

高清晰度模拟分量测量



视频器件的模拟分量 HD 信号测量

当前，在视频信号的数字处理上已经取得了巨大的进步，为人们利用各种技术来处理视频图像创造了条件。尽管数字处理有很多优点，然而，用户所接收的最终信号仍然需要转换为模拟信号，这样才能显示在图像监视器上。随着各种各样的数字设备——如机顶盒、数字通用光碟 (DVD) 播放器和 PC 卡等的大量涌现，也带来了各种各样的视频格式，而不再仅仅局限于标准的复合模拟输出。为了测试模拟分量格式设备的性能，有必要了解模拟分量高清 (HD) 信号测量的相关需求。图像经彩色摄

像机捕获后并将光信号转换为电信号，该信号由三个分量——红、绿、蓝 (RGB) 所组成。这三个分量信号的组合就代表了原始图像，它们可以传送到彩色显示器上。在信号传输通道中，可以采用各种方式的视频处理系统，但都需要对这三个分量给予相同的处理，以免引入幅度误差和通道定时误差。这三个分量 R'G'B' (注意此处的 ' 表示信号经过伽马校正) 均具有相同的带宽，这使得数字处理较为困难。

高清晰度模拟分量测量

► 应用指南

模拟分量模拟视频的常用格式 Y', R'-Y', B'-Y'

格式	1125/60/2:1 750/60/1:1	525/59.94/1:1, 625/50/1:1
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'	$-0.2126 R' - 0.7152 G' + 0.9278 B'$	$-0.299 R' - 0.587 G' + 0.886 B'$

► 表 1. R'G'B' 格式到 Y'、B'-Y' 和 R'-Y' 格式的转换表

Y', P'b, P'r 模拟分量

格式	1125/60/2:1 1920x1035 (SMPTE 240M)	1920x1080 (SMPTE 274M) 1280x720 (SMPTE 296M)	525/59.94/1:1 (SMPTE 273), 625/50/1:1 (ITU-R.BT.1358)
Y'	$0.701G' + 0.087B' + 0.212R'$	$0.2126R' + 0.7152G' + 0.0722B'$	$0.299R' + 0.587G' + 0.114B'$
P'b	$(B'-Y')/1.826$	$[0.5/(1-0.0722)](B'-Y')$	$0.564(B'-Y')$
P'r	$(R'-Y')/1.576$	$[0.5/(1-0.2126)](R'-Y')$	$0.713(R'-Y')$

► 表 2 Y'、B'-Y' 和 R'-Y' 格式到 Y'P'bP'r 格式的转换表

为了降低信号通道的所需带宽,我们首先要将R'G'B'信号转换为一个亮度信号Y',在数值上它由红、绿、兰按表1定义的等式来确定;另一方面,为了在终端显示器上复原为R'G'B'分量,还需要两个色差信号即B'-Y'和R'-Y'。两个色差信号允许有较窄的带宽,因为图像的细节信息是由全带宽的亮度通道来传送的。只需要通过一个简单的矩阵电路变换就可以将R'G'B'信号转换为Y'、B'-Y'和R'-Y'信号,从而减少了信号通道的占用带宽,便于进行数字处理。为使亮度和色差信号有着相同的动态范围,还要将Y'、B'-Y'和R'-Y'信号转换为Y'P'bP'r信号,。R'G'B'信号的典型幅度范围为0mV至700mV,转换为Y'信号后的幅度范围也是0mV至700mV,但两个色差信号却有着不同的幅度范围:

- R' - Y' 为 +/- 491mV (525 或 625 格式)
- 和 +/- 551mV (1125 和 750 格式)
- B' - Y' 为 +/- 620mV (525 或 625 格式)
- 和 +/- 650mV (1125 和 750 格式)

为使问题简化,给B'-Y'和R'-Y'分量引入一个比例因子,使它们的动态范围能够满足表2的要求,即均为 +/- 350mV。经过比例换算(与因子相乘)后的B'-Y'成为P'b,而R'-Y'就成为P'r。在模拟高清分量系统中有着各种不同的测量参数,其中有些参数与复合域中的测量参数是类似的。有关这些参数的测量详见泰克公司公司的两篇应用文章: PAL Systems (25W-7075-01) 和 Television Measurements - NTSC Systems (25W-7049-03)。

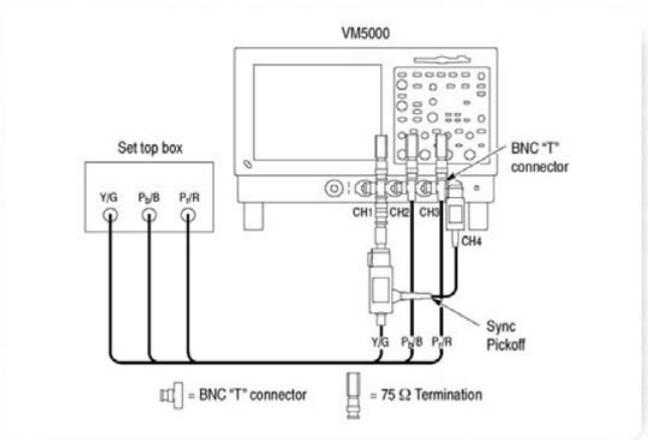
然而,有些复合测量参数如微分增益和微分相位在分量域中却没有什么意义,它们只限于在复合域中使用,前者是用来测试调制色度增益相对于亮度电平的变化,后者是用来测试色度相位相对于亮度电平的变化。在模拟分量视频中,色度信号是用两个相互独立的色差分量来表示的,因此所使用的测量方法也是不同的。和模拟域测量相比较,分量信号中的测量项目要少些,但分量信号的测量却需要在所有的三个分量通道上进行。



