用率最高的方法，这是因为所有的三个分量信号均需要相同的带宽。人类的视觉对亮度细节变化的感受比彩色的变化更为灵敏，因此，我们可以将整个带宽用于亮度信息，而把剩余可用带宽用于色差信息，以此来提高信号的带宽利用率。

将视频信号处理为亮度和色差信号分量，可以减少所必须传送的信息量。用一全带宽的亮度通道(Y')来表示视频信号的亮度细节，两个色差通道(R'–Y' 和 B'–Y')的带宽限制到亮度通道带宽的大约一半，这样仍可提供足够的彩色信息。采用这样的方法，就可使用简单的线性矩阵来实现 R'G'B' 与 Y' R'–Y' B'–Y' 之间的转换。色差通道的带宽限制是在矩阵之后实现的。在将色差通道恢复为 R'G'B' 显示时，亮度细节按全带宽得以恢复，而彩色

Y', R'–Y', B'–Y' 常用模拟编码			
格式	1125/60/2:1, 720/60/1:1		525/59.94/2:1, 625/50/2:1, 1250/50/2:1
Y’	0.2126 R’ + 0.7152 G' + 0.0722 B'		0.299 R’ + 0.587 G' + 0.114 B'
R'–Y'	0.7874 R' –0.7152 G'–0.0722 B'		0.701 R' –0.587 G' –0.114 B'
B'–Y'	–0.2126 R’ –0.7152 G' + 0.9278 B'		–0.299R'–0.587 G' + 0.886 B'
Y', P'b, P'r 模拟分量			
格式	1125/60/2:1 (SMPTE 240M)	1920 x 1080 (SMPTE 274M) 1280 x 720 (SMPTE 296M)	525/59.94/2:1, 625/50/2:1, 1250/50/2:1
Y'	0.212R' + 0.701G' + 0.087B'	0.2126R' + 0.7152G' + 0.0722B'	0.299R' + 0.587G' + 0.114B'
P'b	(B'–Y') / 1.826	[0.5 /(1–0.0722)] (B'–Y')	0.564 (B'–Y')
P'r	(R'–Y') / 1.576	[0.5 /(1 –0.2126)] (R'–Y')	0.713 (R'–Y')
Y', C'b, C'r, 数字量化的分量形式			
格式	1920x1080 (SMPTE 274M) 1280x720 (SMPTE 296M)		525/59.94/2:1, 625/50/2:1, 1250/50/2:1
Y'	0.2126 R' + 0.7152 G' + 0.0722 B'		0.299 R' + 0.587 G' + 0.114 B'
C'b	0.5389 (B'–Y') + 350 mV		0.564 (B'–Y') + 350 mV
C'r	0.6350 (R'–Y') + 350 mV		0.713 (R'–Y') + 350 mV

表 1. 几种亮度和色度视频分量格式的转换方程式

细节则限制在可接受的范围内。以下几段和表格将讨论编码器和解码器中的R'G'B' 到Y' R'–Y' B'–Y' 的变换处理过程。

伽马校正后的 R'G'B' 分量经过矩阵变换后产生伽马校正的分量亮度，以Y' 表示，另外还有两个色差分量。由 R'G'B' 导出的亮度和色差分量的数值见表 1 所示(各系数的单位均为伏)。

分量	近似值 (SMPTE 170M 和 ITU–R BT.470–6)
Y	0.299 R' + 0.587 G' + 0.114 B'
NTSC I	–0.2680 (B' –Y') + 0.7358 (R' –Y')
NTSC Q	+0.4127 (B' –Y') + 0.4778 (R' –Y')
PAL U	0.493 (B' –Y')
PAL V	0.877 (R' –Y')
SECAM Dr	–1.902 (R' –Y')
SECAM Db	1.505 (B' –Y')

表 2. 几种复合视频编码的亮度和色度数值

表 1 给出的是R'G'B' 转换为Y' (R'–Y') (B'–Y')的电压取值范围。亮度信号的动态范围为 0 至 700mV，色差信号 R'–Y' 和 B'–Y' 可以具有不同的动态范围，这取决于不同的分量格式。模拟分量格式以Y'P'bP'r 表示，其中的两个色差分量的动态范围为 ± 350mV。这样可对视频信号只作简单的处理。将模拟Y'P'bP'r分量偏置后可以转换为Y'C'bC'r分量，Y'C'bC'r分量一般用于数字标准。最终生成的是一个 Y' 即与单色视频信号类似的亮度通道，以及两个色差通道 C'b 和 C'r，它们只传送色度信息而不传送亮度信息，然后均按适当的比例量化为数字数据。

此外还有几种色差格式，有着不同的应用范围。特别是，必须了解，在普遍使用的复合PAL、SECAM和NTSC制式中，编码系数是各不相同的，见表 2 所示。

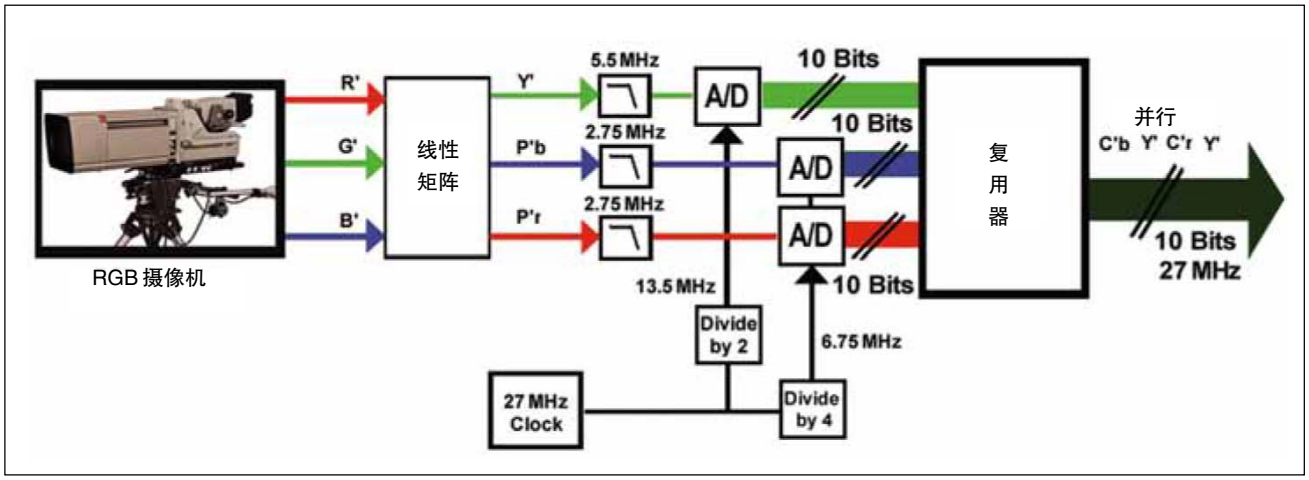


图 5. 摄像机 R'G'B' 视频输出的数字化

数字视频接口

扼要地了解与视频的模拟域相连接的数字接口是必要的。图 5 至图 8 给出的方框图可帮助您了解视频制作设备是如何处理数字分量视频信号的。尽管这些方框图描述的是标准清晰度系统，但在原理上仍适用于高清晰度格式。在高清晰度格式中，取样频率和数据率会更高，各自分开的 10 比特亮度和色度总线也可保留以继续通过该系统，从而减少高数据率运行的电路数。

伽马校正后的 R'G'B'(图 5)在线性矩阵中变换为一个亮度分量 Y' 和两个色度分量 P'b、P'r。由于人眼对亮度(细节)的改变比对色调的改变更灵敏，因此 Y' 信号以较高的带宽(标准清晰度为 5.5MHz)通过传输系统。亮度和色度信号经过低通滤波以消除视频中的高频成分，否则它们在取样(数字)过程中会引起混叠现象。经过滤波后亮度信号的取样频率为 13.5MHz，在模拟 / 数字转换中产生 10 比特的 13.5Mb/s 码流。两个色度通道也要经过滤波，按照 6.75MHz 进行取样，在模拟 / 数字转换中产生两路码流，数码流均为 10 比特的 6.75Mb/s。这样，三个视频通道经复用形成 27Mb/s 的 10 比特并行数据码流。

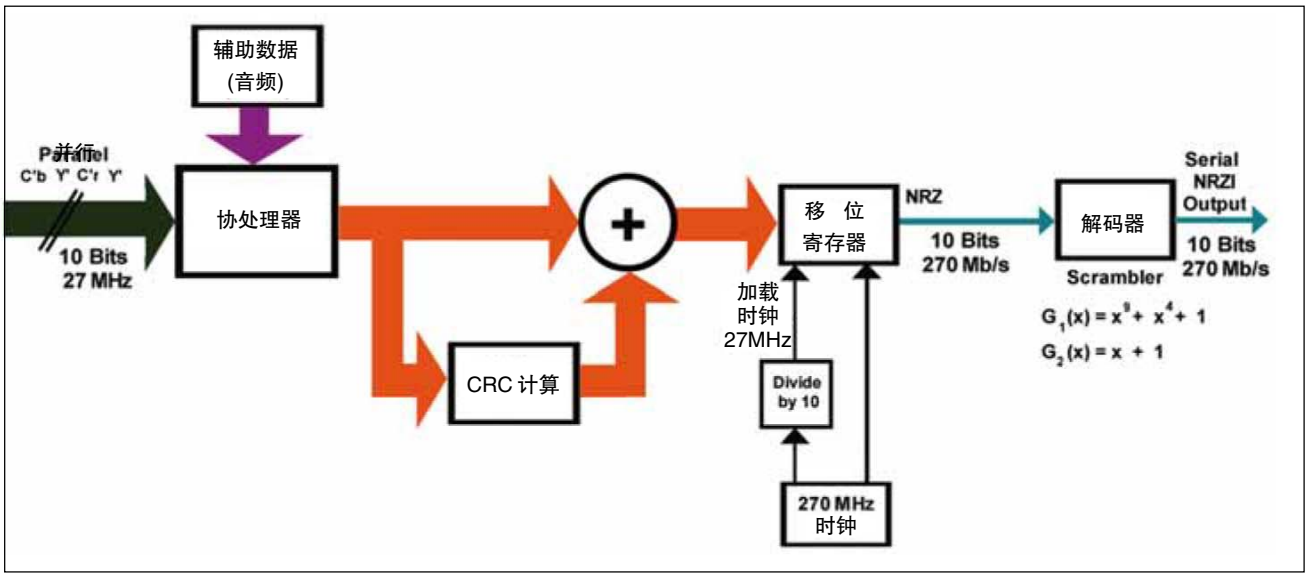


图 6. 并行数据码流的串行处理

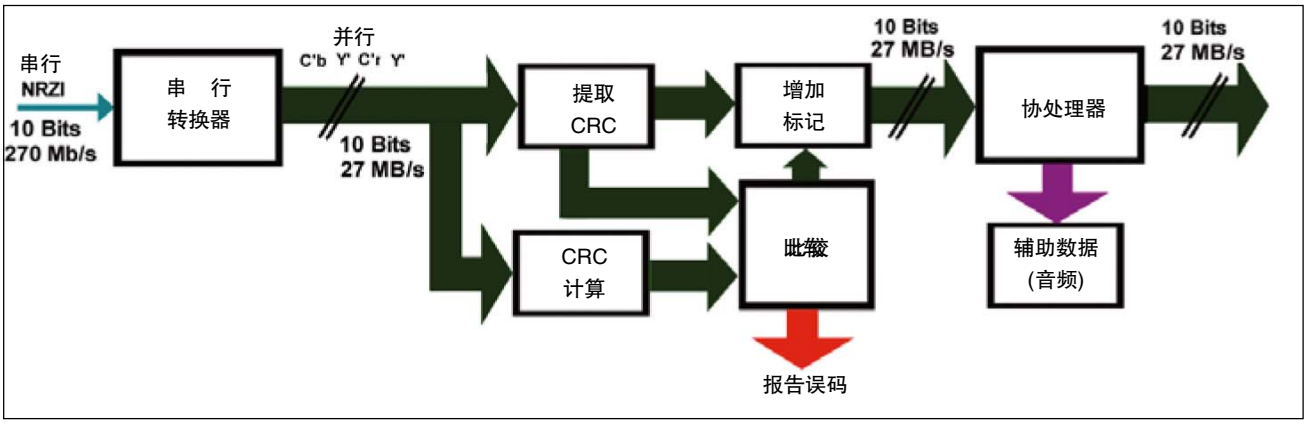


图 7. SDI 接收机 – 串行数据码流的并行处理

图6中的协处理器用于插入定时基准信号、AES/EBU格式化后的数字音频和其它附属数据。校验和用于数据计算并插入到并行数据码流中。

其后将27Mb/s的10比特并行数据流送入移位寄存器，即串化器，在串化器中加入时钟，而后加扰，按照标准清晰度规范(如ITU–R.BT–656/SMPTE 259M)形成270Mb/s的串行传输码流。

按照ITU–R.BT–656/SMPTE 259M规范的标准清晰度信号，可在标准视频电缆中传送距离多达约300米(大约1000英尺)，其数据完整率接近100%，按照SMPTE 292M规范的高清晰度信号以1.485Gb/s的数据率传送时，距离受到限制，大约为100米(近似300英尺)。

在图7的接收机中，信号能量以半时钟频率传送，经相应的模拟均衡后成为270Mb/s数据信号。从NRZI(反相

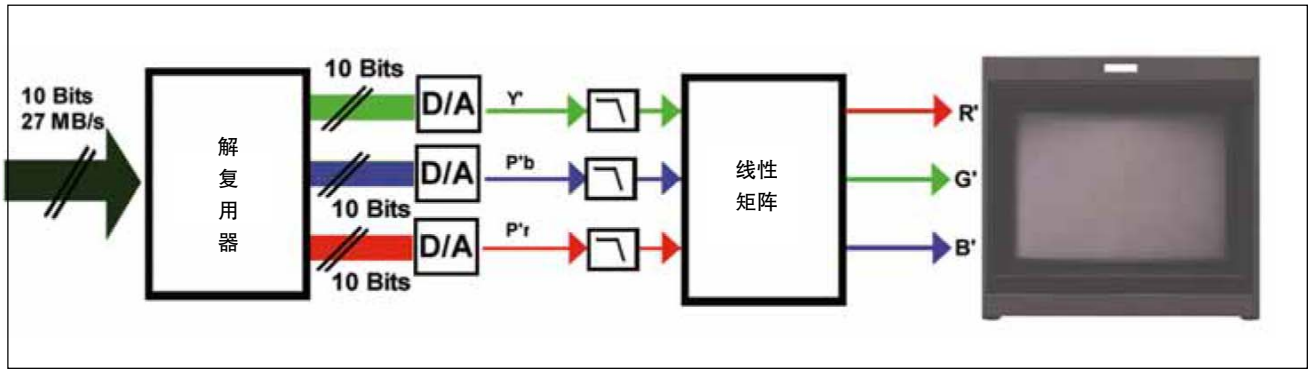


图 8. 由并行数据中恢复模拟 R'G'B' 信号

不归零码)信号的跳变沿中恢复新的 270MHz 时钟，均衡后的信号经取样以确定其逻辑电平状态。使用与编码器加扰算法相对应的求反算法，串化器对数据进行解扰，并以 27Mb/s 输出 10 比特并行数据流。接收机抽取嵌入的校验和，与从接收数据中产生的新校验和相比较，并对数据中的任何误码作出报告同时在数据流中插入适当的标记。最后通过协处理器提取音频或其它附属数据。

在接收机中对 10 比特 27Mb/s 的并行数据流解复用(如图 8 所示)，得到数字亮度和色度数据流，由三个数字/模拟转换器变换为模拟信号，经滤波后以重建离散的数据电平，恢复平滑的模拟波形，再经矩阵变换以在显示器上重现原始的 R'G'B' 信号。

通过以上的系统概述，可帮助我们了解该系统是如何运行的。有关数字接口的详细内容将在随后的章节里予以介绍。

601 抽样

ITU–R BT.601 是取样标准，它由 SMPTE/EBU 特别工作组演变而来，以确定 625/50 和 525/60 电视系统分量视频的参数。这项工作由 SMPTE 于 1981 年发起，此后进行了一系列的测试，最后形成了著名的 CCIR 601 建议书(现在称为 ITU–R BT.601)。该文件规定了 525 行和 625 行电视信号的取样机制。它规定 13.5MHz 为模拟亮度信号的正交取样频率，6.75MHz 为两个模拟色差信号的取样频率。取样值为数字亮度 Y' 和数字色差 C'b 和 C'r，与 C'b 和 C'r 相对应的是已作伽马校正的模拟色差信号 B'–Y' 和 R'–Y'。13.5MHz 之所以被选用为取样频率，是因为其因子 2.25MHz 是 525 和 625 行系统的公因子(参见附录 B – 电视时钟的相互关系)。

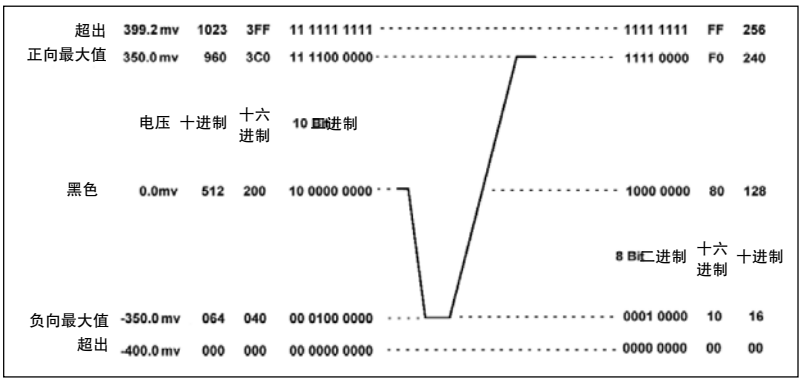


图 9. 色差信号的量化

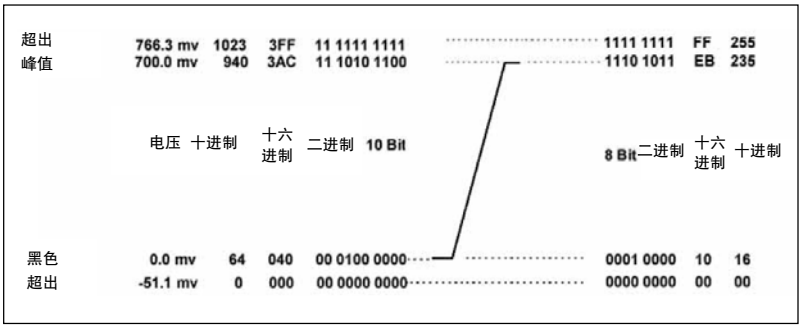


图 10. 亮度信号的量化

尽管现在按照ITU–R BT.601标准普遍采用 10 比特取样，但 ITU–R BT.601 既允许采用 8 比特取样(对应 256 个量化电平级，即 00_h 至 FF_h)，也可以采用 10比特取样(对应1024个量化电平级，即 000_h 至 $3FF_h$)。所规定的 8 比特字在数值上可以直接转换为 10 比特数值，而 10 比特数值也可以还原为 8 比特数值，相互间有着互换性。色差分量 C'b 和 C'r 的量化电平范围为 040h 至 $3C0_h$ (图 9)，所对应的模拟信号范围在 ± 350mV 之间。色差信号的变化可超出这一范围，总的可用范围标称为 ± 400mV。亮度 Y'(图 10)的量化电平范围为 040_h 至 $3AC_h$，对应的模拟信号在 0.0mV 和 700mV 之间。亮度信号的变化也可超出这一范围，总的范围标称为 –48mV 至 +763mV，允许为超出白电平之上的过载信号留有较大的余量。所配置的 A/D 转换器在 10 比特量化电平级不可使用 000_h 至 003h 字，以及 $3FC_h$ 至 $3FF_h$ 字，以便与 8 比特系统兼容互换。量化电平在选择 8 比特时，再添加两个零，即与 10 比特量化电平有

着相同的数值。无论是在亮度A/D和色差A/D中，数据字000h至003h和3FC$_h$至3FF$_h$均作为同步标志而保留。

图11表示的是数字样值相对于模拟水平行的定位情况，图 12 表示的则是图像区的空间关系。由于定时信息是通过有效视频结束(EAV)和有效视频开始(SAV)数据包传送的，因此不再需要传统的同步信号。在场消隐期中的行消隐及整个行周期内，均可用于传送音频和其它附属数据。EAV和SAV定时包(定时基准码)在数据流中的识别可以通过数据包头的起始字来进行：前三个字是3FF$_h$、000$_h$、000$_h$，第四个字是(XYZ)，它在EAV和SAV数据包中含有与信号有关的信息。分量数字视频中的附属数据包是通过包头的起始字 000$_h$、3FF$_h$、3FF$_h$ 来标识的。

数据字“XYZ”为 10 比特字，其中两个最低有效位预置为零，以保持与8比特信号的兼容性。在标准清晰度中所包含的数据字“XYZ”表示功能状态，其数值具有以下含义：

- 比特8 –(F比特)F为0时表示该行(即XYZ字所在行)位于第一场，F 为 1 时表示该行位于第二场
- 比特7 –(V比特)V为1时表示该行位于场消隐期间，V 为 0 时表示该行位于有效图象期间
- 比特6 –(H比特)H为1表示该定时基准码为EAV序列，H 为 0 表示该定时基准码为 SAV 序列

并行数字接口

按照Rec.601取样形成的数据流电接口分别由SMPTE和EBU标准化，其中525/59.94格式依据SMPTE 125M标准，而625/50格式则依据EBU Tech.3267标准。这两个标准均被CCIR(现在为ITU)采用并纳入Rec.656建议书中，该文件描述的是并行硬件接口。并行接口使用11对双绞线和25芯连接器。并行接口复用数据字按照C'b, Y', C'r, Y'…的顺序，形成的码流数据率为27Mb/s。在每一行中，均插入了定时序列SAV(有效视频起始)和EAV(有效视频结束)。525和625格式的数字有效行中都包含了720个亮度样值，模拟消隐期间的样值可用于定时和其它数据。

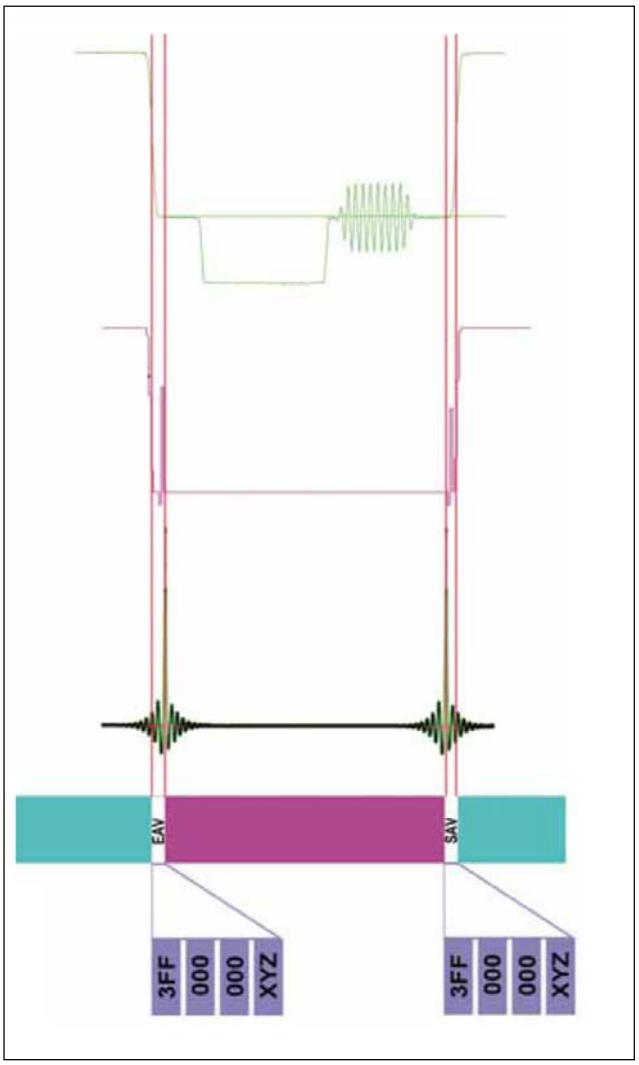


图 11. 数字行消隐期

由于并行数字接口需要多芯电缆和配线板，因此数字演播室设施的并行连接仅在小型固定的配置安装中获得实用。

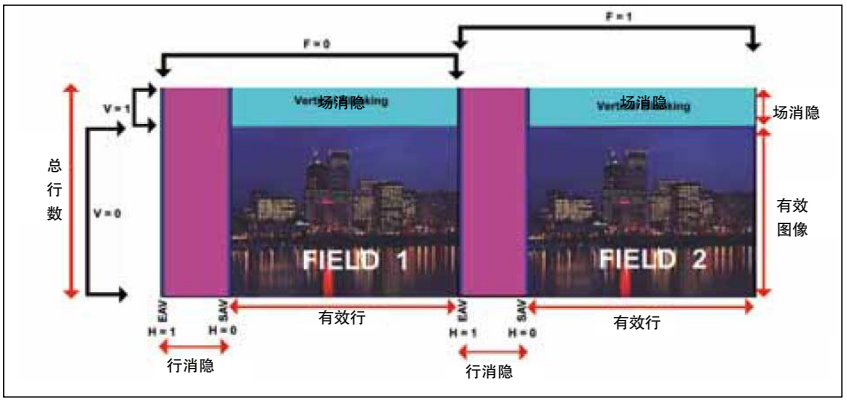


图 12. 2:1 隔行数字帧的格式示意图

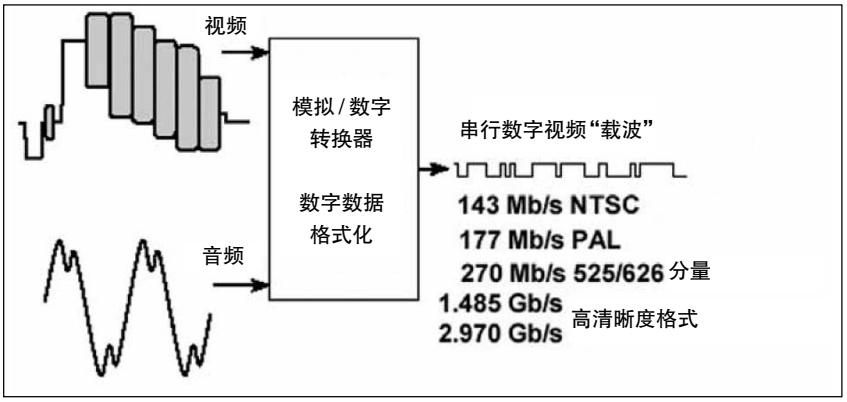


图 13. 数字视频传送过程示意

串行数字接口 (SDI)

很明显，如果不考虑信号格式，最好是使用单芯同轴电缆来传输数据。但这并不是一件简单的事，因为数据率相对较高，而且如果被发送的信号未经修正，想可靠地恢复信号是相当困难的。信号应当在发送之前予以修正，确保信号有良好的跳变沿而可靠地恢复时钟，被发送信号的低频分量应当最小，能量频谱得以展开，如此说来，RF 传输问题最少。所开发的串行数字接口采用了加扰技术并进行NRZI转换，从而满足了这些需求。这样的串行接口由ANSI/SMPTE 259、ITU – R BT.656 和 EBU Tech.3267 所定义，它适合于标准清晰度分量和复合信号，包括嵌入数字音频。串行接口的相应版本也为高清晰度传输作了规定。

从原理上而言，串行数字接口更类似于演播室应用的载波系统。基带视频和音频信号在数字化后而附加在串行数字“载波”上，如图 13 所示。注意，严格说来，这并不是一个载波系统，因为它们是基带数字信号而并非是调制在载波上的信号。数据流的比特率 (载波频率) 由数字数据的时钟速率所决定，对于标准清晰度分量数字信号，比特率为 270Mb/s，高清晰度格式为 1.485Gb/s (或 2.97Gb/s)。(其它比特率，包括NTSC的143Mb/s和PAL的 177Mb/s 复合串行接口，虽然也在使用，但本手册不作详细介绍。)

表示模拟信号分量样值的并行数据按照图 14 进行处理，从而产生串行数据流。图中的并行时钟用来将样值数据载入移位寄存器，对每个 10 比特数据字而言，10 倍的并行时钟使比特流移位输出，LSB(最低有效位)在前。如果只使用 8 比特数据，则串化器将给两个 LSB 添加两个零，以形成完整的 10 比特数据字。在分量格式中，并行接口中的 EAV 和 SAV 定时信号提供唯一的字符串序列，可在串行域中予以识别以实现数据字帧同步。ESV 和 SAV 数据包的编码将在本手册的数字演播室的同步和定时中予以介绍。如果在并行信号中插入了其它附属数据(例如音频)，这些数据同样可以通过串行接口传送。

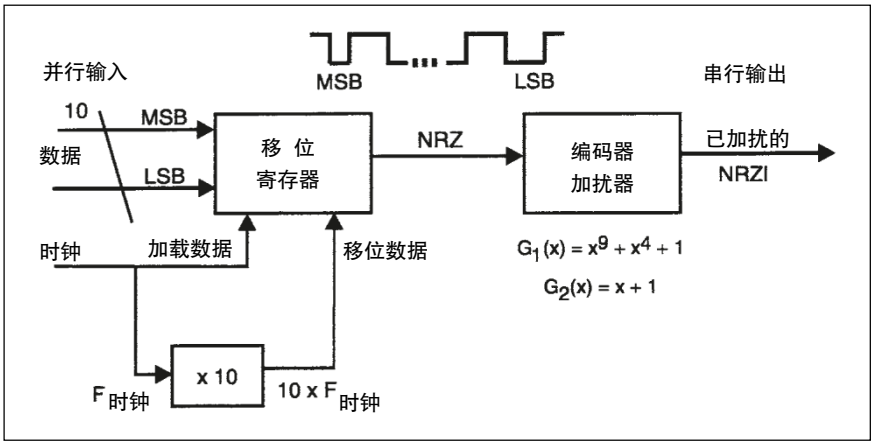


图 14. 并行数据至串行数据的转换

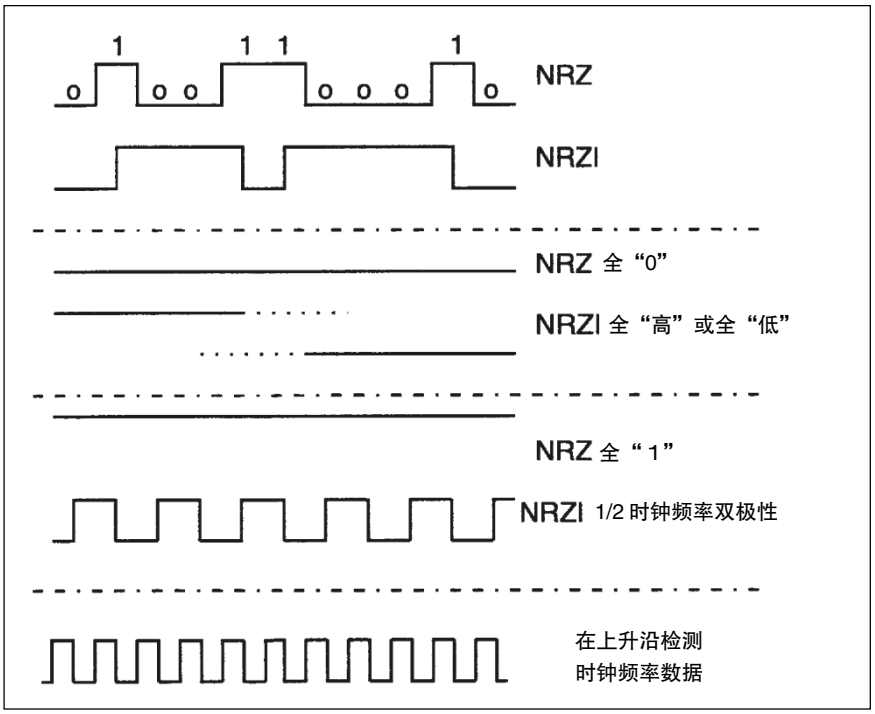


图 15. NRZ 和 NRZI 的相对关系

在并行码流串行化之后，数据流再通过一种数学算法进行加扰处理，然后编码为 NRZI (反向不归零码) 数据流。该数学算法使用的是以下两个函数的级联：

$$G_1(X) = X^9 + X^4 + 1$$
$$G_2(X) = X + 1$$

信号的加扰处理使信号在统计学中具有较低的直流成分以便于处理，同时具有更多的信号波形跳变沿，从而有利于时钟的恢复。采用 NRZI 格式之后，就可使信号对极性不再敏感。

在接收机中，解串器使用了与上述相反的算法以恢复正确的数据，这样终端用户就可看到原始的、解扰后的信号分量。在串行数字系统中，时钟信息是包含在数据流之中，这与并行系统不同，后者另外有一条单独的时钟线路。加扰后的数据，信号波形具有丰富的跳变沿，这对于时钟的恢复是必需的。为对系统进行增强测试 (stress testing，参见数字系统的测试部分)，现已开发出一些特定的专用测试信号。在这样的测试信号序列中，包含有丰富的直流成分，具有最少的波形跳变沿，以对 SDI 接收机电路的有效性进行测试。在正常运行的串行数字系统中，即便使用这样难于处理的信号进行增强测试，也不会导致系统的失效。

进行 NRZI 编码后就形成了对极性不敏感的串行数据流。NRZ(不归零码)是为人们所熟悉的逻辑电平，其中高电平 = “1”，低电平 = “0”。实际上，就传输系统而言，接收机端并不要求信号具有某一确定的极性，这样更便于信号的接收。如图 15 所示，凡当数据脉冲波形发生跳变时用数据“1”来表示，如无波形跳变则用“0”来表示。这样就只需检测信号脉冲波形是否发生跳变，而不必分辨是正极性脉冲还是负极性脉冲。另外，采用 NRZI 编码之后，如果某一信号全为“1”，则在每一个时钟周期内均会产生电平的变化，从而形成半时钟频率的方波。然而，“0”不会发生信号波形的跳变，因此要进行加扰。在接收机端，可利用具有时钟频率的方波的上升沿进行数据检测。

对于一个设计良好的传输系统而言，在适当的传送距离内，串行数字接口可以使用普通的75?视频电缆、连接器和配线板。作为一个例子，一根未接终端的电缆，例如在T型连接器处未接终端，用于模拟视频也许不会引人注意，但对串行数字视频却会带来实质性的影响，并有可能造成节目的丢失。

上述对并行和串行域分量视频的讨论一般均适用于标准清晰度和高清晰度扫描格式。取样和量化电平通常是相同的，同步信息的格式也是如此。但在高清晰度格式中，取样率更高，通常有更多的样值用于附属数据。在高清晰度格式中，还给出行编号和误码检测字，有更多的样值用于多通道音频。然而，这些原则，对标准清晰度和高清晰度格式均是相同的。弄清一种分量数字格式，可以使我们了解其它所有格式。在本手册中，我们将会继续讨论它们的不同之处。有关数字标准清晰度和高清晰度视频扫描格式的讨论和比较，可参阅本手册的定时和同步部分。

构建在标准清晰度原理上的高清晰度视频

在转而讨论数字高清晰度时，我们仍然可以使用已在标准清晰度学习过的基本原理，使这些原则满足于 HDTV 的特定要求。在高清晰度电视中，对模拟信号的取样遵循相同的原理；只不过在数字高清晰度中使用更高的通道带宽和更高的取样频率。高清和标清对数字信号的处理遵循同样的原理；只不过在数字高清晰度中要处理更高的数据率，并对系统的设计给予更多的关注。在数字高清晰度运行的整个过程中，数据率更高，带宽更宽，这些原理基本上为我们所熟悉。

高清晰度电视有各种格式。这一方面给广播工程师带来了极大的灵活性，但另一方面也增加了广播系统的复杂性。

制定和处理高清晰度视频的有关标准对扫描格式、模拟接口、并行数字接口和串行数字接口等作出了定义，重要的标准包括：

- **ANSI/SMPTE 240M，电视 — 信号参数 — 1125 行高清晰度制作系统**。该标准规定了与源设备工作于 1125 行(有效行 1035)、场频是 60Hz 或 59.94Hz 制作系统相关的模拟视频信号的基本特性。
- **SMPTE 260M，电视 — 数字显示和比特并行接口** — 1125/60Hz 高清晰度系统。该标准定义了 1125/60 高清晰度信号参数的数字特性，信号参数的模拟部分由 ANSI/SMPTE 240M 所定义。
- **ANSI/SMPTE 274M，电视 — 各种不同图像帧频的 1920 × 1080 扫描格式、模拟和并行数据接口**。该标准定义了有效图像区为 1920 像素、1080 行和宽高比为 16:9 的扫描系统。
- **ANSI/SMPTE 292M，电视 — 高清晰度电视系统的比特串行接口**。该标准定义了高清晰度分量信号的比特串行数字同轴电缆接口和光纤接口，分量信号的运行速率为 1.485Gb/s 和 1.485/1.001Gb/s。
- **ANSI/SMPTE 296M 电视 — 1280 × 720 扫描格式、模拟和数字特性以及模拟接口**。该标准定义了逐行扫描格式系列，其有效图像区为 1280 个像素，720 行，宽高比为 16:9。
- **ANSI/SMPTE 372M, 电视 — 双链路 292M**。该标准定义了经由两个 HD–SDI 链路并采用 10 比特或 12 比特格式传送 1080i/p YcbCr 格式和 RGBA 1080i/p 格式的方法。
- **ANSI/SMPTE 424M, 电视 — 3 Gb/s 信号/数据串行接口**。该标准定义了通过一个同轴电缆接口传送 3Gb/s 串行数字信号的方法。
- **ANSI/SMPTE 425M, 电视 — 3 Gb/s 信号/数据串行接口。– 源图像格式映像**。该标准定义了通过一个 3Gb/s 传输接口传送 1920 × 1080 和 2048 × 1080 图像格式的方法。

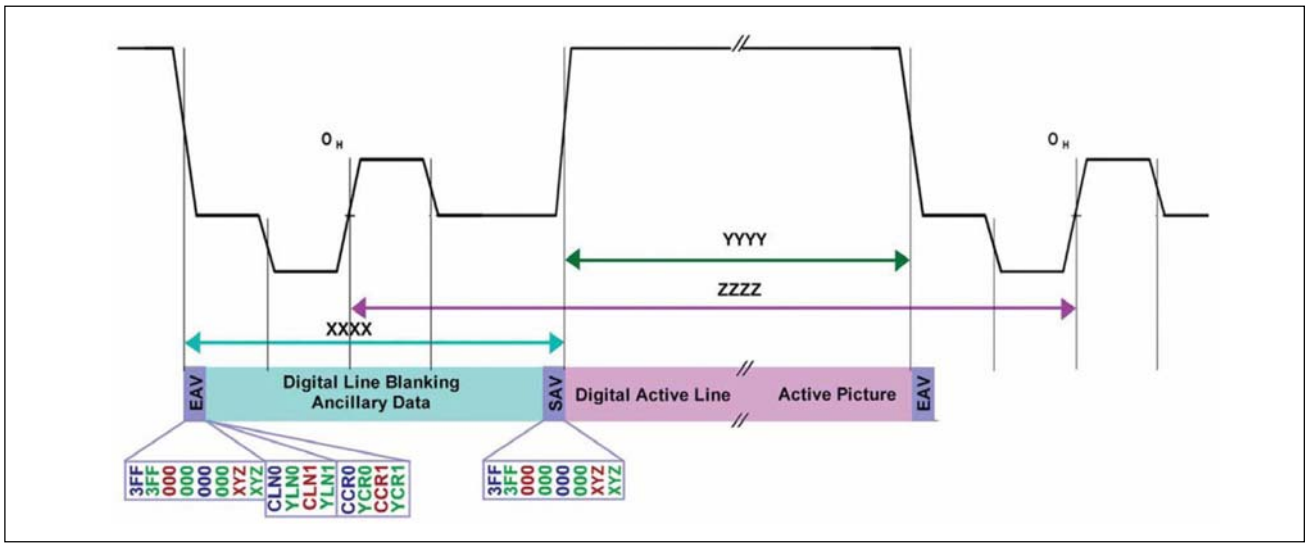


图 16. 数字行中的附属数据与模拟行的定时对应关系

字	9 (MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
LN0	反 B8	L6	L5	L4	L3	L2	L1	L0	R (0)	R (0)
LN1	反 B8	R (0)	R (0)	R (0)	L10	L9	L8	L7	R (0)	R (0)

表 3. 行编号字的比特指配

对于 1080 隔行扫描和 720 逐行扫描格式来说，高清晰度视频红、绿和蓝分量信号的典型带宽为 30MHz，而对于1080逐行扫描格式来说，带宽则为60MHz。因此，为将矩阵变换后的亮度和色差信号数字化，需要较高的取样频率。30MHz 的亮度 Y' 通道的取样频率为 74.25MHz；15MHz带宽的色差信号C'b和C'r的取样频率则是它的一半，即 37.125MHz。信号的取样分辨率采用 10 比特。C'b 和 C'r 经矩阵变换形成 10 比特的单一并行码流，数据率为 74.25Mb/s。而后再与 74.25Mb/s 的亮度数据经矩阵变换后产生 10 比特并行数据流，其数据率为148.5Mb/s，数据字的排列顺序为C'b、Y'、C'r、Y'，与数字标准清晰度相同。和数字标准清晰度一样，并行数据进行串行化处理、加扰、NRZI 编码，最后形成1.485Gb/s的数据流，可用于演播室设施中的信号传输。

在标准清晰度和高清晰度信号中，色度和亮度的量化(参见图 9 和图 10)是相同的。十进位的 10 比特的编码字 0、1、2、3 和 1020、1021、1022、1023 仍然为不能使用的量化电平数值。编码字 EAV 和 SAV 在标准清晰度格式和高清晰度格式中有着相同的功能。在高清晰度格式中，紧随 EAV 和 SAV 之后的附加字用于每一视频行的编号，并对亮度通道和两个色差通道提供逐行误码检验。

数字视频行的数据格式如图16所示，它同时给出了数字高清晰度与模拟高清晰度视频的定时关系。

在高清晰度数字格式中，紧随EAV序列四个字的是两个字的行编号(LN0 和 LN1)；随后是两个字的 CRC(YCR0 和YCR1)。在这四个字中，其中前面的行计数器是 11 比特的二进制数值，分布在两个数据字(LN0和LN1)中，如表 3 所示。例如，对于 1125 行，这两个数据字的数值是 LN0 = 394_h 和 LN1 = 220_h，对应的二进制数据字为 10001100101。

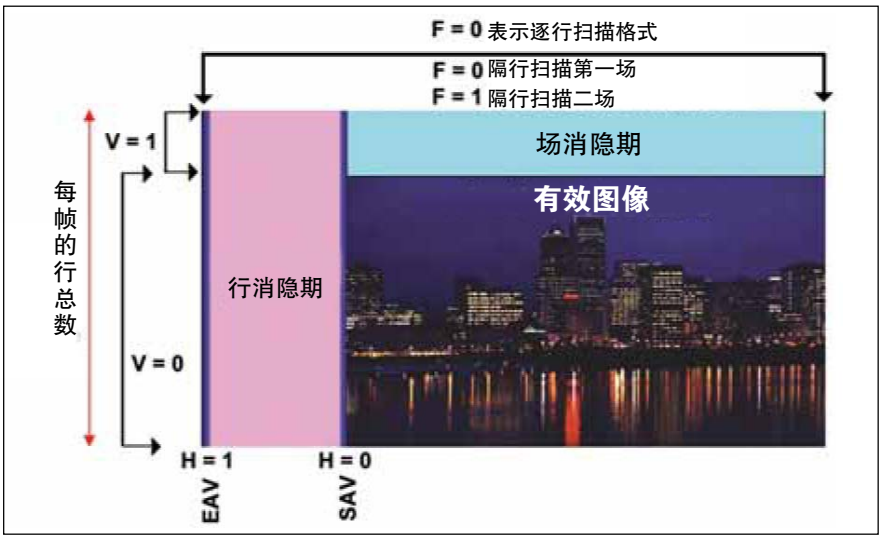


图 17. 数字帧中有关 V、F 和 H–bit 数值的空间格式示意

字	9 (MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
YCR0	反 B8	CRC8	CRC7	CRC6	CRC5	CRC4	CRC3	CRC2	CRC1	CRC0
YCR1	反 B8	CRC17	CRC16	CRC15	CRC14	CRC13	CRC12	CRC11	CRC10	CRC9
CCR0	反 B8	CRC8	CRC7	CRC6	CRC5	CRC4	CRC3	CRC2	CRC1	CRC0
CCR1	反 B8	CRC17	CRC16	CRC15	CRC14	CRC13	CRC12	CRC11	CRC10	CRC9

表 4. 高清晰度格式中的亮度 CRC 字和色度 CRC 字的比特指配

高清晰度数字视频行中的CRC校验，是在每一行的亮度通道和色度通道中分别进行的。CRC 值通过计算式 CRC(X) = X18 + X5 + X4 + 1 用于检验数字有效行中的错误，检测范围从有效行的第一个字开始，且初始值为零，直到该行号的最后一个字结束。表4给出了校验字的数值分布。YCR0和YCR1用于亮度样值数据计算，而另外两个字即 CCR0 和 CCR1 则用于色差样值数据计算。

亮度CRC和色度CRC值均可以显示在测量仪器上，用于检测信号在点到点传输过程中的误码累计。

在标准清晰度格式中，EAV结束于xyz值，没有行编号。标准清晰度只提供了每场有效图像中的 CRC，以及每一整场(预留给垂直消隐期内的信号切换时间除外)的 CRC，执行标准为 SMPTE RP – 165 规范，可选择在每场的垂直消隐期内进行一次计算。

位于 EAV 和 SAV(图 17)之间的数字行水平消隐期内的所有字，在没有使用附属数据时，均设置为黑电平样值 (Y' = 040_h, C'b 和 C'r =200_h)。

定时和同步

标准提供的是端到端视频链路中允许各种器件互相交换和互相通用的信息。一个好的标准，应当使资源和技术得到经济合理的利用。标准促使用户间的相互协作，激励技术的创新。要使视频专业人员提供的内容和家庭用户看到的是相同的节目，就必须制定标准。

美国国家标准学会、美国电影电视工程师学会、音频工程学会和国际电信联盟均发布有关视频和音频的参考标准和建议书。有代表性的标准和建议书，列入在附录D–电视的参考标准，为保证信号参数的可兼容性和管理的一致性，这些标准和建议书对此作出了规定。这些组织开发这些标准是相当慎重的，它为准确描述每个系统的特性提供了极大的帮助。以下将对这些标准作出说明，以深入了解各个不同的标准格式。