► 图 1. VM5000 用于模拟 HD 自动测量。

自动测量

泰克公司为模拟分量 HD 系统开发出了一种测量工具，即如图 1 所示的 VM5000。一旦配置完成后，该仪器就能够对被测器件 (DUT) 进行一系列的自动测量。被测器件与 VM5000 的连接可以使用各种不同的方式，这取决于 DUT 所使用的信号输出类型。在分量系统中，同步信号的传送可以采用多种方式，例如，在 Y'P'b'P'r 广播级标准清晰度格式中，同步总是在 Y 通道中传送的，且使用的是两电平同步信号。然而，在 HD 格式中，使用的却是三电平同步信号，其典型方式是在所有通道中同时传送；在 R'G'B' 系统中，同步既可以在其中某一通道中传送，也可以在三个通道中传送，还可以作为单独的一路同步传送 (RGBS) 或各自分开的行场同步传送

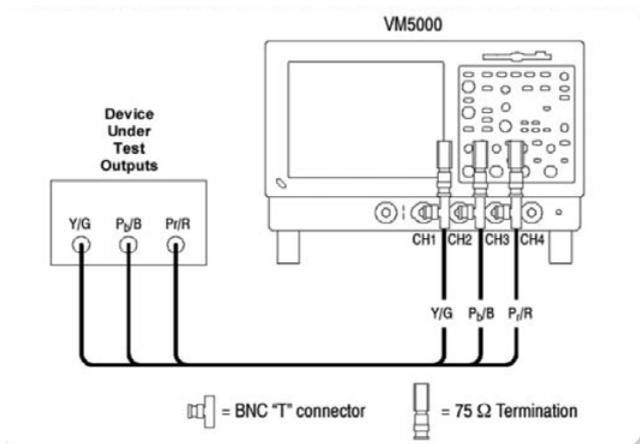


► 图 2. YPbPr/GBR 信号分量与 VM5000 的最佳连接。

(RGBHV)，个人电脑的 VGA 输出就是采用这种方式的典型例子。因此，正确地对 VM5000 进行设置，以适合于它所使用的输入信号格式是十分重要的。在使用 VM5000 对分量信号 (Y/G、Pb/B、Pr/R) 进行测量时，最好使用图 2 所示的配置，即通过 Sync Pickoff (同步拾取) 附件利用通道 1 上的 Y/G 信号以驱动触发信号，在这种情况下，触发信号就设置为通道 4。这种配置为被测设备提供了更准确的低电平噪声测量，而不会对频率响应多波群测量产生反向影响。当用其它方法将被测设备与 VM5000 连接时，可能会产生连接问题，而 Sync Pickoff 附件是一种低电容性探头连接器，当它与通道 1 连接时则不会带来这样的连接问题。

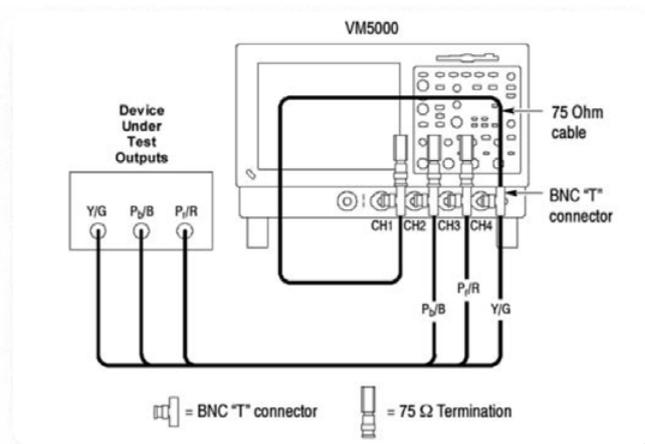
高清晰度模拟分量测量

► 应用指南



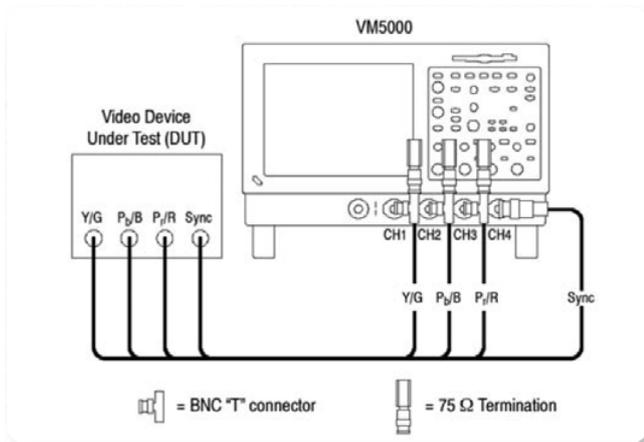
► 图 3. YPbPr/GBR 信号分量与 VM5000 的连接。

在使用 Y'P'bP'r 或 R'G'B' 的系统配置中，复合同步在 Y' 通道或在 G' 通道上，这样的系统配置如图 3 所示，被测器件的 Y' 通道或 G' 通道输出与 VM5000 的通道 1 相连接。这种配置可用于精确的频率响应测量，但是对于通道 1 输入，噪声的测量范围限制在 -65dB (30MHz) 以内。为了提高系统的噪声测量性能，可采用图 4 所示

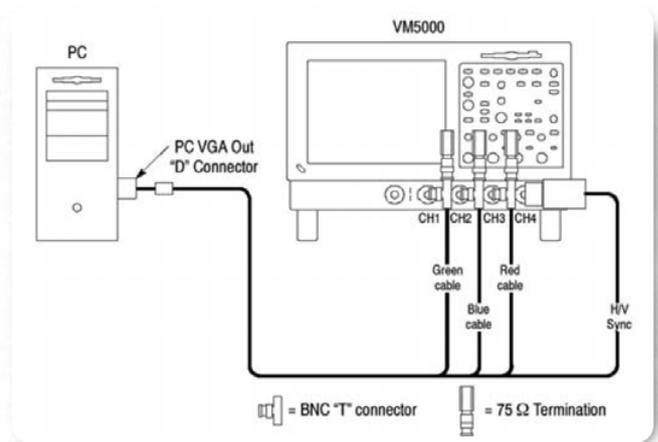


► 图 4. VM5000 的同步环通连接示意图。

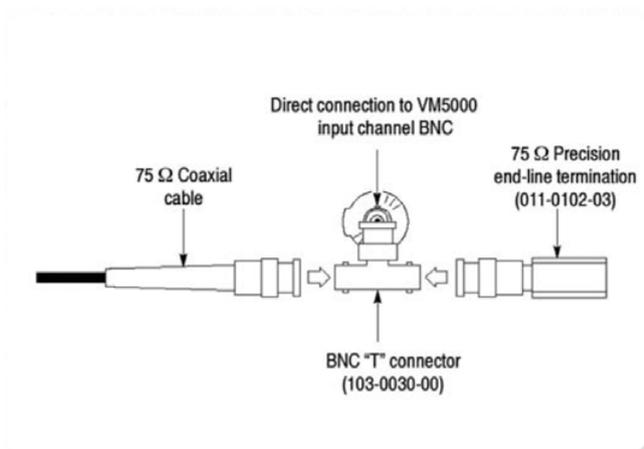
配置。此时，VM5000 的同步信号在通道 4。需要注意的是，在 VM5000 的这种配置中，要保证同步是由通道 4 的输入端取得，而不是来自于默认的通道 1 的输入端。这种配置允许采用一种算法以最大化视频信号系统的动态范围，从而可以进行更精确的低电平噪声测量，其测量范围可低于 -60dB (30MHz)。



► 图 5. 在具有单独同步信号的情况下的 VM5000 分量连接。



► 图 6. 个人电脑的 VGA 输出与 VM5000 的连接。



► 图 7. 被测器件与 VM5000 的连接。

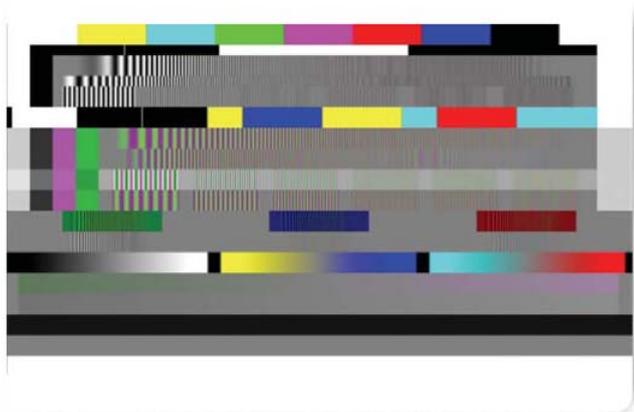
在图 5 中，被测器件可以提供一路单独的同步输出，这种配置为 4 线系统。使用这种方法，同步直接取自通道 4，而且通道 4 的终接可随意，因为在通道 4 的输入端无需进行测量。最后一种配置方案是，需要一根电缆直接与个人电脑相连，它与 VM5000 的正确接口如图 6 所示。该电缆将 VGA 输出的行、场同步信号组合在一起，形成复合同步信号，而后直接与 VM5000 的通道 4 相连。这种配置通常用于机顶盒的 5 线 R'G'B' 的输出测试。

终接

不合适的终接常常是操作者易犯的一个错误，也是导致测量失败的一个常见原因。如果您将两个终端负载置入信号通路中，而后将其取走不加终接，可以发现，信号幅度将会明显地不同。由此可见，使用 75Ω 的终端负载，将每一路视频信号正确地予以终接，这是一项基本要求。如果信号需要环接好几个设备，一般而言，最好是在环通的最后一件设备上给予终接。终端负载的质量也是十分重要的，特别是您打算进行小失真测量时。一定要选用具有高精度公差的终端负载，因为不正确的终端阻抗会引起幅度误差和频率失真。被测器件的输出信号应当使用 75Ω 的 BNC 电缆与 VM5000 相连接，仪器输入端的正确终接如图 7 所示。