为了保证顺利地产生、传输和重现视频图像，必须使系统中运行的每一器件都能相互同步。例如，电视摄像机在景物中摄取某一确定位置的图像元素数值，它应能以某种方式识别该象素数值最终重现在电视显示器中的什么位置。同步系统告诉摄像机如何产生图像元素并与其它摄像机和信号源保持一致，它还要告诉接收机在最终显示图像时，应当在屏幕上的何处和怎样放置该景物的图像元素。

摄像机知道怎样扫描摄像器件，终端显示器也知道怎样扫描屏幕。它们只需了解从何处开始扫描以及如何保持一致。在显示器中，同步信息在每一水平行和每场扫描(在 2:1 隔行扫描格式中，两场扫描为一幅完整图像)更新一次。在大型演播设施中，同步信息是由外接的主同步发生器提供的。在小型系统中，一台摄像机本身即可产生同步信息，其它视频信号源也是如此。

模拟视频定时

有6种常用的标准复合模拟视频制式，它们是PAL、PAL – M、PAL – N、NTSC(含黑电平设置)、NTSC(不含黑电平设置)和SECAM。此外，某些地区允许使用宽带无线(地面)传输。在使用SECAM的地区和国家中，其演播室制作通常采用分量格式或 PAL 制式，然而再形成SECAMS制式用于传输。SECAM与PAL视频制式类似，它们的主要区别在于色度信息调制在亮度视频上的方式不同。

演播室视频是一种连续的信息流，它可以产生、也可以延迟以与其它信号源匹配，或记录后再重放。无论它何时运行，它的运行都是实时的，并且应当携带全部必需的信息以在目的端生成图像。视频包含了图像信息和定时信息，以保证图像的重现。定时信息包括一种有规律的行同步脉冲，或能够识别每一视频行中的保留数据字，以及指令显示器从屏幕顶端开始写入图像的场同步信息。

在NTSC或PAL复合视频格式中，能够很方便地观察到视频信息和定时信息。在视频波形监视器中，配备有扫描速率选择预置，可以显示视频水平行、行消隐期，可以扫描所有的图像行(场频)，也可以只显示场消隐期内的指定行。重要的是判断相同的视频信号是否具有这些显示、信号显示期间的差别和每次显示的持续时间。用现代术语来说，复合模拟视频是一种亮度视频和同步信息的时分复用。色度信息则是两个色差通道的频分复用。总之，您只需在复合信号中去寻找您所要求的信息。

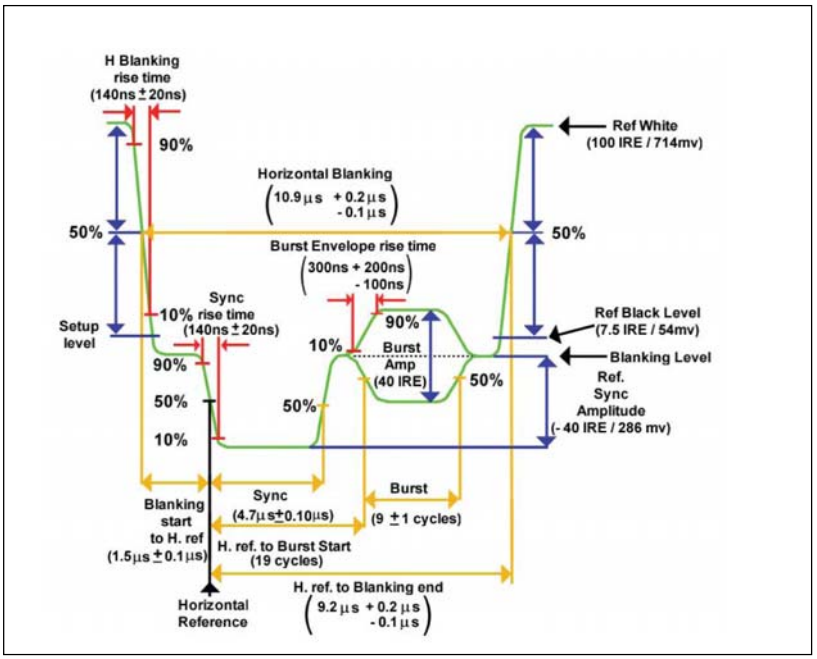


图 18. NTSC 制式中的行消隐期

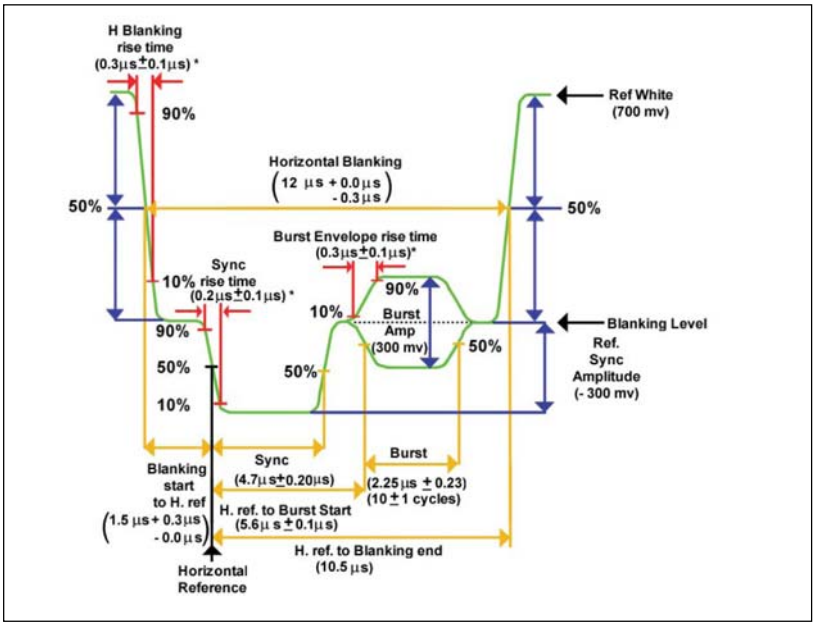


图 19. PAL 制式中的行消隐期

行定时

图 18 和图 19 分别为 525/59.94 NTSC 制式和 625/50 PAL 制式的行定时略图，它们的扫描格式在原理上是相似的，早在上个世纪中期就已经开发了遵循这种扫描格式的摄像机和显示器件。在每一视频信息行中，均有一次行消隐期。此外，在扫描中还提供了场消隐期。

行前肩是每行视频信号的结束时间，此时电子束接近屏幕的右边。行同步脉冲下降沿的50%处，是系统的定时基准，此时开始触发图像示波管电子束的回扫迹线。在同步至消隐结束期间内，视频信号不会使屏幕发光，电子束仍处于回扫期。基准白和基准黑电平用以规定视频节目呈现在显示器上的最大亮度和最小亮度，此时图像以恒定对比度显示且不需用户调整。NTSC 格式中的 7.5IRE 基准电平差（即消隐电平和黑电平之差为7.5IRE）已讨论过多年，某些地区不采用这种基准电平差设置。彩色副载波同步信号为接收机色度副载波振荡器提供一个周期性的稳定基准，用以稳定色度信号的解调。副载波同步脉冲是恒定频率的8至10个周期样值，波形监视器与行同步脉冲定时基准相锁定，在NTSC制中，色同步信号的相位各行均保持一致；在 PAL 制中，色同步信号的相位则是逐行交替的，此外彩色副载频还有25Hz偏置。行同步脉冲沿定时基准和彩色副载波同步信号均有着各自的恒定相位。

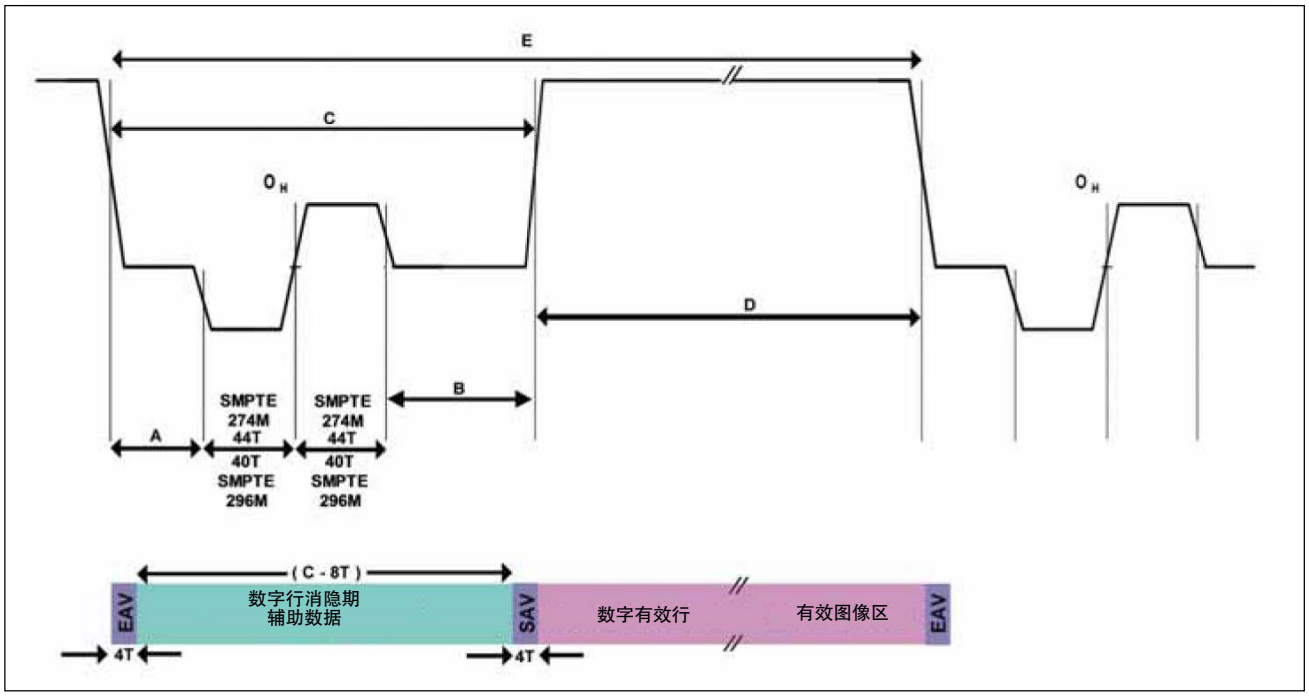


图 20. 高清晰度视频信号的行定时

模拟视频行开始于双电平同步脉冲下降沿的 50% 处，结束于下一视频行同步脉冲的相同点。高清晰度模拟制作系统使用的是三电平同步定时脉冲，该脉冲电平先低于消隐电平，继而高于消隐电平。模拟三电平同步信号中的定时基准 OH，处于同步波形电平的正向(提升)过渡段并与消隐电平相交(见图 20 和表 5)。

行定时信号与该视频信号图像时间的空间关系如图 21 所示。在逐行扫描格式即 1:1 格式中，扫描是从顶部开始至底部结束，形成一个完整的图像帧，其中每一图像行均被依次扫描。在隔行扫描格式即 2:1 格式中，扫描也是由顶部开始至底部结束，但一个完整的图像帧需分两场进行，每场的扫描行数为图像帧总行数的一半，扫描是隔行进行的。

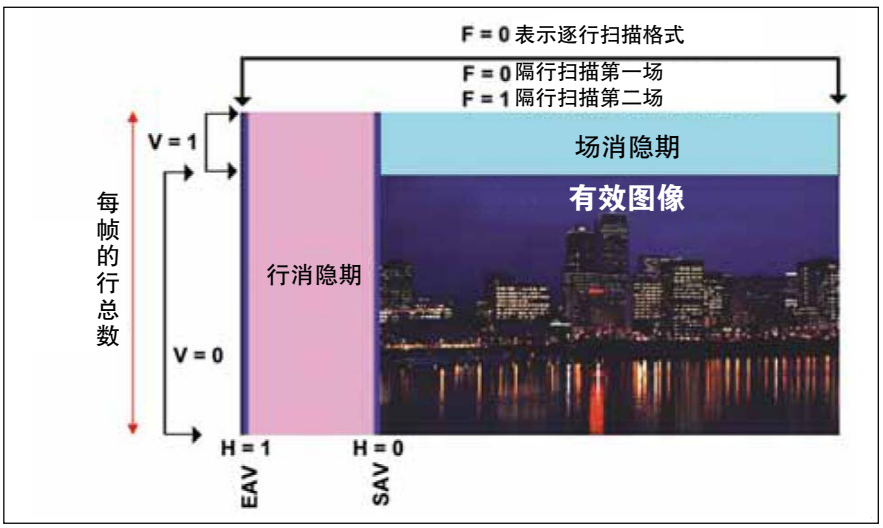


图 21. 数字视频帧的空间格式示意

格式	抽样调查频率 (MHz) (1/T)	A	B	C	D	E
1920x1080 60 1:1	148.5	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 59.94 1:1	148.5/1.001	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 60 2:1	74.25	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 59.94 2:1	74.25/1.001	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 30 1:1	74.25	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 29.97 1:1	74.25/1.001	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 50 1:1	148.5	484T	148T	720T	1920T	2640T
1920x1080 50 2:1	74.25	484T	148T	720T	1920T	2640T
1920x1080 25 1:1	74.25	484T	148T	720T	1920T	2640T
1920x1080 24 1:1	74.25	594T	148T	830T	1920T	2750T
1920x1080 23.98 1:1	74.25/1.001	594T	148T	830T	1920T	2750T
1280x720 60 1:1	74.25	70T	220T	370T	1280T	1650T
1280x720 59.94 1:1	74.25/1.001	70T	220T	370T	1280T	1650T
1280x720 50 1:1	74.25	400T	220T	700T	1280T	1980T
1280x720 30 1:1	74.25	1720T	220T	2020T	1280T	3300
1280x720 29.97 1:1	74.25/1.001	1720T	220T	2020T	1280T	3300
1280x720 25 1:1	74.25	2380T	220T	2680	1280T	3960
1280x720 24 1:1	74.25	2545T	220T	2845	1280T	4125
1280x720 23.98	74.25/1.001	2545T	220T	2845	1280T	4125

表 5. 高清晰度视频信号中的时序和取样时钟周期(T)

场定时

场定时信息的脉冲与行同步脉冲在形状上有所不同，它同时包含有均衡脉冲。场消隐期(图 22 为 NTSC 制，图 23 为 PAL 制)的时间宽度为 20 至 25 视频行，在波形监视器的两场显示中，场消隐期显示在屏幕的中心。场消隐时间较长，因此显像管的电子束从屏幕底部返回到顶部较为缓慢。

在 PAL 和 NTSC 制的 2:1 隔行扫描格式中，第一场和第二场的扫描起始处是不同的。第一场的起始行从屏幕顶部的左边开始扫描，第二场的起始行是从屏幕顶部的中心处开始扫描。对于 PAL 制，每经过 8 场才能返回到原来的相位关系，以形成完整的色度帧；对于 NTSC 制，只需 4 场即可返回原来的相位关系。

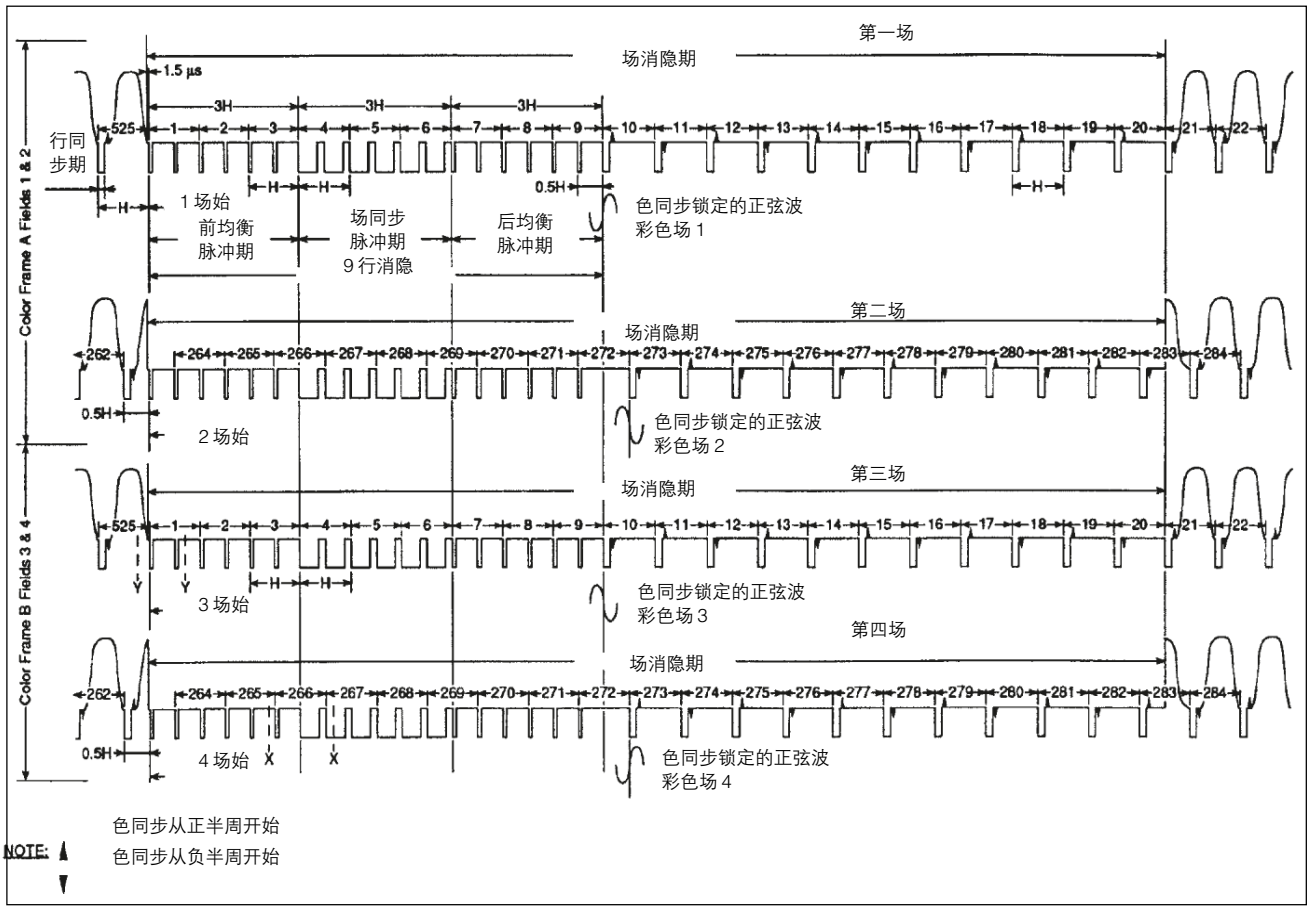


图 22. NTSC 制式中的场消隐期

图 22 表示的是隔行扫描格式中的 4 场消隐期和 4 场的 NTSC 彩色帧。在 4 场过后，色度副载波才能返回到原来与场同步的相同关系。

在图23中，交替变化的PAL场消隐期产生隔行扫描帧。由于存在 25Hz 的偏置，每经过 8 场才能使 PAL 彩色副载波相位与场同步保持相同的关系。SECAM 制的行场同步定时与PAL制类似，差别在于色度调制在亮度信号上的方式。

在插入某一视频信号源或突然用另一视频源来替换时，以及在特技设备中对视频信号进行编辑、切换或组合时，PAL 或 NTSC 制中的场同步间的相位关系对于场序和彩色副载波相位的正确识别是十分重要的。这一重要关系称之为SCH或副载波对行同步相位。就分量视频而言，我们只需关心组成彩色图像的三个通道的定位是否正确，因为色度信息并非是由调制副载波来代表的。

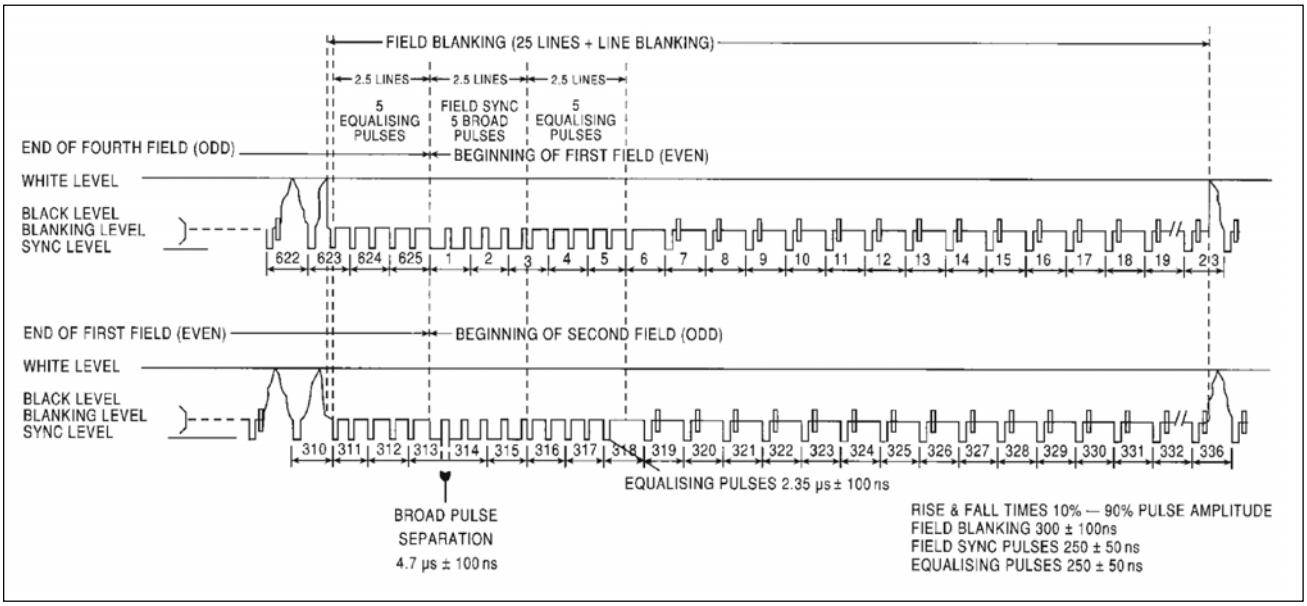


图 23. PAL 制式中的场消隐期

在NTSC制中，行编号是从最后一个完整视频行之后的第一个场均衡脉冲开始的，并对各场的视频行进行编号(在第一和第三场，为 263 个视频行；在第二场和第四场，为 262 个视频行)。对于 PAL 制和多数高清晰度格式，是从最后一个半视频行后的第一个宽脉冲开始计数的，按此规律持续到全帧结束(PAL 制为 625 行)。

在高清晰度视频信号中，有逐行扫描格式和隔行扫描格式，如图 24 所示。场消隐期内的 5 行宽脉冲与标准清晰度视频信号略有不同，因为在高清晰度中使用了三电平同步脉冲。在图 24 中，1080P(SMPTE 274M)逐行扫描格式的场消隐期内示出了相应的行编号。1080i 格式(SMPTE 274M)和 1035I 格式(SMPTE 240M)的隔行扫描方式中的行编号也如图所示。

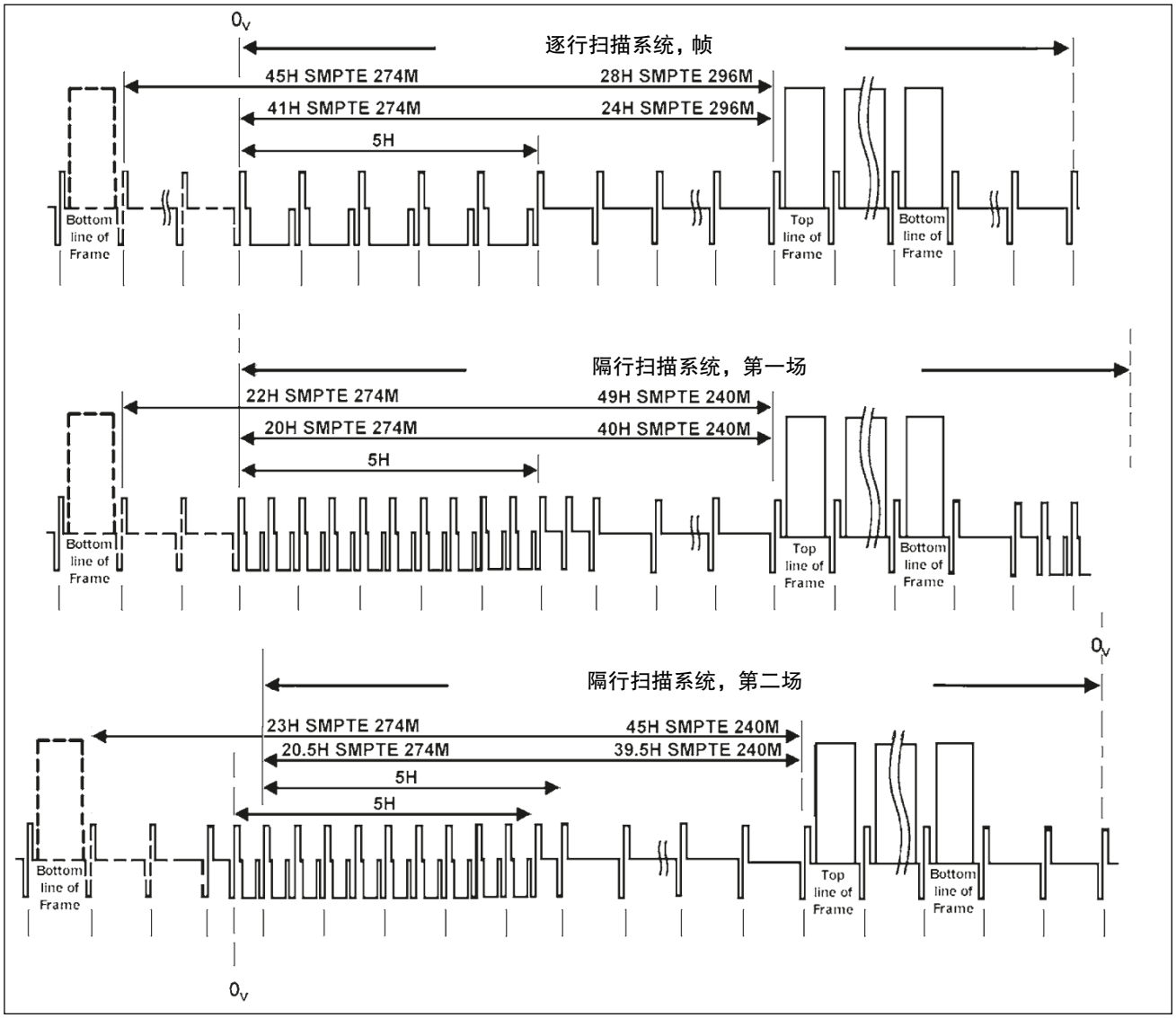


图 24. 模拟高清晰度格式中的场消隐期

	1125/60/2:1 (1125/59.94/2:1)	1125/50/2:1	750/60/1:1 (750/59.94/1:1)	750/50/1:1
同步类型	三电平极性	三电平极性	三电平极性	三电平极性
行定时	定时 50% 点，上升 50% 边缘	定时 50% 点，上升 50% 边缘	定时 50% 点，上升 50% 边缘	定时 50% 点，上升 50% 边缘
每帧总行数	1125	1125	750	750
有效视频行 / 帧	1080	1080	720	720
场频	60 (59.94) Hz	50 Hz	60 (59.94) Hz	50 Hz
行频	33.750 (33.7163) kHz	28.125 kHz	45 kHz (44.955) kHz	37.5 kHz
行周期	29.6296 µs (29.6593) µs	35.556 µs	22.222 µs (22.244467) µs	22.667 µs
行消隐期	3.771 ms (3.775) ms	9.697 ms	4.983 ms (4.988) ms	9.428 ms
定时参考点至 SAV	2.586 ms (2.589) ms	2.586 ms	3.502 ms (3.505) ms	3.502 ms
EAV 至定时参考点	1.185 ms	7.084 ms	1.481 ms	5.926 ms
负向同步宽度	0.593 ms	0.593 ms	0.538 ms	0.538 ms
正向同步宽度	0.593 ms	0.593 ms	0.538 ms	0.538 ms
同步幅度	± 300 mV	± 300 mV	± 300 mV	± 300 mV
同步上升时间 / 下降时间	0.054 ms	0.054 ms	0.054 ms	0.054 ms
场周期	16.67 (16.68) ms	20 ms	16.67 (16.68) ms	20 ms
场消隐期	45 lines	45 lines	30 lines	30 lines
视频信号幅度	700 mV	700 mV	700 mV	700 mV
标称信号带宽	30 MHz R, G, B 30 MHz	30 MHz R, G, B 30 MHz	30 MHz R, G, B 30 MHz	30 MHz R, G, B 30 MHz

表 6. 模拟高清晰度的定时参数及其数字格式的某些定时关系

图 25. WVR7120/WFM7120 的串行定时显示。

模拟高清晰度的分量视频参数

ANSI/SMPTE 240M定义了模拟高清晰度视频1125/60(59.94)/2:1格式。ITU – R BT.709(Part 1)接受1125/60(59.94)/2:1和1250/50/2:1格式。上述格式的有关参数如表6所示，此外还给出了与其数字格式的某些定时关系。

泰克公司在 WFM 系列波形监视器和 WVR 系列波形监测仪中采用了一种简单的方法可以用来测量模拟或数字系统设施中的定时。在WFM系列和WVR系列的定时显示中，用一种简单的图示矩形窗口来表示外接基准信号与输入信号之间的相对定时，并且以行数或微秒(µs)数提供了这两个信号之间相对定时的测量读数，参见图 25 所示。仪器的输入信号既可以是 HD–SDI、SD–SDI，也可以是模拟复合信号。而作为定时比较参考的外接基准输入信号是模拟黑场色同步或者三电平同步信号。

WFM 系列或 WVR 系列的矩形窗口显示代表的是一帧 SD–SDI 输入信号，或者是一帧彩色复合输入信号。显示窗口中心的十字线代表零偏置，而圆周代表被测输入信号的定时。如果存在行定时错误，无论是超前还是滞后，均表现为圆周在垂直方向上的位移；而少于一行的行定时错误则表现为圆周在水平方向上的位移，参见图27所示。如果被测输入信号与基准信号的定时一致，那么圆周将居于十字线中心处且圆周的颜色由白色变为绿色。

“Relative to(相对于)”小盒指示您选择的定时显示的基准零点位置。仪器默认的基准零点是它的后面板处。在这种

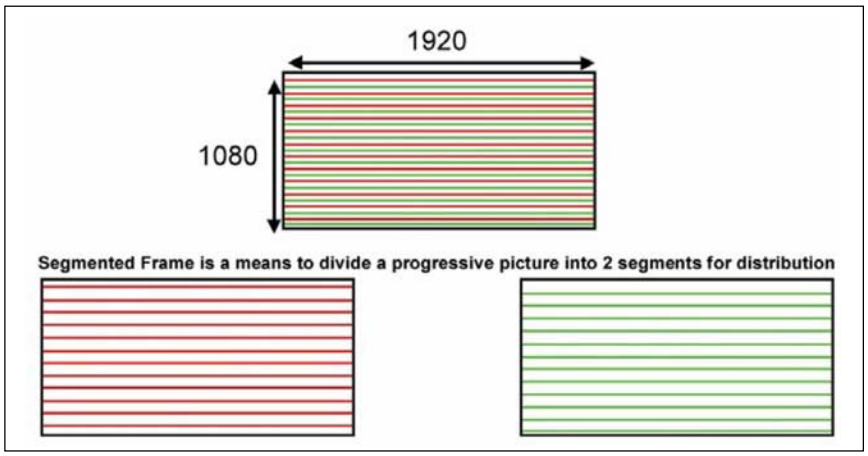


图 26. 逐行扫描帧至分段帧的转换

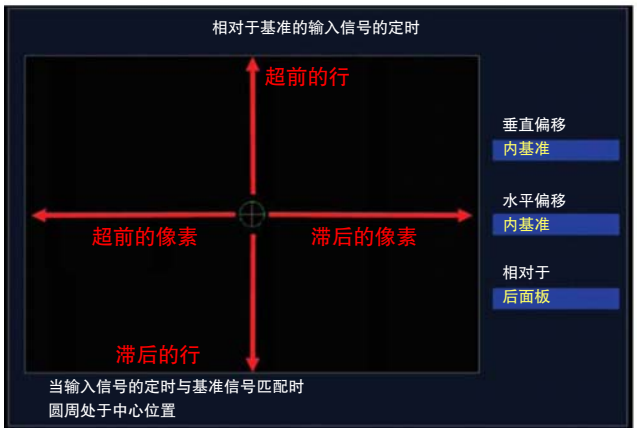


图 27. 定时显示的解释。

模式中，如果被测输入信号和在仪器后面板处的基准信号具有相同的定时，那么定时偏置为零。您还可以有其它的选择，即使用已保存的偏置(Saved offset)作为定时参考。在这种模式中，您可以先保存一路输入信号的定时将它作为定时基准，然后显示出被测信号相对于这个“已保存”的定时偏置。这一模式在对路由器(切换器)的各路输入信号的定时进行调试时是非常有用的。首先，您选择路由器(切换器)的某一路输入信号作为主定时基准，并将这路信号连同该路由器所使用的外基准信号一起送入到WVR系列或 WFM7x20/6120 系列波形监测仪，而后再进行定时测量，一旦测量完成，保存这个作为主基准输入信号的定时偏置，此后就可以使用仪器的相对于已保存(relative to saved)的偏置模式。进行到这一步，我们就可以把路由器的其它各路输入信号作为被测输入信号送入到WVR系列或 WFM7x20/6120 系列波形监测仪，这时测出的定时就是路由器的其它各路视频输入信号相对于路由器主基准信号之间的相对定时偏置。如果只作简单的调试，只需对路由器的每一路输入信号的行定时和场定时进行调整，直至仪器显示窗口中的圆周中心与十字线相重合且圆周变为绿色即可。如果需要更精细的调整，则可以直接按照显示器窗口右边的读数来进行。接着，重复以上过程，仍以路由器的主基准作为参考，校准路由器的每一路输入的相对定时，直至路由器的所有其它输入信号的定时均被调整。这种直观的显示可以在视频系统的定时中保存相当长的时间。

数字演播室扫描格式

从表面上看，视频扫描标准可以具有不同的格式。但在实践中，标准反映的是实现全行业的相互兼容目标的可能性。此时，就没有一个通用的、适合于标准清晰度或高清晰度电视的扫描格式，但有一种趋势是使在某一地区内的电视接收器与所有的扫描系统兼容。这就向那些必须为整个全球市场制作节目的视频专业人员提出了一个特殊的问题。

某些数字速率特别适合于标准变换。ITU–R BT.709 Part 2 定义了一种数字方形像素通用图像格式（CIF）以及与图像场频无关的通用图像参数值。该建议书规定了 60、59.94、50、30、29.97、25、24 和 23.976Hz 的图像帧频，它们均为 1080 个有效图像行，每行具有 1920 个图像样值，屏幕宽高比为 16?9。SMPTE RP 211 扩展了 SMPTE 274M 标准，制作格式为 1920 × 1080 系列光栅扫描系统，1920 × 1080，帧频为 30、29.97、25、24 和 23.76Hz。上述 CIF 帧频为表 7 中的 1920 × 1080 格式中的帧频。表 7 中的 1280 × 720 格式中的帧频由 ANSI/SMPTE 296M 所定义。SMPTE 293M 定义 720 × 483 逐行扫描格式的帧频。注意表 7 中列出的帧频和取样频率已被四舍五入到 2 位或 3 位小数。对于非整数帧频系统，准确的帧频和和取样频率是相应的整数除以 1.001。

分段帧(segmented frame)制作格式

在扫描格式表中，有几种格式被命名为 1:1SF。其中的“SF”，按照 SMPTE 推荐的实用文件 RP211 指的是“segmented frames”（分段帧）格式。在分段帧格式中，图像在一次扫描中作为一帧被俘获，如同逐行扫描格式；但是在传输时却按隔行扫描格式，即一场为偶数行，下一场为奇数行。行的分段如同隔行扫描系统，但图像的捕获是按两场在一次完成的，从而消除了隔行扫描系统中所发生的空间位置不准的现象。这样，分段帧利用了逐行扫描格式的优点但却减少了所需的信号处理量并使模拟域中的显示帧频加倍（帧频减少到 24Hz 至 30Hz 时图像将出现闪烁）。分段帧很容易转换为逐行扫描格式，如图 26 所示。

系统名称	每有效行的亮度或 R'G'B' 样值	每帧的有效行数	帧频 (Hz)	扫描格式	亮度或 R'G'B' 抽样频率 (MHz)	每行的亮度样值总数	模拟同步时间基准字	每帧总行数
1920x1080/60/1:1	1920	1080	60.00	Progressive	148.500	2200	2008	1125
1920x1080/59.94/1:1	1920	1080	59.94	Progressive	148.352	2200	2008	1125
1920x1080/50/1:1	1920	1080	50.00	Progressive	148.500	2640	2448	1125
1920x1080/60/2:1	1920	1080	30.00	2:1 Interlace	74.250	2200	2008	1125
1920x1080/59.94/2:1	1920	1080	29.97	2:1 Interlace	74.176	2200	2008	1125
1920x1080/50/2:1	1920	1080	25.00	2:1 Interlace	74.250	2640	2448	1125
1920x1080/30/1:1	1920	1080	30.00	Progressive	74.250	2200	2008	1125
1920x1080/29.97/1:1	1920	1080	29.97	Progressive	74.176	2200	2008	1125
1920x1080/25/1:1	1920	1080	25.00	Progressive	74.250	2640	2448	1125
1920x1080/24/1:1	1920	1080	24.00	Progressive	74.250	2750	2558	1125
1920x1080/23.98/1:1	1920	1080	23.98	Progressive	74.176	2750	2558	1125
1920x1080/30/1:1SF	1920	1080	30	Prog. SF	74.250	2200	2008	1125
1920x1080/29.97/1:1SF	1920	1080	29.97	Prog. SF	74.176	2200	2008	1125
1920x1080/25/1:1SF	1920	1080	25	Prog. SF	74.250	2640	2448	1125
1920x1080/24/1:1SF	1920	1080	24	Prog. SF	74.250	2750	2558	1125
1920x1080/23.98/1:1SF	1920	1080	23.98	Prog. SF	74.176	2750	2558	1125
1280x720/60/1:1	1280	720	60.00	Progressive	74.250	1650	1390	750
1280x720/59.94/1:1	1280	720	59.94	Progressive	74.176	1650	1390	750
1280x720/50/1:1	1280	720	50.00	Progressive	74.250	1980	1720	750
1280x720/30/1:1	1280	720	30.00	Progressive	74.250	3300	3040	750
1280x720/29.97/1:1	1280	720	29.97	Progressive	74.176	3300	3040	750
1280x720/25/1:1	1280	720	25.00	Progressive	74.250	3960	3700	750
1280x720/24/1:1	1280	720	24.00	Progressive	74.250	4125	3865	750
1280x720/23.98/1:1	1280	720	23.98	Progressive	74.176	4125	3865	750
625/50/2:1 (BT.601)	720	581	25.00 2:1	Interlace	13.500	864	732	625
525/59.94/2:1 (BT.601)	720	483	29.97 2:1	Interlace	13.500	858	736	525
720x483/59.94/1:1/4:2:2	720	483	59.94	Progressive	2 x 13.500	858	736	525
720x483/59.94/1:1/4:2:0	720	483	59.94	Progressive	18.000	858	736	525

表 7. 演播室数字视频的扫描格式

图28. 类似模拟亮度通道信号显示的270Mb/s EAV定时基准数据包

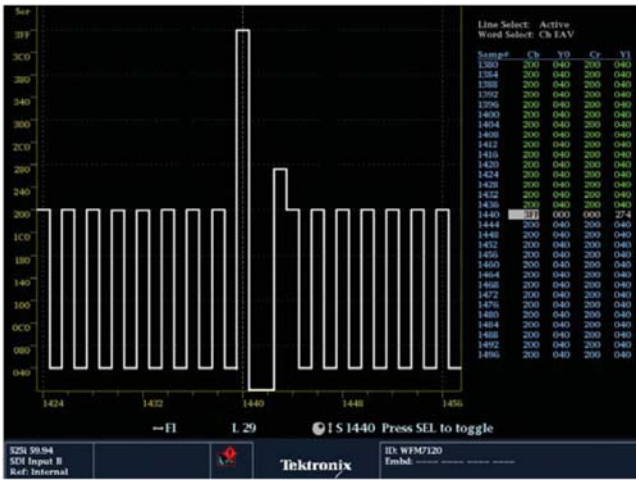


图 29. 类似多路复用数据显示的 270Mb/s EAV 定时基准数据包

比特位	9(MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0(LSB)
功能	固定(1)	F	V	H	P3	P2	P1	P0	固定(0)	固定(0)

表 8. EAV/SAV 中的“xyz”字格式

数字演播室的同步和定时

在回顾模拟格式时，会明显地发现有一些信号时间未被视频利用，这段时间被用于传送同步信息以及显像管电子束返回的等待时间。在数字分量演播室格式中，同步是一个持续时间较短的保留字结构，其余时间则可用于多通道音频、误码校验和以及其它附属数据。使用数字波形监视器，将其置于PASS模式，则上述较短的数字定时数据包将在已解码视频波形中水平行末端呈现为一短脉冲(图 28，并参见图 11)。在模拟显示中还会出现振铃现象，这是因为数据字的速率为 27MHz，它超出了该模拟显示系统的带宽。带有DAT选件的WFM7120/WFM6120 提供了以上数据字的逻辑层 DATA 显示(图 29)，可用来准确地识别每一个字及其数值。

在比较模拟和数字视频时，应当记住以下几个有关定时的定义：

1. 数字视频行从 EAV(有效视频结束)数据包的第一个字即 3FF 开始，以该行视频样值数据中的最后一个字结束。数字行的编号从场消隐期的第一行开始。
2. 数字视频行中的样值编号的起点(样值0)从有效视频的第一个字开始，这个字就是 SAV 序列四个字之后的第一个字。样值编号不会因行号而改变，因为每当一视频行开始时，样值号会返回到零。
3. 与数字定时不同，模拟行开始和结束均在定时基准点；对于双电平同步信号，定时基准点即为同步头前沿的 50％点；对于三电平同步信号，定时基准点即为同步头的正向过零点。当模拟信号数字化时，对应于模拟定时的基准是在数字定时基准之后以及数字行第一个样值之前，并且位于附属数据时间段内。对应于模拟定时基准的数字样值字由数字标准所规定。

数字视频同步由 EAV 和 SAV 序列提供，它从唯一的三个字序列开始，即：3FFh(该字中所有比特均为1)、000h(全零)、000h(全零)，随后是第四个字“xyz”，其格式如表 8 所示。

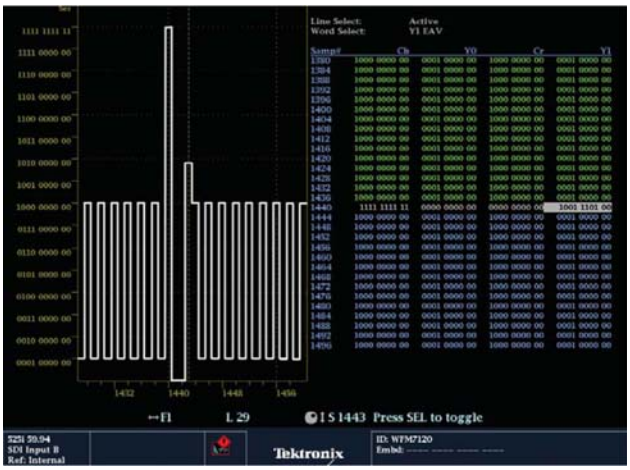


图 30. “xyz”字的二进制显示

“xyz”字是一个 10 比特字，它的两个最低有效位比特为零，以便于与 8 比特系统的转换。“xyz”字中的各个比特具有以下功能：

- **比特 9** —(固定比特)始终为 1
- **比特 8** —(F 比特)在逐行扫描系统中始终为 0；在隔行扫描系统中，F 为 0 时表示该行(即 XYZ 字所在行)位于第一场，F 为 1 时表示该行位于第二场
- **比特 7** —(V 比特)V 为 1 时表示该行位于场消隐期间，V 为 0 时表示该行位于有效图象期间
- **比特 6** —(H 比特)H 为 1 表示该定时基准码为 EAV，H 为 0 表示该定时基准码为 SAV
- **比特 5、4、3、2** —(保护比特)对 F、V 和 H 比特数据中的错误提供有限的校正
- **比特 1、0** —(固定比特)设置为零，在 10 比特或 8 比特系统中均为相同的字。

格式	F = 0	F = 1	V = 1	V = 0
1920x1080P	总为 0	NA	行 1–41, 1122–1125	行 42–1121
1280x720P	总为 0	NA	行 1–25, 746–750	行 26–745
1920x1080I	行 1–563	行 564–1125	行 1–20, 561–583, 1124–1125	行 41–557 603–1120
1035I	行 1–563	行 564–1125	行 1–40, 558–602, 1121–1125	行 41–557 603–1120
525/60	行 4–255	行 1–3, 256–525	行 1–19, 264–282	行 20–263 283–525
625/50	行 1–312	行 313–625	行 1–22, 311–335, 624–625	行 23–310 336–623

表 9. 数字信号的场消隐定时信息

	场	525 行	625 行	1080P 行	1080i 行	1035i 行	720P 行	SAV	EAV	9	F	V	H	P3	P2	P1	P0	1	0
有效视频	1	20–236	23–310	42–1121	21–560	41–557	26–745	200		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
									274	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0
场消隐	1	4–19	1–22	1–41	1–20	1–40	1–25	2AC		1	0	1	0	1	0	1	1	0	0
		264–265	311–312	1122–1125	561–563	558–563	746–750		2D8	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
有效视频	2	283–525	336–623	无	584–1123	603–1120	无	31C		1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
									368	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0
场消隐	2	1–3	624–625	无	1124–1125	1121–1125	无	3B0		1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
		266–282	313–335		564–583	564–602			3C4	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0

表 10. HD 和 SD 格式中的数字 XYZ 信息。

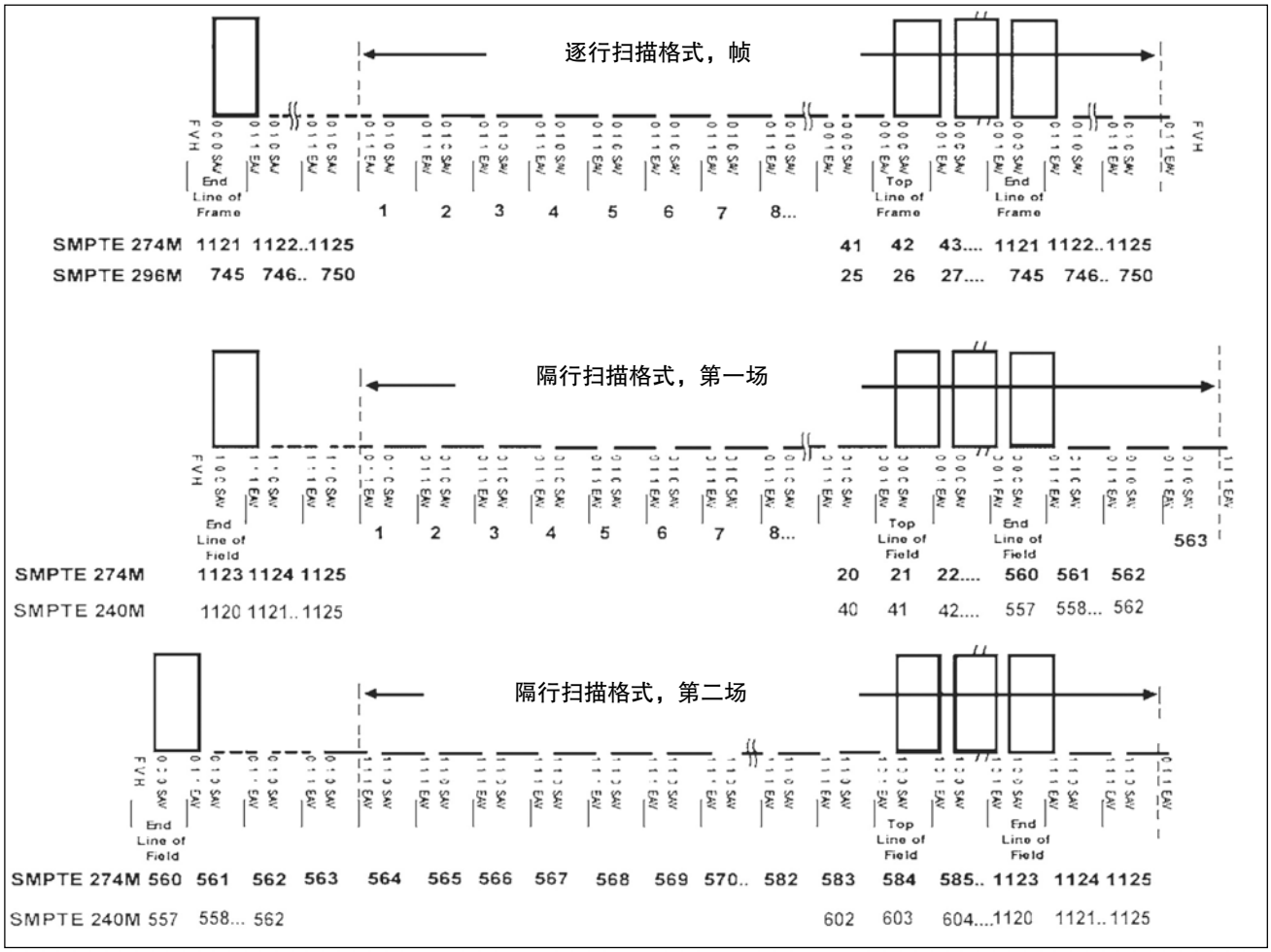


图 31. 高清晰度场消隐期的数字定时

图 30 中显示的 xyz 字为二进制 1001110100，从比特 9 即最高有效位开始。在本例中，第 8、7 和 6 比特的取值表示该数字信号为隔行扫描格式，并且该 xyz 字在第一场的有效视频行的 EAV 序列之中。如果我们改变波形监视器的设置以显示下一场，则新的二进制 xyz 字数值将是 1101101000，其中第 8 比特改变为二进制 1，保护比特 5、4、3 和 2 也将改变以对新的二进制提供有限的误码校正处理。

表 9 给出了数字信号中各种格式的 xyz 字，以及其中的 F 比特和 V 比特所表示的意义。图 31 是高清晰度场消隐期的数字定时示意图。

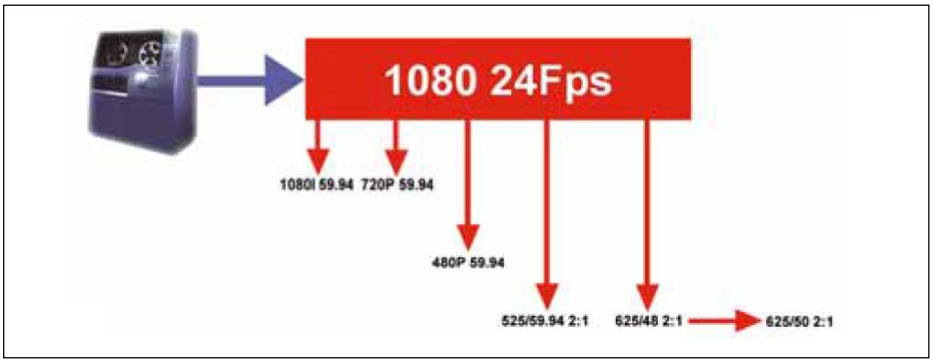


图 32. 高清晰度电视电影转换过程

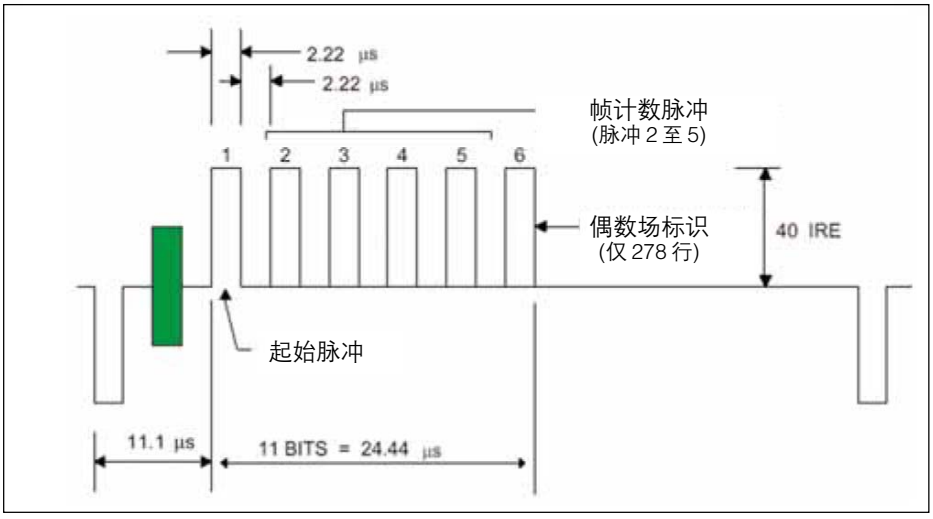


图 33. SMPTE 318M 定时基准同步行

10 场序列	脉冲位置						行位置	
	1	2	3	4	5	6		
0	1	0	0	0	0	0	行 15	场 1
1	1	0	0	0	0	1	行 278	场 2
2	1	1	0	0	0	0	行 15	场 1
3	1	1	0	0	0	1	行 278	场 2
4	1	1	1	0	0	0	行 15	场 1
5	1	1	1	0	0	1	行 278	场 2
6	1	1	1	1	0	0	行 15	场 1
7	1	1	1	1	0	1	行 278	场 2
8	1	1	1	1	1	0	行 15	场 1
9	1	1	1	1	1	1	行 278	场 2

表 10. SMPTE 318M 十场定时序列

电视电影的同步

为实现节目素材的原版制作和归档管理，可以通过几种格式将电影节目转换为高清晰度视频。例如，采用1080逐行扫描、23.976Hz帧频格式，就提供了一种由电影画面到数字文件的直接转换。在电视电影的转换过程中，工作人员只需制作一个原版本节目即可。而后可以将这种数字原版转换为其它任意所需要的格式。

为使这种多格式系统能同步运行，可以采用场频为 59.94Hz 的 NTSC 黑场色同步信号作为标准的基准信号。为与运行于 23.976Hz(24/1.001)或 48KHz 的设备同步，黑场色同步信号应当携带可选的十场序列以识别 SMPTE 318M 所规定的信号。

图33为定时基准同步行的示意图，它插入在NTSC制525/59.94Hz 的 15 行和 278 行。其中第一个脉冲(1)总是在十场标识序列的起始处。位于0和四帧计数脉冲之间的脉冲(2 – 5)跟随其后。结束脉冲(6)总在 278 行而不是15行。表11说明了这种关系。

在泰克 TG700信号发生器平台中，利用AGL7模拟锁相模块能够与符合SMPTE 318M标准的信号锁相，利用带有CB彩条选件的BG7黑场色同步发生器可提供SMPTE 318M输出基准信号。

信号格式 / 取样结构 / 像素位深	帧频 / 场频
4:2:2 Y'C'bC'r 10 比特	60，59.94 和 50 逐行扫描
4:4:4 R'G'B' 10 比特 4:4:4 R'G'B' + (A) 10 比特 4:4:4 Y'C'bC'r 10 比特 4:4:4 Y'C'bC'r + (A) 10 比特 4:4:4 R'G'B' 12 比特 4:4:4 Y'C'bC'r 12 比特 4:2:2 Y'C'bC'r(A) 12 比特	30, 29.97, 25, 24, 23.98 逐行扫描 PsF， 60，59.94 和 50 隔行扫描

表 12. SMPTE 372M 中定义的可以支持的双链路格式。

映像结构	图像格式	信号格式 / 取样结构 / 像素位深	帧频 / 场频
1	1920x1080	4:2:2 (Y'C'BC'R)/ 10 比特	60, 59.94 和 50 帧逐行扫描
2	1280x720	4:4:4 (R'G'B'), 4:4:4:4 (R'G'B' +A)/10 比特	60, 59.94 和 50 帧逐行扫描
		4:4:4 (Y'C'BC'R), 4:4:4:4 (Y'C'BC'R+A)/10 比特	30, 29.97, 25, 24 和 23.98 帧逐行扫描
	1920x1080	4:4:4 (R'G'B'), 4:4:4:4 (R'G'B' +A)/10 比特	30, 29.97, 25, 24 和 23.98 帧逐行扫描
		4:4:4 (Y'C'BC'R), 4:4:4:4 (Y'C'BC'R+A)/10 比特	
3	1920x1080	4:4:4 (R'G'B')/12 比特	60, 59.94 和 50 场隔行扫描
		4:4:4 (Y'C'BC'R)/12 比特	30, 29.97, 25, 24 和 23.98 帧逐行扫描
	2048x1080	4:4:4 (X'Y'Z')/12 比特	24 帧逐行扫描，PsF
4	1920x1080	4:2:2 (Y'C'BC'R)/12 比特	30, 29.97, 25, 24 和 23.98 帧逐行扫描 60, 59.94 和 50 场隔行扫描

表 13. SMPTE 425M 中定义的 3 Gb/s 源图像格式。

双链路和 3G 格式

电影作为主要的采集媒介在高端节目制作中仍然占有主导地位，所有这些均得益于数字信号处理的进步。然而，在数字信号处理过程中出现了一些值得注意的重大进展，这就是为了仿真电影节目的“film look”效果，可以采用具有极高分辨率的图像格式，例如 2K 或 4K 图像格式。利用高分辨率的数字素材发行原版，可以简化图像、效果、彩色校正和后期制作的处理过程。有了这种最终的数字发行原版，就能够提供各种各样的从数字影院到 HD 和 SD 的各种复制品格式。

为了得到这些高分辨率格式的发行版本，有必要采用能够在不同设备之间进行格式转换的各种方法。其中一种方法是利用多个高清晰度（HD）串行数字接口（SDI）以实现这种格式转换。这种方法在 SMPTE 372M 标准中定义为双链路格式，参见表 12。另外一种方法是，将两个虚拟的数据流复用为一路 3 Gb/s 信号，这种方法在 SMPTE 424M 和 425M 标准中定义，参见表 13。

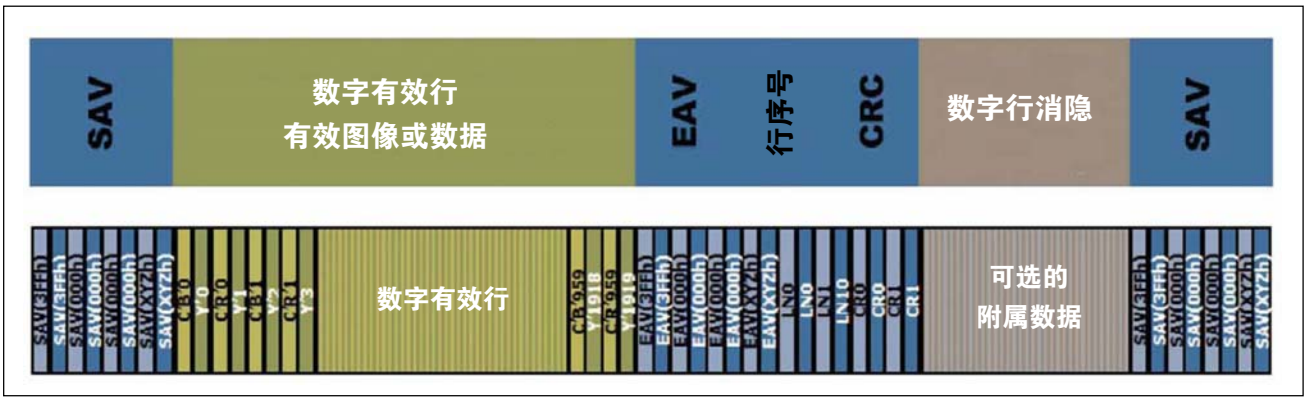


图 34. SDI 数据的单行结构。

数字接口	1	…	20	…	560	561	562	563	564	…	1123	1124	1125	1
链路 A	2	…	40	…	1120	1122	1124	1	3	…	1121	1123	1125	2
链路 B	3	…	41	…	1121	1123	1125	2	4	…	1122	1124	1	3

表 14. 被分配在链路 A 和链路 B 之间的逐行扫描的图像格式

链路 A	C'b_0: 0–9	Y'$_0$: 0–9	C'r_0: 0–9	Y'$_1$: 0–9	C'b_2: 0–9	Y'$_2$: 0–9	C'r_2: 0–9
链路 B	C'b_0: 0–9	Y'$_0$: 0–9	C'r_0: 0–9	Y'$_1$: 0–9	C'b_2: 0–9	Y'$_2$: 0–9	C'r_2: 0–9

表 15. 快速逐行扫描格式中链路 A 和链路 B 的数据结构。

链路 A	B'$_0$: 0–9 (偶数样值)	G'$_0$: 0–9	R'$_0$: 0–9 (偶数样值)	G'$_1$: 0–9	B'$_2$: 0–9 (偶数样值)	G'$_2$: 0–9	R'$_2$: 0–9 (偶数样值)
链路 B	B'$_1$: 0–9 (奇数样值)	A$_0$: 0–9	R'$_1$: 0–9 (奇数样值)	A$_1$: 0–9	B'$_3$: 0–9 (奇数样值)	A$_2$: 0–9	R'$_3$: 0–9 (奇数)

表 16. R'G'B' (A) 4:4:4:4 10 比特 双链路格式的数据结构。

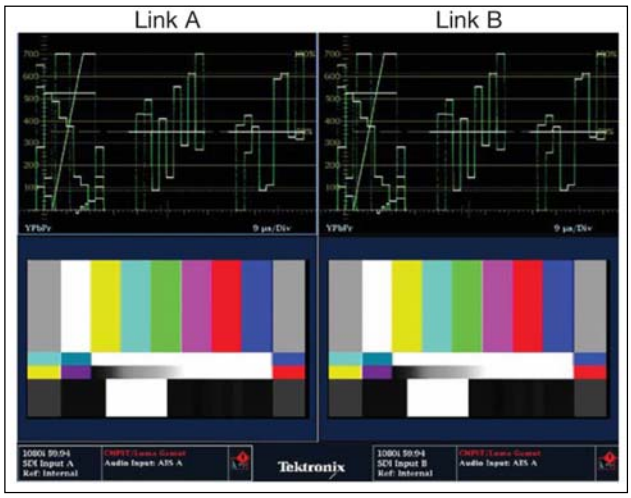


图 35. 4:2:2 10 比特 1920 × 1080 59.94p 链路 A 和链路 B 的 SMPTE 219 彩条信号。

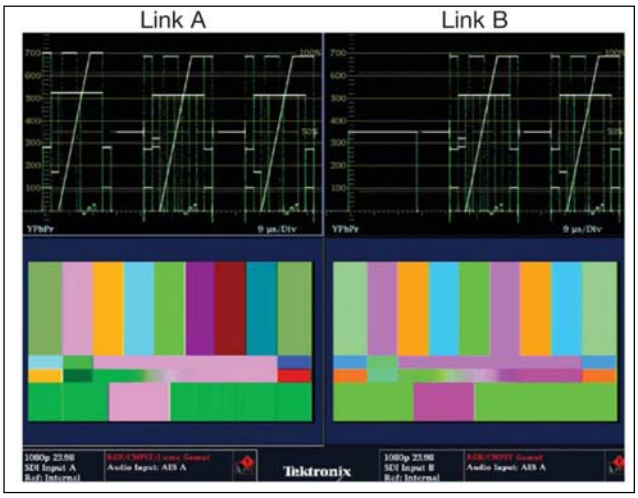


图 36. R'G'B' (A) 4:4:4:4 双链路格式中链路 A 和链路 B 的波形显示。

对于双链路信号而言，各种格式的双链路均映射为两路 HD–SDI 信号。因此，各种格式的映射结构均受限于现有的 HD–SDI 格式。图 34 表明了 10 比特取样的 4:2:2 亮度 Y 字和色度 C 字是如何一起复用在 HD–SDI 信号中。

快速逐行扫描(Fast Progressive)双链路格式(1920x1080 Y'C'bC'r 4:2:2 10 比特，帧频为 60p, 59.94p, 50p)

对于快速逐行扫描(Fast Progressive)双链路格式(帧频为 60p, 59.94p 和 50p)而言，这些格式的图像结构与 HD–SDI格式是相同的，只是因为它们是带宽更宽的信号，所以必须分配给两个链路。其中，主链路定义为“Link A”(链路 A)，而次链路定义为 “Link B”(链路 B)。在HD波形监视器中，每一链路的各种迹线显示图形与单路 1920 × 1080 隔行扫描信号的迹线显示看起来并无差别，如图 35 所示。

在这种映射格式中，重要的是要理解这种双链路格式的原始图像乃是一全帧的逐行扫描图像，只是为了便于利用现有的HD–SDI基础设施进行传输，而将图像数据分配在两个链路之间。因此，这两个链路之间的行的映射是完全符合HD–SDI标准的。应当注意的是，图像数据是如何分配在HD–SDI信号的两个数字场之间，可参见表 14。为了保持这三种快速逐行扫描格式(帧频分别为 60p, 59.94p 和50p)的恒定数据率，可以对它们消隐期的时长进行改变。对于 60p/59.94p 格式，每行使用的总字数为 2200 字；而对于 50p 格式，每行使用的总字数为2640字。表15给出了在每一传输链路中的各个数据样值结构。

R'G'B' 4:4:4 和 R'G'B' (A) 4:4:4:4 10 比特 (30, 29.97, 25, 24, 23.98 逐行扫描 PsF； 60，59.94 和 50 隔行扫描格式)

双链路格式的应用优势在于它能够传输帧频为 23.98p/24p的电影原始 R'G'B' 节目并且能够保持原始素材的质量。采用这种传输方式，在将电影原始素材转换为 Y'C'bC'r彩色域的格式变换过程中不会有分辨率的损失。不过，R'G'B' 信号的样值结构是4:4:4，这种样值结构必须限制在两个 4:2:2 HD–SDI 数据流中且适合于以这种方式传输。为此，在链路 A 中，其中[Y']数据空间被 G' 通道样值所填充，而[C'b/C'r]数据空间被B' 和R' 通道的偶数序号样值所填充。在链路 B 中，可以选择用 Alpha 通道数据来填充该链路中的[Y']数据空间，而[C'b'/C'r] 数据空间则被 B' 和 R' 通道的奇数序号样值所填充，如表 16所示。Alpha通道既可以用来传送数据流，也可以用来传送在数字复合的后期制作过程中使用的重要数据。如果没有使用 Alpha 通道，那么该通道中的数值应当设置为消隐电平即 64h(译者：似乎应当是 40h，即十进制 64)。您如果用波形监视器观察双链路中各个链路的信号，则其波形显示如图36所示。如果使用带有选件 SIM 的 WFM7120 来察看双链路信号，则可以同时观测到两个链路。注意Y'通道数据值是正确的电平值，但C'b/C'r 数值不代表信号的真实电平，必须将两个双链路信号组合为一个单路显示，这样组合后的数据值才能正确地表示该信号。

链路 A	C'b_0: 0–9 (偶数样值)	Y'$_0$: 0–9	C'r_0: 0–9 (偶数样值)	Y'$_1$: 0–9	C'b_2: 0–9 (偶数样值)	Y'$_2$: 0–9	C'r_2: 0–9 (偶数样值)
链路 B	C'b_1: 0–9 (奇数样值)	A$_0$: 0–9	C'r_1: 0–9 (奇数样值)	A$_1$: 0–9	C'b_3: 0–9 (奇数样值)	A$_2$: 0–9	C'r_3: 0–9 (奇数样值)

表 17. Y'C'bC'r (A) 4:4:4:4 双链路格式的数据结构。

链路 A	B'$_0$: 2–11	G'$_0$: 2–11	R'$_0$: 2–11	G'$_1$: 2–11	B'$_2$: 0–9	G'$_2$: 2–11	R'$_2$: 2–11
链路 B	B'$_1$: 2–11	R'G'B'$_0$: 0–1	R'$_1$: 2–11	R'G'B'$_1$: 0–1	B'$_3$: 0–9	R'G'B'$_2$: 0–1	Rv$_3$: 2–11

表 18. RGB 12 比特的通道结构。

	比特位序号								
字	9 (MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1
	0 (LSB) EP	G'n:1	G'n:0	B'n:1	B'n:0	R'n:1	R'n:0	保留	保留

表 19. R'G'B' 0–1 的映像结构。

图37. Y'C'bC'r (A) 4:4:4:4 10比特格式双链路信号的波形显示。

Y'C'bC'r 4:4:4 和 Y'C'bC'r (A) 4:4:4:4 10 比特 (30, 29.97, 25, 24, 23.98 逐行扫描 PsF；60，59.94 和 50 隔行扫描格式)

Y'C'bC'r 4:4:4和Y'C'bC'r (A) 4:4:4:4 10比特格式的结构与R'G'B' (A) 4:4:4:4的样值结构一样，参见表17。在链路A中，其中[Y']数据空间被Y' 通道样值所填充，而[C'b/C'r]数据空间被C'b 和C'r 通道的偶数序号样值所填充。在链路B中，可以选择用Alpha通道数据来填充该链路中的[Y']数据空间，而[C'b'/C'r]数据空间则被C'b 和C'r 通道的奇数序号样值所填充，如表 16 所示。不过，由于这种格式与HD–SDI数据流中的Y'C'bC'r格式一致，因此，链路A实际上就代表了该信号，并且可以在HD波形监视器中观察到这种信号。但是，链路B信号的显示迹线则取决于 Alpha 通道中的数据值，参见图37 中的图像。使用WFM7120/7020波形监视器，在仪器的图像菜单中选择 Alpha 通道显示，可以观察到 Alpha 通道的波形迹线。在WFM7120/7020 监视器中，可以通过下变换(down–converted)来转换这种格式即将双链路信号转换为单路 HD–SDI 信号。转换后的单路 SD–SDI 信号可以从波形监视器输出，并且可以将它作为简单的监视应用信号，这样就不必使用双链路图像监视器。

R'G'B' 4:4:4 12比特(30, 29.97, 25, 24, 23.98 逐行扫描 PsF；60 59.94 和 50 隔行扫描格式)

为了使信号具有更大的动态范围，也可以在双链路标准中使用 12 比特数据格式。这里的问题是每一链路中的数据结构必须是 10 比特字。为此，我们定义了一种利用多个 10 比特字来携带 12 比特数据的方法。这个方法是，在R'G'B' 为12比特的情况下，其中的10个最高有效位(MSB)即比特位2至11用10比特字携带，每一R'G'B' 通道中余下的两个比特组合后置于链路B 中的Y' 通道中，参见表18 所示。链路A 传送G' 通道的比特2 至 11 以及 B' 和 R' 通道中的偶数序号样值中的比特2至11。链路B中的Alpha通道用来传送R'G'B' 样值的组合比特0至1。而B' 和R' 通道中的奇数序号样值中的比特2至11则在 [C'b/C'r]字中传送。组合后的R'G'B' 比特0 至 1 数据按照表 19 的定义映射为 10 比特字，其中 EP 表示比特 7 至 0 的偶校验，保留比特预置为零，而比特 9 是比特 8 的逻辑非。

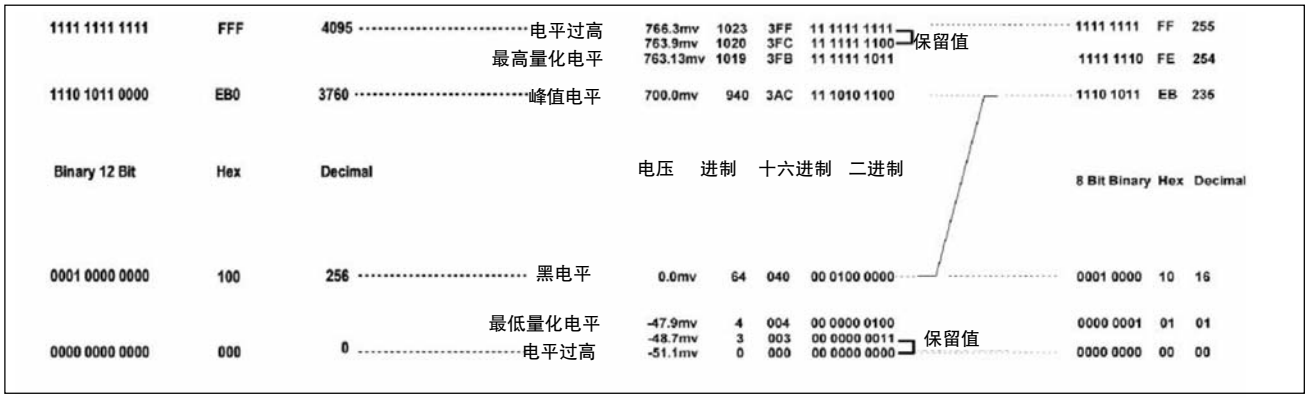


图 38. 12 比特和 10 比特数据值的图示。

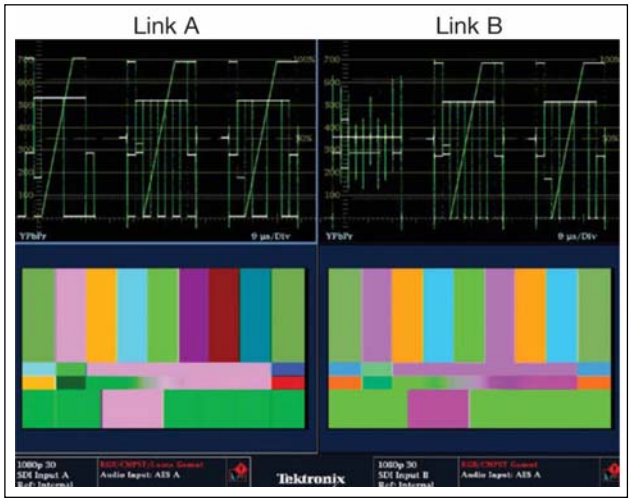


图 39. R'G'B' 4:4:4 12 比特格式链路 A 和链路 B 的信号波形显示。

利用WFM7120的选件SIM可以同时给出为两个链路的单独显示，参见图 39 所示。注意链路 B 中的 Y' 通道与其它波形显示并不相同，这是因为该通道只是由 R'、G' 和 B' 信号中的 0 至 1 比特组成的。许多人对 SDI 格式中使用的10比特样值数据十分熟悉，因为这是我们现在广泛使用的格式。然而，许多用户可能没有处理过12比特样值数据的视频信号。不过，图 38 为我们了解 10 比特和 12 比特样值数据之间的电平差异提供了一些有用的信息。

链路 A	C'b_0: 2–11	Y'$_0$: 2–11	C'r_0: 2–11	Y'$_1$: 2–11	C'b_2: 0–9	Y'$_2$: 2–11	C'r_2: 2–11
链路 B	C'b_1: 2–11	Y'C'bC'r_0: 0–1	C'r_1: 2–11	Y'C'bC'r_1: 0–1	C'b_3: 0–9	Y'C'bC'r_2: 0–1	C'r_3: 2–11

表 20. Y'C'bC'r 12 比特的通道结构。

	比特位序号									
字	9 (MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
		EP	Y'n:1	Y'n:0	C'b n: 1	C'b n:0	C'r n:1	C'r n:0	保留	保留

表 21. Y'C'bC'r 的 0 至 1 比特的映射结构。

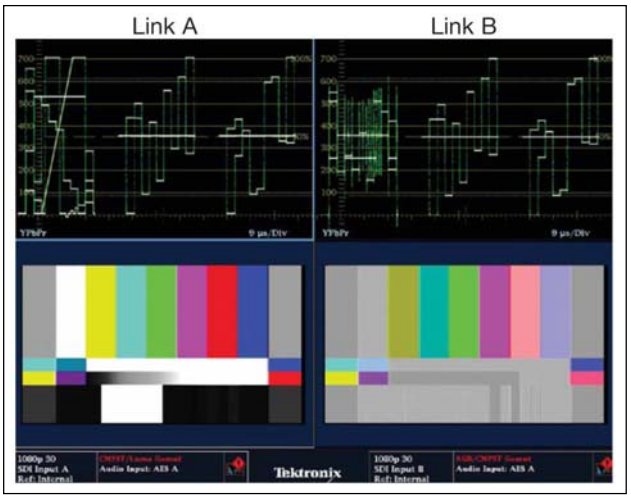


图 40. Y'C'bC'r 4:4:4 12 比特格式的链路 A 和链路 B 信号在 WFM7120 中的波形显示。

Y'C'bC'r 4:4:4 12比特(30, 29.97, 25, 24, 23.98 逐行扫描 PsF；60，59.94 和 50 隔行扫描格式)

Y'C'bC'r 12比特的数据结构类似于R'G'B' 12比特的数据结构，注意这里 G' 等效于 Y'，B' 等效于 C'b，而 R' 等效于C'r。表20给出了Y'C'bC'r样值的通道映射结构，而表 21 给出了 Y'C'bC'r 12 比特中的比特 0 至 1 在 10 比特数据字中的映射结构。图 40 是使用带有选件 SIM 的 WFM7120 观看这两个链路的波形显示。

链路 A	C'b_0: 2–11	Y'0: 2–11	C'r_0: 2–11	Y'$_1$: 2–11	C'b_2: 0–9	Y'$_2$: 2–11	C'r_2: 2–11
链路 B	A_0	Y'C'bC'r_0: 0–1	A_1	Y'$_1$: 0–1	A_2	Y'C'bC'r2: 0–1	A3

表 22. Y'C'bC'r (A) 4:2:2:4 12 比特的通道结构。

	比特位序号									
字	9 (MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
		EP	Y'n:1	Y'n:0	C'b n: 1	C'b n:0	C'r n:1	C'r n:0	保留	保留

表 23. Y'C'bC'r 格式中 0 至 1 比特的映射结构。

	比特位序号									
字	9 (MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
		EP	Y'n:1	Y'n:0	保留	保留	保留	保留	保留	保留

表 24. Y' 样值中比特 0 至 1 的映射结构。

Y'C'bC'r (A) 4:2:2:4 12 比特(30, 29.97, 25, 24, 23.98 逐行扫描 PsF；60，59.94 和 50 隔行扫描格式)

对于那些需要传输 Alpha 通道和 Y'C'bC'r 12 比特数据的应用而言，应当按照下列方式使之约束在10比特SDI数据结构中来定义 12 比特的数据流。具体来说，即将 Y'C'bC'r 中比特 2 至 11 由链路 A 传送，并且按照 C'bY'C'rY'* 的方式复用为SDI信号。而在B链路中传送的是Y'nC'bnC'rn 和Yn+1的两个最低有效位(LSB)，映射方式参看表22。Y'C'bC'r样值中两个最低有效位即比特 0 至 1 按照表 23 映射在 10 比特字中传送。至于还有另外的Y' 样值(即Y' 的奇数样值)的比特0和1按照表24进行映射。

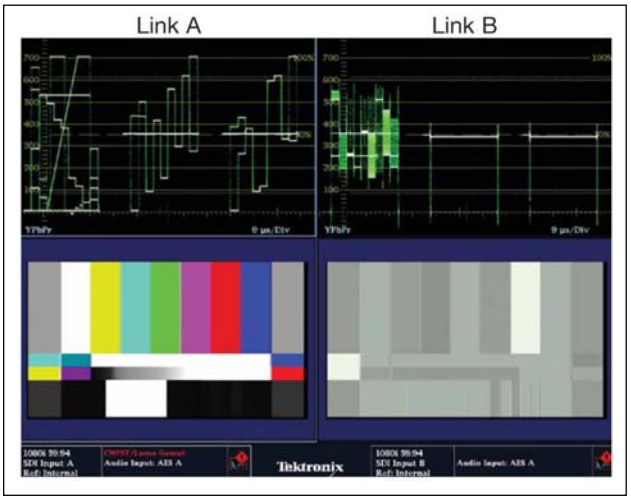


图 41. Y'C'bC'r (A) 4:2:2:4 12 比特格式双链路 A 和 B 信号在 WFM7120(含选件 SIM)中的波形显示。

图 41 给出了这种双链路信号在带有选件 SIM 的 WFM7120 波形监视器中的波形显示。在这种情况下，链路A传送的是一标准的Y'C'bC'r 信号; 而在链路B中，在它的Y通道里只含有Y'C'bC'r 数据样值的比特0至1，而在链路 B 的C'b 和C'r 通道里则包含的是 Alpha 数据通道的信息。

为了保持SDI信号总的数据率不变，那么每一行的总字数应当按照每一种不同的格式而有所不同，这样才能保持恒定的数据率。表 25 给出了每一种双链路格式的行长度值，可以看出，不同的双链路格式有着不同的行长度(总字数)。

帧频 / 场频	每行总字数	每行总的有效字数
60 或 59.94 场 30 或 29.97 帧	2200	1920
50 场 25 帧	2640	1920
24 或 23.98 帧	2750	1920

表 25. 双链路格式的行长度结构。

在处理某一系统设施中的双链路信号时，还有一些问题值得我们注意。由于被传输的信号数据是映射在两个链路之间，那么，在某一视频设施中，这两个链路可能会经由不同的传输路径。这样，在这两个链路之间就存在着潜在的、会引入定时误差的可能。按照SMPTE 372M 标准的规定，在设备的输出源端处，两个链路之间可允许的定时差为 40ns，然而却没有对这两个链路之间可允许的最大定时误差作出规定。因此，必须查验每一设备的技术性能，以了解该器件在输入端所允许的定时误差范围，以确保传输这两个链路信号的路径的电长度是相同的。在某些情况下，设备本身的内部缓存器可能会给其输入端引入通道间的定时差。无论如何，应当仔细地对定时进行查验以不超出该设备的技术规范，否则双个链路的信号不能正确地组合。如果超出了规定的定时差，那么在两个通道之间会产生定时漂移致使组合后的数据不正确。

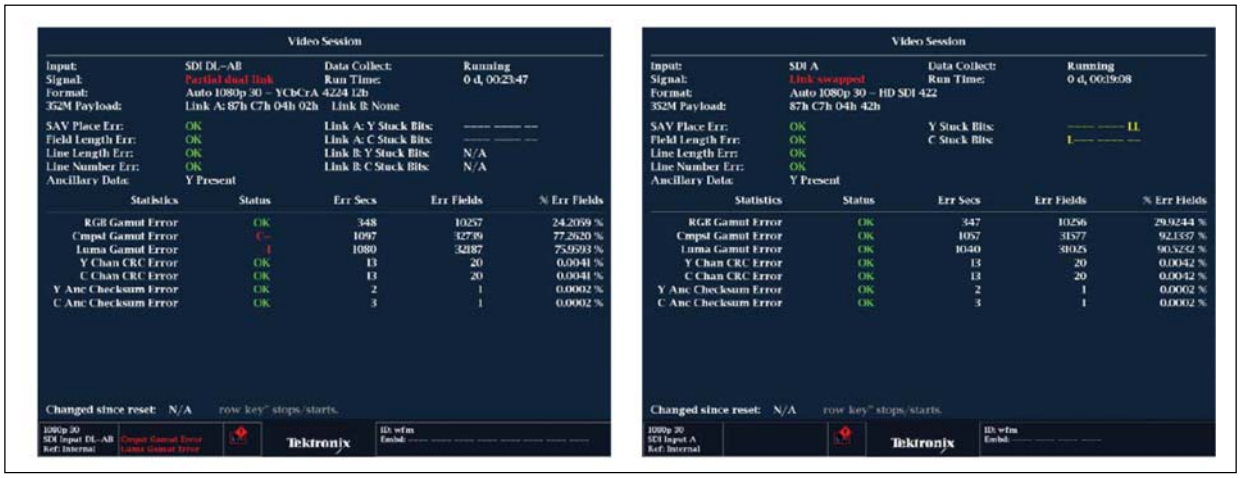


图 42. 在波形监视器的视频会话(Video Session)显示中，表明双链路信号的连接有错误。

图 43. 双链路信号的通道间的定时测量。

利用 WFM 和 WVR 系列监视仪器，如果将双链路信号接入到它们的输入端口，则仪器的定时显示会给出链路 B 相对于链路 A 之间的通道间定时差，参见图 43 所示。在图示情况下，给出的链路 B 和链路 A 之间的通道间定时差测量值为 161ns(12 个取样时钟)。注意这种通道间的定时测量给出的是两个通道本身之间的定时差，它不会影响基准信号和输入信号之间的定时测量。我们也可以给仪器设置一个告警阈值，当被测的两个通道间定时超出某一时钟样值时会发出告警。

在视频系统设施内的另一个潜在问题是在某个器件的输入端这两个链路存在被调换的可能性，或者是某一链路被丢失或数据被损坏。为了验证信号的完整性，利用 WFM 或 WVR 系列仪器中的视频会话(Video Session)显示，这样的问题可以很快地被发现。假定在仪器中链路 A 为主路信号，为使双链路信号正确地组合，该路信号必须存在。如果链路 B 具有不正确的格式或者有着错误的视频有效负载标识，那么在视频会话显示中就会指示链路错误。当链路 B 被丢失，在视频会话中将显示“partial dual link.”(部分双链路)这样的出错信息。如果链路 A 和链路 B 与仪器的连接不正确，并且如果视频有效负载标识存在的话，那么在视频会话显示中就会显示“Links swapped”(链路被调换)的出错信息。

诸如上述类型的各种路径长度和连接问题均可以通过使用一单根 SDI 电缆来解决。不过，为了用这根电缆传输完整的数据流，必须使该电缆传输的数据率加倍。现在我们已经有了更先进的技术，即使用通过一单根同轴电缆来传送 3Gb/s 高速串行数据。

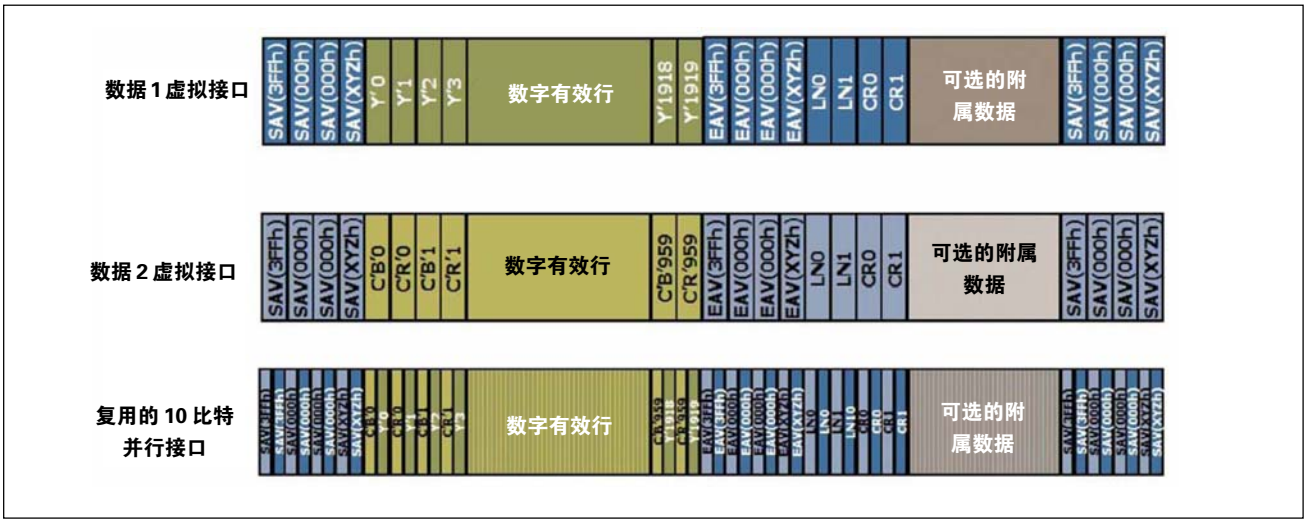


图 44. 3Gb/s SDI 的数据映射结构 1。

数据流 1	Y'0	Y'1	Y'2	Y'3	Y'4	Y'5
数据流 2	C'b0	C'r0	C'b1	C'r1	C'b2	C'r2

表 26. 虚拟接口的映射结构 1。

3Gb/s(SDI)高速数据

SMPTE 对3Gb/s格式的标准化已经在两个文件中作了规定。这两个文档分别是 SMPTE 424M 和 SMPTE 425M。其中SMPTE 424M规定了3Gb/s的数据串行接口，而SMPTE 425M描述了3Gb/s源图像格式的映射。表 14 给出的可支持的映射结构略微不同于双链路映射结构。3Gb/s 信号格式在其被映射的数据结构中包含有两个虚拟接口，这两个虚拟接口中的SDI信号具有相同的HD结构。其中的EAV、SAV、行计数序号(LN0、LN1参见表 3)和校验和(CR0、CR1 参见表 4)与 HD-SDI 信号标准一致。

映射结构1: 快速逐行扫描格式(Y'C'bC'r 4:2:2 10比特，帧频为 60p, 59.94p, 50p)

在快速逐行扫描格式中，其中虚拟接口的数据流 1 包含有 Y 亮度数据，而数据流 2 包含有 C 色度信息，对它们的规定参见表 26。这两个虚拟接口又被一起复用以形成 10 比特并行接口，而后转换为串行数字信号，如图 44 所示。

图 46. 快速逐行扫描 1080p/59.93 3Gb/s 格式中的 A 级彩条信号在 WFM7120 中的显示图形。

我们可以将 3Gb/s 快速逐行扫描信号送入带有选件 3G 的 WFM7120 监视器中，并且能够以传统波形的显示方式给出 3Gb/s 快速逐行扫描信号信号的波形显示。在 WFM7120 中，可以提供 3Gb/s 的多种显示图形，包括两个波形迹线的同时显示以及各种图像显示和状态显示等，如图 46 所示。在视频会话显示中提供了有关信号格式的重要信息，通过这种显示信息，可以在被检测信号中存在视频有效负载标识符(按照SMPTE 352M标准)的情况下，迅速地识别信号的格式。

利用带有选件 DAT 的 WFM7120，可以提供数据列表(Data list)显示。用户在波形监视器中能够以两种方式观察到快速逐行扫描信号的数据结构。其中一种方式是数据格式，即可以察看两个虚拟接口中的数据；另一种方式是视频格式，即仪器能够显示出最终组合的视频信号中的数据。

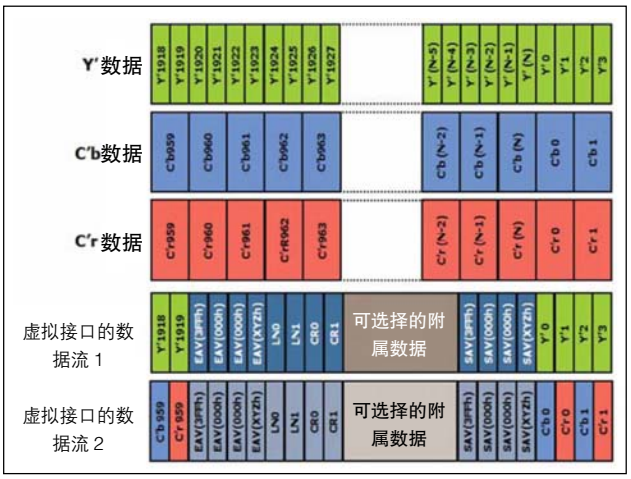


图 47. 快速逐行扫描信号的映射结构 1。

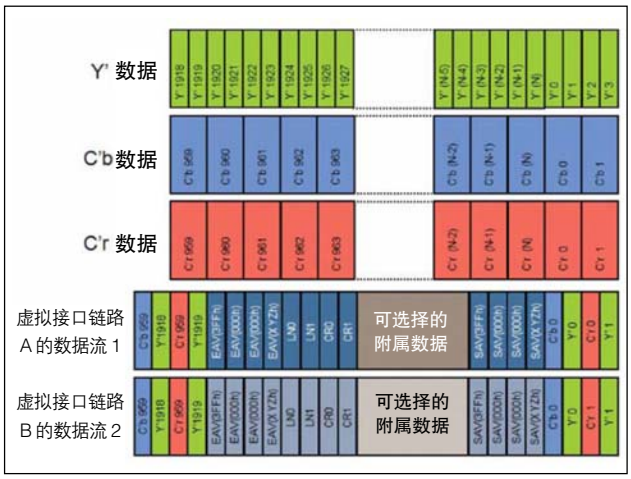


图48. 3Gb/s接口中双链路快速逐行扫描格式信号的B级映射结构。

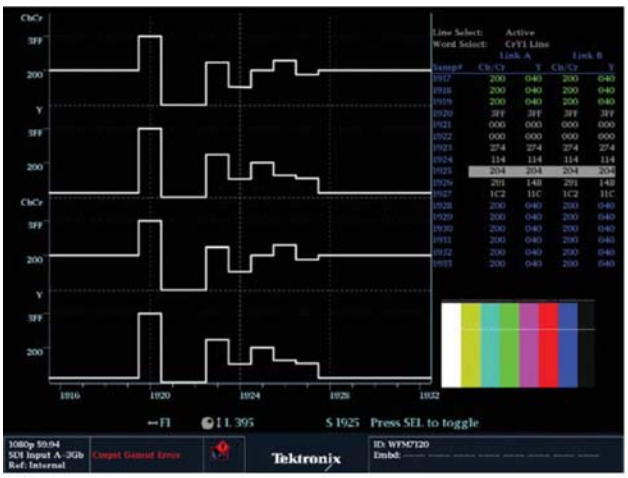


图 49. 快速逐行扫描格式 B 级信号中的数据列表显示(Data list display)。

快速逐行扫描信号的数据Y的取样频率为148.5MHz或者为（148.5/1.001）MHz，这与信号的格式相关。色差信号的取样频率为半时钟频率，即每个C'b或C'r样值的取样频率为 74.25MHz或（74.25/1.001）MHz，这样可以生成4:2:2的样值结构。由图47可以看出，Y'、C'b和C'r是如何组合在两个虚拟接口之中。其中每行中有效图像的样值总数为1920（序号0至1919）个，而消隐宽度（时长）随不同的信号格式而改变，这样可以保持恒定的数据速率。表29给出各种不同帧频下的每行样值数。