高清晰度模拟分量测量

► 应用指南



► 图 8. 矩阵测试图案。

测试信号

在进行系统性能测量时,不同的模拟分量测量项目需要不同的测试信号。单行测试信号的重复可以成为多行测试。然而,为了检测系统的性能,并不一定需要全场的测试信号。由此可见,各种测试信号可以由一组特定的测试行序列来产生,这种各个不同测试图形组合在一起,就形成了一种矩阵测试图案。这样,通过一种图案来完成一系列的测量项目,就可以缩短测量时间。测量仪器可将一些适当的测量项目安置在矩阵图案的指定测试行中。在设计矩阵测试图案时,必须保证矩阵测试信号既支持R'G'B'格式,也支持Y'P'bP'r格式。自然也会产生这样一种需求,即将各种R'G'B'测量信号行与另一组适用于Y'P'bP'r测量的信号序列组合在一起。这种矩阵图案如图8所示,它是一种可用于VM5000的软件包。随后我们将介绍如何将这样的各种测试信号用于VM5000的程序测量。

VM5000 的自动测量

可以很方便地将VM5000配置成各种模拟高清晰度分量信号测量方式,这只需简单地选择所支持的视频信号标准和格式(Y'P'bP'r或R'G'B')即可。必须注意的是,要选择适当的设置以确定仪器的同步是在通道1还是在通道4,这取决于被测器件的类型。也可将仪器设置为由其自身来完成的自动配置,以适合于仪器输入端所加信号的电平和类型。这个步骤通常只需一次完成,从而节省时间并加快测量进程。还有,如果仪器在自动测量过程中需要用于其它功能,则应取消自动定标(auto scale)功能的选定或重新启动该项应用。VM5000还可对每项测量结果加以平均,这在信号受到噪声干扰以致测量结果起伏不定时是很有用的。所选择的平均因子愈大,则纳入到平均值中的单项测量结果数愈多,给出的最终测量结果读数也就更为稳定。VM5000总共有6个测量程序,包括了100项参数测量。

彩条信号的幅度测量



VM5000的幅度测量一般就对我们所熟悉的彩条测试信号进行测量,将R'G'B'分量信号反复来回切换即可产生全部可能的8种组合。VM5000有着各种不同的彩条测试信号形式,一般情况下可使用最大动态范围为 $700\text{mV} = 100\%$ 或 75% 彩条,其R'G'B'幅度为 525mV 。利用表3和表4,可以得到100%彩条和75%彩条的Y'P'bP'r分量的幅度范围。

高清晰度模拟分量测量

对于不同的被测设备,实际的测量结果可在某一百分比范围内变化。例如,DVD播放器的累计输出可将设置引入到其输出中,这有可能改变整个测量结果。分量信号中电平的变化有可能会造成显示图像中色调和饱和度的变化。用户利用彩条信号可查验通道间的增益是否相等,以确保信号不会失真,否则会使信号严重限幅。泰克公司的矩阵测试图案使用100%彩条信号以确定每

	R'	G'	B'	525p/625p			1080/720		
				Y'	P'b	P'r	Y'	P'b	P'r
彩条	(mv)	(mv)	(mv)	(mv)	(mv)	(mv)	(mv)	(mv)	(mv)
白	700	700	700	700.0	0.0	0.0	700.0	0.0	0.0
黄	700	700	0	620.2	-349.8	56.9	649.5	-350.0	32.1
青	0	700	700	490.7	118.0	-349.9	551.2	80.2	-350.0
绿	0	700	0	410.9	-231.7	-293.0	500.6	-269.8	-317.9
品红	700	0	700	289.1	231.7	293.0	199.4	269.8	317.9
红	700	0	0	209.3	-118.0	349.9	148.8	-80.2	350.0
兰	0	0	700	79.8	349.8	-56.9	50.5	350.0	-32.1
黑	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

► 表 3. 各种 100%彩条信号格式的幅度范围

	R'	G'	B'	525p/625p			1080/720		
				Y'	P'b	P'r	Y'	P'b	P'r
彩条	(mv)	(mv)	(mv)	(mv)	(mv)	(mv)	(mv)	(mv)	(mv)
白	700	700	700	700.0	0.0	0.0	700.0	0.0	0.0
黄	525	525	0	465.2	-262.3	42.7	487.1	-262.5	24.1
青	0	525	525	368.0	88.5	-262.4	413.4	60.2	-262.5
绿	0	525	0	308.2	-178.8	-219.7	375.5	-202.3	-238.4
品红	525	0	525	216.8	173.8	219.7	149.5	202.3	238.4
红	525	0	0	157.0	-88.5	262.4	111.6	-60.2	262.5
兰	0	0	525	59.9	262.3	-42.7	37.9	262.5	-24.1
黑	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