A 级和 B 级映射结构

在SMPTE 425M标准中将A级定义为一种特定的直接图像格式映射，它最初在快速逐行扫描格式中介绍过。这种映射结构不同于双链路SMPTE 372M标准。不过，在SMPTE 425M标准中也允许将双链路信号映射为一路3Gb/s信号，这种映射结构在SMPTE 425M标准中定义为B级。在B级映射结构中，链路A的数据被映射到虚拟接口1而链路B信息则映射到虚拟接口2。由图48可以看出，双链路数据是如何映射到3Gb/s信号的两个虚拟接口中。在WFM7120的数据列表显示中，B级的数据模式是将链路A和链路B的数据通过一个3Gb/s接口传输的，参见图49。

映射结构 2：

4:4:4 R'G'B'/Y'C'bC'r 和4:4:4:4 R'G'B'(A)/Y'C'bC'r (A) 10 比特信号（30, 29.97, 25, 24, 23.98 逐行扫描 PsF；60，59.94 和 50 隔行扫描格式)

映射结构2支持将R'G'B'或Y'C'bC'r样值数据应用到1080和720格式中。其中，数据流1传送所有的R'和G'样值，而数据流2传送所有的Alpha通道数据和B'样值。每个通道的取样频率均为74.25MHz或74.25MHz/1.001。如果是Y'C'bC'r格式而不是R'G'B'样值格式，那么用Y'样值取代G'而用色差样值C'b/C'r分别取代B'/R'样值即可。

	比特位序号									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
数据流 1 中第一个样值字 (a)/(n)	___ B8	R’(a)/(n) [11:9]			G’(a)/(n) [11:9]			B’(a)/(n) [11:9]		
数据流 1 中第二个样值字 (a)/(n)	___ B8	R’(a)/(n) [5:3]			G’(a)/(n) [5:3]			B’(a)/(n) [5:3]		
数据流 2 中第一个样值字 (a)/(n)	___ B8	R’(a)/(n) [8:6]			G’(a)/(n) [8:6]			B’(a)/(n) [8:6]		
数据流 2 中第二个样值字 (a)/(n)	___ B8	R’(a)/(n) [2:0]			G’(a)/(n) [2:0]			B’(a)/(n) [2:0]		

表 27. 12 比特的 R’ G’ B’ 样值映射到 10 比特虚拟接口中的映射结构。

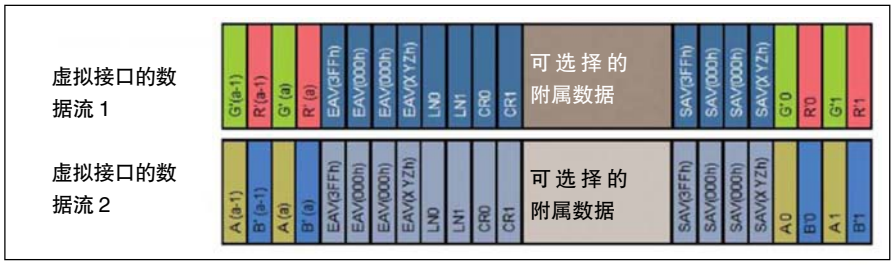


图 50. (A 级)R’G’B’ 映射结构 2。

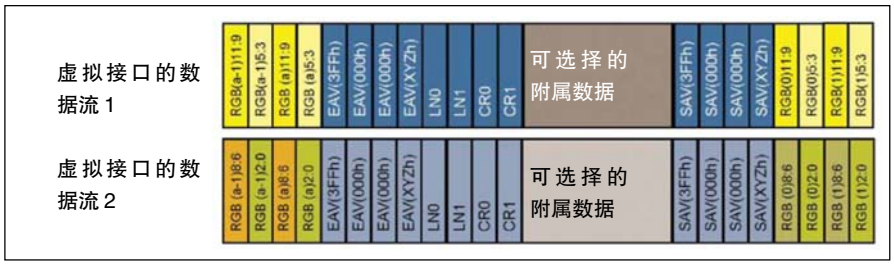


图 51. (A 级)R’G’B’ 映射结构 3。

映射结构 3：

4:4:4 R’G’B’/Y’C’bC’r 12 比特信号(30, 29.97, 25, 24, 23.98 逐行扫描 PsF；60，59.94 和 50 隔行扫描格式)

4:4:4 X’Y’Z’ 12 比特信号(24 帧逐行扫描，PsF)

在映射结构 3 中，无论是 12 比特的 R’G’B’ 样值还是 12 比特的 Y’C’bC’r 或 X’Y’Z’ 格式，均可以映射到 SDI 中传输。我们用 [11:0] 来代表 12 个比特位的序号，必须将 12比特映射到10比特的数据结构中。为此，将每一 12 比特样值划分为 4 组，它们分别是：[11:9]、[8:6]、[5:3]和[2:0]，而后将这些数值按照表 27 的规定组合为 10 比特字，注意R’G’B’ (Y’C’bC’r或X’Y’Z’)的每一个样值均按此要求进行组合。组合后的分组数据字被指配在两个虚拟接口中，其中 [11:9]组和[5:3] 组由虚拟接口 1 传送，余下的另两个分组数据字 [8:6] 组和[2:0]组由虚拟接口2传送，如图51所示。表 27 和图 51 给出的是 R’G’B’样值格式的映射结构。如果是 Y’C’bC’r 格式，则用 Y’ 样值取代 G’ 样值，而用色差 C’b/C’r 样值分别取代 R’/B’ 样值。在数字影院应用中，使用的是另一种彩色空间即 X’Y’Z’ 来提供较大的彩色动态范围以再现电影中的可用彩色位深。SMPTE 428标准定义了这种彩色空间的各个参数。在 X’Y’Z’ 格式的情况下，用 X’ 来取代 R’ 样值，用 Y’ 取代 G’ 样值，以及用 Z’ 取代 B’ 样值。

每一通道的取样频率均为 74.25MHz 或者是 74.25MHz/1.001，为了使以上各个被 3Gb/s 支持的格式均保持为恒定的3Gb/s数据率，消隐宽度(时长)则是可以改变的。表 29 为每一格式规定了每行的总字数。

	比特位序号									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
数据流 1 中第一个样值字 (a)/(n)	___ B8	保留			Y'(a)/(n) [11:6]					
数据流 1 中第二个样值字 (a)/(n)	___ B8	保留			Y'(a)/(n) [5:0]					
数据流 2 中第一个样值字 (a)/(n)	___ B8	保留			C'b (a)/(n) [11:6]					
数据流 2 中第二个样值字 (a)/(n)	___ B8	保留			C'b (a)/(n) [5:0]					
数据流 1 中第三个样值字 (a)/(n)	___ B8	保留			C'r (a)/(n) [11:6]					
数据流 1 中第四个样值字 (a)/(n)	___ B8	保留			C'r (a)/(n) [5:0]					

表 28. 12 比特的 Y'C'bC'r 样值映射到 10 比特虚拟接口中的映射结构。

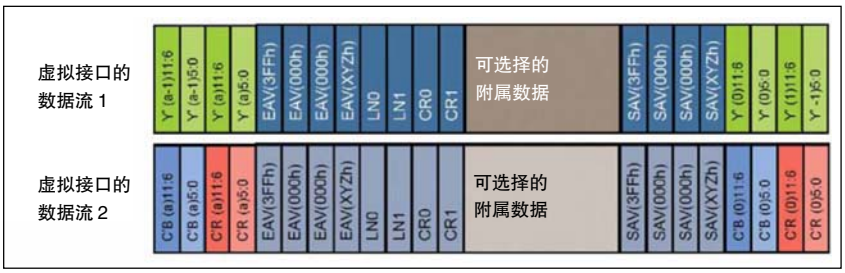


图 52. (A 级)Y'C'bC'r 映射结构 4。

映射结构 4：

Y'C'b'r 12比特信号(30, 29.97, 25, 24, 23.98逐行扫描 PsF；60，59.94 和 50 隔行扫描格式)

为了将这种Y'C'bC'r 12比特数据映射到SDI接口的10比特基础设施中，我们用 [11:0] 来代表 Y'C'bC'r 样值12个比特位的序号，每一样值的12个比特必须指配为几个不同的 10 比特字。在映射结构 4 中，Y' 样值数据的前 5 个比特 [11:6] 用虚拟接口 1(虚拟接口 1 中的前一数据包或前一个字) 传送，而Y' 样值数据的后5个比特 [5:0] 用虚拟接口 1 的下一相邻数据包(后一个字)来传送，如表28(原文误为表21)所示。图52给出了如何将这些数据包组合到两个虚拟接口中。亮度信号(Y')的取样频率为 74.25MHz 或 74.25MHz/1.001，而色度通道(C'b/C'r)的取样频率为亮度取样频率的一半，即为 37.125MHz 或 37.125MHz/1.001。

帧频	每行的总字数	每行的总有效字数
24 或 23.98	4125	1280
25	3960	1280
30 或 29.97	3300	1280
50	1980	1280
60 或 59.94	1650	1280
24 或 23.98	2750	1920
24 或 23.98	2750	1920
25	2640	1920
30 或 29.97	2200	1920
24 或 24PsF	2750	2048

表 29. 各种帧频下视频行的样值结构。

数字音频

图 53. 附属数据的格式。

数字接口的一个优点是它能够在数字视频中嵌入(复用)数个通道的数字音频。这在大型系统中是十分有用的。在大型系统中，应当考虑数字音频采用单独路由的成本，还要保证它与其对应的视频信号的相互关联性。在小型系统中，例如后期制作设施中，采用单独的的音频路由一般来说更为经济，这样可以不必使用一些复用器和解复用器组件。对于采用 525/50 和 625/50 ANSI/SMPTE 259M 标准即 SD–SDI 的接口格式而言，数字音频的处理由 ANSI/SMPTE 272M 标准所定义；而对于 ANSI/SMPTE 292M 即 HD–SDI 接口格式，采用 24 比特的数字音频，并按照 ANSI/SMPTE 299M 标准(HDTV 比特串行接口的 24 比特数字音频)的定义格式化。无论是SD还是HD，格式化后的AES/EBU音频格式和附属数据均嵌入在相应SDI接口的数字视频附属数据区内。

由两路至16路的AES/EBU音频通道可以成对传送并组合为对应的四个通道组。各组数据可通过单一的附属数据ID(DID)字来识别。音频信号的取样按照48KHz的视频同步时钟频率进行，也可以在 32kHz 至 48kHz 的范围内选用同步或异步的时钟频率。

附属数据先格式化为附属数据包，然后经复用后嵌入在视频数据码流中，如图53所示。在每一音频数据包中，最多可以含有255个用户数据字，这样可以提供足够可用的数据空间，此外还有 7 个字(对于分量视频)的数据包开销字。对于复合数字，只有场同步宽脉冲才有足够的空间容纳全部的255个字。多路复用的数据包可放置在专用数据区内。

包头位于每一附属数据包的起始处，包头中的前3个字为 ADF(附属数据包识别标志)，这 3 个字既不能使用数字视频中的数据字，也不能使用代表视频同步基准的保留字。对于分量视频而言，ADF的这3个字依次为000_h、$3FF_h$、$3FF_h$。ADF 之后是数据标识字(DID)，通过它来识别各种不同类型的数据包。为了区分嵌入音频中的各种数据包，分别定义了不同的DID字。数据块序号(DBN)是一种可选计数器，它为附属数据包提供顺序读数，接收端可据此判断是否丢失了附属数据包。另外，DBN序列的中断可以用来检测是否发生了场消隐切换，例如在嵌入音频中，接收机利用DBN序列是否中断在对音频数据进行处理时可以除去因场消隐切换带来的瞬间的类似“卡嗒”声或“爆裂”声。最靠近用户数据之前的是数据计数字(DC)，它用来指示该附属数据包中用户数据字的个数。用户数据字之后是校验和(CS)，它用来检测本数据包中是否出现误码。

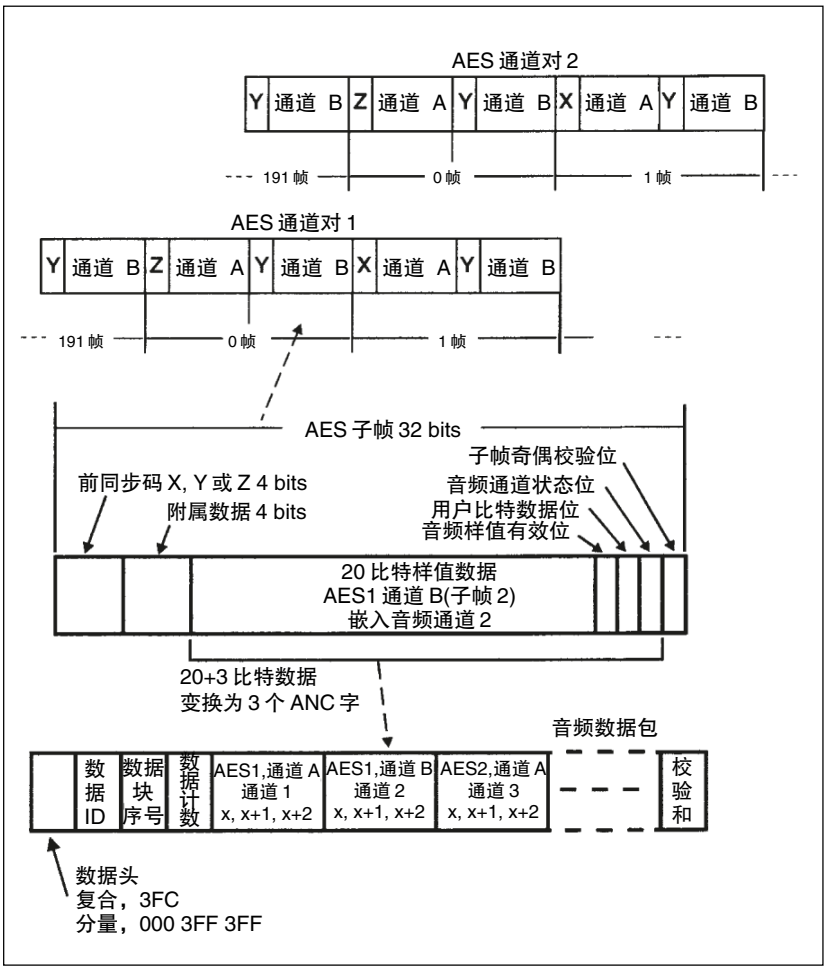


图 54. 基本嵌入音频

分量数字视频中的嵌入音频

标准清晰度视频中的嵌入音频和可用选项由 ANSI/SMPTE 标准 272 所定义，高清晰度视频中的嵌入音频由 ANSI/SMPTE 299M 定义。可以参考上述文件的最通用版本。具有两路 AES 的通道对的基本嵌入音频配置如图 54 所示。

音频数据包最多包含四个音频通道中的一个或多个音频样值。每个 AES 子帧的 23 比特(20 个音频比特及 C、U 和 V 比特)变换为 10 比特视频字(x、x+1、x+2)，见表 30 所示。

为保证特定的字数值(3FF$_h$ 至 3FCh 或 003$_h$ 至 000$_h$) 不被使用，比特 –9 的值总与比特 –8 相反。Z 比特预置为 “1”，对应于 192 帧 AES 块的第一帧。嵌入音频的通道基本上是独立的(尽管它们总是成对传送)，因此在每个通道中 Z 比特 预置为 “1”，即使它们均来自于同一 AES 源。C、U 和 V 比特是从 AES 信号变换而来的，然而表 30 中的校验比特不是 AES 包中的校验比特，数据字 X+2 中的比特 8 是所有三个字(x、x+1、x+2)中的比特 0 至 8 的偶校验。

比特位	X	X + 1	X + 2
b9	反 b8	反 b8	反 b8
b8	AUD 5	AUD 14	偶校验
b7	AUD 4	AUD 13	C
b6	AUD 3	AUD 12	U
b5	AUD 2	AUD 11	V
b4	AUD 1	AUD 10	AUD 19 (msb)
b3	AUD 0	AUD 9	AUD 18
b2	ch bit–1	AUD 8	AUD 17
b1	ch bit–2	AUD 7	AUD 16
B0	Z–bit	AUD 6	AUD 15

表 30. 嵌入音频的比特分配

有关音频数据包的分配现有一些规定和限制，尽管在标准的早期条款中考虑到一些老款设备可能并不满足所有这些规定。按照 RP168 的规定，紧随正常场消隐期切换点之后的行附属数据区内，是不传送音频数据包的。另外，RP165 规定，在设计用于误码检测校验字的附属数据区内，也不传送音频数据包。考虑到上述这些限制，除去这些不传送音频数据包的数据区，音频数据在整个视频场内应当尽可能地平均分配。这对于在复合数字系统中减小传送 24 比特音频接收机缓冲器的容量是十分重要的。作上述处理后，在每个音频数据包内就有三个或四个音频样值。

扩展的嵌入音频

在上述标准中，全特性的嵌入音频包含以下内容：

- 携带 4 个 AES 辅助比特(辅助比特可将音频样值扩展至 24 比特)
- 允许非同步时钟运行
- 允许使用取样频率不是48kHz的音频样值
- 提供每个通道的音频/视频延时信息
- 在分量数字系统中，定义的数据ID字(DID)可识别多达 16 个音频通道
- 可对525行系统中的“音频帧”计数

为提供上述特性，定义了两个附加数据包。其中扩展数据包带有 4 个 AES 辅助比特，其格式是，在一个视频字中含有两个音频样值的辅助数据(如图 55)。扩展的数据包应当处于与音频数据包相关的相同附属数据区内，且应紧随在音频数据包之后。

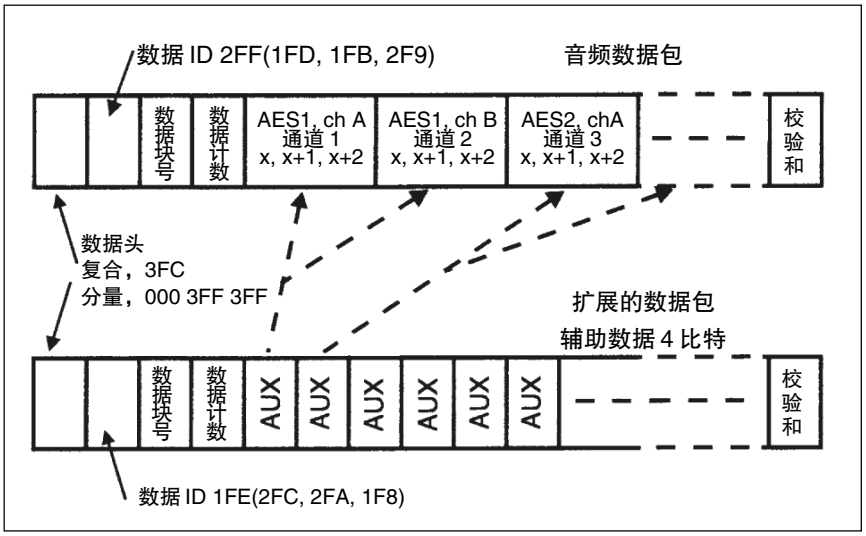


图 55. 扩展的嵌入数据

在场消隐切换点之后的第二个行附属数据区内，每场传送一个音频控制数据包(如图 56 所示)。音频控制数据包所含信息包括：每个通道的音频帧号、样值频率、有效通道和音频/视频的相对时延。对于 48kHz 同步运行模式，音频控制包的传送是可选的，但对其它所有的运行模式(因为它包含有正在使用模式的有关信息)，则是必需的。

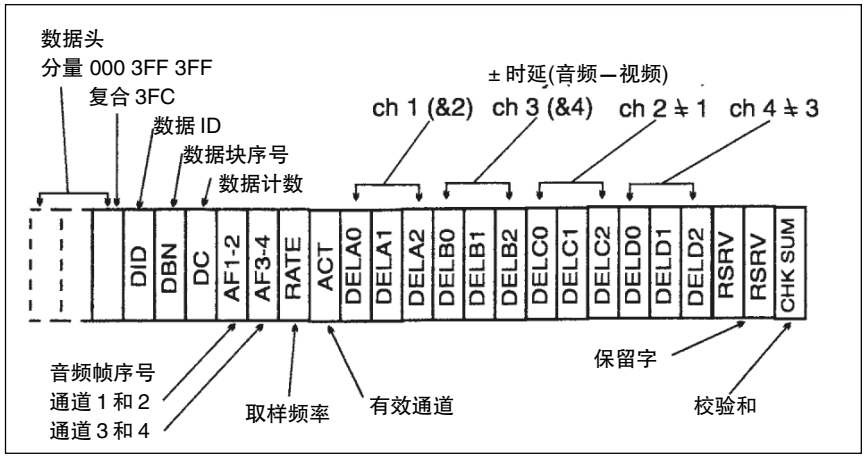


图 56. 音频控制数据包格式

在 525 行、29.97 帧 / 秒运行系统中，音频帧号是人为规定的。在 5 帧中有准确的 8008 个音频样值，这意味着每帧的样值数据不是整数。音频帧的序列是整数样值的帧数(在这种情况下为 5 帧)，也就是说，音频帧序列的长度为5。音频帧号指示某一特定帧在该序列中的所处位置。这对于信号源间的切换是十分重要的，因为某些设备，特别是数字视频记录设备，需要视音频之间协调一致的同步运行，以避免缓冲器的上溢和下溢。如果是用于频繁的切换，那么在设计接收设备时，应在音频帧序列中有五分之四受到破坏的情况下，紧随切换点之后增加或丢弃一个样值。问题是在这样的系统中如何检测切换的发生。使用附属数据格式结构中的数据块号，以及在音频控制包的音频帧序号字中未用比特的可选帧计数器，将有利于这种问题的解决。

	音频通道	音频数据包	扩展的数据包	音频控制包
第 1 组	1–4	2FF$_h$	1FE$_h$	1EF$_h$
第 2 组	5–8	1FD$_h$	2FC$_h$	2EE$_h$
第 3 组	9–12	1FB$_h$	2FA$_h$	2ED$_h$
第 4 组	13–16	2F9$_h$	1FB$_h$	1EC$_h$

表 31. 标清嵌入音频中运行 16 个通道的数据识别字 DID。

在使用默认通道对模式的音频控制数据包中包含有音频延时信息。其中时延 – A(DELA0 – 2)用于通道 1 和通道 2，除非通道 2 的时延与通道 1 并不相等。在这种情况下，通道 2 的时延位于时延 – C。在一个通道对中，每个通道的取样频率应当相等，因为“ACT”中的数据仅提供两个数值，其中一个数值用于通道 1 和 2，另一个数值则用于通道 3 和 4。

在分量数字系统中，为了最多嵌入 16 个音频通道，可将嵌入的音频通道划分为组，即将基本 4 个音频通道划分为一个音频组，这样 16 个音频通道可以划分为 4 个音频组。在以上三种类型的数据包(音频数据包、扩展数据包和音频控制包)中，每一种类型的数据包以及音频通道所在的组别均可以用不同的数据识别符(DID)来区分，如表 31 所示。

在分量数字视频中，音频解复用器中的接收机缓冲器并非是一个很严重的问题，因为有很多附属数据区可供使用。在附属数据区内，只有少数几行不能嵌入音频附属数据。这种情况明显不同于复合数字视频。因为在复合数字视频中，均衡脉冲是没有容纳数据的，更重要的是，扩展音频需要数据包的分配。为此在标准中规定每个通道的接收机缓冲器需要 64 个样值，而早期规定的每通道是 48 个样值，以此提示设计人员在原有设备中存在一些限制。

系统化的 AES/EBU 音频

在节目制作和后期制作设施以及电视台中，串行数字视频和音频的应用已日益普遍。在许多情况下，视频和音频是作为共有的信号源；人们希望它们始终在一起并将它们作为一种数据流来处理。就应用实例而言，这样作的优点在于能在数字域中始终保持这种信号，并能通过一个串行数字视频路由切换器将它们一起切换。在一些特殊应用场合，人们又希望断开某些音频信号源，这时需要对数字音频进行解复用，而后通过一种 AES/EBU 数字音频路由切换器分别予以切换。

在接收端，已复用的数字音频经过串行数字路由切换器之后，也许需要将音频信号从视频信号中提取出来以进行编辑、音频加工或作其它处理，这就需要通过解复用器从串行数字视频信号中提取 AES/EBU 音频信号。一般解复用器均具备串行数字视频的 BNC 端口和两路立体声对的 AES/EBU 数字音频信号连接器，可用来提供音频信号的输出。

基本 HD 嵌入音频

与SD系统中的嵌入音频相比较，HD环境中的AES/EBU音频的嵌入既有相似之处，也有一些不同的地方。在SD 和 HD 之间，附属数据的格式是相同的。但用户数据中包含的信息是不同的，因为在HD中，24比特的音频数据是作为一个整体传送的，而不是将它划分为20比特的音频数据和一个扩展包中的4个辅助比特。因此，[HD中使用的总比特数是29比特(比较SD中使用的是23比特)，其中，24比特的音频数据和C、V、U以及Z比特标志被放置在4个附属数据字中] [译者注: 此句的表述易产生歧义。建议将前面方括号内绿字体改译为：在HD中，将AES子帧中的24个音频样值数据比特(比较SD中使用的是20个音频样值比特)以及V、U、C和P比特一起映射到音频数据包的4个用户数据字中，参见表33。映射后的用户数据字中的Z比特则作为AES/EBU块(192帧)的块同步标识]。此外，嵌入在HD-SDI的音频数据包中还增加了CLK字和ECC字，参见图57所示。由于24比特的音频数据是作为一个整体包含在用户数据中，因此在HD中就不再使用扩展数据包。

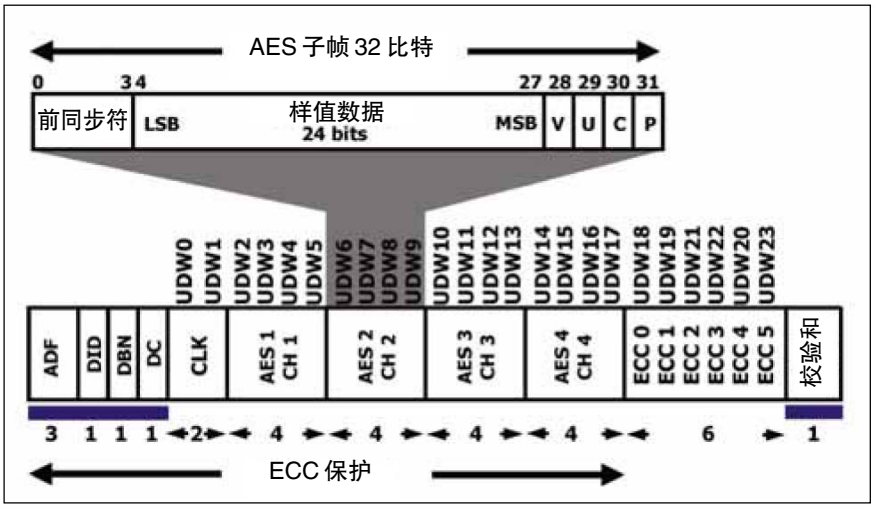


图 57. HD 音频数据包的结构。

同样地，HD中的附属数据包的结构也应当符合SMPTE 291M 标准，即包中的前三个字是附属数据标志(ADF)字，其值依次为 000_h、$3FF_h$、$3FF_h$。紧随 ADF 字之后是一个字的数据识别字(DID)，它用来识别对应的音频数据组，参见表 32。DID 之后是一个字的数据块号(DBN)，接着是一个字的数据计数字(DC)，其值总是 218_h。用户数据字(UDW)总是包含 24 个数据字，其数据结构如图 57 所示。在用户数据字中，前两个字即 UDW0 和 UDW1 用于音频时钟相位数据，它提供了用

	音频通道	音频数据包	音频控制包
音频组 1	1–4	$2E7_h$	$1E3_h$
音频组 2	5–8	$1E6h_h$	$2E2_h$
音频组 3	9–12	$1E5_h$	$2E1_h$
音频组 4	13–16	$2E4_h$	$1E0_h$

表 32. HD 嵌入音频(最多可嵌入 16 个通道)的数据标识字。

比特位	UDW2	UDW3	UDW4	UDW5
B9	反 B8	反 B8	反 B8	反 B8
B8	偶校验	偶校验	偶校验	偶校验
B7	AUD13	AUD111	AUD 119	P1
B6	AUD12	AUD110	AUD 118	C1
B5	AUD11	AUD19	AUD 117	U1
B4	AUD1 0	AUD18	AUD 116	V1
B3	Z	AUD1 7	AUD1 15	AUD1 23 (MSB)
B2	0	AUD1 6	AUD1 14	AUD1 22
B1	0	AUD1 5	AUD1 13	AUD1 21
B0	0	AUD1 4	AUD1 12	AUD1 20
比特位	UDW6	UDW7	UDW8	UDW9
B9	反 B8	反 B8	反 B8	反 B8
B8	偶校验	偶校验	偶校验	偶校验
B7	AUD2 3	AUD 2 11	AUD 219	P2
B6	AUD2 2	AUD 2 10	AUD 218	C2
B5	AUD2 1	AUD 2 9	AUD 2 17	U2
B4	AUD2 0	AUD 2 8	AUD216	V2
B3	0	AUD2 7	AUD2 15	AUD2 23 (MSB)
B2	0	AUD2 6	AUD2 14	AUD2 22
B1	0	AUD2 5	AUD2 13	AUD2 21
B0	0	AUD2 4	AUD2 12	AUD2 20
比特位	UDW10	UDW11	UDW12	UDW13
B9	反 B8	反 B8	反 B8	反 B8
B8	偶校验	偶校验	偶校验	偶校验
B7	AUD3 3	AUD 311	AUD 319	P3
B6	AUD3 2	AUD 310	AUD 318	C3
B5	AUD3 1	AUD 3 9	AUD 3 17	U3
B4	AUD3 0	AUD 38	AUD 316	V3
B3	Z	AUD3 7	AUD3 15	AUD3 23 (MSB)
B2	0	AUD3 6	AUD3 14	AUD3 22
B1	0	AUD3 5	AUD3 13	AUD3 21
B0	0	AUD3 4	AUD3 12	AUD3 20
比特位	UDW14	UDW15	UDW16	UDW17
B9	反 B8	反 B8	反 B8	反 B8
B8	偶校验	偶校验	偶校验	偶校验
B7	AUD4 3	AUD 4 11	AUD 419	P4
B6	AUD4 2	AUD 410	AUD 418	C4
B5	AUD4 1	AUD 4 9	AUD 4 17	U4
B4	AUD4 0	AUD 4 8	AUD416	V4
B3	0	AUD4 7	AUD4 15	AUD2 23 (MSB)
B2	0	AUD4 6	AUD4 14	AUD4 22
B1	0	AUD4 5	AUD4 13	AUD4 21
B0	0	AUD4 4	AUD4 12	AUD4 20

表 33. 音频数据的比特指配。

来再生音频取样时钟的一种方法。这两个字中的数据给出了EAV中的第一个字与一特定视频样值(该视频样值必须与音频样值相对应)之间的视频时钟的个数。

在表 33 中，给出了每一音频数据子帧中各个比特在 4 个 UDW(用户数据字)中的指配位置。

需要注意的是，对于音频子帧的前同步符而言，并非它的所有数据比特均包含在 4 个 UDW 中，而只是用 Z 比特标志来作为 192 帧的起始基准位(块同步标识比特)。还有，与标准清晰度电视不同的是，音频数据包中 4 个 UDW 中的偶校验比特使用的就是对应 AES/EBU 子帧(共 32 比特)中的 P 比特。

用于误码校正的代码即 ECC 是一组 6 个 UDW 字的代码，其检验范围自 ADF 至 UDW17 共 24 个字。ECC 码的数值是利用一个 BCH 代码信息电路对被检验字的 8 个比特即比特 0 至比特 7 的数据值进行计算，由此而产生 6 个字的 ECC 码。

嵌入音频的附属数据信息(即音频数据包)经复用后仅放置在色差Cb/Cr数据空间内。这点与标准清晰度中的嵌入音频不同。在标准清晰度中，附属的音频数据是放置在整个 CbYCrY* 空间内。在 HD–SDI 中，Y 数据空间仅用来放置音频控制包，每场传送一次。音频控制包位于Y数据切换点之后的第二行内。紧随切换点之后的第一行中是不放置附属数据的。至于切换点的位置，它与高清晰度信号的格式有关，例如，对于 1125/60 系统，在第八行中不放置附属数据。

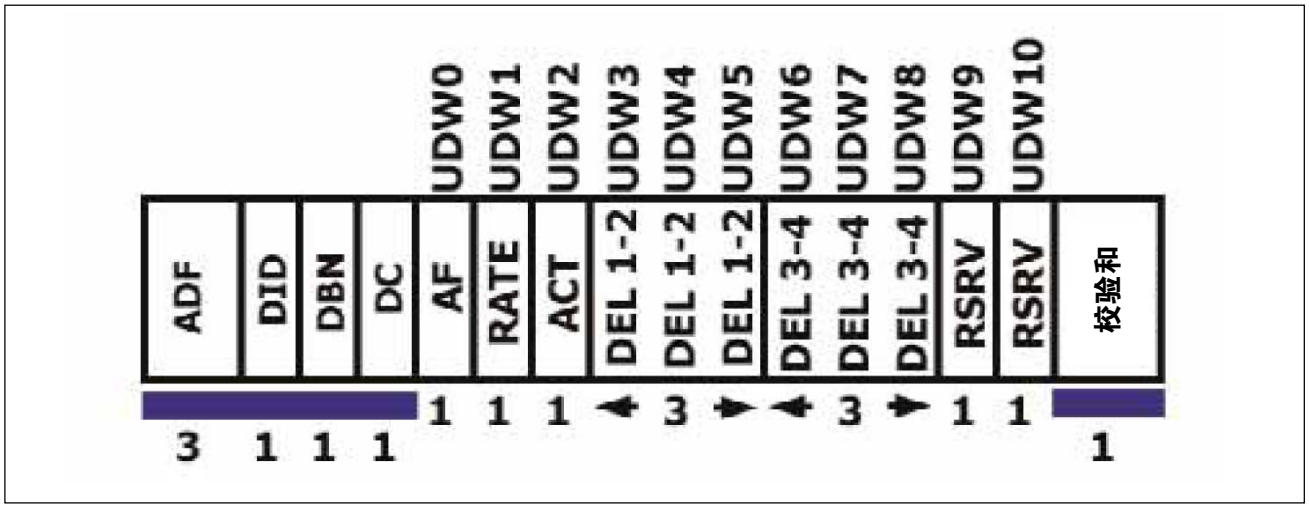


图 58. 音频控制包的结构。

音频控制包

HD–SDI中的音频控制包传送的是用于音频数据解码的附加信息，其结构与标准清晰度电视中的音频控制包有些类似。图 58 给出了高清中的音频控制包的结构。音频控制包包含下列信息。最前面的三个字即 000_h、$3FF_h$、$3FF_h$是附属数据标志 ADF 字。紧随 ADF 之后是一个字的 DID，它用来识别相应的音频数据组，参见表 31 和表 32。DBN 字总是 200_h，而 DC 字总是 $10B_h$。在音频控制包的用户数据区内共有 11 个用户数据字 UDW，它们包含着 5 种不同的数据类型。其中音频帧 (AF)号提供了视频帧的顺序号，当对应每个视频帧的音频样值数为非整数时，可以用 AF 字来识别音频帧的位置。一个字的 RATE 字用来指示音频数据的取样频率，无论该音频数据的取样频率是否与视频时钟同步。ACT 字用来指示音频组内的有效通道数。DEL_{m-n} 字用来指示每个音频通道对(1和2或者3和4)中按照音频样值间隔测出的相对视频的累积音频处理延时量。图 59 给出了音频控制包在 WVR 系列仪器中的解码显示，它提供了音频控制包中数据的解码信息。

这与标准清晰度中的音频控制包稍微有些不同。另外，HD–SDI 中的音频控制包还有两个字的 RSRV 是预留字，以供将来使用。

图 59. 音频控制包在 WVR 系列仪器中的解码显示。

如何监视多通道音频

音频监视器一般用于监视音频信号的电平以确保信号电平保持在合理的范围内。随着立体声的引入，有必要监视两个音频通道之间的相互关系，因为确保立体声的声像正确平衡是非常重要的。人们采用相位显示(李沙如显示)以监视这两个声道之间的相互关系。(在音频监视应用文章21W–16463–01中对如何使用李沙如显示进行了详细的介绍)

人们随后开发了多声道，环绕声音频技术极大地增强了观众的收看体验。环绕声技术的出现并进入到数字电视和数字视频技术中，创建了家庭影院的观看体验。高质量的图像和环绕声的结合，使观众深深地沉浸在并融入到节目中。

在音频制作中，通过声像的直观显示可以弥补听觉体验的不足，有助于音频工程师创建理想的音频混合，也可以在节目后期制作时更加准确地对音频内容进行调整。在广播电视系统设施中，通过这种直观的声像显示，可以帮助工作人员更加迅速地发现多声道音频内容中的问题，并且能够在音频工程中快速地予以解决。

5.1 环绕声中的音频通道

最近几年来，电影行业采用多声道音频系统已成为基于影院的音频标准制式。随着环绕声技术在家庭中的日益广泛应用，5.1多声道音频给听众带来了更加逼真的影院效果，从而取代了家庭娱乐设施中的立体声。DVD一般采用5.1声道，而电视行业也已开始采用5.1声道，在数字电视系统中以这种音频格式播出。在通常的使用中，5.1多声道音频系统虽然并不追求精确的声道定位，然而，各个声道却具有特定的作用，参见图60。

– 左(L)和右(R)声道驱动听音者前方的一对扬声器(主声道)，提交音乐中的最主要部分。这一对声道的工作状况类似于一个立体声系统。
– 中心(C)声道主要提交人物对白，它驱动的是位于听音者正前方且在两个主扬声器之间的扬声器。
– 左环绕(LS)和右环绕(RS)声道驱动位于听音者左后方和右后方的一对扬声器(即“环绕声”)。这一对声道一般用于建立特定环境下或特定空间中的听力幻觉，从而实现环绕声的效果。

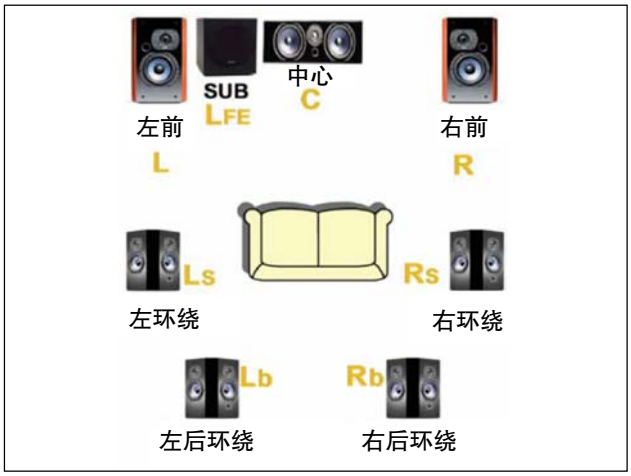


图 60. 多声道环绕声扬声器的放置。

– 低频效果(L_{FE})声道提交的是一种低频特定效果，例如爆炸声，该声道用来驱动频率受限的扬声器(超低音扬声器)，该扬声器一般位于听音者的前方。

以上的L、R、C、LS和RS组成5.1多声道中的“5”个声道，它们用来产生整体的环绕声体验效果以及用来对白处理和实现一些特定的效果。可以利用这5个声道在声学系统中的声音定位特性来创建相应方位的幻像声源。至于 L_{FE} 声道(它就是5.1多声道中的“.1”声道)，其频率在150Hz以下，其声音定位效果并不显著，该声道在创建表现力丰富的、非定位的效果中具有一定的作用。

L_{FE}扬声器称为超低音扬声器(低音炮)，在环绕声系统中它作为低频效果声道，其效果也与听音者使用的扬声器系统的大小或体积有关，即在不同的听音系统中有着不同的 L_{FE} 响应。例如，对于使用小型卫星扬声器系统而言，可能没有足够的响应以提供全部的低音声，在这种情况下可能需要直接提供LFE声道。而在另一种情况下即听音间内设有大型扬声器，它们具有足够宽的动态范围以产生低音声的低频响应，这时就不一定需要提供 L_{FE} 声道。

继续对多声道音频系统进行扩展，可以在5.1声道配置的基础上增加更多的声道，这样的声道系统可以是6.1声道系统或者7.1声道系统。在6.1声道系统中，增加的一个扬声器用来产生一个单声的后环绕声道。在7.1音频系统中，增加的两个扬声器用来产生左后环绕(L_b)和右后环绕(R_b)。此外，也许有必要监视多通道音频的下流混合以提供一对立体声。对于标准立体声混合可以用Lo–Ro来表示，对于杜比Pro–Logic™编码的立体声下游混合可以用Lt(左 – 总)– Rt(右 – 总)来表示。

环绕声显示 1

在环绕声显示中，给出了与5.1音频系统中5个主要声道相关联的电平指示，通过测量这5个声道的RMS(均方根值)信号电平即可得到它们的电平指示值。可以计算出不加权的RMS值，或者使用一种能够提供频率加权(frequency–weighted)RMS值的滤波器。应用这种A–加权(A–weighting)滤波器，按照人类听觉系统的频率响应特性进行调整，从而产生能够更加接近于人类对音频信号感知响度的音频电平值。

在仪器的环绕声显示中，利用由显示中心朝向四角的4条刻度线来分别表示L、R、Ls和Rs这四个声道的音频电平。位于显示图形四角处即上左、上右、下左和下右处的音频指示分别对应于L、R、Ls和Rs声道的0dB电平。而显示图形的中心处表示电平值为 –65dBFS。如果增加某一声道的信号电平，则显示图形中的青色电平指示器由中心处沿着刻度线向该声道的边角处延伸。在这四条刻度线中，每一刻度线均按10dB间隔来划分刻度，同时并在用户定义的测试校准电平上作以标记，这个测试校准电平一般定义在 –20dB 或者 –18dB。

将上述显示图形中音频电平指示器的末端连接起来就构成了一个多边形，这个多边形即所谓总音量指示器(TVI)。从TVI的指示中我们可以了解主声道与各环绕声道之间的电平平衡关系，它提供了整个环绕声平衡状况的一种指示。按照以下的约定，利用TVI可以给出邻近声道之间的相关度的指示：

– 如果两邻近声道电平指示器末端的连线是一条直线，表明这两个声道是不相关的信号，或者说它们的相关度为0.0。

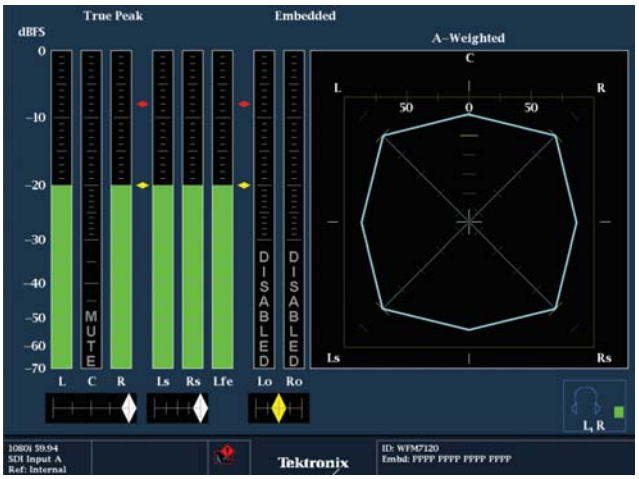


图61. L、R、Ls 和 Rs 测试音的环绕声显示。

– 当两邻近信号间的相关度增加并趋向于 + 1.0时，此时音频电平指示表的连线向外弯曲，音频源离开中心处而指向潜在的幻象声源。

– 当两信号间的相位趋于反向状态即相关度值接近于–1.0时，指示表的连线向内弯曲并指向中心，说明两信号间存在着破坏性干扰，因为这样会降低与反相信号相关的总的声道音量。

图61给出了各路L、R、Ls 和 Rs声道的输入均为音频测试信号时的环绕声显示图形，这个图形为八边形。如果这四路信号均具有相同的幅度和频率，那么，工作人员可以很快地观察到这几个声道是否经过正确的校准。

在环绕声系统中，中心声道具有特殊的作用。它与其它4个环绕声道的电平指示器是不同的。在环绕声显示图形中，位于左、右声道音频电平指示器之间的黄色垂直线即为中心声道的音频电平指示。而中心声道的音频电平指示器(CVI)则是由黄色垂直线、L电平指示器和C电平指示器的末端连线，以及C电平指示器和R电平指示器的末端连线而构成的。TVI 和 CVI 的工作是相互独立的。

幻象声源指示器(Phantom Source Indicators，PSI)位于环绕声显示的四周，它有助于提供形象化的声源定位信息。位于环绕声显示图形四边的4个PSI分别用以指示L/R、L/Ls、Ls/Rs和R/Rs这4个邻近声道对组成的幻象声源的特性。4个PSI均以相同的方式工作。每个PSI上均有一个白色的标记，即幻象声源定位指针，它给出了潜在的幻象声源的位置。定位指针所在的线长是可变的，可向指针两边延伸，用以表示典型的听音者能否确定幻象声源位置的能力。如果某一邻近声道对的两个信号间具有+1的相关度，那么听音者就可以在这两个扬声器之间给出准确的幻象声源的位置。幻象声源定位指针就出现在与该邻近声道对相对应的边长上。

幻象声源定位指针即白色标记的位置由邻近声道中两个信号之间的电平关系所决定。当某一邻近声道对中的两个信号之间的相关度降低时，会给其对应幻象声源的定位带来某种程度上的不确定性。

为表示这种情况，此时的PSI线条的长度是可以变化的，将从白色标记处向该声道对的对应边的两角延伸。为了更清晰地表示上述情况，当邻近声道两信号间的相关度值跨越不同的门限值时，PSI线条的颜色也会发生变化。

对于相关度在0.9以上的相关信号，此时的PSI是一条很短的白线，表示这种情况下存在着定位非常准确的的幻象声源。如果相关度在0.9以下，则线条变为绿色。当相关度继续降低时，线条会从幻象声源定位指针处向两边继续延伸，表示幻象声源位置的不确定性在增加。一旦线条延伸到边角处，此时线条的长度就不再随着信号相关度的降低而伸长。而定位指针的所在位置由该邻近声道对之间的电平平衡度所决定。因此，除非定位指针位于该边长的中点处，否则当线条的某个端点到达边角后另一端点就不再延伸。