► 表 4. 各种 75%彩条信号格式的幅度范围

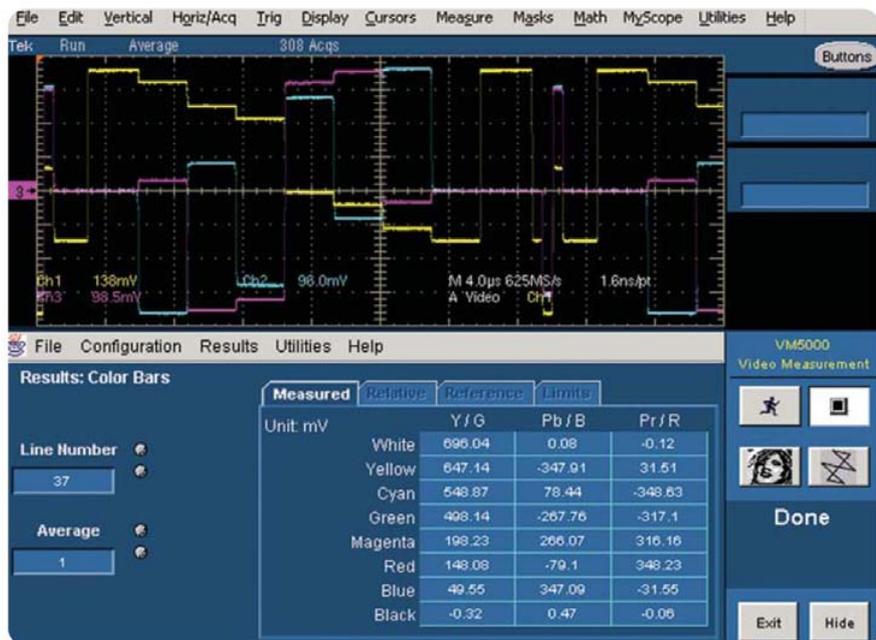
一分量的整个动态范围。彩条图案位于矩阵图案的上方；在不同的标准中，彩条测试信号的行数和位置也不尽相同。所给出的行数是默认值，用以产生测试矩阵。

但在某些被测系统中，可以使彩条测试信号行位于图像中的不同位置上。

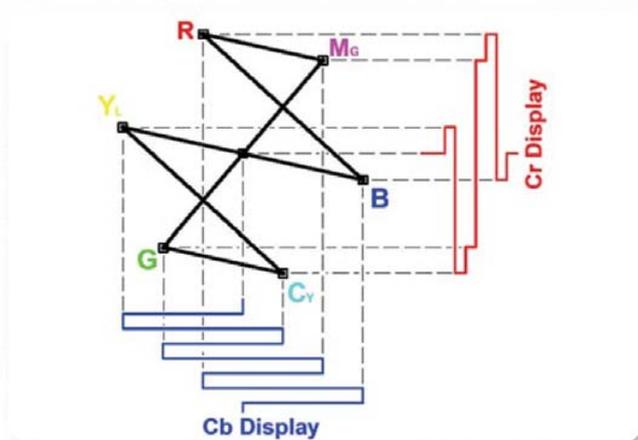
格式	1080i	720p	480p	576p	480i	576i
行	21-52 584-615	26-90	43-74	45-60	21-36 284-299	24-39 336-351

高清晰度模拟分量测量

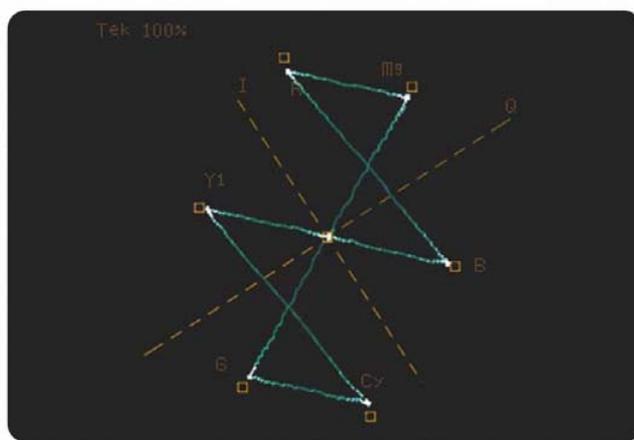
► 应用指南



► 图 9. VM5000 中的彩条测量显示。



► 图 10. 矢量显示的示意图。



► 图 11. VM5000 的矢量显示。

VM5000在进行彩条测量时,首先要对三个通道中的每个通道的相对幅度进行测量。这样,在每个通道上要执行8次幅度测量,总共要进行24次测量,这些测量在不到半秒的时间内即可完成。图9给出的是某一1080i信号的典型测量结果。其中每个色条幅度电平的测量值均相对于后肩电平。幅度的计算是利用每个被测色条的波形平均值。因此,在进行手动测量时,必须保证完整的视频行显示在仪器的捕获窗口中。

VM5000中的矢量显示工具也是很有用的。用户可以用它来检查信号的彩色保真度。在矢量显示图形中,沿X-Y轴方向的图形表示色差信号B-Y/R-Y,用度小盒来定义黄、青、绿、品红、红和蓝色,如图10所示。图11为实际100%彩条在VM5000中的显示图形,其中每一彩色分量均落在相应的刻度小盒内。如果某个信号没有落在刻度小盒内,这就表示该色差分量的幅度电平不正确。

频率响应测量 – 多波群测量

多波群测量是用来评定被测系统能否均匀一致地传送各个频率的信号分量而不会影响到其幅度。幅度的变化量用dB或百分比来表示。基准幅度(0dB, 100%)一般是白条或标志条, 或者为某些相对较低的信号频率。重要的是了解所进行的幅度和频率测量是在多波群的何处进行的。