当两信号间的相关度在0.2以下时，则线条变为黄色。如果两信号完全不相关，即相关度等于0，那么线条会伸展至幻象声源指示器的整个边长。在这样的情况下，

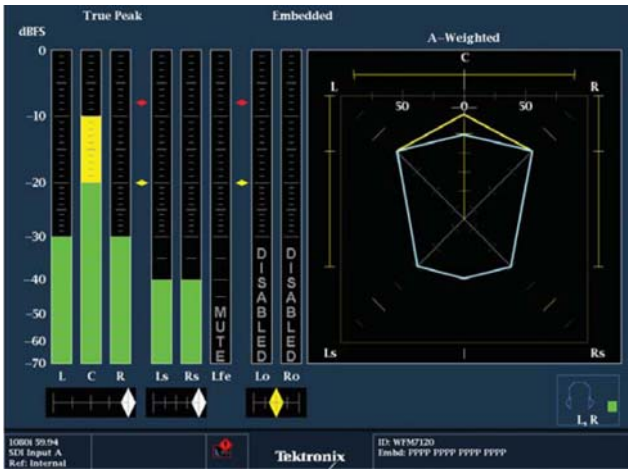


图62. 实际音频信号的环绕声显示图形。

表明对应的邻近声道对产生的是使听音者感受到的一种散射式的环境声。此时尽管该邻近声道对不能建立幻象声源，但仍有白色标记存在，用以表示该声道对之间的电平平衡度。如果两信号间的相关度进一步减小，向-1接近，这时PSI的长度即幻象声源定位指针所在线条将不再变长，但如果相关度降至比-0.3更小，则PSI的颜色变为红色，表示这是一种人们可能不希望出现的反相状态。

图62给出的是一实际音频信号的环绕声显示图形，可以看出，与左和右声道相比较，中心声道处于主导地位。其中L-R、L-Ls和R-Rs两邻近声道之间均用直线相连接，这表明这些声道信号之间没有相关性。还有，可以看到环绕声的显示图形为一伸展的多边形，表明在前方的L-R声道与环绕声道Ls-Rs之间，L-R声道要略占优势。另外，环绕声显示图形的四周的白色标记也指示前方的L和R扬声器占据优势。从图62可以看出，Ls和Rs两声道之间的连线向外弯曲，而且PSI白色标记在两声道之间，表明这两个声道是相关的并且具有同一性。总之，环绕声显示图形提供了一种非常直观的界面，可以形象地直接观察到环绕声系统中多个声道之间的相互关系。

图 63. 附属数据类型 1 和类型 2。

附属数据

在视频信号的消隐区内可以插入并传送各种各样的附属数据。将附属数据插入到SDI信号中，可以使与视频信号相关联的数据与视频信号一起传送，插入的数据可以和视频信号同步。在 HD–SDI 中，利用插入的附属数据可以传送最多 16 个通道的嵌入音频，而在双链路格式和 3Gb/s 格式中，则最多可以传送 32 个通道的嵌入音频。此外，也可以在SDI流的附属数据区内传送元数据，它提供了与视频或音频信号相关的附加信息，例如视频有效负载标识或时间码等。

在 SMPTE 291M 标准中，规定了 SDI 信号中附属数据的格式及其插入位置。同时定义了两种类型的附属数据，如图 63 所示。

附属数据标志(ADF)用来识别附属数据的开始，它使用的是三个字的代码字：000_h、$3FF_h$、$3FF_h$，这三个代码字与SDI信号中的EAV和SAV数据在数值上是相反的。数据识别字(DID)用来表示附属数据包中传送的数据类型，这样传送设备就可以快速地识别当前信号中传送的数据类型。

图63给出的类型1附属数据中，数据块序号(DBN)是一种特定的数据序列的计数。例如，某一附属数据包中的DBN是12，而其下一包的DBN应当是13，如果不是这样，说明下一个数据包丢失了。类型1结构的附属数据包用作嵌入音频的数据包。

类型2附属数据中以辅助数据ID(SDID)取代了类型1中的DID，它可以使用范围广泛的各种数值，可用于分组的数据序列，例如，杜比场消隐附属数据(VANC)就采用了 SDID 序列，用以识别与数据相关联的音频通道。

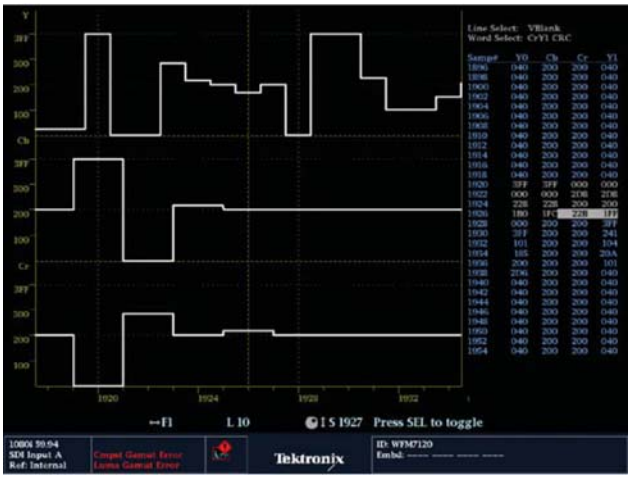


图 64. WFM7120 中的数据列表(Data list)显示，它给出了 SMPTE 352M 包中的附属数据。

附属数据包中的数据计数字(DC)用来指示该附属数据包中的用户数据字(UDW)的数量。附属数据包中可容纳的用户数据的多少并没有硬性规定，但最多只能是255个字。最后，一个字的校验和是用来确保该数据包的完整性。

利用 WFM7120 的数据列表(Data list)显示，用户可以从数据显示中查找到附属数据包是否存在，因为它总是以附属数据标志 000h、3FF h、3FF h 作为起始标志。在这种情况下，如果紧随 ADF 之后的字数值为 241h 和 101h，则表明这是一个 SMPTE 352M 视频有效负载标识。在各种各样的附属数据包中，其中每一种附属数据包都有着独特的 DID 字和 SDID(类型 2)字。表 34 给出了类型 1 的 DID 值，表 35 给出类型 2 的 SDID 值。

标准	说明	DID	插入位置
S291M	未定义的数据	00_h (200_h)	–
S291M	用于删除的标记包	80_h (180_h)	–
S291M	起始包	88_h (288_h)	–
S291M	结束包	84_h (284_h)	–
RP165	误码检测处理	$F4_h$ ($1F4_h$)	VANC
S272M	SD 组 1 音频数据包	FF_h ($2FF_h$)	HANC
S272M	SD 组 2 音频数据包	FD_h ($1FD_h$)	HANC
S272M	SD 组 3 音频数据包	FB_h ($1FB_h$)	HANC
S272M	SD 组 4 音频数据包	$F9_h$ ($2F9_h$)	HANC
S272M	SD 组 1 扩展音频数据包	FE_h ($1FE_h$)	HANC
S272M	SD 组 2 扩展音频数据包	FC_h ($2FC_h$)	HANC
S272M	SD 组 3 扩展音频数据包	FA_h ($2FA_h$)	HANC
S272M	SD 组 4 扩展音频数据包	$F8_h$ ($1F8_h$)	HANC
S272M	SD 组 1 音频控制包	EF_h ($1EF_h$)	HANC
S272M	SD 组 2 音频控制包	EE_h ($2EE_h$)	HANC
S272M	SD 组 3 音频控制包	ED_h ($2ED_h$)	HANC
S272M	SD 组 4 音频控制包	EC_h ($1EC_h$)	HANC
S299M	HD 组 1 音频数据包	$E7_h$ ($2E7_h$)	HANC
S299M	HD 组 2 音频数据包	$E6_h$ ($1E6_h$)	HANC
S299M	HD 组 3 音频数据包	$E5_h$ ($1E5_h$)	HANC
S299M	HD 组 4 音频数据包	E4h ($2E4_h$)	HANC
S299M	HD 组 1 音频控制包	$E3_h$ ($1E3_h$)	HANC
S299M	HD 组 2 音频控制包	$E2_h$ ($2E2_h$)	HANC
S299M	HD 组 3 音频控制包	$E1_h$ ($2E1_h$)	HANC
S299M	HD 组 4 音频控制包	$E0_h$ ($1E0_h$)	HANC
S315M	摄像机位置信息	$F0_h$ ($2F0_h$)	HANC 或 VANC

表 34. 类型 1 附属数据包中的附属数据识别代码。

标准	说明	DID	SDID	DC
S291M	未定义的数据	00h (200h)	00h (200h)	xxx
S291M	8 比特应用	04h (104h)	10h (110h)	xxx
S291M	删除的标记包	80h (180h)	00h (200h)	xxx
S291M	起始包	88h (288h)	00h (200h)	xxx
S291M	结束包	84h (284h)	00h (200h)	00h (200h)
S353	MPEG 记录数据	08h (108h)	08h (104h)	80h (180h)
S305M	SDTI 传输	40h (140h)	01h (101h)	2Ah (22Ah)
S348	HD–SDTI 传输	40h (140h)	02h (102h)	可变
S	链路加密信息 1	40h (140h)	04h (104h)	–
S	链路加密信息 2	40h (140h)	05h (205h)	–
S	链路加密元数据	40h (140h)	06h (206h)	–
S 352M	有效负载标识	41h (241h)	01h (101h)	04h (104h)
S2016–3	AFD 和条数据(Bar Data)	41h (241h)	05h (205h)	08h (108h)
S2016–4	全景扫描数据	41h (241h)	06h (206h)	60h (260h)
RP2010	ANSI/SCTE 104 信息	41h (241h)	07h (107h)	可变
S2031	DVB/SCTE VBI 数据	41h (241h)	08h (108h)	可变
ITU–R	站间控制数据	43h (143h)	01h (101h)	可变
RDD8	字幕指配包	43h (143h)	02h (102h)	可变
RDD8	传输 ANC 包	43h (143h)	03h (203h)	可变
RP214	KLV 元数据 VANC	44h (244h)	04h (104h)	可变
RP214	KLV 元数据 HANC	44h (244h)	14h (214h)	可变
RP223	UMID 数据组件	44h (244h)	44h (144h)	可变
S2020–1	已压缩的音频元数据	45h (145h)	01h (101h)	可变
S2020	已压缩的音频元数据	45h (145h)	02h (102h)	可变
S2020	已压缩的音频元数据	45h (145h)	03h (203h)	可变
S2020	已压缩的音频元数据	45h (145h)	04h (104h)	可变
S2020	已压缩的音频元数据	45h (145h)	05h (205h)	可变
S2020	已压缩的音频元数据	45h (145h)	06h (206h)	可变
S2020	已压缩的音频元数据	45h (145h)	07h (107h)	可变
S2020	已压缩的音频元数据	45h (145h)	08h (108h)	可变
S2020	已压缩的音频元数据	45h (145h)	09h (209h)	可变
RDD8	WSS 数据	50h (250h)	01h (101h)	可变
RP215	VANC 中的影片码	51h (151h)	01h (101h)	可变
S12M	VANC 中的时间码(ATC)	60h (260h)	60h (260h)	10h (110h)
S334M	隐蔽字幕 (EIA–708–B)	61h (161h)	01h (101h)	可变
S334M	隐蔽字幕 (EIA 608)	61h (161h)	02h (102h)	03h (203h)
S334M	节目描述 (DTV)	62h (162h)	01h (101h)	可变
S334M	数据广播 (DTV) VANC	62h (162h)	02h (102h)	可变
RP208	VANC 空间中的 VBI 数据	62h (162h)	03h (203h)	可变
RP196	时间码 (LTC) HANC	64h (164h)	64h (164h)	8h (108h)
RP196	时间码 (VITC) HANC	64h (164h)	7Fh (17Fh)	9h (209h)

表 35. 类型 2 附属数据包中的附属数据识别代码。

图 65. WFM7120 显示的附属数据：(a) ANC 数据查验器；(b)监视列表(Watch List)配置。

对于各种各样的附属数据，如果要在HD或SD信号中查找这些这些数据包可能有些困难。利用带有选件DAT的WFM7120，可以使用它提供的附属数据查验器（参见图65 (a)），可以很容易地解决这一问题。用户可以在仪器的配置菜单中创建监视列表（Watch List），以便查验某种类型的附属数据（参见图65 (b)）。也可以这样进行，如果不进行选择，那么监视列表中将只显示出当前信号中的附属数据。用户可以下拉列表以查寻当前可用的附属数据类型。在附属数据显示中，提供了有关当前附属数据的信息、数据包的插入位置、数据计数和校验和等。按下仪器上的MAG按钮，用户可以观察到附属数据包中的用户数据字。

图 66. 利用附属数据查验器提供捕获缓存器中的显示结果。

如果您需要离线对数据作进一步的延时分析，用户可以使用仪器的 CaptureVu™ 功能以捕获视频信号中一个完整帧的数据，该数据将保存在仪器的内部。而后使用附属数据查验器中的捕获缓存器，已捕获的完整帧数据会载入到屏面，此时用户就可以在缓存器中搜索所有已捕获的附属数据包。图66给出了附属数据查验器中的捕获缓存器内的数据显示。

格式	525	525p	625	625p	1080i	1080p	720p
SMPTE 272M SD 嵌入音频	HANC C'bY'C'rY* 第 9, 10, 272, 273 行不嵌入	---	HANC C'bY'C'rY' 第 5, 6, 318, 319 行不嵌入	---	---	---	---
SMPTE 299M HD 嵌入音频	---	---	---	---	仅 HANC C'b/C'r 第 7、569 行不嵌入	仅 HANC C'b/C'r 第 7 行不嵌入	仅 HANC C'b/C'r 第 7 行不嵌入
RP 165 EDH	SAV 之前 第 9、272 行	---	SAV 之前 第 5, 318 行	---	---	---	---
SMPTE 352	EAV 之后 第 13, 273 行	EAV 之后 第 13 行	EAV 之后 第 9, 322 行	EAV 后 第 9 行	EAV 之后 第 10、572行	EAV 之后 第 10 行	EAV 之后 第 10 行
SMPTE 334	数据包位于场消隐区内一行或多行中的有效行内。自切换行之后第二行起，至有效视频之前的最后一行为止的整个区域内，数据可以放置在该区域内的任何行中。						
RP 215	数据包位于场消隐区内一行中的有效行内。自切换行之后第二行起，至有效视频之前的最后一行为止的整个区域内，数据可以放置在该区域内的任何行中。对于分段帧逐行扫描格式，电影传送描述符数据包应当在帧起始处的场消隐区内传送。						
RP 188	附属时间码(ACT)包插入到数字视频信号流中的最佳位置应在由 SMPTE RP 168P 当定义的场消隐切换点之后和有效视频开始之前的场消隐区内的可用附属空间中。						
RP 196	对于 LTC 数据，HANC 时间码包应当每帧至少传送一次。在电视帧 / 场中，LTC 和 VITC 数据字应当在 10 行至 20 行(525 行制式)或者在 6 行至 22 行(625 行制式)之间传送。						

表 36. ANC 数据的插入位置。

格式	525	525p	625	625p	1080i	1080p	720p
行序号	10, 273	10	6, 319	6	7, 569	7	7

表 37. 场消隐切换行的序号。

每一附属数据包均在SDI信号中占据有特定的位置。在某些情况下，例如嵌入音频，可以放置在大多数行附属（HANC）数据空间内。而对于其它格式，附属数据包也可以放置在场附属（VANC）数据空间内。表36综合了一些附属数据在数字视频中的插入位置。需要注意的是，附属数据不应当放置到视频信号切换点附近的场消隐区内。表 37 给出了 SMPTE RP 168 对各种视频格式中切换点位置的规定。

视频测量

监视和测量工具

我们知道，数字电视是一种数字码流，由此可能会产生一些不必要的看法。事物的出现实在是太快了，我们需要借助一些手段以对它们进行分类整理。幸运的是，视频信号，特别是支持视频的辅助信息是可以重复出现的，我们要做的一切不过是用硬件将这种高速数字数据变换为我们能够研究和理解的事物。为什么不能将它变换为我们所熟悉的事物，例如模拟视频?

数字视频，无论是标准清晰度还是最近出现的高清晰度演播室格式数字视频信号，与其模拟前辈相比都非常相似。随着时间的推移，事物都在改进，但是视频信号的获取仍然要使用摄像机或来自电影，不过现在还可取自计算机。在将模拟视频转变为数字数据的链路中，以及在链路中添加辅助数据(用于描述如何使用视频数据)的过程中，数字视频的基本差别在于信号处理的早期。就用于实况的摄像机和电视电影设备来说，光的模拟值聚焦在感光器件上，它产生模拟响应并顺序转换为数字数据。有时我们需要这种模拟信号以用模拟波形监视器进行监视，但在更多的情况下，取自设备的视频信号是以数据形式出现的。在计算机所产生的视频信号中，信号从一开始也许就是数据。数据由信号源设备到目的端是通过传输层来传送的。这种模拟传输机制，通常是通过导线、或者是光纤路径来传送数据直至目的端。可以通过一种高带宽示波器直接监视这种数据，我们也可以象处理视频一样来抽取和监视这种数据信息。

在实际操作中，我们关心的是视频信号的监视。为此我们需要一种高质量的波形监视器，它含有符合标准的数据接收机，这样我们就能以一种熟悉的模拟格式来观察视频信号。泰克公司提供了好几种数字输入波形监视器，其中有 1RU 规格的 WVR7120/7020/6020 系列(图 67)，用于监视标清及高清分量数字视频信号；还有规格为 3RU 的 WFM6120/7020/7120 系列(图 68)，它可配置成目前常用的任何数字格式波形监视器。

图 67. WVR 系列标准清晰度和高清晰度数字视频波形监视器

图 68. WFM6120/7020/7120 标准和高清晰度数字波形监视器

图 69. 泰克 TG700 信号发生器平台

从技术上来说，我们也许需要了解摄像机或电视电影设备所产生的视频数据是否正确以及附属数据是否准确。也要评定传输层的模拟特性。泰克公司的带有数字选项的 VM700T、WFM6120 和 WFM7120 均可对标准清晰度传输层进行深入的数据分析和眼图形状的直接观察。新型的 WFM7120/6120 系列高清晰度监视器，可用于传输层和数据层的技术评定。

测试信号发生器有两种用途。其一，它提供了一种理想的基准视频信号，以评定信号的处理过程和传输路径；其二，它提供了您所期待的当今高质量系统分量的性能范例。一些信号发生设备，如泰克 TG700 信号发生器平台（如图 69 所示），搭配相应的选件，既可用于模拟信号格式，也可用于数字信号格式；既可用于标准清晰度信号格式，也可用于高清晰度信号格式。

上述仪器设备所产生的视频信号完全兼容于传输系统、视频处理设备和终端显示器件。更为重要的也许是，上述工具给视频系统本身的工作状况提供了深入全面的观察，提高了技术置信度，并使您了解应当怎样工作才能使任务完成的更好。

数字和模拟信号的监视

有一种观点认为，任何视频信号都具有常规的时间 / 幅度波形。这是一种正确的观念，它适合于模拟和数字信号。就模拟视频而言，示波器或波形监视器显示出信号电压随时间变化的图形。波形监视器是同步化的仪器，以显示所要求的信号特性，在水平的行方向和垂直的场方向，信号同步后每次均在波形监视器的同一水平位置出现。数字波形监视器以与模拟波形监视器相同的方式从输入数据信号中抽取视频信息。您以同样的方式从模拟或数字信号中观察到相同的信息。对于模拟信号，您观察到的是直接信号；对于数字信号，您观察到的是由数据描述的信号。通过操作波形监视器，就可以完成相同的视频评定。

对被监测的系统也许需要进行附加的测量。您也许要对 NTSC 或 PAL 色度信息进行解调以将信号显示在模拟矢量示波器上。您也许要观察数字分量信号中色差通道的 X – Y 显示，这样可以模仿模拟矢量显示，但无需生成色度副载波或对色度副载波进行解调处理。您也许要通过数字或逻辑电平显示以直接观察数字信号的数据内容。您还要观看模拟或数字信号的色域。有关色域的详细内容可参阅附录 A – 色域、合法、有效。

视频信号劣化的评估

在模拟 NTSC 或 PAL 制式中，我们所讨论过的某些信号劣化现象在标准清晰度分量视频中不太重要。在向高清晰度视频过渡时，信号的劣化再次引起我们的关注甚至更为重要。如果我们考虑实际模拟效果，则信号的劣化都是相同的。我们追求模拟信号的完美以避免彩色视频质量的劣化，但在高清晰度中我们将着手观察缺陷本身。

视频幅度

自有电视以来，信号通过系统的单位增益就是一个基本概念。视频幅度的标准化使我们在设计每个系统部件时以求得最佳的信噪比性能，并能实现信号和信号路径的自由交换。视频波形监视器，它是示波器的专用形式，可用于测量视频幅度。在设置模拟视频幅度时，对信号路径中最后一个设备的输出电平调整并非十分方便。信号传送路径中的每个设备均应进行幅度调整，以使视频信号在由输入到输出间得到适当的传输。

在数字格式中，保持正常的视频幅度更为重要。幅度正常的模拟视频在进入系统时，在数字化的过程中可保证最佳的量化电平数，从而产生满意的图像。信号幅度的最大偏差应在容限之内以保证视频电压幅度不会超出数字化的范围。除了保持正确的彩色平衡、对比度和亮度以外，视频幅度还应当控制在色域容限内，在传输过程中信号应当保持合法，在转换为其它视频格式时信号应当保持有效。在设计适当的单位增益的视频系统中，视频幅度的调整在信号源端进行，并正确地表现在输出端。

在模拟域中，视频幅度已作规定，波形监视器按相应格式作了标准幅度设置。NTSC信号由同步顶至白色电平应为140IRE，标称为1伏。NTSC制视频亮度范围（图70）为100IRE，标称为714.3mV，该值也可减少53.5mV以包括7.5IRE黑色电平设置。在不同的彩色信息中，亮度加色度分量可以向下或向上延伸并超出上述亮度范围。NTSC同步幅度（由消隐电平至同步顶）为–40IRE单位，标称为–285.7mV。NTSC视频信号一般箝位于消隐电平，视频监视器设置在黑色电平时不发光。

PAL制信号在同步顶至白电平间也为1伏，其中视频亮度范围为700mV，没有黑色电平设置。PAL同步幅度为–300mV。信号箝位于黑色电平，监视器亮度设置在黑色电平处不发光。色度信息可以延伸在视频亮度范围以上或以下。

视频幅度应当逐级进行查验。可将含有已知低频分量幅度（例如彩条测试信号中的消隐和白色电平）的模拟测试信号与各级的输入端相连接，而后对该级进行调整并在输出级重现正确的信号。

各地的管理部门经过国际间的协商，对地面电视发送标准作出了规定。采用NTSC、PAL和SECAM制式。这几种制式的视频发射为幅度调制，其同步顶处于峰值功率，视频白电平与色度向最小功率处延伸。这种调制方案在经济上是合理有效的，也可以减少可见噪声的影响，但对视频信号的线性却较敏感。视频电平应当认真控制，以在全功率同步顶发射输出的经济性和在可接受的视频信号的失真度（当白色电平和色度分量趋向零载波功率时）之间求得平衡。如果视频电平太低，则视频信噪比则会变差，耗电量就会上升；如果视频电平太高，发射机在零载波附近就会产生较显著的失真，而且内载波式电视伴音接收机的性能也会受到影响。

信号幅度

在模拟系统中，演播室各分量间的信号是一种可变的电压信号，它直接代表着视频。采用相应制式的模拟波形监视器，可以很方便地观察到模拟视频信号的电压电平，并清楚地显示出相关的定时信息。

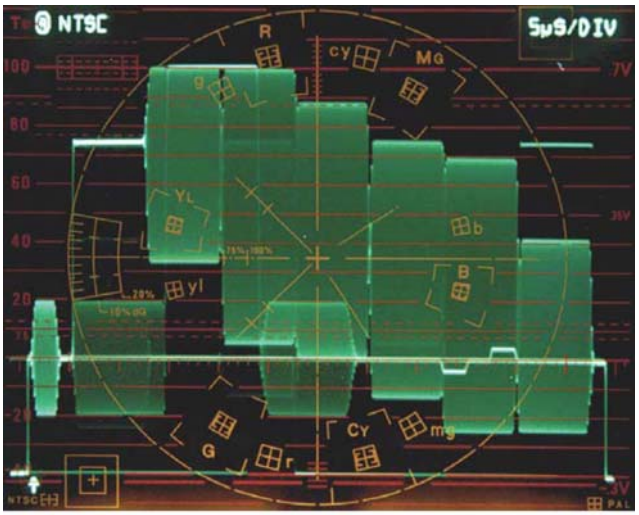


图70. 正确调整后的NTSC制(无黑色电平设置)复合视频幅度

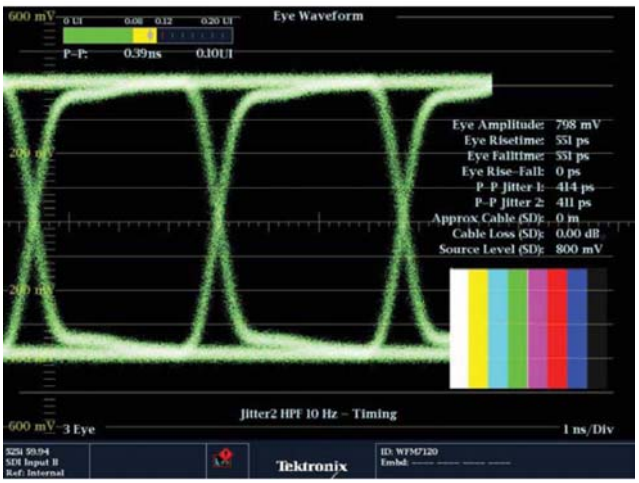


图71. 270Mb/s数据信号在WFM7120中的正常显示

在数字视频系统中，信号在传输层中是一种数据“载波”；而数据流则代表视频信息。这种数据是一连串模拟电压的变化值（如图71和图72），它应按照一定的比率能够正确地分辨出电平的高低，并能提供有关内容的信息。传输层是一种模拟信号路径，它将其输入信号运载至目的端。图中数字信号的起始电平为800mV，目的端接收机的均衡量由数字信号的频谱内容所确定。

使用高频示波器或波形监视器可以观察到传输层中的数字信号，泰克公司的带有 EYE 选件的 WFM7120/WFM6120 或者 WVR7120 可用于标清及高清格式的信号监视。在波形监视器的眼图模式中，它能够象模拟取样示波器那样操作，其显示扫描频率为视频速率。示波器的带宽应当足够宽，反射损耗应当足够大，测量游标应当经过适当的校正，以对输入数据信号进行精确的测量。传输层中迅速变化的数据是一连串的 “1” 和 “0”，它们相互叠加的结果就形成了眼图。眼图测试是十分有效的。当监视器与被测器件相连并使用短电缆传输时，可以将监视器置于非均衡模式。在长电缆传输时，数据有可能淹没在噪声中，此时应当使用监视器的均衡模式。均衡模式可用于传输余量测定，但它不能给出被测器件输出端信号参数的准确指示。EYE选件还可提供附加的传输层信息，例如抖动、眼图幅度并提供这些数据的直观显示。

由于数据传输流包含的分量变化较大，低速率如为 270Mb/s 的 ITU – R BT.601 标准清晰度分量视频，高速率为 2.970Gb/s 的某些高清晰度格式，数据 1 和 0 将会重叠显示在视频波形监视器上(图72)。由于在眼图中我们所观察到的是许多字的累计数据，因此它的优点是可以确定那些可能对眼开度造成影响使接收机难于恢复数据的任何误码或失真。数字波形监视器如泰克 WFM7120/WFM6120 系列可用于多种数字格式，提供眼图的同步扫描选择，以显示相关的字、行和场干扰。

与传统模拟波形(基带视频)类似的数字视频波形显示实际上是传输层中数字数据再生的模拟显示。数字数据经解码成为高质量的模拟分量视频信号，并以模拟信号的形式对它进行显示和测量。尽管监视数字路径是正确的选择，但是在数字视频中的许多差错却是在模拟域中早就产生了。

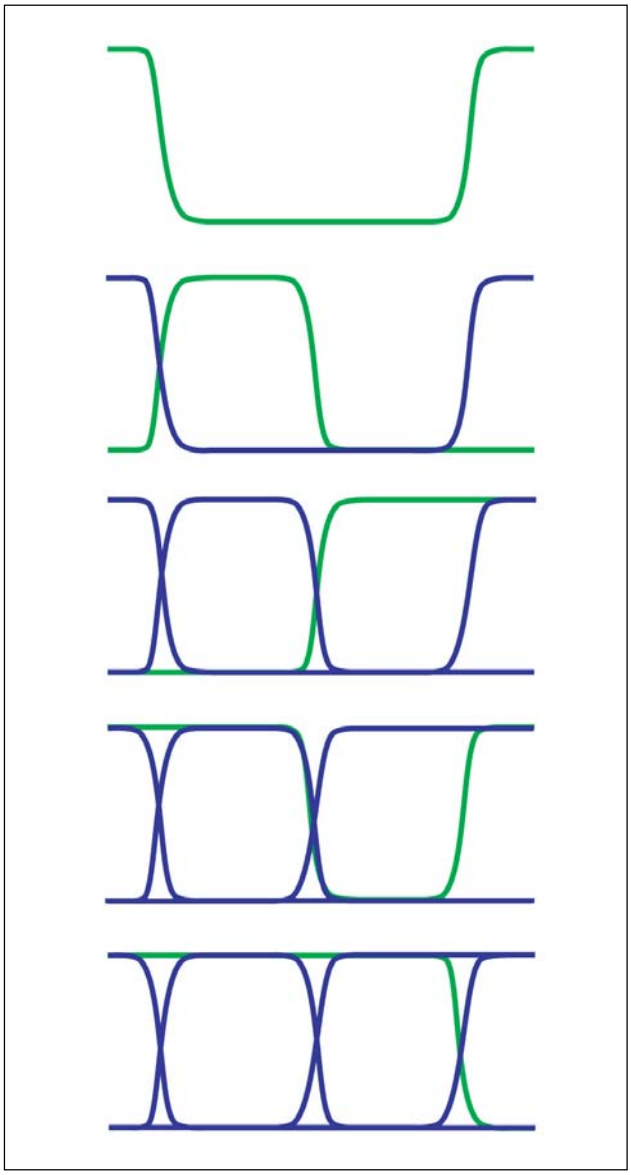


图 72. 眼图的形成过程

频率响应

在模拟视频系统中，在经过长电缆传输后，有必要对视频信息段的高频部分的丢失进行补偿，使视频信号的频率响应经过均衡处理。其目的是使系统的每一级均为“平坦”状态，这样当所有的视频频率成分通过系统时既无凸起，也无下凹。多波群测试信号(如图73)可用于频率响应的快速判断并作任何必需的调整。在输出级中，如果多波群信号中某一频率组未处于同一幅度(图74)，就可通过均衡视频分配放大器进行补偿，使多波群测试信号恢复至原来的状态。

在数字系统中，高频损失仅对传输数据流(传输层)的能量有所影响而不会影响到数据数字(数据层)，因此也不会影响到视频信号的细节和彩色，除非高频损失太大，以致数据数字不能恢复。数字接收机中的均衡器可以自动补偿输入信号中的高频损失。数字系统的设计人员应使传输电缆足够短，以实现几乎 100% 的数据完整性，这样就无需对频率响应进行调整。视频频响的任何恶化都将来自模拟过程。

群时延

标准清晰度系统中的模拟视频信号，如果大致有 10MHz 的带宽，那么它在整个 0 至 6MHz 的范围内就具有非常平坦的频率响应，在此频率范围内，包含有最多的视频能量。群时延误差，有时称为包络时延或相频特性误差，是由于某个频率的能量通过系统的时间与其它频率不一致造成的，通常与带宽限制有关。当视频电平在高低之间快速变化时，由于群时延的存在，将在电平变化处产生过冲或使过渡段变得平滑。在复合NTSC或PAL电视制式中，群时延误差将造成彩色在对应亮度信号的左侧或右侧出现偏离。群时延误差主要来自于NTSC/PAL编码器，声音滤波器，以及大功率发射设备中的残留边带滤波器，当然，还有电视接收机NTSC或PAL解码器中用以补偿色度信号的带通滤波器。就实际运行而言，为了控制整个传输系统中的群时延误差，大量的工作应在模拟发射设备中进行。通常可以在模拟演播室设施中对群时延误差或相位误差进行查验，以判断

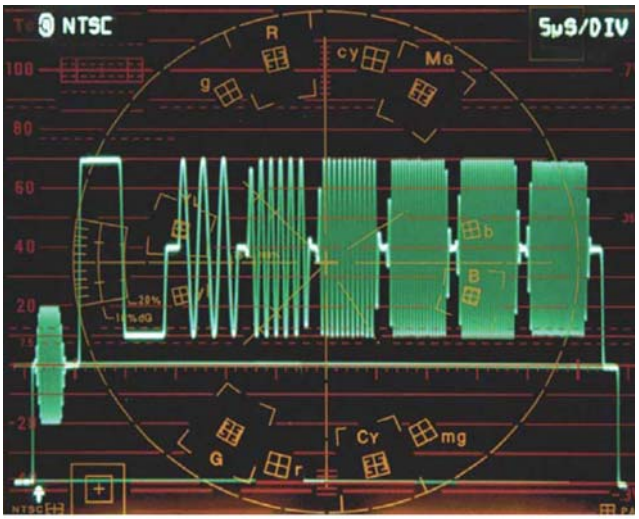


图 73. 多波群测试信号的 1 行显示，各频率组均处于相同幅度

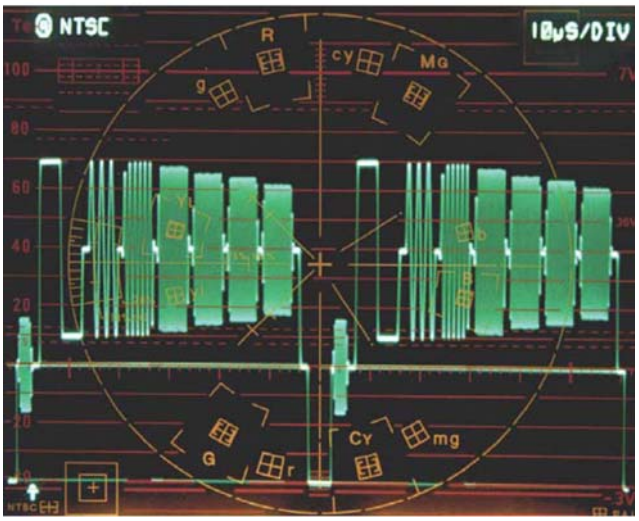


图 74. 多波群信号的 2 行显示，频率响应有所失落

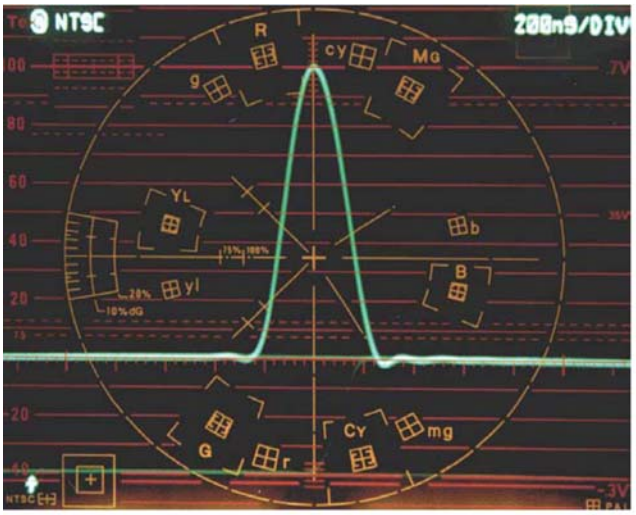


图 75. 正确的 2T 脉冲，1H MAG 显示

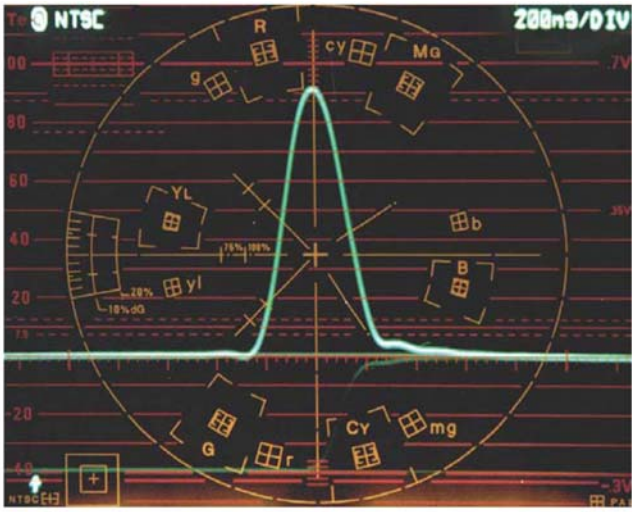


图 76. 失真的 2T 脉冲和条显示

某些单个设备工作是否正常。使用脉冲和条测试信号(图75)，可以很容易地对演播室设施进行群时延检查。脉冲和条测试信号是由一个半正弦2T脉冲和一个低频白条所组成，其中白条的上升沿和下降沿应符合规定。2T脉冲中能量为系统带宽能量一半的分量会在脉冲基线两旁对称地出现小幅度的振铃。如果2T脉冲边沿的高频能量通过系统时比低频能量要快些或慢些，则其边沿就会产生失真，如图76所示。如果高频能量延迟，则振铃会延迟发生，即会出现在2T脉冲的右边。

复合脉冲和条测试信号在测量系统的相位特性时是十分有用的。在复合系统测试中，副载波频率能量调制在12.5T或20T脉冲上，这种测试信号用于快速查验色度／亮度时延以及副载波频率与较低频率的相对增益。在测试信号中，平坦的基线表示增益和时延都是正确的。通过系统后测试信号的基线向上弯曲，表示副载波频率处的增益较低。基线向下弯曲表示副载波频率处的增益较高。基线先是向上弯曲而后又向下弯曲，表示高频能量在时间上滞后于低频能量，反之亦然。在分量视频系统中，由于并无彩色副载波，所以2T脉冲和条测试信号不太重要。

更复杂的群时延测量可以使用多脉冲或sinx/x脉冲信号，作为在视频信号中传送数据(如图文电视或同步传声)时的群时延指示。

数字视频系统分量在与模拟域相互变换的过程中，所采用的编码/解码设备包含了用于消除混叠干扰和数据重建的滤波器。在标准清晰度分量视频通道中，这种滤波器的截止频率大约为5.75MHz和2.75MHz。在数字高清晰度格式中，滤波器的相应截止频率大约为30MHz(亮度信号)和15MHz(色度信号)。这种用于消除混叠和数据重建的滤波器在数字设备中均经过很好的校正，在实际运行中可不必调整。

非线性

在模拟电路中，容易受到各种因素如视频工作电压变化的影响。放大器的增益在不同的工作电平上也许有所不同(微分增益)，从而使得NTSC或PAL视频制式中彩色饱和度不正确。在分量模拟格式中，亮度和色度值也许会漂移。

微分增益

微分增益是一种模拟现象，在数字域中没有微分增益，也不需要校正。不过，如果信号驱动模拟/数字转换器进入到保留值范围内时却有可能引起数字视频的限幅。这种色域违规会使分量的亮度不正确以及并造成彩色的漂移。请参见附录 A – 色域、合法、有效。

微分相位

信号在通过电路时的时间延迟量可能会随视频电压值的不同而变化。这也是一种模拟现象，在数字域中并不存在。在NTSC制中，它会改变彩色副载波的瞬态相位(微分相位)，导致彩色色调随亮度的变化而漂移。在 PAL 制中，这种色调漂移是一种平均效果，色调的漂移是逐行改变的。在模拟或数字分量视频信号中，这种效果可能会产生镶边现象，这与三个通道中有多少通道受到影响有关。在高清晰度中，当亮度电平作快速改变时，可能会产生振铃或过冲。

数字系统的测试

增强测试

在模拟系统中，信号质量的劣化是逐渐变化的。但数字系统与此不同，它在信号崩溃之前几乎可以是无故障地工作。迄今为止，尚无播出中的在线测试方法来测量数字系统的传输余量。为了评估系统的运行状况，需要进行停播后的增强测试。增强测试的内容是改变数字信号的一项或多项参数直至故障的产生。导致系统的失效而所需的参数改变量即为余量的测试。在相关的串行数字视频标准(SMPTE 259M或SMPTE 292M)中，增强系统的最直接方式是加长电缆直至误码出现。其它的测试方法有改变信号的幅度或信号的上升时间，或在信号上增加噪声和(或)抖动。在上述测试方法中，每一项均可用

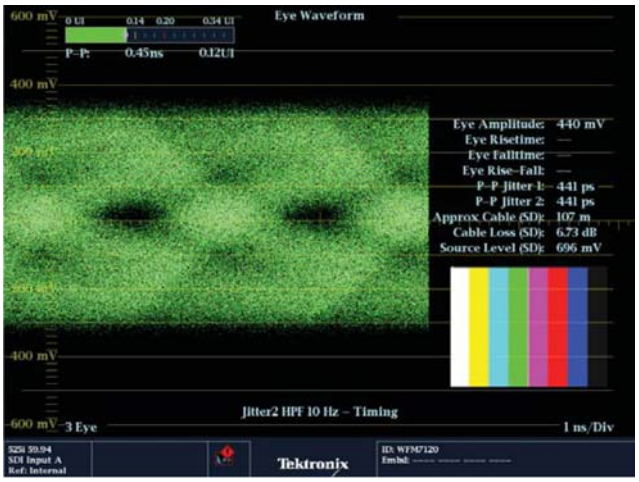


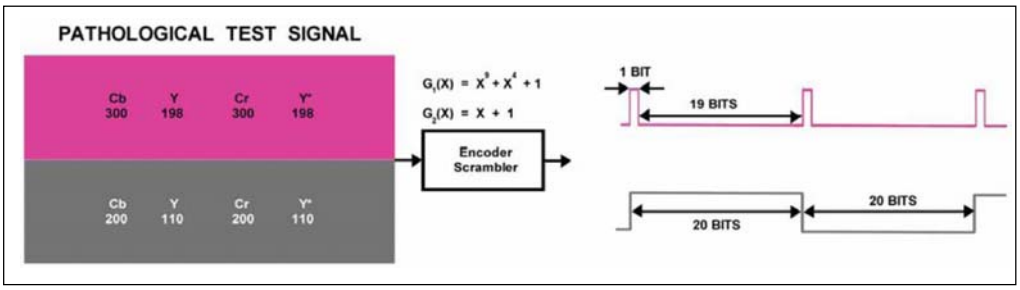
图 77. WFM7120 显示长电缆连接下眼图闭合

于评估接收机的某项性能或多项性能，特别是自动均衡器的工作范围和精度以及接收机的噪声特性。实验结果表明，加长电缆长度的测试，特别是在和即将介绍的SDI检验场信号联用时，是最有效的增强测试，因为这种测试条件代表了系统的实际运行状况。改变或附加抖动，对接收机处理信号幅度的能力进行增强测试，对评估和验收设备是有用的，但对系统运行没有太大的意义。附加的噪声或上升时间的改变(在合理的范围)对数字系统影响不大，在增强测试中并不重要。

电缆长度增强测试

使用实际同轴电缆或者电缆仿真器即可进行电缆长度增强测试。加长同轴电缆是最简单的也是最实用的测试方法。增强测试的关键参数是确定误码的发生，因为它定义着崩溃点。在合适的位置进行误码测量，误码曲线中拐点变化的急剧程度将反映测量结果的好坏。

使用波形监视器可以很方便地对设备中的电缆进行工作中的查验。这是一种在线查验，它可以显示信号在离开源端后在其传输路径中运行的关键信息。图77显示了在附加长电缆后对信号的影响。



SDI 检验场

SDI 检验场(也称之为“病态信号”)是一种全场测试信号，因此它必须在停播期间进行测试。SDI 检验场信号是串行数字系统难于处理的一种信号，它对系统性能的查验十分重要。按照规定，SDI 检验场含有最丰富的低频能量，在加扰之后，将该场分为两个部分。就统计而言，这种低频能量大约每帧发生一次。

SDI 检验场的一种分量是，在一个序列中有 19 个零，随后为 1 个“1”(或者是 19 个“1”，随后为 1 个零)，它可用于测试均衡器的工作状况。这种序列大约每场一次，以使加扰器达到所需的起始状态，而且它保持为全行直至 EAV 到来时结束。该序列产生大量的直流成分以增强设备和传输系统处理信号的模拟能力。这种测试信号以紫色背景出现在图像显示器的上方，其亮度值设置为 198_h，两个色度通道设置为 300_h。

SDI 检验场测试信号的另一部分是用来查验锁相环性能，它是一种不常出现的信号序列，由 20 个零及随后的 20 个“1”所组成。这种信号序列具有最少的、用于时钟抽取的过零点。这一部分测试信号以灰色背景出现在图像显示器的下方，其亮度值设置为 110_h，两个色度通道设置为 200_h。

有些测试信号发生器使用的是不同的信号序列，图像显示为绿色背景。但测试结果是相同的。两种信号分量均可能存在于计算机产生的图形中，所以系统能够处理 SDI 检验场测试信号而且无误码是非常重要的。

SDI 检验场是完全合法的分量数字信号，复合域中没有这种信号。SDI 检验场(图 78)由 SMPTE 推荐的 RP178(标清)和 RP198(高清)所定义。

服务中的测试

当传送的数据不能完整地到达接收端时，可以利用 CRC(循环冗余编码)为工作人员提供告警信息甚至以声响形式发出告警。在高清晰度格式中，每一视频行中均放置有 CRC 码，而在标准清晰度格式中，可以按照需要将CRC码插入到每一视频场中。在发送端，对CRC进行计算并插入到视频信号中，而在接收端则对 CRC 重新计算并与发送的 CRC 值进行比较。对于标准清晰度格式，CRC 值插入在切换点之后的场消隐区内。SMPTE RP 165对标准清晰度格式中的数据错误的检测和处理方法作了规定 (EDH 误码检测处理)。在标准清晰度格式中，对全场数据和有效图像数据分别进行查验并且为每场生成 16 个比特的 CRC 字。全场 CRC 校验复盖了所有的传输数据，但不包括用于场消隐切换的保留行(这些保留行在 525 行制式中是 9 至 11 行；在 625