测试信号

有三种多波群测试信号可供使用 – 其一为R'G'B'多波群测试信号, 它具有100%的幅度和6个正弦波组; 其二为半带宽频率组的Y'P'bP'r多波群测试信号, 它具有420mv峰值至峰值的幅度(60.0%); 第三种为Y'P'bP'r混合多波群测试信号, 它包含全带宽的Y信号组和两个半带宽的色差信号组, 峰峰值幅度为320mv(45.7%)。有必要利用测试信号的变化来了解当信号由Y'P'bP'r域转换为R'G'B'域时的兼容情况。表5列出了在各个标准中所使用的各不相同的多波群频率组和条/标志幅度。下表给出了各多波群测试信号的默认行位置。

格式	1080i	720p	480p	576p	480i	576i
R'G'B' 行	117-148 680-771	186-217	123-138	173-188	61-68 324-331	88-103 440-415
格式	1080i	720p	480p	576p	480i	576i
Y'P'bP'r 混合行	245-276 808-839	314-377	235-266	301-332	117-132 380-395	152-167 464-479
格式	1080i	720p	480p	576p	480i	576i
Y'P'bP'r 半 BW 行	277-308 840-871	378-441	267-298	333-364	133-148 396-411	168-183 480-495

高清晰度模拟分量测量

► 应用指南

格式	标志幅度	频率组 1 (MHZ)	频率组 2 (MHZ)	频率组 3 (MHZ)	频率组 4 (MHZ)	频率组 5 (MHZ)	频率组 6 (MHZ)
RGB 1080i & 720p	700mv (0mv–700mv)	5	10	15	20	25	30
Y 混合 BW 1080i & 720p	320mv (620mv–300mv)	5	10	15	20	25	30
Pb/Pr 混合 1080i & 720p	320mv (+/-160mv)	2.5	5	7.5	10	12.5	15
Y 半 BW 1080i & 720p	420mv (560mv–140mv)	2.5	5	7.5	10	12.5	15
Pb/Pr 半 BW 1080i & 720p	420mv (+/-210mv)	2.5	5	7.5	10	12.5	15
RGB 576p & 480p	700mv (0mv–700mv)	2	4	6	8	10	12
Y 混合 BW 576p & 480p	320mv (590mv–270mv)	2	4	6	8	10	12
Pb/Pr 混合 576p & 480p	320mv (+/-160mv)	1	2	3	4	5	6
Y 半 BW 576p & 480p	420mv (560mv–140mv)	1	2	3	4	5	6
Pb/Pr 半 BW 576p & 480p	420mv (+/-210mv)	1	2	3	4	5	6
RGB 576i & 480i	700mv (0mv–700mv)	1	2	3	4	5	6
Y 混合 BW 576i & 480i	320mv (590mv–270mv)	1	2	3	4	5	6
Pb/Pr 混合 576i & 480i	320mv (+/-160mv)	0.5	1	1.5	2	2.5	3
Y 半 BW 576i & 480i	420mv (560mv–140mv)	0.5	1	1.5	2	2.5	3
Pb/Pr 半 BW 576i & 480i	420mv (560mv–140mv)	0.5	1	1.5	2	2.5	3

► 表 5. 各视频格式中的多波群频率组

VM5000 的带宽高达 1GHz，因此，对于较窄的视频信号带宽来说，仪器有着极为平坦的频率响应。在 1080i 和 720p 格式中，视频信号的带宽为 30MHz，而对于 576p 和 480p 格式，视频带宽为 12MHz。对于 576i 和 480i 格式，带宽小于 6MHz。这样，VM5000 以其优异的频率性能足以保证可对多波群视频信号进行精确的测

量。VM5000 所使用的算法，即使在有噪声干扰的条件下或者当被测信号经过 MPEG 压缩或经过其它视频格式处理仍均可有效地进行幅度测量运算。在被测信号的频谱中，可以发现在频率上相互分离的 6 个大峰值信号。



► 图 11. VM5000 的多波群测量。

原测试信号的各组频率虽然足以相互区分,但经过被测器件的处理之后,有可能在测试信号中出现多个容易混淆的频率。在这种情况下, VM5000所使用的算法将从信号的频谱显示中选择6个间隔最大的峰值。各频率组的显示按照由最低至最高的顺序。通过测试信号中的台阶区和窗口中的正弦波束之间的相互关系,可以测得各频率组的最大幅度。图 11 为 VM5000 对某一测试信号

发生器输出的Y'P'bP'r混合多波群测试信号的测量显示,由图可见,该信号在性能上稍有劣化。被测系统的频率响应问题将使图像不够清晰,垂直边缘有些模糊和曳尾。这有可能是被测器件的重建滤波器没能为视频信号进行适当的 $\sin(x)/x$ 校正。这将会导致信号波束的基本频率分量的下跌,尽管该波束的包络是平坦的。

高清晰度模拟分量测量

► 应用指南



► 图 12. 某机顶盒的 1080i 格式信号的多波群输出。



► 图 13. 机顶盒的 1080i 格式转换为 480p 标准格式。

在这种情况下，最高端的频率处的幅度可能要少几个 dB，尽管这些频率组的显示幅度看起来比较接近，这是因为窗口中出现的高端频率组不再是标准的纯正弦波信号，而是包含了其它频谱成分。如果我们通过适当的滤波器将额外的频谱分量滤除，这样所得到的信号包络