图 79. 在 WVR7120 的视频会话(Video Session)屏幕中，显示出 SD 信号的 EDH 值。

图 80. 在 WVR7120 的视频会话屏幕中，显示出 HD 信号的 CRC 值。

行制式中是5至7行)。有效图像(AP)仅复盖SAV与EAV之间的有效视频数据字，但不包括SAV和EAV数据字。半行的有效视频也不在AP查验范围之内。利用数字监视器，当传送信号出现AP或FF(全场)CRC错误时，您可以在显示屏上观察到EDH CRC的显示数值和告警信息。在高清晰度格式中，亮度信号的CRC和色度信号的CRC在EAV和行计数附属数据字之后。高清晰度格式中的CRC由SMPTE 292M定义，它紧随EAV和行序号字之后，无论是Y–CRC还是C–CRC，均是逐行进行CRC查验。用户可以监视沿传输路径接收的误码数。在理想情况下，仪器显示的是零误码数，表示传输过程中没有误码发生。如果误码数增加，用户应当予以关注。当误码增加到每小时1个或者每分钟1个时，表明该系统正在逐步接近数字悬崖。此时应当对传输路径作进一步的探查以在系统进入数字悬崖之前查明故障的原因。如果传输系统进入数字悬崖，那么此时查找传输路径中的故障将是困难的。图80是WFM7120的视频会话(video session)显示，它提供了高清晰度信号中的Y通道和C通道中的CRC累积误码数。在视频会话显示中，不仅给出了误码计数，而且还提供了监视期间的每场误码数和误码秒。按下复位键使时间复位，此时将重新启动以对信号进行监视并重新计算误码数。如果您观察到屏幕上出现明显的CRC错误，您可以利用仪器的眼图显示和抖动显示以对传输路径进行深入的检查。如果每分钟甚至每秒钟均发生误码，那么该系统正逼近数字悬崖，此时在显示器上应可以观察到明显的CRC错误。

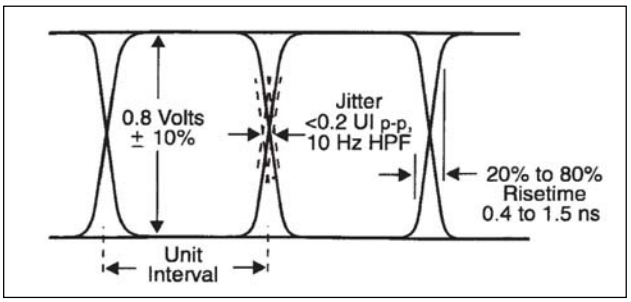


图 81. 模拟传输层中数据信号的眼图显示。

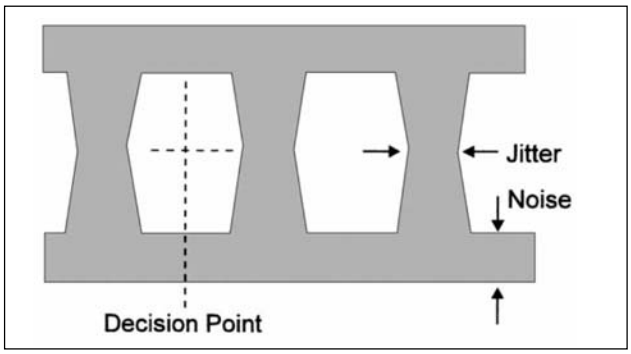


图 82. 串行信号的数据恢复。

眼图测试

图 81 所示的眼图是模拟信号传输数据的示波器显示。信号的高和低应当被接收机可靠地检测并给出无差错的实时数据。利用眼图显示测量的基本参数是信号幅度、上升时间和过冲。也可通过眼图来测量抖动，但应对时钟作出规定。眼图是信号到达时的显示波形，而不应经过任何均衡。正因为此，大多数眼图测量是在信号源附近进行的，这样被测信号就不会受到噪声和频率衰落的影响。

SMPTE 259M、SMPTE292 和 RP184 对一些重要规范如幅度、上升时间和抖动均作出了规定。至于频率和周期，它由电视同步发生器在提供源信号时所决定，而不是数据的串行化过程。

在眼图中，单位间隔(UI)定义为两个相邻的信号转换时间间隔，它是时钟频率的倒数。对于525和625行格式(SMPTE 259M)，单位间隔为 3.7ns，而数字高清晰度格式(SMPTE 292M)则为 673.4ps。串行接收机判定每眼中心的信号电平是“高”还是“低”，由此来检测串行数据。信号在通过传输通道时，噪声和抖动会随之增加，当然最佳的判决点应为眼的中心，如图82所示。某些接收机在每一转换点之后的固定时刻来选择判决点。任何使眼图开口度变小的影响都将降低接收信号的可用性。在具有前向纠错的通信系统中，在眼图几乎闭合的情况下也能精确地恢复数据。为了正确地传输串行数字视频，需要很低的误码率，在接收机经过均衡之后，应有相当大的并且十分清晰的眼开度。这是因为，使眼闭合这一过程的随机特性具有统计学上的“尾巴”，它将产生一种偶然的、但却是不可接受的误码。所允许的抖动按规定应为0.2UL，即对数字分量525和625行格式为740ps，对数字高清晰度格式为 134.7ps。数字系统的运行如超出这一规定，会使系统在某点上失效。数字系统的基础是遵守这些规定，以使系统保持在良好状态，防止失效的产生，失效将会导致系统落入悬崖的边缘。

信号的幅度是重要的，因为存在着噪声。另外，接收机对所需高频补偿(均衡)的评估是以信号到达时的半时钟频率能量的余额为基础的。发送端的幅度不正确，会导致接收端不正确的均衡，从而引起信号的失真。

对于ECL逻辑器件来说，从上升沿幅度的20%点至80%点来进行上升时间测量是适当的。不正确的上升时间会引起信号的失真，如振铃和过冲。但上升时间过于缓慢，将会减少眼图中取样的可用时间。

过冲会使上升时间不正确，它很可能是因阻抗不连续或接收端(或发送端)的反射损耗太差所引起。如果要对接收端的终接状况进行有效的测试，则所用测试仪器必须具备高性能的环通装置，这样才能发现被测设备因终接不合适所造成的任何缺陷。电缆损耗会降低反射的可见度，特别是数据率达1.485Gb/s或以上的高清晰度更是如此。高清晰度的数字输入端通常是内部终接，因此播出中的在线眼图监视不能对馈送至其它器件的传输路径(电缆)进行测试。如果要进行停播后的传输路径测试，需要用一台测试信号发生器来取代原发送信号源，同时用具有眼图显示功能的波形监视器来代替正常的接收器件。

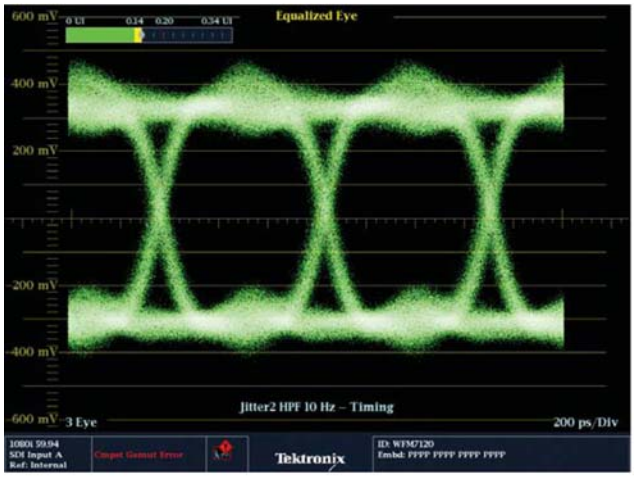


图 83. WFM7120 给出终接不当的眼图显示。

图 84. WFM7120 给出不对称的眼图显示。

眼图测试需要使用具有良好响应的示波器，其频响应高于传输层的数据率，通常采用取样技术进行测量。泰克公司的 VM700T、WVR7120、WFM7120/WFM6120 可对标准清晰度（270Mb/s 数据率）进行眼图测量，WVR7120 或 WFM7120 还可对高清晰度 1.485Gb/s 数据流进行眼图测量。这些数字波形监视器具有几个优点，因为它们能够抽取和显示视频数据，并对视频数据进行测量。被取样的眼图能以三数据比特叠加形式显示，便于观察与 10 比特/20 比特数据字无关的抖动，也可设置为 10 比特字(标清)或 20 比特字(高清)相关数据显示。只要使波形监视器的扫描与视频同步，就可以很方便地在数据流中观察到与行或场视频信息相关的任何直流漂移。

了解眼图显示的某些特性可以帮助您查找信号传输路径中的故障。对于 HD–SDI 系统而言，合适的终接更为关键，因为 HD–SDI 信号的时钟频率很高。不适当的终接意味着发送的所有能量不会被接收终端或接收器件完全接收。剩余的能量将会沿着电缆反射从而形成驻波。这种能量的反射会造成接收信号中的振铃，用户可以从眼图显示中观察到过冲和下冲，如图 83 所示。注意这种终接错误本身也许不会引起接收信号中的问题，然而这种反射信号与沿信号路径的其它错误的累积叠加，将更加迅速地使眼开度变窄，从而降低接收机从信号中恢复时钟和数据的能力。

在正常情况下，眼图显示的波形跳变交叉点位于眼图显示的 50% 点。如果信号波形跳变的上升时间或下落时间不相等，那么眼图显示将偏离 50% 点，偏离的大小取决于两个跳变时间不相等的程度。器件中的交流耦合也会使高信号电平接近于固定的判决阈值，这将降低接收信号的噪声容限。典型的 SDI 信号具有对称的上升时间和下降时间，但是不对称的线路驱动器和光纤信号源（激光）可能会引入非对称的跳变，参见图 84 所示。尽管不对称的线路驱动器和光纤信号源有着潜在的不对称性，然而对信号的上升和下降时间并没有特别大的影响。实际上，电缆的衰减通常对信号跳变时间的影响要显著得多。如果对信号不进行适当的补偿或进行其它调整，SDI 信号的非对称性可能会降低信号解码时的噪声余量（相对于判决阈值），从而引起解码错误。

如果增加信号源与测量仪器之间的电缆长度，这将导致信号幅度沿着电缆的衰减和频率的下跌，从而使信号和上升时间和下降时间的延长。随着电缆长度的增加，在仪器的显示器中可以观察到，此时眼开度趋近闭合也不再清晰可见。然而仍然能够正确地解码这种信号，因为均衡器能够恢复数据流。如果象图 77 那样使用一段长电缆，此时 SDI 信号将持续劣化，眼开度将更为模糊，在这种情况下，采用 WFM7120/WFM6120 的均衡眼图模式，用户可以观察到经过均衡器正确校正后的眼开度，其眼图显示如图 85 所示。因此，这样说来，带有适当自适应均衡器的接收机能够恢复这种信号。然而，您不应当忘记，并非所有的接收机均采用同样的设计，某些接收机也许不能恢复这种很差的信号。如果仪器中的衡器能够复原数据，那么均衡后的眼图显示应当是开启的。如果眼图显示部分闭合甚至全部闭合，此时接收机难于恢复数据和时钟信息。在这种情况下，接收机中可能会发生某些潜在的数据错误。数据的错误会导致图像中出现闪烁现象，或者是行丢失，甚至导致图像冻结。这时，位于信号路径终端的接收机要正确地从 SDI 信号中提取时钟和数据是十分困难的。如果我们能够保持信号在其物理层正常地工作，那么我们我们就能够确保在信号传输过程中不会出现这类问题。利用仪器的眼图显示和抖动显示，可以帮助我们解决这类问题。

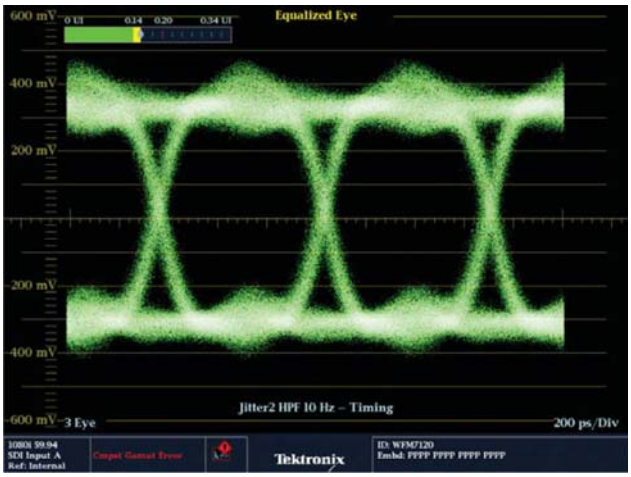


图 85. WFM7120 中的均衡眼图模式。

抖动测试

由于不存在使用视频数据提供的单独时钟，取样时钟的恢复应通过检测数据的变化来进行。它的实现方法是在预期的时钟频率附近直接恢复能量以驱动高带宽振荡器(如用于标清信号的带宽为 5MHz 的 270MHz 振荡器)，该振荡器近实时(near–real–time)的锁定于输入信号。用上述振荡器再驱动加重平均的低带宽振荡器(如用于标清信号的带宽为 10Hz 的 270MHz 振荡器)。在抖动测量仪器中，将高带宽振荡器的样值和低带宽振荡器的样值在相位解调器中进行比较，从而产生一个代表抖动的输出波形。这种方法即所谓“解调器法”。

定时抖动定义为数字信号的有效瞬态(如过零点)相对于无抖动时钟在某一低频(典型值为 10Hz)之上的时间偏差。它虽然比使用原始基准时钟要好些，但却不常使用。在测量仪器中常用的是一种加重平均振荡器(heavily–averaged oscillator)。

校准抖动(alignment jitter)，即相对抖动，定义为数字信号的的有效瞬态(如过零点)相对于由信号本身恢复的假想时钟的时间偏差。这样恢复的时钟将跟踪信号直至到达其高端时钟恢复带宽，典型值为 1KHz(标清)和 100KHz(高清)。相对抖动的测量包括该频率以上的抖动成分。相对抖动表示信号至锁存时钟定时边缘的恶化。

泰克公司的仪器如 WFM7120(图 86)、WFM6120 和 VM700T 均可选用高通滤波器以分离抖动能量。抖动信息可以不经滤波(为 10Hz 至 5MHz 的全带宽)以显示定时抖动，或者通过一个 1KHz(–3dB)的高通滤波器以显示 1 可 Hz 至 5MHz 的相对抖动。可选择附加的高通滤波器以进一步分离抖动分量。上述仪器可直接读出抖动幅度并给出已解调抖动波形的直观显示，有助于分析抖动的原因。相当普遍的是，在某一单个路径中的数据接受设备可以容忍明显超出 SMPTE 建议书规定的抖动，然而，传输系统中多个设备的抖动积累(抖动的增长)将会导致意想不到的失效。有关数字串行系统的抖动的讨论可参见 SMPTE RP184，EG33 和 RP192。

SDI信号中的抖动会改变信号波形的跳变时间，这将使眼图中的波形跳变点在水平方向上展宽。显然，这种抖动会使眼图显示变窄甚至使眼图闭合，这将使判决阈值电平的确定变得更为困难。唯一可能的测量方法是利用监视器上的光标手动测量眼图显示中抖动的一个单位间隔，或者通过自动测量直接获取读数。同样的，在眼图显示中确定抖动事件的发生频率也是困难的，因为和SDI信号中有规律重复的波形跳变相比较，很难观察到这些抖动事件的强度和频度。

在WFM7120和WFM6120中均提供有EYE选购件，利用这个选件可以观察到眼图显示中的抖动读数。EYE选件的抖动读数给出了单位间隔和时间值。对于某一运行环境而言，EYE的抖动表指示可以提供SDI信号超出某一抖动阈值时的简明警示信息，如图87所示。当抖动表指示转为红色时，仪器会告知用户表示系统中可能存在着潜在的问题。抖动阈值是用户可以选择的，并且可以设置在一个由用户定义的抖动容限上。

图 86. WFM7120 中两场扫描下的抖动显示。

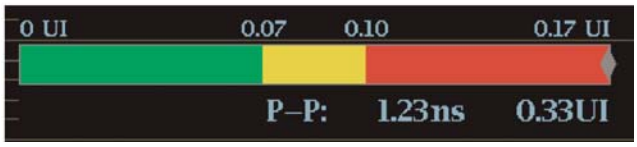
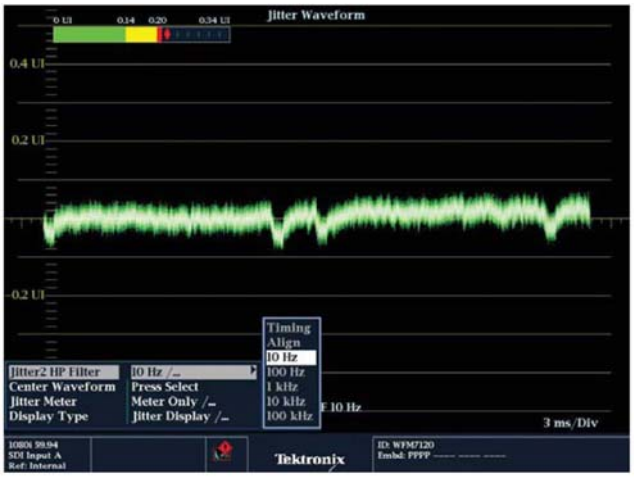


图 87. 抖动表测量。



10Hz 时的抖动波形显示

100 Hz 时的抖动波形显示

1k Hz 时的抖动波形显示

100 Hz 时的抖动波形显示

图 88. 选择不同的滤波器时给出不同的抖动波形显示。

为了说明不同类型的抖动，我们可以使用带有选购件PHY的WFM6120或WFM7120波形监视器。和EYE选件提供的眼图显示和抖动读数表相比较，在PHY选件提供的抖动波形显示中，它能够更加清楚地观察到SDI信号中的抖动问题。在PHY选件的抖动波形中，可以显示出一行、两行或者一场、两场与视频行频或场频相关的抖动波形。通常我们可以选择两场显示并且提高监视器的垂直增益来观察被测系统中的抖动。在所有系统中均存在着少量的抖动，但此时的抖动迹线应当是一条水平线。继续提高监视器的垂直增益直至扩展到10倍，我们会看到被测系统内部的固有噪声。这种噪声在本质上应当是系统中的随机噪声，否则说明信号中可能存在着抖动的确定性分量。

在仪器中我们可以选择10Hz、100Hz、1kHz、10kHz和100kHz的滤波器以进行抖动测量。这样有助于我们区分不同频率下的抖动问题。在图88所示的例子中，如果使用不同的滤波器就可以直接得到相应的抖动读数和抖动波形显示。将滤波器设置为10Hz，抖动的测量值为0.2UI，同时在迹线上还出现了场频干扰。另外，在观察波形显示时可以发现迹线中偶然出现的一些垂直偏移，它表现为较大的峰至峰值，甚至比在显示器上直接测量到的实际值还要大。当监视器的滤波器设置为100Hz时，某些抖动分量会减小，也不存在迹线的垂直跳动。在这种情况下，显示的迹线较为稳定，此时的抖动测量值为0.12UI。不过，仍然存在着以场频出现的干扰。当滤波器设置为1kHz时，抖动分量将进一步减小，此时的迹线是一条较为平坦的直线。不过，还是可以观察到场频干扰。当滤波器由100Hz时改变为1kHz时，抖动的读数并没有显著的下降。当滤波器的频率到100kHz，现在可以看到，显示器呈现的是一条平坦的迹线，抖动读数也明显地降低到0.07UI。在这种情况下，被测器件的输出处于该单元的正常运行参数之内，从而为物理层解码提供了适当的信号。在正常情况下，正如您意料的，随着信号通频带的变窄和高通滤波器截止频率的提升，此时抖动的测量值通常会愈来愈小。但是，我们现在假定，当提升高通滤波器的截止频率和信号通频带变窄时，抖动的读数不仅未减小反而在增加，那么在这种情况下，SDI信号中究竟出现了什么现象?

可以这样来解释：在这种情况下，信号中存在着抖动脉冲，而这种抖动脉冲恰好处于您设置的滤波器的带通边缘，这种抖动脉冲实际上是一种在滤波器边缘处的微分产物，仪器给出的读数正是这种抖动脉冲的测量结果。这种微分产物在脉冲跳变沿上升处和下降处形成振铃效应，这种脉冲在您选择的带通滤波器内具有很大的抖动值。

通过使用不同的滤波器，用户可以确定传输信号中的抖动究竟在什么频率范围内。大多数抖动的频率分量是行频或场频的整数倍，这有助于我们了解在SDI传输路径中究竟是哪些器件带来了显著的抖动。一般而言，接收机的锁相环路(PLL)时设计，从器件的输入端至输出端可以通过低频的抖动，因为锁相环路能够跟踪该器件输入端中的抖动。而PLL跟踪高频抖动分量要困难得多，因此，这可能会引起接收机的锁相问题。

SDI 状态显示

在仪器的SDI状态显示中，综合性地摘要提供了SDI信号物理层测量的一些重要信息，参见图 89 所示。利用带有 EYE 选件的 WFM7120/6120 或者 WVR7120，您可以将仪器显示器的分屏 1 和 2 设置为定时抖动测量，而将分屏3和4设置为校准抖动测量，这样仪器将同时显示出定时抖动和校准抖动的测量值，从而得出这两种抖动的测量读数。仪器还可以自动改变校准抖动的滤波器设置，即当仪器的输入是不同类型的 SDI 信号（HD 或SD）时，滤波器将自动设置为100kHz（HD）或10kHz（SD）。此外，在 SDI 状态显示中也将提供电缆长度的评估测量的条形指示表。如果仪器还配置有PHY选件，那么它将自动给出眼图幅度、眼图的上升时间、下降时间，以及上升时间与下降时间之差的测量结果。所有这些自动测量结果，为您提供了一种更加准确的和可靠的物理层测量方法。

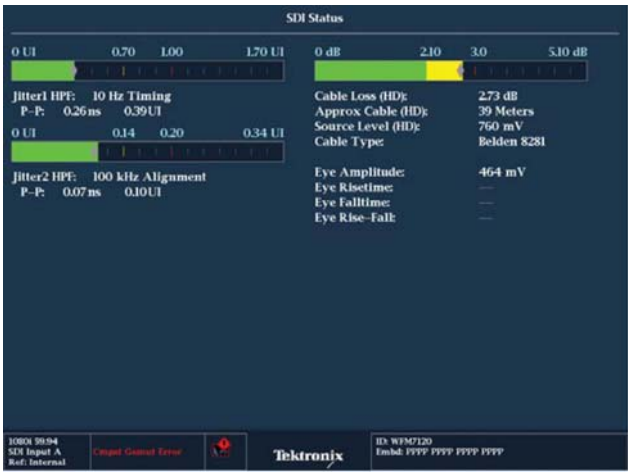


图 89. WFM7120 的 SDI 状态显示。

电缆长度测量

电缆长度测量对于定量地掌握传输路径中的设备运行余量是十分有用的。大多数厂商对其设备在使用某种类型电缆时的正常工作范围均作出了规定。例如均衡器的工作范围的典型值为：对于SD信号，8281型电缆为250米；对于HD信号，8281型电缆为100米。在这个例子中，电缆的类型指定为8281型电缆，然而，在您的整个系统设施中，也许使用了各种不同型号的电缆。在这种情况下，可以将波形监视器设置为设备制造商规定的电缆类型，而后用仪器测出电缆的长度。如果仪器的读数为80米，我们已经知道该设备至少可以在长度为100米的范围内正常工作，说明在这个信号路径中还有20米的余量。如果电缆的测量读数在100米以上，这样就超出了该设备制造商给出的推荐值。制造商对其设备的规定可能针对的是某一种最常使用的电缆型号，我们在进行电缆测量时并不一定要求您的系统设施中有这种指定的电缆型号。WFM7120和WFM6120支持以下在技术规范中通常使用的各种电缆型号，这些电缆型号包括Belden 8281、1505、1695A、1855A、Image 1000和Canare L5-CFB等。您只需要从仪器物理层测量的配置菜单中选择对应的电缆型号即可。一旦您选定了电缆型号，将SDI信号送入仪器，仪器就会给出电缆损耗、电缆长度和估算的信号源电平等测量值。

- 电缆损耗表示信号沿电缆长度的损耗值，并以dB(分贝)表示。如果测量值是0dB，表示为一良好的800mV信号，如果不是这样，设测量值为-3dB，那么表示信号源是预期幅度的0.707倍。因此，如果我们假设信号的发送幅度是800mV，那么在测量点测出的信号幅度大约为565mV。
- 电缆长度指的是信号源与波形监视器之间的电缆长度。仪器是根据用户选择的电缆型号以及在仪器输入端测出的信号功率而计算出来的电缆长度。
- 源电平指的是仪器根据用户选择的电缆型号、并且假定电缆是连续运行的而计算出的信号源的发送幅度。

当您对系统进行验收或者查验系统的性能时，进行以上几种测量是特别有用的。如果您已知某一器件的性能规范，您就可以确定该器件是否工作在该器件的允许范围之内。例如，在图 89 中仪器测得某段信号传输路径中的电缆长度为 62 米，按照设备制造商的说明，设备在使用均衡器的情况下且当使用电缆的型号为 Belden 8281 时，其电缆传输长度至少可以为 100 米。将以上两个电缆值进行比较，我们就知道，在这段信号传输路径中，这个设备具有 38 米的运行余量。需要注意的是，以上的测量是假定该传输路径使用的是连续完整的一段电缆。在某些情况下，在被测的信号路径中可能插入了一些有源器件。如果是这种情形，那么就应当将测试信号从电缆的一端输入，而在电缆的另一端接入测量仪器进行电缆长度测量，并与制造商规定的技术规范进行对照比较，检查电缆长度的测量值是否在厂商的规定长度之内。这一查验方法应在您的系统设施之内对每一传输链路依次分段进行。这样才能对系统中的每一部分的电缆长度提供可靠的测量值，从而确保该系统中的每一信号路径具有足够的传输余量。反之，如果传输距离超出了电缆制造商规定的最大长度，那么就必须在信号传输路径中插入有源器件，以确保信号的传输质量。

视频信号源间的定时

为使信息平滑流畅地得以传输，无论是对取景设备还是处理信号的系统硬件来说，都需要在各视频信号源的汇合点进行同步混合或顺序切换。在演播室设备的工作过程中，各串行数字视频信号间的相对定时差别可以从数纳秒到若干电视行。这种相对定时的测量可以这样来实现：将波形监视器与一外部信号源同步，并与已知图像的相关部位进行比较。

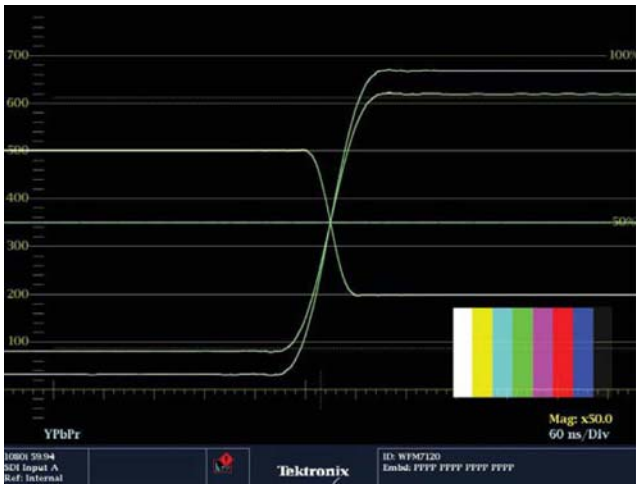


图 90. 利用绿色 / 品红的电平跳变来测量通道间的定时

如果要测量工作信号路径中的定时差，可以使用TG700数字分量发生器的有效图像定时测试信号，将TG700与具有定时游标并能对外接基准信号源选行的 WFM6120 或 WFM7120 系列串行分量波形监视器相连接，即可完成定时差测量。有效图像定时测试信号在以下各行中均含有亮度白条信号：

- 525 行信号：第 21、262、284 和 525 行
- 625 行信号：第 24、310、336 和 622 行
- 1250、1125 和 750 行格式：每场的第一行和最后有效行

为了调整各信号源如摄像机、电视电影设备和录像机的相对定时，观察SAV定时基准信号的模拟显示也许是可能的，当场消隐转换为有效视频时，SAV 定时基准的幅度也随之改变。为了显示定时基准信号，应将波形监视器置于“PASS”模式，并使其与外接同步基准(EXT REF)相锁定。

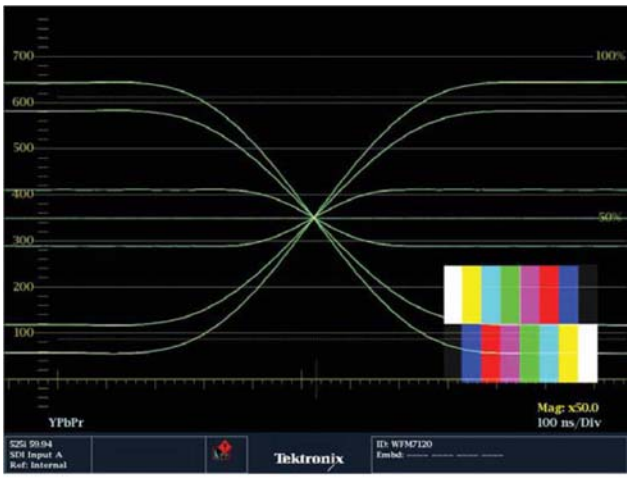


图91. TG700的反极性彩条信号，监视器置于H MAG，OVERLAY。

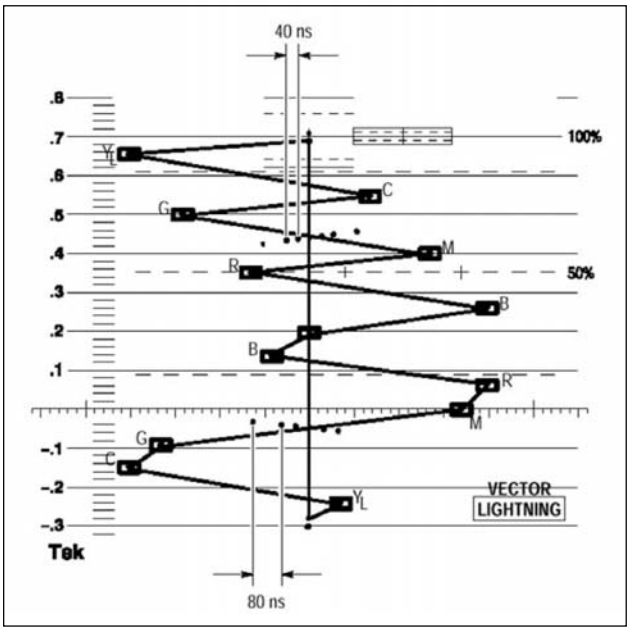


图 92. 100%彩条信号的闪电显示

分量信号的通道间定时

馈送分量视频信号的各通道间的定时差会带来各种问题，除非是各通道间的定时误差很小。在数字域中可以对信号进行监视，但任何定时误差均可能来源于模拟视频信号源。由于模拟分量是通过不同的电缆、路由切换器中的不同放大器传送的，如此等等，如果设备未经过很仔细的安装和认真的调试，就有可能发生定时误差。检查分量信号通道间的定时误差有好几种方法。按照下面所介绍的波形方法可使用彩条测试信号来进行。不过，泰克公司的分量波形监视器，提供了两种精确有效的方法，可以任选一种：其一为闪电显示，使用标准的彩条测试信号；蝴蝶结显示，这需要一种专用的测试信号，它可以由泰克公司的分量信号发生器提供。

波形方法

在波形方法中，可以使用经过精确校正的三通道波形监视器来查验三个通道的信号波形是否在同一时间发生跳变。例如，如果使用彩条信号，那么彩条信号中的三个通道应当在绿条和品红条的交界处应当同时发生跳变。如图 90 所示。

为了使用波形方法以查验绿色/品红的转换定时是否合适，具体步骤为：

1. 确定彩条信号通过被测系统的路由，并将该系统的输出与波形监视器相连。
2. 将波形监视器置于 PARADE 模式，1 行扫描。
3. 调整显示波形的垂直位置，必要时，可将通道 1 的绿色 / 品红的转换处的中点置于波形监视器上的 350mV 标度线上。
4. 调整通道 2 和通道 3 的显示位置，使得这两个色差通道的零电平也在 350mV 标度线上。(注意色差信号的电平范围为 –350mV 至 +350mV，因此零电平应处于波形监视器的垂直显示中心。)
5. 将波形监视器置于WAVEFORM OVERLAY模式和水平 MAG 方式。
6. 仔细调整波形的水平迹线，观察三个通道的绿色/品红波形跳变点。如果三通道间定时正确，则三条迹线应当在 350mV 标度线上的中点处相交。

泰克公司的 TG700 和 TG2000 测试信号发生器均可编程，以产生特殊的、极性相反的彩条测试信号，这种彩条在每场的一半处具有相反的极性。这样的彩条信号可以很容易地观察到通道间的定时差，只需将三个信号的交叉点对准即可。如图 91 所示。

泰克公司的闪电显示用于定时测量

泰克公司的闪电显示提供了通道间定时的快速准确测量。它使用的是彩条测试信号，在闪电显示中有指示任何定时误差的刻度标记。在定时正确的闪电显示中，每条绿色/品红过渡线应当通过一串7个刻度点的中心点。图 92 表示出这种正确的定时关系。

在闪电显示中，一串彼此靠近的间隔点给出了查验过渡线的刻度指示。各点间隔为 40ns，但宽间隔为 80ns。显示器中的电子刻度线消除了 CRT 非线性所带来的测量误差。如果色差信号与亮度信号定时不一致，则彩色点间的过渡线就会出现弯曲。弯曲的程度代表亮度和色差信号间相对时延的大小。闪电显示的上半部用以测量 Pb 与 Y 的定时，显示的下半部则用来测量 Pr 与 Y 的定时。如果过渡线的弯曲方向朝内指向垂直中心即黑色区，那么色差信号滞后于亮度信号。如果过渡线的弯曲方向朝外指向白色区，则色差信号超前于亮度信号。

蝴蝶结方法

蝴蝶结显示需要一种专用的测试信号。其中用于色度通道的测试信号频率稍微不同于亮度通道的测试信号频率。对于标准清晰度格式，一组 500KHz 正弦波用于亮度通道，502KHz 正弦波组用于两个色度通道。如图 93 所示。其它频率也可使用，但测量显示的灵敏度会有所不同。

高清晰度分量系统中的延时测试可使用更高的测试频率组。在亮度通道中有数行带有标记，它们是用来量度相对定时误差的。其中较高的中心处标记指示零误差，在使用 500KHz 和 502KHz 频率组的情况下，其它标记的间隔为 20ns。以上三个正弦波频率组在它们的中心处恰好具有相同的相位。由于两个色度通道的频率对亮度频率有所不同，因此它们的相位会在两侧逐渐偏离亮度通道的中心。

在波形监视器中，显示屏的左半部是亮度通道与某个色度通道相减后的蝴蝶结显示波形，右半部则是亮度通道与另一个色度通道相减后的蝴蝶结显示波形。每个差值波形均会在这两个分量的同相点（在理想情况下，同相点应处于中心）产生一个零值。一个色度通道相对亮度

图 93. 蝴蝶结测试信号

通道的定时误差会改变这两个通道间的相对相位，因此零值点也会在亮度通道的某一侧偏离中心。如果零值点偏离在中心的左侧，表示色差信号通道超前于亮度通道。如果零值点偏离在中心的右侧，则表示色差信号滞后于亮度通道。

如果不考虑零值点的位置，仅就其幅度而言，那么零值幅度只是在两个正弦波幅度相等的情况下才会出现。这两个通道间的相对幅度差决定了零值点幅度的大小，在零值点幅度较大的情况下，要对定时进行精确地测定是困难的。如果您需要对定时进行精确测量，那么应当首先调整被测设备的幅度。亮度通道(CH1)的增益差会使两个波形都不会出现完全的零值点。如果只是 Pb 通道(CH2)有增益差，那么左边波形不会有完全的零值，但右边的波形却会出现完全的零值点。如果只是 Pr 通道(CH3)有增益差，那么右边波形不会有完全的零值，但左边的波形却会出现完全的零值点。

图94. 图中的蝴蝶结显示，左侧为Y和Pb，右侧为Y和Pr。

图95. 图中的蝴蝶结显示，Pb超前Y为55ns，Pr滞后Y为50ns。

图 96. 图中的蝴蝶结显示，Pb 对 Y 通道存在增益误差。

蝴蝶结测试信号和显示具有两个优点：其一，它给出的定时分辨率要高于定时测量的波形法和闪电法；其二，在距波形监视器屏幕有一定距离时，其显示仍然是可以读出的。

需要注意的是，蝴蝶结测试信号是一种无效信号，仅在色差信号格式中它才是合法的。当它转换为RGB或复合格式时将变为不合法的信号，因此在以RGB格式进行内部处理的设备中，使用蝴蝶结测试信号将会产生不良影响。(有关合法和有效信号的讨论参见附录 – 色域、合法、有效。)

蝴蝶结测试法可用于评估通道间的相对幅度和相对定时，这需要使用分量波形监视器，如泰克公司的1765、VM700T(带分量选件)、WFM601 系列和 WFM7120/6120 系列，它们具有蝴蝶结显示模式。

在图 94 中，显示器的左边是 Y 通道和 Pb 通道的比较；右边是 Y 通道和 Pr 通道的比较。图 50 中 Pr 分量超前 Y 为 5ns，这在一般情况下是可以接受的。

为了使用蝴蝶结测试法，首先将分量发生器的蝴蝶结测试信号送入被测设备，再将被测系统的输出与波形监视器相连。启动BOWTIE显示。如果蝴蝶结图案具有尖锐的零点，并且该零点位于每行的中心，则通道间的相对幅度和通道间的定时都是正确的。通道间的定时误差会使零点的位置发生变动，如图 95 所示。通道间的相对幅度误差(图96)会使零值的幅度增加。不完全的零值点加之又偏离中心，表明被比较的两通道间既存在幅度差，又存在定时差。

数字电视系统的运行

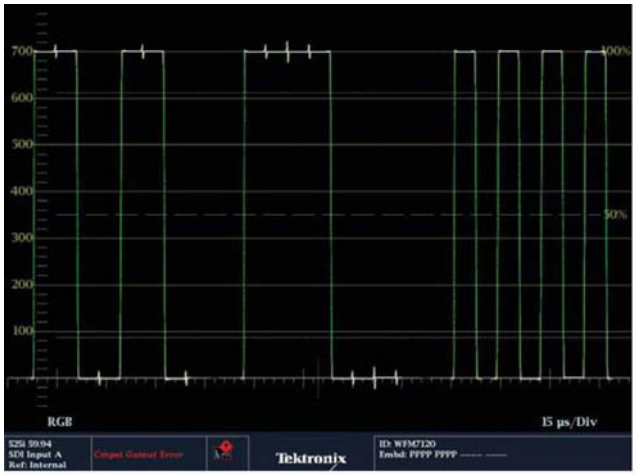


图97. 100%彩条信号在WFM7120监视器中的R'G'B'并列波形显示。

图98. 100%彩条信号在WFM7120监视器中的Y'/C'b/C'r波形显示。

RGB 和色差波形

尽管艺术创作人员可以在设备中调整出为人们所熟悉的红、绿、蓝格式，但是工程技术人员却希望看到的是通过数字编码信号矩阵所产生的模拟显示。数字信号通常是亮度信号Y'和两个色度分量C'b和C'r的直接量化和时分复用。这三个数字分量可以转换为模拟信号并直接给出色差信号波形的并列显示，也可经矩阵返回到艺术创作人员所需要的红、绿、蓝。图97和图98分别是这两种格式的显示波形。

分量信号的增益平衡

在分量信号中，增益平衡指的是各通道间的电平匹配状况。如果某一分量信号的幅度相对其它分量信号存在着误差，就有可能对图像的色调和(或)饱和度产生影响。在色差格式中，不同的彩色含有的红、绿、蓝通道的信号幅度各不相同，因此，如何调整单个通道的增益，并不是很方便的。这里给出几种显示图形，它们将有助于信号幅度的调整。

矢量显示

很长时间一直在使用矢量显示(如图99)监视复合NTSC或PAL制式中的色度幅度。在解调相位调整正确的情况下，色同步的指向应沿水平轴向左，复合信号的矢量显示是两个已解码彩色分量的笛卡尔(x,y)图形。解调后的R–Y信号沿垂直轴，B–Y信号沿水平轴。

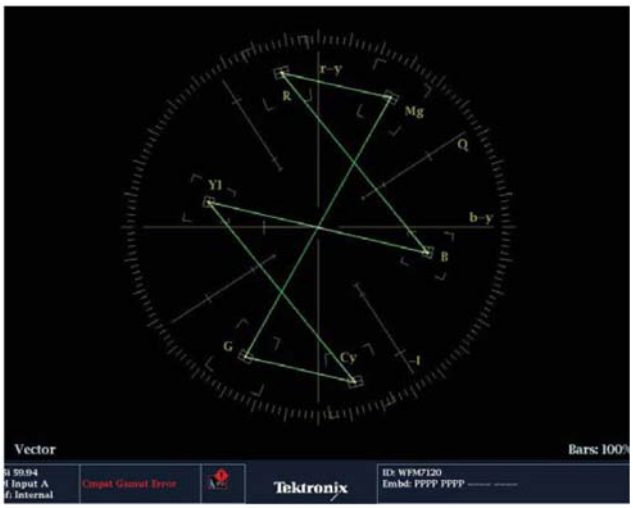


图 99. NTSC 制彩条信号的矢量示波器显示

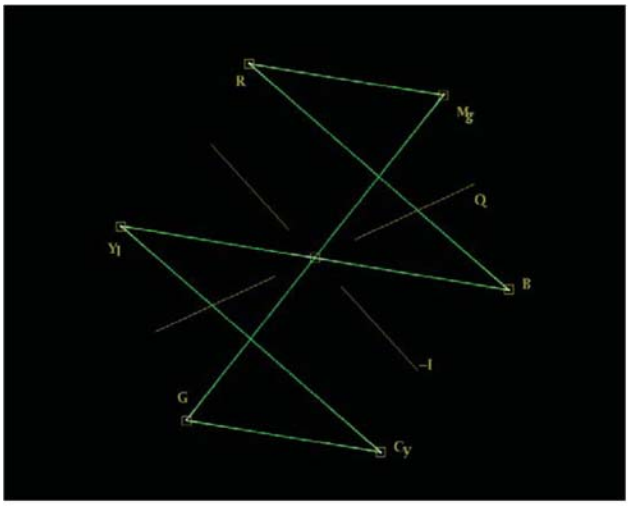


图 100. 波形监视器中的分量矢量显示

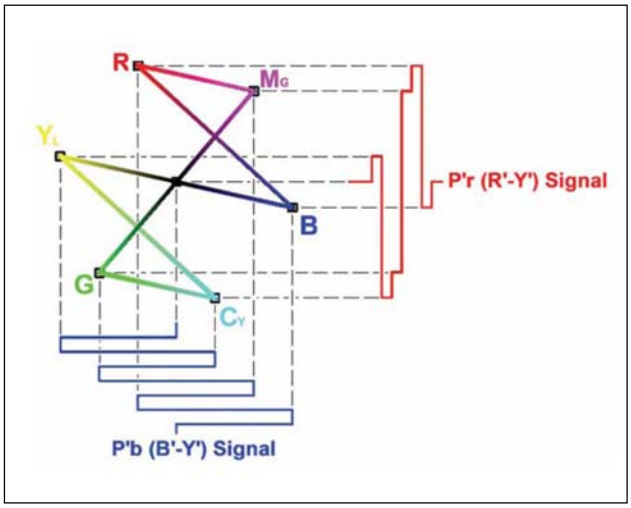


图 101. 分量矢量显示的形成示意图

在数字或模拟分量系统中，图 100 是与图 99 相类似的显示图形，它是由沿垂直轴的分量信号 P'r(或 C'r)和沿水平轴的分量信号 P'b(或 C'b)所形成的，如图 101 所示。监视器内设有增益显示刻度框，调整刻度框，使彩条信号落入框内。在以上两个色差信号中，只要任一色差信号的幅度不正确，色差信号所产生的圆点就不会落入框内。例如，如果 P'r(或 C'r)的增益太大，则在屏幕的上半部分，圆点就会出现在框的上方，而在屏幕的下半部分，圆点会出现在框的下方。这种显示图形适用于 75% 和 100% 彩条信号。在进行测量时，应使源信号幅度匹配于矢量刻度。

在分量信号的矢量显示图形中，它的极性显示可用来测量色调，即色度信号的相对相位。色度信号的幅度为显示中心至彩色点的位移量。从某一彩色点到另一点的过渡线可给出有用的定时信息。如果存在着定时差，那么过渡线将会呈环状或发生弯曲，但是这种方法不如闪电法或蝴蝶结法来得方便。

对于监视和调整两色差分量组而言，两轴矢量显示是比较方便的。然而，它通常无法提供亮度增益测量或色度 / 亮度增益比较。假设亮度通道完全丢失的话，那么矢量显示看起来将是相同的。

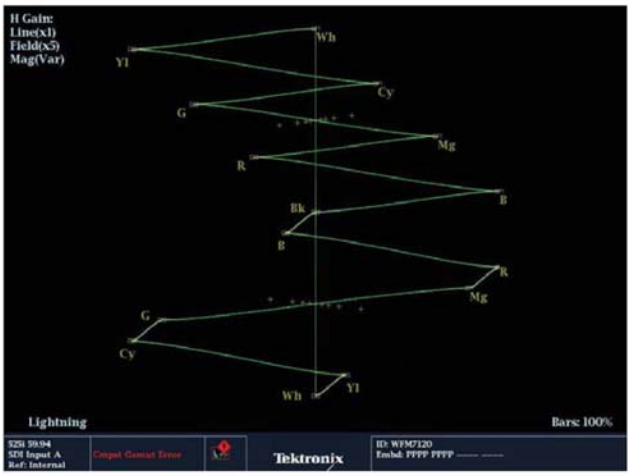


图 102. 泰克公司的闪电显示

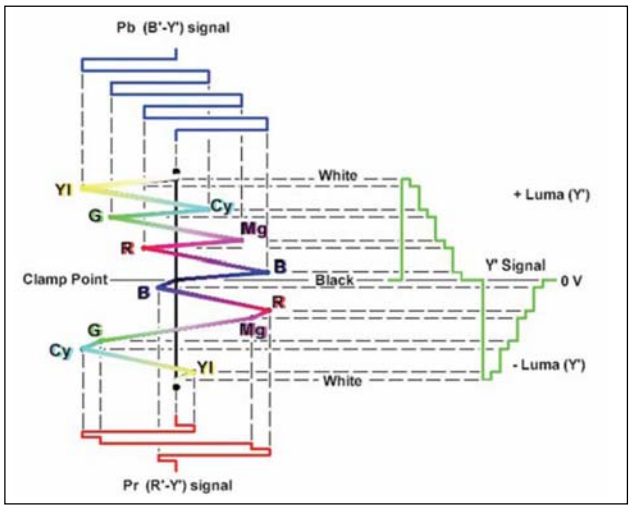


图 103. 泰克公司闪电显示的形成示意图

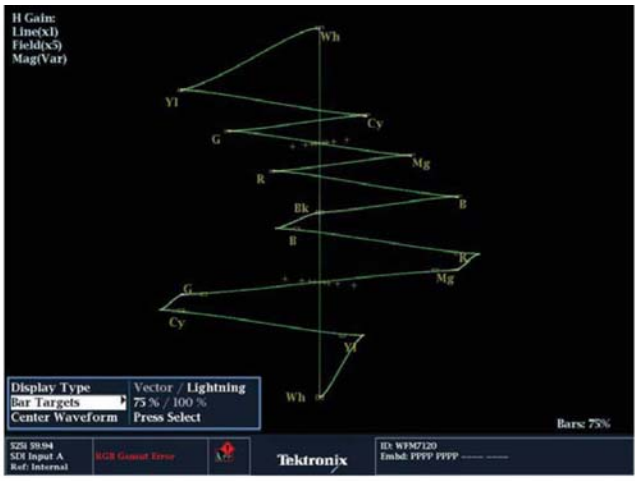


图 104. P'r 信号分量增益不正确的闪电显示

闪电显示

为了对分量信号进行全面的监视，信号的三维测量法也许是人们所欢迎的，泰克公司开发了一种闪电显示，如图102所示。它可在单一的显示图形中提供三个信号通道间的幅度信息和定时信息。这种功能全面的测量方法对测试信号的唯一需求就是标准彩条信号。

闪电显示的形成过程如图 103 所示。在屏幕的上半部分，是亮度信号对分量信号P'b(或C'b)的显示图形，在屏幕的下半部分，是反向的亮度信号对分量信号P'r(或C'r)的显示图形 – 就象是两个矢量显示共享同一屏幕。屏幕中心的亮点为消隐电平(即信号的零电平)。在屏幕的上半部分，向上为亮度幅度的增加方向；在屏幕的下半部分，向下为亮度幅度的增加方向。如果亮度增益太高，显示图形就会沿垂直方向伸长。如果P'r(或C'r)的增益太高(图 104)，屏幕下半部分的图形将沿水平方向伸长。如果 P'b(或 C'b)的增益太高，则屏幕上半部分的图形将沿水平方向伸长。在闪电显示中，观察绿色 / 品红之间的过渡线，可以获知通道间的定时信息。如果绿色和品红的矢量点各在其对应小框内，那么它们之间的过渡线应与 7 个定时点的中心点相交。

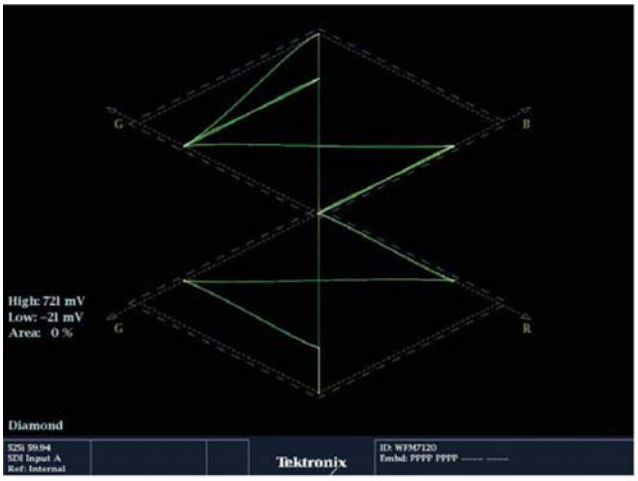


图 105. 75%彩条信号的钻石显示

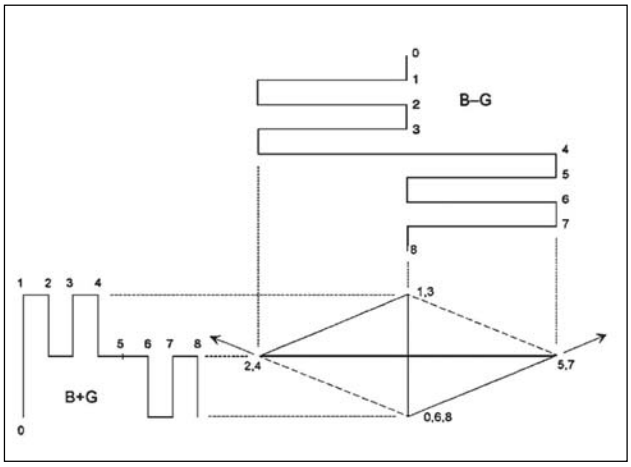


图 106. 钻石显示上半部分的形成示意图

钻石显示

泰克公司的钻石显示（图 105）为彩色信号的有效性提供了一种可靠的检测方法。钻石显示可以在彩色节目制作完成之前检测信号是否有效。无论是在彩色信号的形成过程中，还是在彩色信号的最终显示过程中，彩色通常使用的是R'G'B'格式。如果彩色信号在全系统中始终以这种格式进行处理，那么通过监视以检测信号的合法性就相当简单了 – 只需保证信号的容限不被超出即可。但实际上，大多数演播室系统采用Y'、C'b、C'r格式作为数据传输和信号处理，而且彩色信号也通常转换为PAL或NTSC制式以用于地面广播传输。无论彩色信号采取什么格式，最终都要解码成RGB分量信号以显示在图像监视器上。

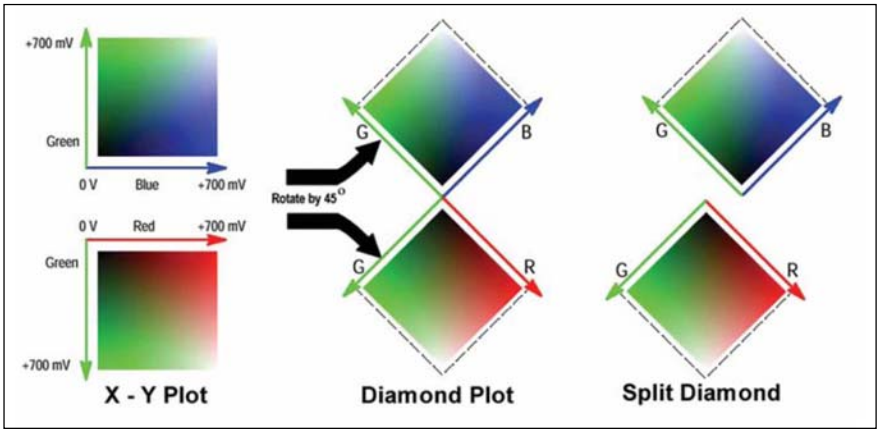


图 107. 合法色域的钻石显示

泰克公司的钻石显示是由R'、G'、B'的组合而形成的。如果视频信号是其它格式，将其分量转换为R'、G'和B'。R'、G'和B'能转换为有效、合法的视频信号，可采用能处理100%彩条的任意格式。(一个值得注意的例外是NTSC传输标准，其管理部门将白电平设置为十分接近零RF载波以适应100%彩条，参见箭头显示。)

从图105和图106可见，上部钻石是由加在垂直轴上的B' + G'和加在水平轴上的B' – G'形成的，下部钻石是由加在垂直轴上的R' + G'和加在水平轴上的R' – G'形成的。这两个钻石图形交替显示以组合成双钻石显示。在每个钻石显示中，都使用了1.5MHz(在标准清晰度格式中是1.5MHz，如为高清晰度格式，则更宽些)的低通滤波器，以消除短暂的容限以外的信号，这些信号通常是色差格式中不同带宽信号的组合产物。

可以预计，所有的三分量显示均应在峰值白(700mV)和黑电平(0V)之间，如图107所示。图像监视器以不同的方式处理标准范围(色域)以外的超出部分。某一信号处于色域中，则所有的信号矢量均应位于G/B和G/R钻石图形中。如果某一矢量延伸至钻石以外，则该信号就处于色域之外。绿色的幅度误差将对两个钻石产生对等的影响，如果仅是蓝色误差则只会对上部钻石产生影响，红色误差只对下部钻石产生影响。在钻石显示中，利用彩条测试信号，也可观察到通道间的定时误差，因为这

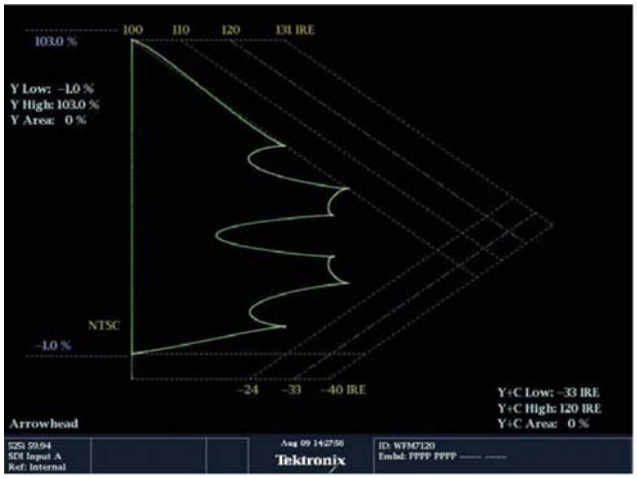


图 108. 泰克公司的箭头显示，图中显示的是用于NTSC制的75%分量彩条信号。

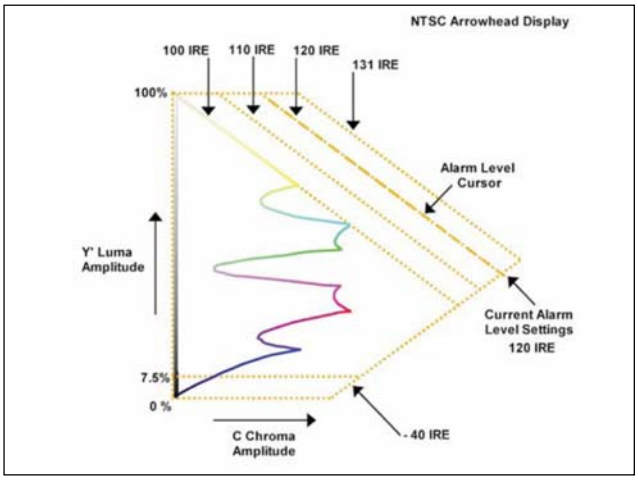


图 109. NTSC 制的箭头刻度数值。

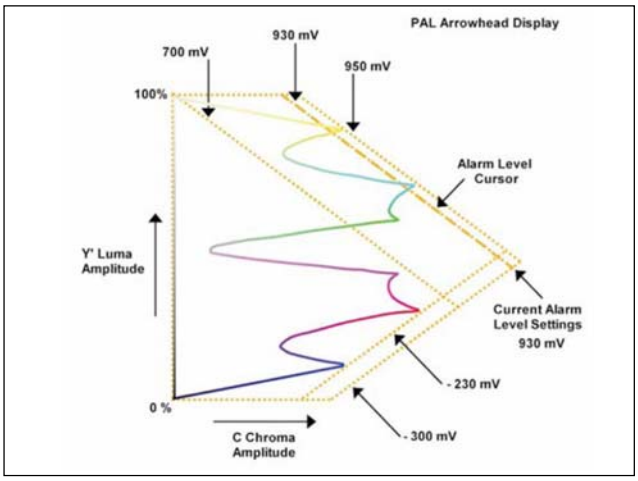


图 110. PAL 制的箭头刻度数值。

时过渡线会发生弯曲。单色信号在钻石显示中表现为垂直线。低于黑电平的信号偏移有时会被反向的钻石掩盖掉，因此，可以将上述的钻石显示图形分解成两部分，以便于观察在任一个 G/B 或 G/R 区域中的低于黑色电平部分的显示。

利用钻石显示，工作人员可以判断被监视的视频分量是否能够合法有效地传送到 RGB 色域中。钻石显示也可用于实况信号和测试信号。

箭头显示

100%彩条并不适用于NTSC制传输标准，因为您无法确定在R'、G'、B'格式中是正确的视频信号是否能够正确无误地通过调幅NTSC发射机进行传输。在传统上，该信号被编码为NTSC制式后再用NTSC波形监视器进行监视。但由泰克公司开发的箭头显示(如图 108、109 和图 110)却可直接通过分量信号环境来了解 NTSC 和 PAL 制式的复合色域信息。

在箭头显示中，亮度信号沿垂直轴，而消隐电平在箭头显示的左下角。每级亮度电平上的色度副载波幅度沿水平方向伸展，其中零值副载波位于箭头的左端。在箭头显示中，上部斜线形成的刻度标明了100%彩条中亮度与副载波幅度。下部斜线形成的刻度表示亮度与指向同步顶(最大发射功率处)的副载波幅度之和。这样，我们就能在分量信号编码为NTSC和PAL复合信号之前，按照由此形成的电子刻度来提供亮度加彩色副载波的幅度测量基准。在箭头显示中，还能给出可调整的调制深度告警，用以提示工作人员复合信号有可能接近容限。有了箭头显示，现在视频工作人员就可在分量信号环境中观察到它们随后在复合传输系统中的处理状况，并在制作过程中对分量信号进行必要的幅度调整。

图 111. HD 中使用的 YPbPr 格式 100% 彩条信号。

SD 中使用的 YPbPr 格式 100% 彩条信号。

如何监视色域

在节目后期制作期间或者在对节目素材进行评测以及在为广播电视设施采集节目素材时，色域监视是非常重要的。在处理原始视频素材时，可能需要经历各种视频格式的转换和彩色空间的变换，例如从 HD RGB 到 HD YPbPr，或者再转换为 SD YPbPr 直至转换为分量视频格式等。在转换的过程中，不同的视频格式，它们在彩色域中的有效范围并不相同，信号的允许电压范围也有所不同。图 111 是一个简单的例子，它给出了高清晰度中的 100% 彩条和标准清晰度中的彩条，二者均为 YPbPr 格式。但是，我们注意到它们的信号电平并不相同，特别是在绿色至品红的过渡处。如果您仅仅熟悉标准清晰度信号，以为只需调整一下就是高清晰度信号，但情况并非如此。它们有着不同的色度学方程式，如表 1 所示。从表 1 可以看出这两种信号的视频电平并不相同，但这两种信号均经过正确的校准。需要注意的是，典型的高清晰度信号使用的色度学方程是基于ITU BT–R709 标准，而标准清晰度信号的色度学方程是基于 ITU BT–R601(SMPTE 125M)标准。正是因为它们采用的色度学方程不同，因此彩条信号的视频电平也不相同。这样，当信号由一种视频格式转换为另一种视频格式时可能会造成视频图像的失真。

在节目后期制作期间，视频信号的处理可能要经历各种格式的转换和彩色空间的变换，在这样的处理过程中，重要的是必须确保视频图像、图形以及标题等始终处于正确的色域容限内，这样才能保证原始素材的彩色保真度。例如，在高清晰度电视制作中，我们有一幅图形中的深品红色背景是在 RGB 色域中产生的，该信号在后期制作过程中可能会经历各种彩色空间的变换，当它最终以复合视频信号播出时，我们发现该图像的背景由深品红色变成为不太清晰的品红色背景，这种背景色的改变正是由于一系列的视频处理给图像带来的失真。这就是说，原始的 RGB 彩色图像不能无损地通过彩色变换中的各个视频处理环节，结果导致最终播出的彩色图像不能正确地再现原始的彩色。

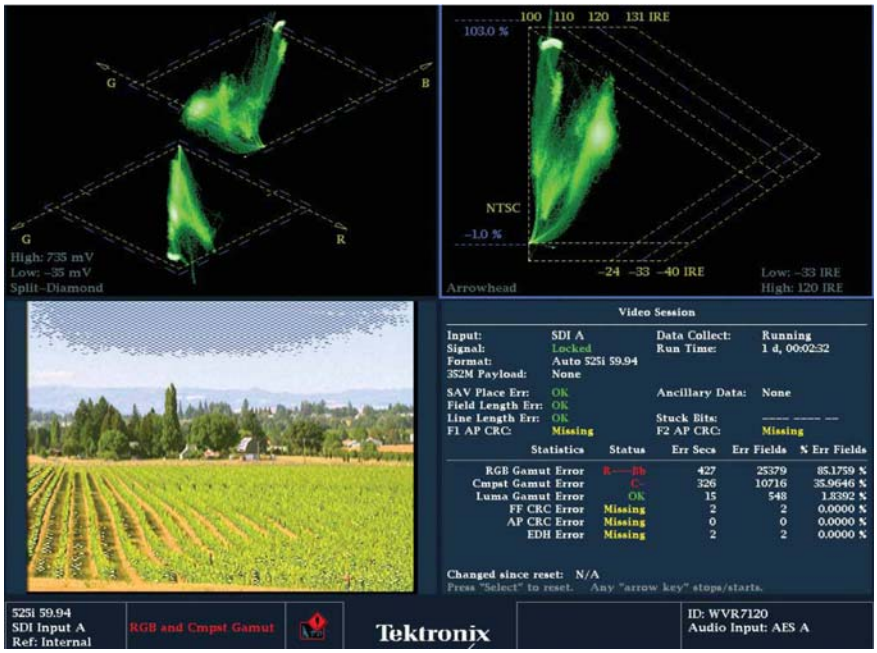


图 112. WVR7120 显示出色域错误。

波形监视器可以用来识别视频信号中的色域错误。因为视频信号有多种不同的视频处理方式，因此用来鉴别色域错误的方法也有好几种。

仪器显示屏下方的状态栏显示可以给出色域告警的简单指示。通过观察视频会话(Video Session)显示屏幕，还可以更清楚地了解色域错误的类型。在视频会话中，用大写字符和小写字符来分别表示色域中的哪一部分容限被超出。例如，观察图 112 中的仪器状态栏显示，我们发现 RGB 和复合色域错误是以红色加亮的。再继续观察视频会话显示，提示有“R--Bb”色域错误。在这里，大写字符“R--B”表示红色和蓝色的上色域容限被超出；而小写字符“b”则表示蓝色通道的下色域容限被超出。为了校正这种色域错误，我们只需借助于 WVR7120 的分离钻石显示，利用彩色校正器调整红色和蓝色分量的增益，使高幅度信号即超出上色域容限的彩色部分进入到钻石显示中蓝色虚线框内的容限即可使色域的上容限得到校正，再接着调低蓝色通道的蓝色电平控制即可使蓝色通道的下容限进入钻石显示的虚线边框内。在整个调整过程中，用户应当始终监视钻石显示图形以确保在调整该信号的域时不会带来任何图像中其它部分的色域超出。同时，我们还可以利用仪器的图像显示观察其中的加亮区域，该区域正是出现色域错误的区域而带有杂色，这在图 112 的图像显示分屏中可以观察到。

类似的调整方法也可用于复合色域错误的校正。仍以图 112 为例，可以发现，亮度信号在容限之内，但在视频会话的“Cmpt Gamut Error”中以大写字符“C”表示色度信号的上容限被超出。这时我们借助于箭头显示图形，同时调整 pro-amp 控制(色度控制)使被调整的信号波形迹线落入到箭头显示的边界框内。同样地，在整个调整过程中，用户必须确保不会给信号带来图像中其它部分的色域超出错误。WVR7120 仪器采用的数字处理技术允许用户无需将分量信号转换到模拟复合域就可以进行复合色域调整。

在视频处理的众多环节中，确保磁带信号的质量是十分重要的。为了满足节目符合性的要求，广播电视业主和节目制作商一般对节目均提供了具体而详细的技术要求。这些技术规范包括对图标的位置、标题的位置以及图形的位置等，它们均与节目的艺术效果相关。同时，也包含了对视频电平和音频电平的技术要求。现在普遍采用的是欧洲的 EBU–R103 文件，它规定了各个色域参数的具体容限。在该规范中，容许 RGB 色域的阈值为 +/– 5%(即从 735mV 至 –35mV)，而亮度信号的区域容限为 1%，亮度电平的最大值为 103%，最小值为 –1%。在 WVR7120 监测仪中可以对这些容限进行全面的设定。用户可以按照相应节目制作商和广播电视业主的要求在仪器中选择不同的色域技术规范。需要注意的是，EBU R103 并没有对复合色域的容限作出规定。

图 113. WVR7120 中的 EBU R103 色域容限。

容限的技术规范

	说明	允许范围	EBU R103 容限	泰克容限
钻石高	这项设置用来指示 RGB 的高电平容限，表示 RGB 分量过大，其电平超出色域。	756mv 630mv	735mv	721mv
钻石低	这项设置用来指示 RGB 的低电平容限，表示 RGB 分量为负值，其电平超出色域。	+35mv –50mv	–35mv	–21mv
面积	用来规定当前超出色域容限的像素占总图像像素的百分比，但不作为色域错误报告。	0–10%	1%	0%
箭头 NTSC Min	这项设置用来指示 SDI 信号转换为 NTSC 复合信号时的允许最小电平。	–10IRE –50IRE		–24IRE
箭头 NTSC Max	这项设置用来指示 SDI 信号转换为 NTSC 复合信号时的允许最大电平。	135IRE 90IRE		120IRE
箭头 PAL Min	这项设置用来指示 SDI 信号转换为 PAL 复合信号时的允许最小电平。	–100mv –400mv		–230mv
箭头 PAL Max	这项设置用来指示 SDI 信号转换为 PAL 复合信号时的允许最大电平。	950mv 630mv		930mv
箭头面积	用来规定当前超出色域容限的像素占总图像像素的百分比，但不作为色域错误报告。	0–10%	0%	
亮度 Min	这项设置用来指示输入 SDI 信号或者 SID 转换为复合信号时的最小亮度电平。	+5% –6%l	–1%	–1%
亮度 Max	这项设置用来指示输入 SDI 信号或者 SID 转换为复合信号时的最大亮度电平。	108% 90%	103%	103%
亮度面积	用来规定当前超出亮度容限的像素占总图像像素的百分比，但不作为色域错误报告。	0–10%	1%	0%

表 39.

图 114. 视频内容的告警设置。

一旦您定义了各种容限之后，重要的是必须为您选定的色域错误或其它状态错误设置相应的告警提示。通过仪器的告警以通知用户被监测的节目素材中究竟出现了什么问题。这些告警可能触发各种状态以告知用户(包括屏幕图形标志/文本标志、蜂鸣声、载入日志记录、SNMP 陷阱事件或者通过接地屏蔽盒遥控等各种形式)，如图 114 所示。如果选中了 log(载入日志记录)项，那么，当错误发生时，就会提供与仪器内部时钟或与时间码相关的错误事件记录。特别是，利用与时间码相关的错误事件记录日志，您可以更加方便地对节目素材中的错误进行定位。您也可以将出错日志记录经由网络连接由仪器传送到计算机中，这样就可以打印日志记录或作为事件报告的附件输出。

结语

本手册的目的在于提供有关电视演播室由模拟转换到数字以及高清晰度视频格式的背景信息。

今天的视频专业工作者面临着许多挑战，并向着数字电视迈进。数字电视必将给人们带来长远的回报。多数广播业者和制作演播室既工作于标准清晰度视频格式，又工作于高清晰度视频格式。新的数字格式，是为人们所熟悉的模拟视频的自然延伸，它为视频专业人员的创造力开辟了一条令人憧憬的通道，为工程技术人员提供了更高的性能和可靠性，也为我们的电视用户提供了一种崭新的、激动人心的观看体验。所有这一切，都将继续推动电视业的发展和成功。

您的未来会有许多变化。作者希望您在由模拟转换为数字视频的过程中获取最大的收益。

附录 A — 彩色和色度

彩色电视规范是基于 CIE(国际照明委员会)在 1931 年所定义的标准。该系统以一组观察者对三基色 – 红、绿和蓝的相加混色与彩色的对比实验为基础。上述实验的综合平均效果在图中可表示为标准观察者的彩色配色函数(如图 A1 所示)。RGB 三色值由色域所限制，它并不能提供全部彩色。为了产生所有的彩色范围，还需要负的RGB值。这对于电视色度学模型是不合适的。CIE规定了一组理想的 XYZ 制三色值。这些数值组全部为正值，是由 RGB 三色值转换而来的。在这里，Y 与相加混色的亮度成比例。这个规范在今天的视频标准中用作彩色的基础。

CIE对正常化的XYZ三色值进行了标准化，从而得到了表示全部彩色的X和Y的二维曲线，它们均为相对于亮度的数值，并按以下方程式定义。某一彩色是色度图中的一点(x，y)，参见图 A2 所示。

x=X/(X+Y+Z)
y=Y/(X+Y+Z)
z=Z/(X+Y+Z)
1=x+y+z

各种视频格式的容限定义为该格式所能显现的全部可能彩色的范围。图 A2 给出了各种格式的彩色 – 编码三角形(SMPTE 为黄色，EBU/PAL/SECAM 为蓝色，NTSC 1953 为红色)，它们的 x、y 坐标由表 A1 所规定。

x、y 坐标的选择决定于制造 CRT 的荧光物质。NTSC 荧光物质于 1953 年所规定，它已被 EBU 和 SMPTE 的荧光物质所取代，因为它们可以提供更高的显示亮度。

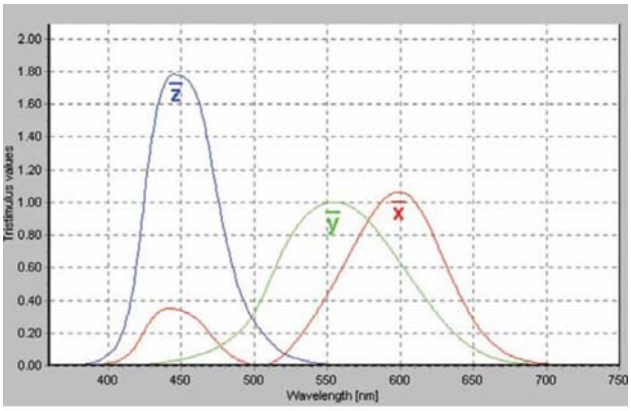


图 A1. CIE 1931 配色函数曲线。

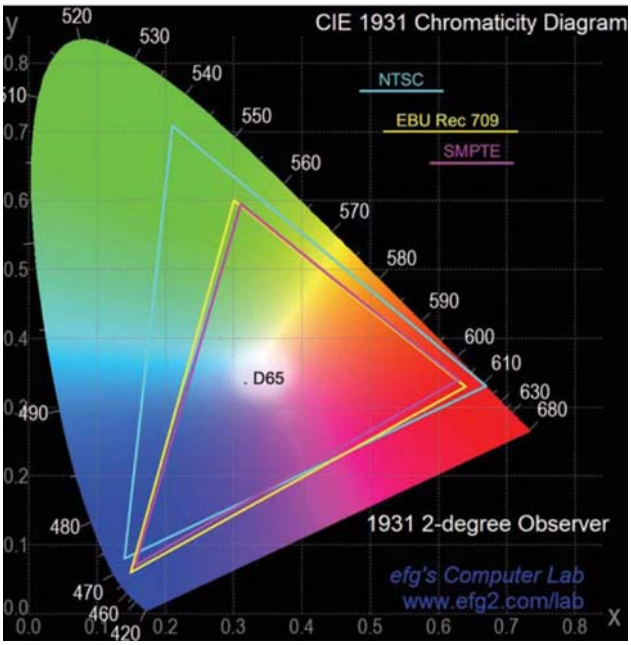


图 A2. CIE x,y 色度图及SMPTE、EBU/PAL/SECAM和NTSC 1953 坐标值。

白色

彩色定义中的一个重要考虑是系统的白色点，各种格式中的白色点为红、绿、蓝的等量相加。CIE于1931年定义了几种标准光源：

- 源A：色温为2854K的钨丝灯
- 源B：色温为4800K的中午阳光
- 源C：色温为6504K的平均白昼光
- 光源C(源C)曾用于NTSC的最初定义。

CIE后来定义了一系列日光光源，并称为日光D系列。光源D的色温为6504K，稍微不同于x y坐标值，在色度图中，每种光源都有白色点和给定的x,y值。

SMPTE	红	绿	兰
	Xr Yr	Xg Yg	Xb Yb
	0.630 0.340	0.310 0.595	0.155 0.070
光源 D_{65}	x = 0.3127	y = 0.3290	
EBU	**红**	**绿**	**兰**
Rec 709	Xr Yr	Xg Yg	Xb Yb
	0.640 0.330	0.300 0.600	0.150 0.060
光源 D_{65}	x = 0.3127	y = 0.3290	
PAL/SECAM	**红**	**绿**	**兰**
Xr Yr	Xg Yg	Xb Yb	
	0.64 0.330	0.290 0.60	0.150 0.060
光源 D_{65}	x = 0.3127	y = 0.3290	
NTSC	**红**	**绿**	**兰**
(1953)	Xr Yr	Xg Yg	Xb Yb
	0.670 0.330	0.210 0.710	0.140 0.080
光源 C	x = 0.3101	y = 0.3162	

表 A1 各种格式中的 CIE x,y 坐标值

光源 A	x=0.4476	y=0.4075
光源 B	x=0.3484	y=0.3516
光源 C	x=0.3101	y=0.3162
光源 D_{65}	x=0.3127	y=0.3290

现有的标准均假定电视演播室以D_{65}作为光源。在实践中，演播室光源可以不同于光源D_{65}，调整红、绿、蓝分量的增益以补偿摄像机的白平衡。

红、绿和蓝分量

某种形式的分量是任何彩色电视系统的一个必要部分。彩色摄像机通常对景物光进行分解并按三基色红、绿和蓝生成视频信号。在经伽马校正的R'G'B'信号中，其中每一信号都传送着该景物的部分信息，需要所有的信息才能再生一个完整的图像，这些信息即称为彩色视频信号的“分量”。作为更常使用的术语，每种分量是整个信号的一个必要条件，但却不是整个信号的一个充分条件。基本R'G'B'分量信号在电视系统的输出端将再次被使用，以在监视器或电视接收机上显示图像。因此，可以说，电视设施的一个基本任务是将这些分量信号传送到整个分配系统，经过技术和艺术处理，然后显示在屏

幕上呈现给观众。尽管某些设备，特别是早期的某些设备，RGB 信号的分配不经过摄像机(或摄像机控制单元)，但视频仍然经传输或编码为其它格式，而后再经记录、互连或经长距离传输，最后解码并显示在屏幕上。

所开发的彩色电视系统与已有的黑白电视接收机兼容。经伽马校正的亮度信号Y'，是由红、绿和蓝摄像机信号所产生的，可作为单色图像信号传输给黑白或彩色电视接收机。为了弄清单色或亮度通道与其它两个彩色通道间的差别，我们可以将红、绿和蓝复原以驱动彩色显像管。由于人眼视觉的绿色响应最接近于亮度光谱轨迹，因此绿色信息的主要部分用于构成亮度信号，而其余的红和蓝色差通道可以使用较窄的带宽来传送。

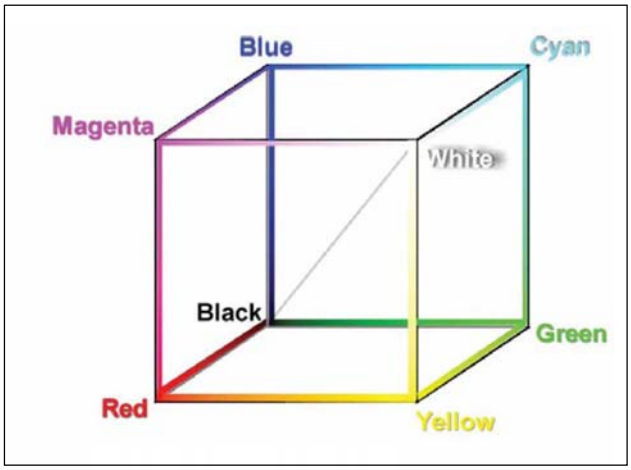


图 A3. R'G'B' 彩色立方体。

亮度信号和两个色差信号包含有显示原始图像所需彩色的全部信息。通过一个简单的矩阵可将基本三分量组(即R'、G'和B')转换为一种新的三分量组(Y'、B'–Y'和R'–Y')，如图 A4 所示。相对 R'G'B' 而言，色差分量组(Y'、B'–Y' 和 R'–Y')具有两个优点。其一，能以较窄的带宽传送必要的信息：在一个色差分量信号系统中，只需要一个较高带宽的通道，因为图像中的所有细节是由亮度信号来传送的。而在 R'G'B' 系统中，在所有的三个通道均需较高的带宽。其次，色差分量的增益失真所带来的影响不及 R'G'B' 系统那么严重。将 R'G'B' 信号转换为一个亮度和两个色差信号的原理被证明是非常有用的。相对变化较小的这种色差信号组合，成为所有现存的分量视频格式和遍及全球的复合广播标准的基础。

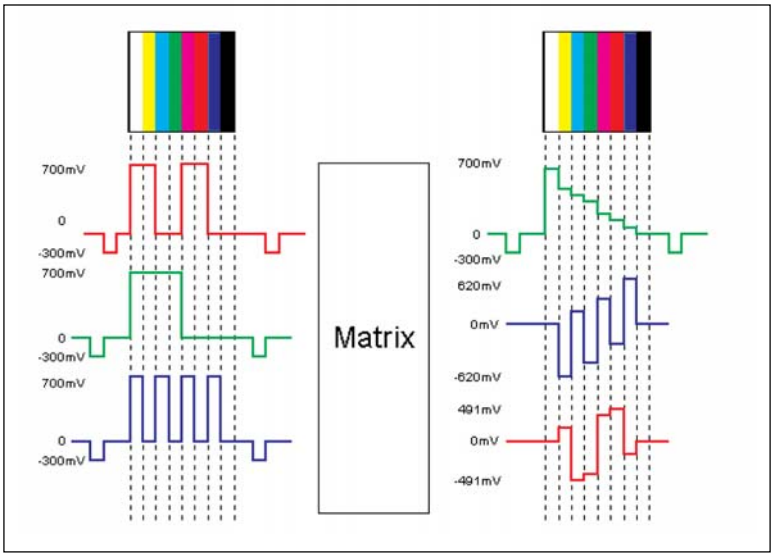


图 A4. R'G'B' 信号与色差信号间的矩阵变换。

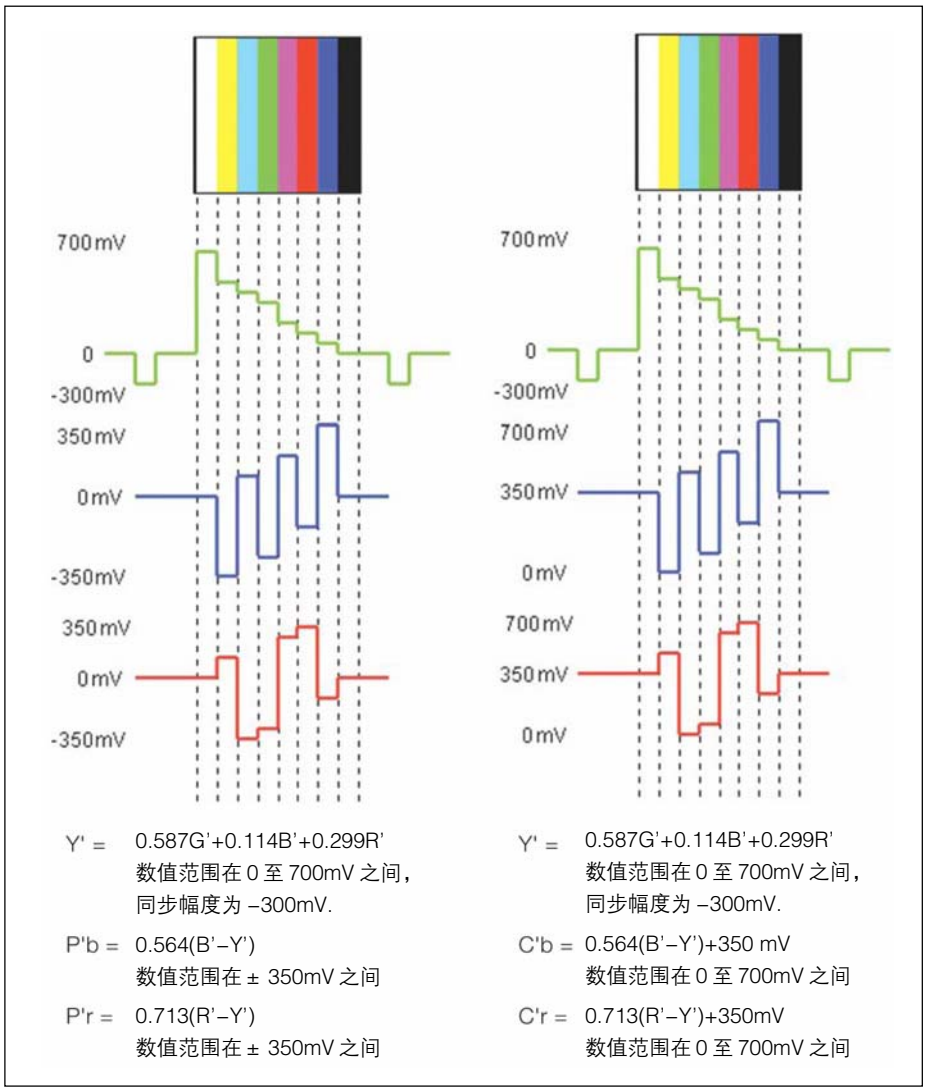


图 A5. 模拟色差信号的取值和量化后的数字色差信号取值。

根据标准定义(图 A5):

- Y' = 0.587G' + 0.114B' + 0.299R' 数值范围在0至700 mV之间，同步信号为 –300 mV
- B'–Y' = –0.587G' + 0.866B' – 0.299R' 数值范围在 ± 620 mV 之间
- R'–Y' = –0.857G' – 0.114B' + 0.701R' 数值范围在 ± 491 mV 之间

在分量视频域中，分量R'G'B'通常表述为G'B'R'，这是因为亮度信号主要是由绿色通道信息所组成的。还有，Y'P'bP'r和G'B'R'也是相对应的。

色差信号数值(图 A5)按规定应产生相同的动态范围即 ± 350mV，这样也便于在各种不同的系统中予以处理。用Y'P'bP'r来表示模拟色差分量信号，而在数字分量系统中，在色差信号中引入一偏移，以允许对Y 和色差信号数值作类似的处理，可表示为 Y'C'bC'r。

当数字分量信号再重新返回到RGB时，应当注意防止Y'C'bC'r正使用的所有的可能数值是否有效。如图A6所示，在Y'C'bC'r域中，只有大约 25%的可能取值存在于 RGB 彩色色域中。正因为此，在进行格式之间的转换时，应当注意信号的动态范围在转换过程中不被超出。

色域、合法、有效

色域这一术语指的是当景物被一标准白光(对 NTSC/PAL 制为 D65)照射时，电视系统再现彩色的色域范围。色域由给定系统的色度值或 CIE 色度坐标所确定。这种饱和度可变的彩色范围会由红、绿和蓝或 R'G'B' 信号值重现在图像监视器中。如果监视器调整适当，等值的 R'G'B'(即 R' = G' = B')会使图像无彩色，在图像监视器上呈现为灰色背景。另一方面，如果对 R'G'B' 信号的数值分别进行调整，可以显示出非零饱和度的任一色调，并可重现彩色色域中的所有彩色。

由于 R'G'B' 信号的数值直接代表着彩色，因此色域常常指的是由 R'G'B' 信号的全部组合所代表的彩色范围，信号数值应当在 0 和 700mV 的容限内。R'G'B' 信号超出这一电压数值也许会在给定的图像监视器上产生合意的彩色，然而它却在有效彩色色域之外。因此，R'G'B' 信号有可能在随后的信号处理过程中被限幅或被压缩，当它显示在其它监视器上时会造成彩色失真。

在 R'G'B' 域中，无论是超出上限还是超出下限的任一通道信号均代表无效信号，这是因为彩色落在有效色域之外。它也是非法的，因为有一个或多个分量超出了合法的容限。

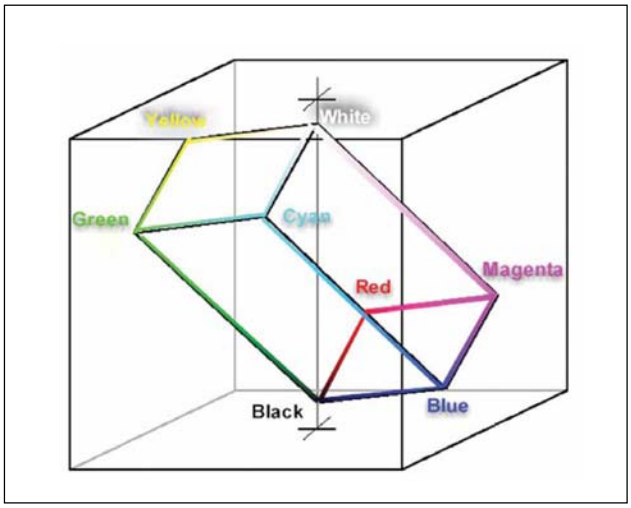


图 A6. Y'C'bC'r 3 维彩色空间。

简单地说，合法的信号就是在其特定的使用格式中不会超出信号电压容限的信号，也即该信号在其信号格式所允许的信号容限之内。因此，在色差格式(如 Y'C'bC'r)中合法的信号也可能是无效的，因为它可能代表有效色域之外的彩色。这样，一种无效的信号当其转换为 R'G'B' 时，总会产生非法的信号。

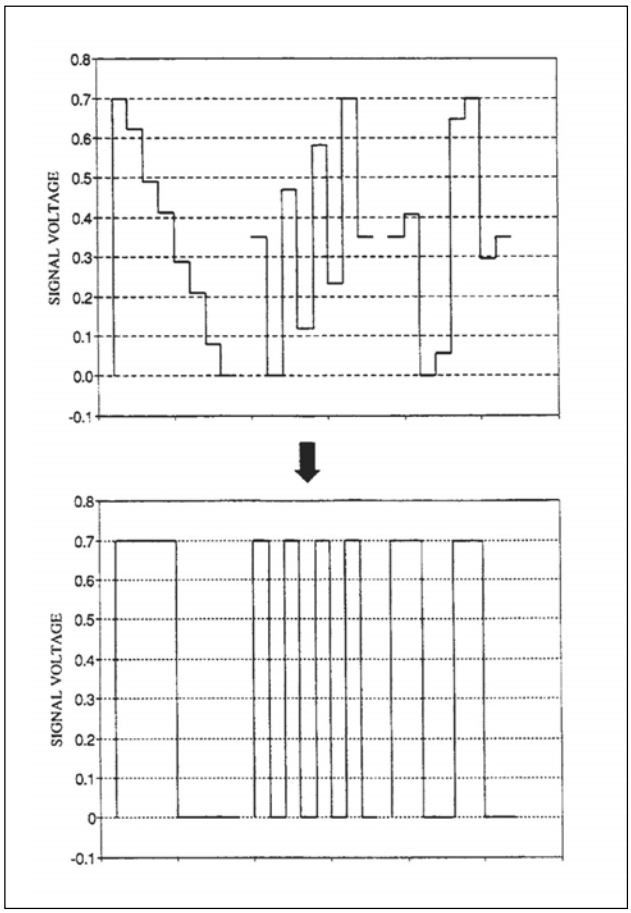


图 A7. 有效的色差信号可以转换为合法的 RGB 信号。

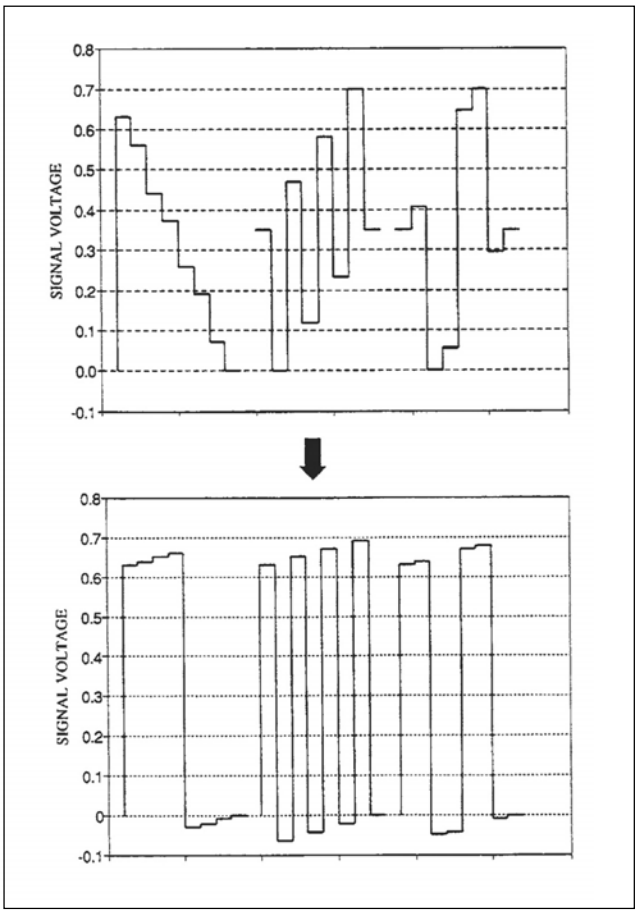


图 A8. 一种无效的、但在某一格式中是合法的信号，当它转换后却产生非法的信号。

有效信号是这样一种信号，它处于色域之内并在转换为其它任意格式时均保持合法。有效信号总是合法的，但是合法的信号却未必有效。后一情形常常发生在色差格式的分量信号中，在色差格式中，信号电平不是独立的，如同它们处于 RGB 系统。图 A7 和图 A8 说明，在色差分量信号中的简单增益失真，却使信号无效，尽管它们不是非法的。

图A7表示一个合法且有效的色差信号(上图)以及它转换为合法的 RGB 信号(下图)。然而，在图 A8 中，色差信号(上图)的亮度通道存在失真，其相对增益只有 90%。当这种失真的信号转换为RGB格式(下图)时，却产生了一个非法信号–所有的三个分量均延伸至信号电平允许的最小值以下。由于这种失真的色差信号不能转换为合法的RGB信号，因此它是无效的。其它形式的失真也可能产生无效的信号。

有效信号可以被转换、编码或输入至视频系统的任一部分，而不会引起幅度相关的问题。

分量格式变换表

以下的分量格式变换表说明 Y'P'bP'r 值和 R'G'B' 信号之间的转换是如何进行的。在表 A2，100% 彩条由 R'G'B' 转换为 Y'P'bP'r。R'G'B' 的动态范围(0 至 700mV)未被超出，在转换为 Y'P'bP'r 后，模拟动态范围(亮度通道为 0 至 700mV，色差通道为 ± 350mV)也没有被超出。这样的信号称之为合法且有效。如果信号在其工作格式动态范围之内，则该信号为合法信号。如果信号所呈现的彩色在有效色域之内，那么该信号为有效信号。这样的信号在转换为 R'G'B' 分量格式时，能使 R'G'B' 信号始终保持合法。

当信号超出某一格式的动态范围，它就是非法的。如表 A3 所示，信号在 Y'P'bP'r 域中是合法的，然而，当它转换为 R'G'B' 格式时，某些数值在 R'G'B' 设置的门限 0 至 700mV 之外，这就说明这样的信号是无效的，它所呈现的彩色在有效色域之外。它所产生的失真一般是由信号处理设备所引起，因为信号处理设备只能在规定格式的动态范围内工作，超出这一范围，可能会使信号限幅。泰克公司开发了一些专用显示图形，可以帮助操作人员和工程技术人员使信号的运行始终保持合法而且有效。

100% 彩条

彩色	G' (mV)	B' (mV)	R' (mV)	Y' (mV)	P'b (mV)	P'r (mV)
白	700	700	700	700	0	0
黄	700	0	700	620.2	–350	56.7
青	700	700	0	490.7	118.3	–350
绿	700	0	0	410.9	–231.7	–293.3
品红	0	700	700	289.1	231.7	293.3
红	0	0	700	209.3	–118.3	350
兰	0	700	0	79.8	350	–56.7
黑	0	0	0	0	0	0

表 A2. 合法且有效的 R'G'B' 信号及其等效的合法有效的 Y'P'bP'r 信号

Y' (mV)	P'b (mV)	P'r (mV)	G' (mV)	B' (mV)	R' (mV)	彩色
700	350	350	330	1320	1911	非法的 GBR
700	–350	–350	1070	80	160	非法的 GBR
700	0	350	450	700	1191	非法的 GBR
700	0	–350	950	700	160	非法的 GBR
700	350	0	580	1320	700	非法的 GBR
700	–350	0	820	80	700	非法的 GBR
700	0	0	700	700	700	白
0	350	350	–370	620	491	非法的 GBR
0	–350	–350	370	–620	491	非法的 GBR
0	0	350	–250	0	491	非法的 GBR
0	0	–350	250	0	–491	非法的 GBR
0	350	0	–120	620	0	非法的 GBR
0	–350	0	120	–620	0	非法的 GBR
0	0	0	0	0	0	黑

表 A3. 合法但无效的 Y'P'bP'r 信号及其等效的非法 R'G'B' 信号

附录 B — 电视时钟关系

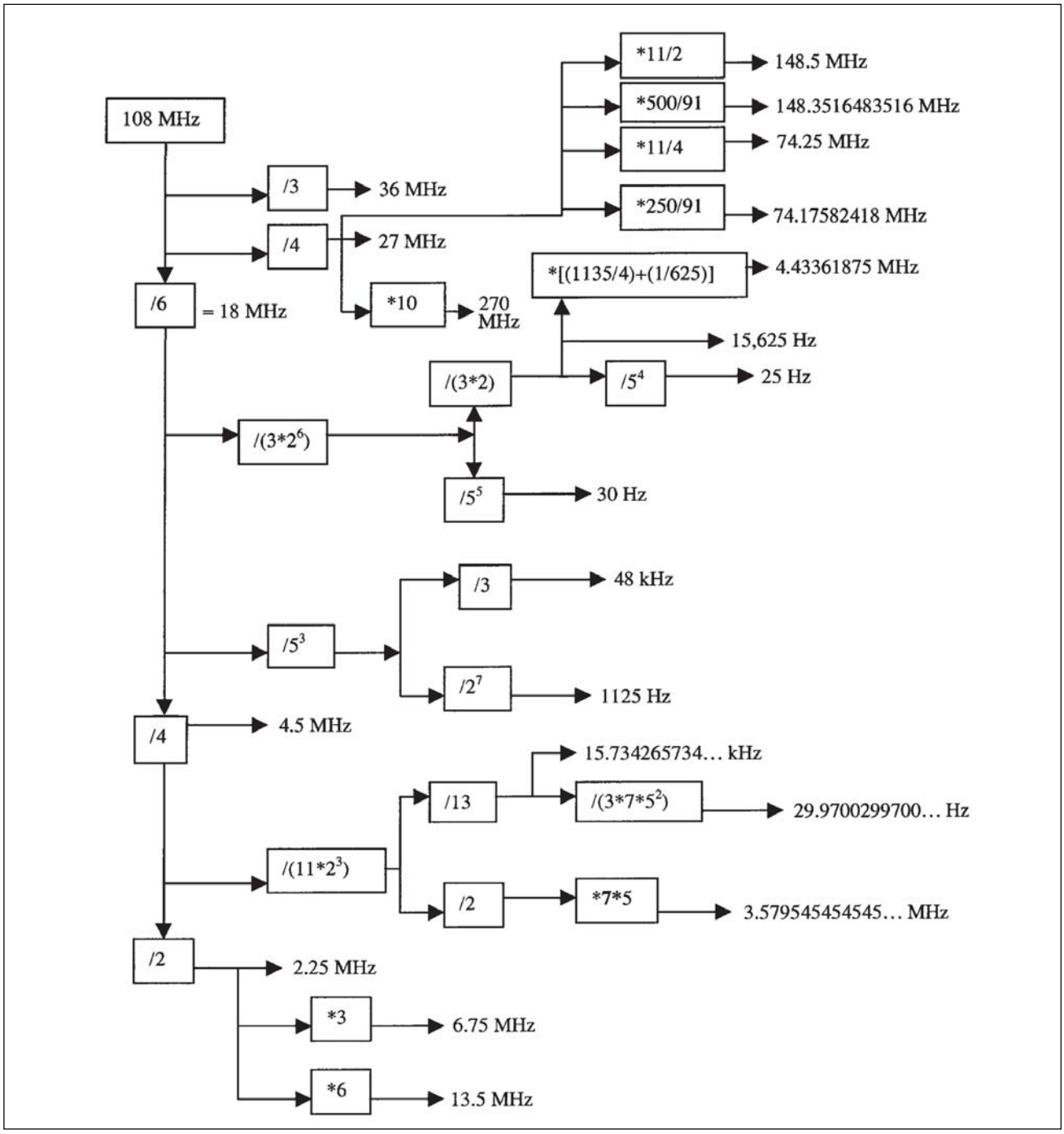


图 B1. 视频时钟的产生

附录 C — 标准清晰度模拟复合视频参数

	PAL B/G	NTSC	SECAM	PAL–M	PAL–N
同步形式	负极性 双电平	负极性 双电平	负极性 双电平	负极性 双电平	负极性 双电平
副载波频率(MHz)	4.43361875	3.579545	4.406250 4.250000	3.57561149	3.58205625
行数 / 帧	625	525	625	525	625
场频 (Hz)	50.00	59.94	50.00	59.94	50.00
行频 (kHz)	15.625	15.734264	15.625	15.734264	15.625
行周期 (µs)	64.000	63.555	64.000	63.555	64.000
行消隐期 (µs)	12.05	10.90	12.05	10.90	12.05
后肩宽度 (µs)	10.50	9.40	10.50	9.40	10.50
前肩宽度 (µs)	1.55	1.50	1.55	1.50	1.55
同步宽度 (µs)	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
同步幅度 (mV)	–300	–286	–300	–286	–300
同步幅度 (IRE)	–43	–40	–43	–40	–43
同步上升 / 下落 (µs)	0.200	0.250	0.200	0.250	0.200
同步至色同步间隔 (ms)	5.6	5.3	–	5.8	5.6
色同步宽度 (µs)	2.25 ± 0.28	2.23 to 3.11	–	2.25 ± 0.28	2.51 ± 0.28
色同步宽度	10 ± 1	9 ± 1	–	9 ± 1	9 ± 1
(副载波周期数)					
色同步幅度 (mV)	300	286	166	286	300
场周期 (µs)	20	16.6833	20	16.6833	20
场消隐期 (行数)	25	21	25	21	25

表 C1. 标准清晰度复合视频参数

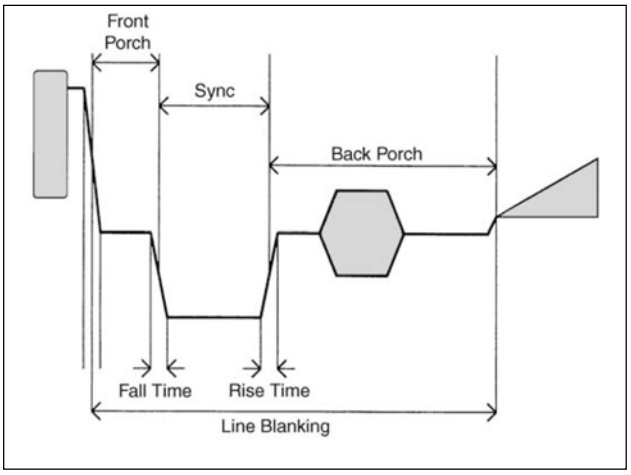


图 C1. PAL 和 NTSC 系统的行消隐。

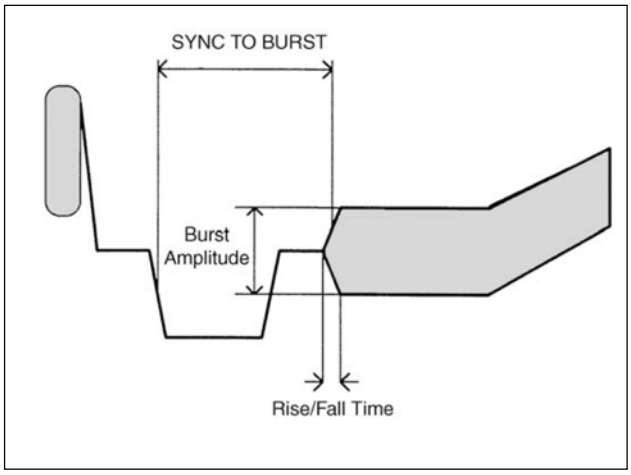


图 C2. SECAM 系统的行消隐。

附录 D — 电视参考标准和实用文件

ANSI S4.40–1992，数字音频工程—利用两个通道表示的线性数字音频数据(AES – 3)串行传输格式

ANSI/SMPTE 125M–1995，电视—分量视频信号 4:2:2 – 比特并行数字接口

ANSI/SMPTE 170M–2004，电视 —复合模拟视频信号 – NTSC 的演播室应用

ANSI/SMPTE 240M–1999(存档文件 2004)，电视—信号参数 – 1125 行高清晰度制作系统

ANSI/SMPTE 259M–2008，电视 — 标准清晰度数字电视信号 – 串行数字接口

SMPTE 260M–1999 (存档文件 2004)，数字表示和比特并行接口 – 1125/60 高清晰度制作系统

ANSI/SMPTE 272M–2004，电视 — AES/EBU音频和辅助数据嵌入在数字视频附属数据空间中的格式

ANSI/SMPTE 274M–2008，电视 — 各种不同图像帧频的 1920 × 1080 扫描和模拟格式以及模拟和并行数字视频接口

ANSI/SMPTE 291M–2006，电视 — 附属数据包和空间格式

ANSI/SMPTE 292M–2008，电视 — 高清晰度电视系统中的比特串行数字接口

ANSI/SMPTE 293M–2003，电视 — 59.94Hz 逐行扫描制作中的 720 × 483 有效行 – 数字表示

ANSI/SMPTE 294M–2001，电视 — 59.94Hz 逐行扫描制作中的 720 × 483 有效行 – 比特串行接口

ANSI/SMPTE 295M–1997，电视 — 1920 × 1080 50Hz – 扫描格式和接口

ANSI/SMPTE 296M–2001，电视 — 1280 × 720 扫描格式，模拟和数字表示以及模拟接口

ANSI/SMPTE 299M–2004，电视 — HDTV 比特串行接口的 24 比特数字音频格式

ANSI/SMPTE 305M– 2005，电视—串行数据传输接口(SDTI)

ANSI/SMPTE 310M– 2004，电视—MPEG–2 数字传输码流的同步串行接口

SMPTE 318M–1999 — 模拟和数字域 59.94 或 50Hz 相关视频和音频系统的同步 – 参考信号

ANSI/SMPTE 320M– 1999，电视—多通路音频媒体的通路安排及层次

ANSI/SMPTE 346M– 2000 (存档文件 2006), 电视 – 高清晰度电视接口中的视频信号和通用数据的时分复用

ANSI/SMPTE 347M– 2001 (存档文件 2006), 电视 – 540 Mb/s 串行数字接口 – 源图像格式的映射

ANSI/SMPTE 348M– 2005 (存档文件 2006), 电视 – 高速数据的串行数据传输接口(HD–SDTI)

ANSI/SMPTE 349M– 2001 (存档文件 2006), 电视— 替代源图像格式的 SMPTE 292 接口传输

ANSI/SMPTE 352M– 2002, 电视— 数字电视接口中视频有效载荷的识别符

ANSI/SMPTE 372M– 2002, 电视—1920x1080图像光栅的双链路 292M 接口

ANSI/SMPTE 424M– 2006, 电视— 3 Gb/s 信号 / 数据传输接口

ANSI/SMPTE 425M– 2008, 电视—3 Gb/s 信号/数据串行接口 – 源图像格式的映射

ANSI/SMPTE 428–1– 2006, D–电影— 发行原版 (DCDM) – 图像特性

ANSI/SMPTE 428–9– 2008, D– 电影— 发行原版 – 图像像素结构层 3– 串行分配接口信号格式

SMPTE 2010–2008, ANSI/SCTE 104 报文的场消隐附属数据的映射 (RP 2010–2007 修订版)

ANSI/SMPTE 2016–1– 2007, 电视— 有效格式描述数据和条数据的格式

ANSI/SMPTE 2016–2– 2007, 电视— 全景信息的格式

ANSI/SMPTE 2016–3– 2007, 电视—有效格式描述数据和条数据的场消隐附属数据映射

ANSI/SMPTE 2016–4– 2007, 电视— 全景信息的场消隐附属数据的映射

ANSI/SMPTE 2020–1– 2008, 电视— 异步串行比特流传输的音频元数据和描述符的格式

ANSI/SMPTE 2020–2– 2008, 电视— 音频元数据的场消隐附属数据的映射 – 方法 A

ANSI/SMPTE 2020–3– 2008, 电视—音频元数据的场消隐附属数据的映射 – 方法 B

CIE 出版物 No 15.2，色度学 — 第二版(1986)，国际照明委员会中心局，维也纳，奥地利。

ITU–R BT.601–6–2007 — 4:3 标准和宽屏16:9 宽高比数字电视的演播室编码参数 – 符合ITU–R BT.601(Part A)推荐书4:2:2 格式的 525 行和 625 行电视系统的数字分量视频信号接口

ITU–R BT.709–5–2002 — 节目制作和国际节目交换用HDTV标准的参数值，替代 ITU–R BT.1120–2–1125/60 和 1250/50 HDTV 演播室信号的数字接口

SMPTE 工程准则 EG33–1998 —抖动特性和测量

SMPTE RP160–1997 — 三通道并行模拟分量高清晰度视频接口

SMPTE RP165–1994 — 电视比特串行数字接口中的误码检测校验字和状态标志

SMPTE RP168–2002—同步视频切换中的场消隐切换点的定义

附录 D — 电视参考标准和实用文件(续)

SMPTE RP177–1993 — 基本电视彩色方程的推导

SMPTE RP178–1996 — 10 比特 4:2:2 分量和 4 倍副载频复合数字信号的串行数字接口校验场

SMPTE RP184–1996 — 比特串行数字接口中的抖动规范

SMPTE RP186–2008 — 525 行和 625 行电视系统的视频索引信息编码

SMPTE RP187–1995 — 视频影象的中心、宽高比和消隐

SMPTE RP192–2003 — 比特串行数字接口的抖动测量规程

SMPTE RP198–1998—高清晰度接口用比特串行数字校验场

SMPTE RP211–2000(存档文件 2006)— 1920 × 1080 制作格式的 24P、25P 和 30P 分段帧的实现

SMPTE RP218–2002—电视系统中安全区和安全标题区的规范

SMPTE RP219–2002—高清晰度、标准清晰度兼容彩条信号

SMPTE RP221–2008— 电视系统由数字 16x9 像素提取 4x3 区域的规范

SMPTE RP291–2006 — 指配的附属识别符代码

SMPTE RP2010–2007 — ANSE/SCTE 104 报文的场消隐附属数据的映射

SMPTE RDD6–2008–电视— 杜比 E 音频元数据串行比特流的使用指南和说明

SMPTE RDD8–2008 — 高清晰度电视的图文字幕和VBI Fata 的存储和分配

附录 E — 参考文献

Margaret Craig, Television **Measurements, NTSC Systems,** Tektronix,1994

Margaret Craig, **Television Measurements, PAL Systems,** Tektronix, 1991

Keith Jack, Video **Demystified, A Handbook for the Digital Engineer,** HighText Interactive, 1996

David K. Fibush, **A Guide to Digital Television Systems and Measurements,**Tektronix 1997

David K. Fibush, Tektronix, **Video Testing in a DTV World,** SMPTE Journal, 2000

Earl F. Glynn, **efg's Computer Lab,** http://www.efg2.com/Lab

John Horn, **Solving the Component Puzzle,** Tektronix, 1997

Charles Poynton, **A Technical Introduction to Digital Video,** John Wiley & Sons, 1996

Charles Poynton, **Frequently Asked Questions about Color,** www.inforamp.n/~poynton, 1999

Charles Poynton, **A Guided Tour of Color Space,1997**

Charles Poynton, **YUV and Luminance considered harmful: A plea for precise terminology in video,**2000

Guy Lewis, **Applied Technology, Color and the Diamond Display,** Broadcast Engineering, November 1994

Michael Robin, **Video Concepts,**Miranda Technologies, 1999

Michael Robin and Michel Poulin, **Digital Television Fundamentals, Design and Installation of Video and Audio Systems,**McGraw–Hill, 1997

Peter D. Symes, **Video Compression, Fundamental Compression Techniques and an Overview of the JPEG and MPEG Compression Systems,** McGraw–Hill, 1998

Jerry C. Whitaker, **Television Engineering Handbook, Featuring HDTV Systems,**Revised Edition by K. Blair Benson, McGraw–Hill, 1992

附录 F — 术语汇编

4:2:2 — 分量数字视频格式的常用术语。其格式细节由ITU－R BT.601 标准文件所规定。数字 4:2:2 表示信号的亮度通道与两个色差通道的取样频率比。每出现 4 个亮度值，在两个色差通道中就各有两个色度样值。见 ITU–R BT.601。

4fsc — 4 倍副载波取样率，用于复合数字系统。在 NTSC 制中，该值为 14.3MHz，在 PAL 制中为 17.7MHz。在标准清晰度中，525/60 和 625/50 扫描格式的亮度分量样值均为 13.5MHz，色度分量样值为 6.75MHz。

AES/EBU 音频 — 由音频工程协会和欧洲广播联盟两个组织共同制定的数字音频标准。它是非正式的命名。

Algorithm — 算法，以有限次处理解决问题的一套规则或过程。

Aliasing — 混叠，由于数字视频中的取样数太少或滤波不良而产生一种典型的图像缺陷。这种缺陷一般表现为对角线上的锯齿状图形以及图像细节的闪烁或发亮。

Analog — 模拟，用以描述连续变化的信号，它与数字信号相对应，后者包含的是用二进制数字 0 和 1 表示的离散电平。

Ancillary data — 附属数据，用以支持视频信号或视频节目的数据。附属数据是以时分复用的形式插入到视频信号的行消隐期间和(或)场消隐期间。它可以在行消隐期内的 EAV 和 SAV 数据包之间传送，也可以在场消隐期内以较大的数据块形式传送。附属数据可以包括校验和、多通道数字音频和其它数据。

Asynchronous — 异步，一种不与时钟同步的传输过程。数字视频是非异步的传输方式，因为取样时钟信息可以从解码转换后的数据信号中抽取。

A–to–D Converter (analog–to–digital) — 模数转换器(模拟至数字)，一种数字取样电路，它可将模拟信号转换为该信号的数字表示。

Bandwidth — 带宽，1)频率的上、下限之差，通常用兆赫 (MHz) 来度量。2)一个完整的频率范围，在此范围内，电路或电子系统运行时的信号损耗小于 3dB。3)某一特定电视通道的信息传送能力。

Baseline shift — 基线漂移，一种低频失真的形式，它会引起信号直流电平的漂移。

bit — 比特(位)1 或 0 的二进制表示。象素的一个量化电平。

bit parallel — 比特并行，数字视频沿多芯电缆的一种二进制分组 (Byte–wise) 的传输方式，在多芯电缆中，每一对线传送一单个比特。该标准包含在SMPTE 125M，EBU 3267–E 和 ITU–R BT.656 等标准中。

bit serial — 比特串行，数字视频沿单芯电缆(如同轴电缆)的一种二进制分组(Byte–wise)的传输方式。比特串行数据也可通过光纤传送。该标准包含在 ITU–R BT.656 中。

bit slippage — 位滑动，1)字帧在串行信号中丢失时所产生的一种现象，当此种现象发生时，某一比特的相对数值会出错。位滑动一般能在下一串行信号中复位，对于复合信号是 TRS – ID 数据包，对于分量信号是 EAV/SAV 数据包。2)在已恢复时钟相位漂移太大，以致造成1比特的误码时的串行比特流中的错误读数。3)当一个或多个比特与其余比特的时间关系出错时，在并行数据流总线中所出现的一种现象。这时会出现错误的数据。电缆长度的不一致是最常见的原因。

Bit stream — 比特流，比特数据沿线路传输的连续序列。

BNC — “baby N connector”的缩写。电视中广泛应用的一种电缆连接器。

Brightness signal — 亮度信号，与 luminance signal (Y) 同。在亮度信息中携带有与景物中各点明暗程度相关的信息。

Byte — 字节，量化级中包含所有比特的一个完整组合。在一般情况下，每个样值的字节包含 8 至 10 个比特。

Cable equalization — 电缆均衡，通过改变视频放大器的频率响应，用以补偿同轴电缆中高频损耗的过程。

CCIR — 国际无线电咨询委员会，一个(Comite Consultatif International en Radiodiffusion)国际标准的委员会。现已被国际电信联盟(ITU)取代。

CCIR–601 — 参见 ITU–R BT.601。

CCIR–656 — 参见 ITU–R BT.656。

Channel coding — 信道编码，用以描述数据流在传输路径中的“1”和“0”的表示方式。

Chroma key — 色键，某一视频图像的一部分被另一图像所取代的控制过程。上述过程中的控制信号来自于视频信号的色度特性。

Chrominance signal,chroma — 色度信号，色度，复合视频信号中的已调制副载波边带信号。也用于描述分量系统中的色差信号，这就是说，所传送的信息是关于象素的色调(哪一种颜色)和饱和度(颜色的深浅程度)的。

Clock jitter — 时钟抖动，数字信号中数据码元边沿定时的不确定性。

Clock recovery — 时钟恢复，从输入数字数据中重建定时信息。

Coaxial cable — 同轴电缆，由携带信号的一对同心导体所构成的传输线。这一对同心导体包括一根内导体和一层外导体金属护套。外层金属护套既可以防止外来信号对内导体的辐射干扰，又可以减小传输线本身的向外辐射。

Coding — 编码，用数字(通常是二进制形式)表示视频信号的每级电平。

Coefficients — 系数，以定量的方式表示物理系统某些属性的一个数字，它通常为一常数。

Color correction — 彩色校正，用电子学的方法变更或改正电视图像彩色的过程。必须注意，这种变更不能超出后续处理或传输系统的规定容限。

Color–difference signals — 色差信号，仅传送彩色信息的视频信号。例如，未经调制的 R–Y 和 B–Y 信号；I 和 Q 信号；U 和 V 信号；Pr 和 Pb 信号，等等。

Component video signals — 分量视频信号，它是一组信号，其中每一种信号均代表构成全部彩色图像所必需信息的一部分。例如：R、G 和 B；I 和 Q；或 Y、R–Y 和 B–Y。

Component analog — 分量模拟信号，摄像机、磁带录像机等的未经编码的输出信号，它由三基色信号组成：绿、蓝和红(GBR)，这三个信号一起传送全部必需的图像信息。在某些分量视频格式中，上述三个分量信号可转换为一个亮度信号和两个色差信号，例如，Y、B–Y 和 R–Y。

Component digital — 分量数字信号，分量模拟信号的数字表示，大多数情形下通常为 Y'C'bC'r 分量。它的编码参数由 ITU–R BT.601 所制定。对于标准清晰度格式，其并行接口由 ITU–R BT.656 和 SMPTE 125(1991)所制定。

Composite analog — 复合模拟信号，未经编码的视频信号，如 NTSC 或 PAL 视频信号，其中包括行、场同步信息。

Composite digital — 复合数字信号，数字化的未编码视频信号，如 NTSC 或 PAL 视频数字信号，其中包括行、场同步信息。

Contouring — 轮廓失真，由两个相邻量化电平相差较大或量化太粗所引起的视频图像缺陷。

Cross color — 交叉彩色(串色)，在对复合信号解码的过程中，高频亮度信息被当作色度信息，由此所引起的寄生信号。典型的例子是“百叶窗”、“条纹衬衣”上的“彩虹”等。

Cross luminance — 交叉亮度，发生在 Y 通道上的寄生信号，它是由于复合色度信号被当作亮度信号而引起的。例如彩色区中的“点爬行现象”或“忙乱边缘”。

Decoder — 解码器，从复合(已编码)信号源中恢复分量信号的器件。解码器用在需要从复合信号源中取出分量信号的显示器和各种信号处理硬件中，例如复合色键或彩色校正设备。解码器也指从压缩信号中抽取视频的器件。

Delay — 时延，信号通过器件或导体的所需时间。

Demultiplexer (demux) — 解复用器，一种用于分离两路或多路信号的器件，这些信号原先是被一相互兼容的复用器所组合并经单一通道所传输。

Deserializer — 解串器，将串行数字信息变换为并行数字信息的器件。

Differential gain — 微分增益，在视频信号中由信号亮度电平的改变而引起的色度幅度的变化。

Differential phase — 微分相位，在视频信号中由信号亮度电平的改变而引起的色度相位的变化。

Digital components — 数字分量信号，在数字分量信号中，每一象素值都是由一组数字来表示的。

Digital word — 数字字，作为系统的单个实体而被处理的比特数字。

Discrete — 离散，具有单个性。一种单个电路元件。

Dither — 高频抖动，一般表现为一种随机的、低电平信号(振荡)，它是在取样之前叠加在模拟信号上。通常包含一个量化电平峰值至峰值幅度的白噪声。

Dither component encoding — 高频抖动分量编码，模拟信号电平上的轻微扩张使信号与多个量化电平相冲突。这将导致平滑过渡。这一过程是在取样之前将白噪声(它在一个量化电平的幅度之上)加于模拟信号来完成的。

Drift — 漂移，由于电路元件的改变或老化，使得在某一时间内信号的输出发生逐渐的移动或变化。这种变化通常是由元件的热不稳定性所引起的。

D–to–A converter (digital–to–analog) — 数 / 模变换器(数字至模拟)，将数字信号变换到模拟信号的器件。

DVTR — 数字磁带录像机的缩写。

EAV — 分量数字系统中有效视频的结束标志。两个定时基准数据包(EAV 和 SAV)中的一个。

EBU — 欧洲广播联盟。欧洲的一个广播组织。欧广联与其它组织一起，对 625/50 格式电视系统提出技术报告和建议。

EBU TECH.3267–E — 625行数字视频系统并行接口的EBU建议书。最近的版本为EBU Tech.3246–E，该文件先后来自于 CCIR–601（现在为 ITU–R BT.601)和 CCIR–656(ITU–R BT.656)标准。

EDH(error detection and handling) — 误差检测和处理，由 SMPTE RP 165 所提出，用于串行数字信号中的错误识别。它可以插入到串行数字设备中，并可使用简单的LED错误指示器。

Equalization (EQ) — 均衡，改变视频放大器的频率响应以补偿同轴电缆中的高频损耗。

Embedded audio — 嵌入音频，数字音频经复用插入到串行数字数据流中并安置在为附属数据分配的时段内。

Encoder — 编码器，将一组分量信号转换为单一彩色信号(复合信号)的器件。在需要从分量格式的信号源(或纪录设备)中输出复合信号时，就要使用编码器。它也可表述为用于视频压缩的器件。

Error concealment — 误码掩蔽，失效时（参见误码校正）所使用的一种技术。误码数据可以用附近象素的合成数据来取代。

Error correction — 误码校正，将附加信息添加在被校正的数据上，以检测和校正传送数据中的错误。

Eye pattern — 眼图，数据信号叠加后的一种示波器显示波形。数据按照与时钟同步的扫描而改变，其显示图形看起来很象眼睛。该波形用于评测传输层的模拟性能。

Field–time (linear) distortion — 场时间(线性)失真，视频信号幅度的一种有害变化，它发生在垂直扫描的场时间内（即在 60Hz 时为 16.66mS）。

Format, interconnect — 格式、互连，在一特定系统中用于设备互连的信号配置。不同的格式可以使用不同的信号组成，参见脉冲等。

Format, scanning — 格式、扫描，在模拟和标准清晰度数字电视信号中，指的是行的总数和场频，即 625/50；在数字高清晰度中亮度象素的数目、有效视频行数、场频和每帧的场数，即 1280/720/59.94/2:1。

Format conversion — 格式转换，编码/解码的过程和数字信号的再取样。

Frequenncy modulation — 频率调制，按照调制信号的幅度变化而改变“载波”(正弦波)的频率的调制方式。

Frequency response rolloff — 频率响应跌落，传输系统中的一种失真。在这样的传输系统中，信号的高频分量不能以其原始的满幅度传送，从而造成彩色饱和度的可能丢失。

Gain — 增益，电信号强度的任意增长或衰减。增益可用分贝来表示。

Gamma — 伽马(校正)，输入与输出间的传输特性。在电视系统中，伽马校正在源端进行，提供暗区的附加增益，用以补偿 CRT 和人眼的视觉特性。源端的伽马校正可以避免目的端噪声的增加，并减少传送良好图像所需的比特数。

Gamut — 色域，视频信号所允许的彩色范围。有效色域定义为 R'G'B' 信号合法值的所有可能组合呈现的全部彩色。其它格式中的信号可以代表有效色域之外的彩色然而仍在其合法容限之内。这样的信号，当其转换为 R'G'B' 彩色时，将会落在 R'G'B'合法容限以外。这会导致信号的限幅、串话或其它失真。

G'R'B', G'R'B' format — 与 R'G'B' 相同的信号。信号顺序作这样的重新排列，用以指示SMPTE标准中连接器的机械顺序。在波形监视器中的并列显示，通常也按这样的次序。

Group delay — 群时延，不同的频率具有不同的传播时延，从而引起信号的失真(1MHz 处的时延量不同于 5MHz 处的时延量)。

Horizontal interval (horizontal blanking, interval) — 行间隔(行消隐，间隔)，有效视频行之间的时间周期。

Interconnect format — 互连格式，见“格式”。

Interconnect standard — 互连标准，见“标准”。

Interlace scanning — 隔行扫描，一种扫描格式，在这种格式中，图像是分两场捕获和显示的。第二场与第一场在水平方向上偏置半行，这样可使每一场的所有各行在垂直方向上插入在另一场的各行之间。

Interpolation — 内插法，在数字视频中，通过某种数字运算方法，用相邻的象素值来产生该图像中的新象素。

Invalid signal — 无效信号，见“有效信号”。

I/o — 输入/输出的缩写。一般指的是由器件接收或发送的信息或数据信号。

ITU–R — 国际电信联盟无线电通讯部门(取代 CCIR)。

ITU–R BT.601 — 分量数字电视的一种国际标准，由它产生了 SMPTE 125M(曾经为 RP–125)和 EBU 3246E 标准。ITU–R BT.601 定义了 Y、B–Y、R–Y 和 GBR 分量数字电视的取样系统，矩阵数值和滤波器特性。

ITU–R BT.656 — 为 ITU–R BT.601 信号标准制定的物理并行和串行互连标准。ITU–R BT.656 定义了并行连接器的插脚引线，以及并行和串行接口中的消隐、同步和复用标准。相关定义有 EBU Tech 3267(用于 625 行信号)和 SMPTE 125M (并行 525)和 SMPTE 259M(串行 525)。

Jaggies — 锯齿状图形，描述出现在对角线上的阶梯混叠现象的术语。它来自于滤波不充分、违反奈奎斯特理论和(或)内插不良所引起。

Jitter — 抖动，一种不希望产生的、随时间而变化的随机信号偏差。

Keying — 键控，由某一电视图像的视频取代另一部分电视图像的过程；如色度键和插入键。

Legal/illegal — 合法/非法，合法信号是指该信号始终保持在该使用格式的适当色域之内。合法信号不能超出该格式为其任一信号通道规定的电压容限。非法信号是指该信号在一个或多个通道有时处于容限之外。合法信号不一定是有效信号。

Luma, luminance (Y) — 亮度，用于描述每个象素的明亮程度的视频信号；它等效于黑白摄像机的输出信号，Y 通常作为 R'G'B' 信号的加权和。

MAC — 复用后的模拟分量视频信号。这是模拟视频的一种时分复用方法，可以沿着单一的传输通道如同轴电缆、光纤或卫星通道传送的信号。它通常还包括完成时间压缩的数字过程。

Microsecond (μs) — 微秒，1 秒的百万分之一，即 1 x 10 – 6 或 0.000001 秒。

Monochrome signal — 单色信号，一种“单彩色信号”视频信号 – 通常是黑色或白色信号，但有时是复合或分量彩色信号的亮度部分。

MPEG — 运动图像专家组。一个由业内专家组成的国际组织，以标准化被压缩的运动图像和音频信号。

Multi–layer effects — 多层特技，混合/特技系统的一个常用术语，它可将多个视频图像组合为一个复合图像。

Multiplexer (mux) — 复用器，将两路或多路电信号组合成一路复合信号的器件。

Nanosecond (ns) — 纳秒，1 秒的十亿分之一，即 1 × 10 – 9 或 0.000000001 秒。

Neutral colors — 中性彩色，由黑色至白色的灰度电平范围，但不包含彩色。在图像的中性区，R'G'B' 信号全部相等；在色差格式中，色差信号为零。

NICAM (near instantaneous companded audio multiplex) — 准瞬时压扩音频复用，一种数字音频编码系统，它最初由 BBC 开发用于点到点链路，在后来的发展过程中，NICAM 728 在数个欧洲国家获得了应用，用以给家庭电视用户提供立体声数字音频。

Nonlinear encoding — 非线性编码，给较小幅度的信号分配较多的量化级数，给较大的信号峰值分配较少的量化级数。

Nonlinearity — 非线性，增益变量为信号幅度的函数。

NRZ — 不归零(码)。一种对极性敏感的编码方案。在这种编码方案中，0 = 逻辑低电平，1 = 逻辑高电平。

NRZI — 反转不归零(码)。一种对极性不敏感的数据编码系统方案。在这种编码方案中，0 = 无逻辑电平的改变，1 = 由一个逻辑电平跳变到另一个逻辑电平。

NTSC (National Television Systems Committee) — (美国)国家电视制式委员会，制定NTSC电视制式标准的一个组织。现在NTSC就作为美国电视广播的制式名称，该制式主要用在北美、日本和南美部分国家。

Nyquist sampling theorem — 奈奎斯特取样理论，连续取样的时间间隔应当等于或小于信号高频周期的一半。

Orthogonal sampling — 正交取样，重复视频信号行的取样方式，在这种方式中，每行样值的水平位置都应当相同。

PAL (Phase Alternate Line) — 逐行倒相，一种彩色电视制式的名称。在这种电视制式中，色同步信号的V分量在相位上是逐行反相的，这样可以使彩色传输中所产生的色调误差最小。

Parallel cable — 并行电缆，传送并行数据的一种多芯电缆。

Patch panel — 接线盘，信号路由的一种手动选择方法，在这种方法中，利用安装在面板上的源端插座和目的端插座以及电缆来进行内部连接。

Peak to peak — 峰值至峰值，电信号的正向最大值和负向最大值之间的幅度(电压)差。

Phase distortion — 相位失真，当信号通过阻抗不连续的电路要素 – 滤波器、放大器或变化的电离层时，在信号的不同频率分量上因时延不等(相位偏移)所造成的图像缺陷。

Phase error — 各相关信号间的相对定时不正确所造成的图像缺陷。

Phase shift — 相移，各相关信号间相对定时的偏移。

Pixel — 象素，在数字视频图像中可识别和可分解的最小区域。屏幕上的单个点。图像的单个样值。象素源自于图像元素这一词。

PRBS — 伪随机二进制序列。

Primary colors — 基色，通常为三种基本的彩色，三基色组合后可产生系统容限内的所有其它彩色范围。所有的非基色是两种或多种基色混合而成的。在电视中，三基色规定为一组红、绿和蓝。

Production switcher (vision mixer) — 制作切换器(图像混合器)，可在不同视频图像之间进行转换的器件。它还可以进行键控和抠象(复合)。

Progressive scanning — 逐行扫描，一种扫描格式，在这种格式中，图像的捕获是由图像的顶部至底部依次扫描进行的。

Propagation delay (path length) — 传播时延(路径长度)，信号通过一部分电路、一部分设备或一段长度的电缆的所需时间。

Quantization — 量化，将一连续模拟输入信号转换为一组离散的输出电平。

Quantizing noise — 量化噪声，在量化过程中所产生的噪声(信号偏离原始值或正确值)。在串行数字中，仅当信号存在时才会出现颗粒状噪声。

Rate conversion — 速率变换，1)在技术上，由一种取样频率变换为另一种取样频率的过程。分量格式的数字取样频率为13.5MHz，在复合格式中，NTSC制的取样频率为14.3MHz，PAL制的取样频率为17.7MHz。2)常见的不正确用法是指数字频率的再取样和编码 / 解码过程。

Rec.601 — 参见ITU–R BT.601。

Reclocking — 再计时，利用再生时钟对数据计时的过程。

Resolution — 分辨率，决定数字信号分辨率的比特数(4位、8位、10位，等等):

4 比特 = 分辨率为 1/16
8 比特 = 分辨率为 1/256
10 比特 = 分辨率为 1/1024

用于电视广播中至少应为 8 比特。RP–125 — 参见SMPTE 125M。

RGB, RGB format, RGB system — 基本并行分量序列(红、绿和蓝)，其中每一基色均为信号所用。也常指相关设备、互连格式或互连标准。同样的信号也可用“GBR”来表示，在SMPTE互连标准中，它用来暗指连接器的机械顺序。

Rise time — 上升时间，信号由一个状态完全过渡到另一状态的所需时间 – 通常在过渡完成点的 10% 和 90% 处进行测量。较短或较快的上升时间在传输通道中需要更高的带宽。

Routing switcher — 路由切换器，为用户提供信号(音频、视频等)由一任意输入端到用户确定的输出端的路由选择器件。

Sampling — 取样，模拟信号被捕获(取样)用于测量的过程。

Sampling frequency — 取样频率，在一给定时间周期内所进行测量的离散样值数。在电视中通常用兆赫来表示。

SAV — 分量数字系统中有效视频的起始标志。它是两个定时基准数据包(EAV 和 SAV)中的其中一个。

Scan conversion — 扫描转换，视频信号的再取样过程，以将其扫描格式变换为另一不同的格式。

Scope — 显示器，用以测量电视信号的示波器(波形监视器)或矢量仪器件的简称。

Scrambling — 扰频，1)按照预先安排的方案，对数字数据进行移位或倒相以打乱与串行数字信号相关的低频样式结构。2)对数字信号进行处理以产生更好的频谱分布。

Segmented frames — 分段帧，一种扫描格式，在这种扫描格式中，图像是在一次扫描中作为一帧被捕获的，如同逐行扫描格式；但在传送时如同隔行扫描格式，在一场传送偶数行，在下一场传送奇数行。

Serial digital — 串行数字，以串行形式传送的数字信息。在非正式场合，常用于指串行数字电视信号。

Serializer — 串化器，将并行数字信息转换为串行数字信息的器件。

SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) —(美国)电影电视工程师学会，推荐电视业和电影业标准的一个专业组织。

SMPTE Format, SMPTE Standard — 在分量电视中，这些术语均指并行分量数字视频接口的 SMPTE 标准。

Standard, interconnect standard — 标准，互连标准，如电压、电平等，是用于描述某一特定类型设备的输入/输出需求。某些标准，是由专业组织或政府部门所制定的(如 SMPTE 或 EBU)，其它标准又是由设备销售商和(或)用户确定的。

Still store — 静止存储器，存储视频特定帧的器件。

Synchronous — 同步，一种传输过程，在这种传输过程中，比特和字符流从属于精确的同步时钟，发送端和接收端均如此。在串行数字视频中，同步接收机取样时钟是从输入数据信号中提取的。

Sync word — 同步字，一种同步的比特样式结构，它不同于正常数据比特结构，用于识别电视信号中的基准点；也方便于串行接收机中的字成帧。

Telecine — 电视电影，将电影胶片图像转换为视频信号。

emporal aliasing — 瞬态混叠现象，对取样率来说，如果被取样图像运动太快，则会发生可见的图像缺陷。例如，飞快的车轮看起来是反向旋转。

Time base corrector — 时基校正器，用于校正时基错误，还可使磁带录像机的视频输出定时稳定。

TDM (time division multiplex) — 时分复用，在一个通道上传送多个信号的处理方案，按照分配的特定时间段，将每个信号的部分信息分别交替予以传送。

Time–multiplex — 时间复用，在数字视频的情况下，这种技术顺序交替三个视频通道的数据，以使它们同时到达并被解码和使用。在分量数字格式中，这种顺序可以是 Y、Cb、Y、Cr、Y、Cb 等。在这种情形下，Y 通道的总数据容量(图像的细节信息)是任一色差通道的两倍。辅助数据也按时间复用，插入到非视频时间段的数据流中。

TRS — 分量数字系统中的定时基准信号(长度为 4 个字)。在分量视频中，EAV 和 SAV 给出定时基准。

TRS–1D (timing reference signal identification) — 定时基准信号识别，用以保证复合数字系统定时的一种基准信号，其长度为 4 个字。

Truncation — 截断，在数字系统中删除较低的有效位。

Valid signal — 有效信号，能在有效色域中呈现全部彩色的视频信号。有效信号在其转换为RGB或其它格式时始终保持合法。有效信号总是合法的，然而某一合法信号却并不一定有效。不是有效的信号(无效信号)在其当前使用格式中可以无问题地运行，但当该信号转换为另一新格式时就有可能出现问题。

Valid/invalid — 有效 / 无效，有效信号满足两个条件：其一，在其当前格式中是合法的；其二，当其适当地转换为其它任一彩色信号格式时仍然保持合法。

VTR (videl tape recorder) — 视频磁带录像机，可将音频和视频信号记录在磁带上的器件。

Waveform — 波形，电压(或电流)信号与时间的相互间关系的一种图形显示。

Word — 字，参见“字节”。

Y、C1、C2 — CAV(模拟分量视频)信号的一种常用序列：Y 为亮度信号，C1 为第一色差信号，C2 为第二色差信号。

Y'、C'b、C'r — 数字分量格式中经过伽马校正的色差信号序列。

Y、I、Q — NTSC 制于 1953 年规定的 CAV 信号序列：Y 为亮度信号，I 为第一色差信号，Q 为第二色差信号。

Y、Pb、Pr — 由SMPTE模拟分量标准所规定的(Y、B–Y、R–Y)版。

Y、R–Y、B–Y — PAL 制式中以及 NTSC 制式中的某些复合编码器和多数复合解码器所用 CAV 信号的一组常用序列。Y 为亮度信号，R–Y 为第一色差信号，B–Y 为第二色差信号。

Y、U、V — PAL 制式中的亮度和色差信号分量。在非正式场合中通常可代替 Y'、P'b、P'r。

在泰克公司网站中收集有视频术语和缩写词汇编，文献号为 25W–15215–1。

致谢

作者对为本手册作了大量工作的下列人员谨致谢意：

- David Fibush, Jeff Noah, Margaret Craig, Dan Baker, Ken Ainsworth, Lionel Durant 以及泰克公司中为视频的发展付出大量时间和精力的所有人员。
- 标准委员会的成员，他们开发的标准为视频业指出了明确的方向。
- 为我们提供培训的工程师、作者和出版发行人员。

作者简介

Guy Lewis 曾就读于 Baylor 和德克萨斯州的 A&M 大学，学习物理、数学和通信，是电视台的主任工程师和电视工程组的负责人。他在 1987 年加入泰克公司，此前，他在 RCA 工作了 20 年，从事广播工程、销售管理和生产线管理。他于 1999 年从泰克公司退休，时为电视测试部门的产品市场经理，负责电视波形监视器和基带信号发生器。

Michael Waidson 在英国 Canterbury 的肯特大学获得通讯理科学士学位，毕业后在一家电视机制造厂的数字视频部门从事高级电视接收器的研究开发工作。在过去的 12 年里，他一直工作在欧洲和美国的广播电视领域。目前，他是泰克公司视频业务部门的应用工程师。

声明

在本手册中，我们阐述了数字电视的处理方式。但是，设备会继续改进，有才华的工程师也会发现新的方式以求更好、更经济。重要的是在开发的过程中要遵守标准，着眼于经济有效，以保持高度的兼容性。让我们来享受这一转变过程吧！

本手册是对有关信息的阐释，相信这些信息是可靠的。并试图为各种标准格式提供一个广泛全面的了解。泰克公司和作者都不保证信息的准确性或完整性，且对因使用本手册而导致的任何错误或疏漏不承担责任。建议读者咨询有关行业标准组织以获取某些特定的信息。

泰克科技(中国)有限公司
上海市浦东新区川桥路1227号
邮编：201206
电话：(86 21) 5031 2000
传真：(86 21) 5899 3156

泰克北京办事处
北京市海淀区花园路4号
通恒大厦1楼101室
邮编：100088
电话：(86 10) 5795 0700
传真：(86 10) 6235 1236

泰克上海办事处
上海市徐汇区宜山路900号
科技大楼C楼7楼
邮编：200233
电话：(86 21) 3397 0800
传真：(86 21) 6289 7267

泰克深圳办事处
深圳市福田区南园路68号
上步大厦21层G/H/I/J室
邮编：518031
电话：(86 755) 8246 0909
传真：(86 755) 8246 1539

泰克成都办事处
成都市人民南路一段86号
城市之心23层D-F座
邮编：610016
电话：(86 28) 8620 3028
传真：(86 28) 8620 3038

泰克西安办事处
西安市二环南路西段88号
老三届世纪星大厦20层K座
邮编：710065
电话：(86 29) 8723 1794
传真：(86 29) 8721 8549

泰克武汉办事处
武汉市汉口建设大道518号
招银大厦1611室
邮编：430022
电话：(86 27) 8781 2760/2831

泰克香港办事处
九龙尖沙咀加连威老道2-6号
爱宾大厦15楼6室
电话：(852) 2585 6688
传真：(852) 2598 6260

补充信息

泰克公司备有内容丰富的各种应用手册、技术介绍和其他资料，并不断予以充实，以帮助那些从事前沿技术研究的工程师们。请访问泰克公司网站**www.tektronix.com.cn**

版权© 2009，Tektronix。泰克公司保留所有权利。泰克公司的产品受美国和国外专利权保护，包括已发布和尚未发布的产品。以往出版的相关资料信息由本出版物的信息代替。泰克公司保留更改产品规格和定价的权利。TEKTRONIX 和 TEK 是泰克有限公司的注册商标。所有其他相关商标名称是各自公司的服务商标或注册商标。

01/09 EA/ 25C–14700–6

Tektronix®