将很好地反映出该信号在特定频率处的实际频率响应测量状况。图 12 表示的是某一机顶盒所产生的本机 1080i 输出的测量结果。注意在图中，随着频率的升高，幅度逐渐下跌。这样的性能也许是可以接受的，这决定于机顶盒的应用情况。

在各种机顶盒中，它所采用的本机格式 (native format) 经数字化后转换为另一种显示格式。在出现这种情形时，原测试信号的频率组将会转变为其它的频率组，这取决于进行该项操作时的使用算法。参考以下图表，现举例考虑把一本机1080i信号变换为480p显示格式。以下的转换过程将依所采用的算法而定，即对1080i信号再抽样转换为480p标准格式的使用算法，在这一过程中，某些原频率组将混叠为不同的频率组。这将依赖于取样频率和输出器件的滤波器特性。图13的测量结果显示了机顶盒由1080i至480p的转换。在本例中，处理正确的只有两个多波群频率组。而其它频率组被混叠为不同的频率分量。

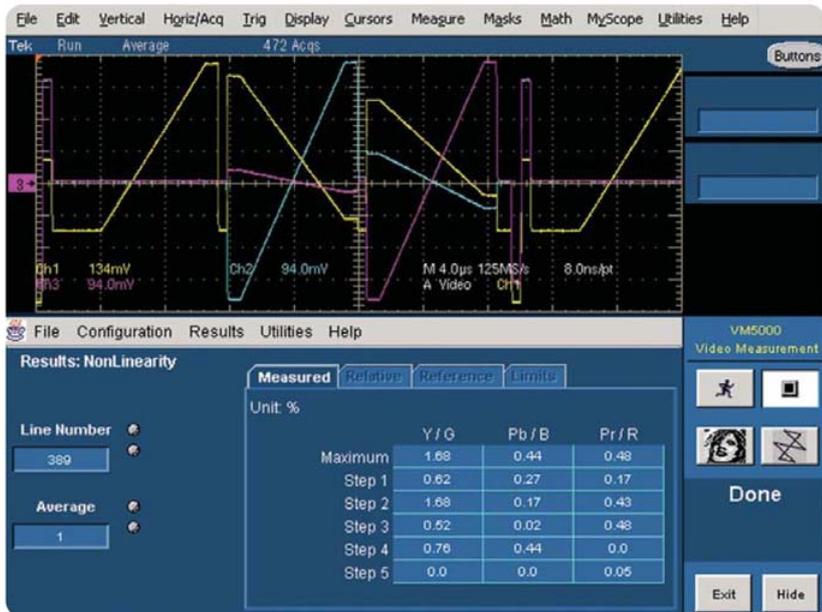
一般而言，在由1080i格式转换为480p格式时，频率的改变因子为 $(1920/720) \times (27/74.176) = 0.9707$ ，对于YRGB而言，频率混叠在 $(27\text{MHz}/2) = 13.5\text{MHz}$ 以上，而对PbPr而言，则为 13.5MHz 或 $(13.5\text{MHz}/2) = 6.75\text{MHz}$ ：

本机	5MHz	10MHz	15MHz	20MHz	25MHz	30MHz
1080i Y						
全 BW	4.85MHz	9.71MHz	混叠的	混叠的	混叠的	混叠的
480p 输出			14.6MHz	19.6MHz	24.3MHz	29.1MHz
本机	2.5MHz	5MHz	7.5MHz	10MHz	12.5MHz	15MHz
1080i Pb/Pr						
半 BW	2.43MHz	4.85MHz	混叠的	混叠的	混叠的	混叠的
480p 输出			7.28MHz	9.71MHz	12.13MHz	14.56MHz

测量结果表明，所测得的波束频率不同于理论上计算出的非混叠值，因为它们是按照尼奎斯特抽样理论所预期的频率混叠值。此外，反混叠滤波的不足和(或)重建滤波的不足均会使频率产物含有多个频率分量，这将对测量结果带来影响。因此，为了表征机顶盒的性能，有必要作出进一步的分析。这可以利用VM5000的示波器功能或者通过频率响应测量以手动方式来实现。然而，在这种情形下，测量结果将表明所测得的频率响应完全偏离标准值。注意在这种特定的测试信号中，色差通道并无多波群分量存在，因而显示表明信号的预期频率组不同于计算值。

高清晰度模拟分量测量

► 应用指南



► 图 14. 逐行 DVD 播放器的非线性测量。

非线性测量

如果系统的增益随其幅度电平的大小而变化,则该系统存在着非线性。这种幅度失真的产生,是因为该系统不能在其整个幅度范围内对分量信息给予同等的处理。非线性失真的测量方法是,送入被测系统一种斜坡信号或阶梯波测试信号,在送入的阶梯波测试信号中,各台阶的电平增量是相同的。该测试信号通过传输系统后,测量并比较系统输出的各台阶处的电平增量,其中最大电平增量和最小电平增量之间的差值与最大电平增量之比的百分数可作为被测系统的非线性。在VM5000所采用的矩阵测试图案中,用于R'G'B'和Y'P'bP'r的非线性测试信号是一种斜坡信号。有效斜坡信号在一行中是由三个斜坡组成的,其中第一个斜坡是亮度斜坡,它可用于Y'、R'、G'、B',第二个斜坡用于P'b的非线性测量,第三个斜坡则用于P'r的非线性测量。这些测试信号在不同的视频格式中的默认行位置如下表所示:

格式	1080i	720p	480p	576p	480i	576i
行	373-404	506-569	363-394	429-460	181-196	216-231
	936-967			444-459	528-543	

非线性测量是在斜坡内的6个相等的时间间隔内进行的,所测得的结果是对斜坡测试信号中理想线性增长的偏离百分比来表示的。图14表示的是某一实际逐行DVD播放输出的测量结果显示。注意在图14的显示结果中,除了斜坡上的5个小段测量偏离值的百分比之外,还给出了整个斜坡中某段的最大偏离值的百分比。在本例中,亮度斜坡信号在中间幅度电平上,稍微有所偏离,但对被测设备而言,这也许处于可接受的容限之内。大多数人对黑白图像的亮度非线性并不特别敏感。然而,如果失真较严重,您也许会注意到背景处的细节丢失及亮度增高的现象。这些效果对应于黑白图像的断裂或限幅。不过,对R'G'B'信号分量而言,如果因通道失配而使彩色位移,这一现象将很明显。

噪声测量



在电子系统中始终存在着噪声,它来自于天然的和人为的因素,它既可以是随机的,也可以是相干的。系统中过量的噪声会使信号恶化。在极端情况下,噪声使设备难于与信号同步。当信噪比大约为 40dB 时,人眼即可发现噪声的影响,这时在图像中会出现闪烁或雪花干扰。噪声对图像的损伤程度取决于多种因素,其中包括噪声的频谱分布。CCIR 建议书 576-2 提出了加权滤波器,它赋予噪声以某种频谱特性,使噪声的影响在典型的观看条件下更接近于人眼的视觉感受。这种加权滤波器在 VM5000 中对每种视频格式作了相应的修改,以符合于人眼的对噪声的可视特性。为便于测量噪声,用于 Y'、R'、G'、B' 分量噪声测试信号的台阶电平为 7.5%、50% 或 100%,用于 P'b 和 P'r 分量噪声测试的台阶电平为 0%。各种视频标准中的上述测试信号的默认位置如下表所示:

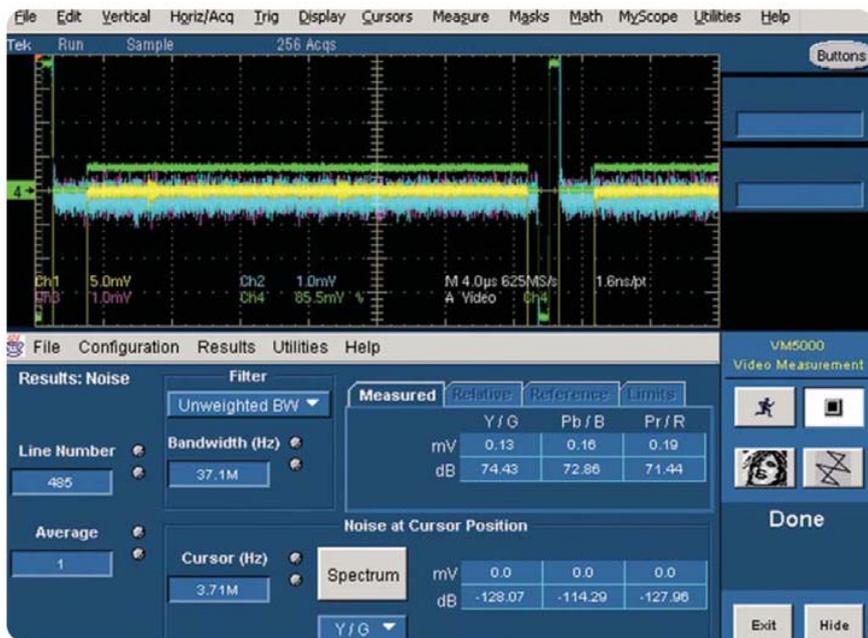
格式	1080i	720p	480p	576p	480i	576i
7.5%	469-500	634-659	459-474	525-556	221-236	264-279
	1032-1063				484-499	576-591
50%	501-532	660-697	475-490	557-588	237-244	280-259
	1064-1095				500-507	592-607
100%	533-560	698-745	491-525	589-620	245-262	296-310
	1096-1123				508-525	608-622

另外,还有信号中的斜坡信号也可用于噪声测量。对于 R'G'B' 为亮度小斜坡,其中心在 50% 点,变化范围从 315mv 至 385mv (+/- 35mv)。对于 Y'P'b'P'r' 分量信号,亮度信号电平变化范围从 315mv 至 385mv (+/- 35mv),而色差信号的变化则在 0mv 附近变化 +/- 35mv。

格式	1080i	720p	480p	576p	480i	576i
YPbPr	405-436	570-601	395-426	461-492	197-212	232-247
	1032-1063				460-475	544-559
RGB	437-468	602-633	427-442	493-524	213-220	280-259
	1000-1031				476-483	560-575

高清晰度模拟分量测量

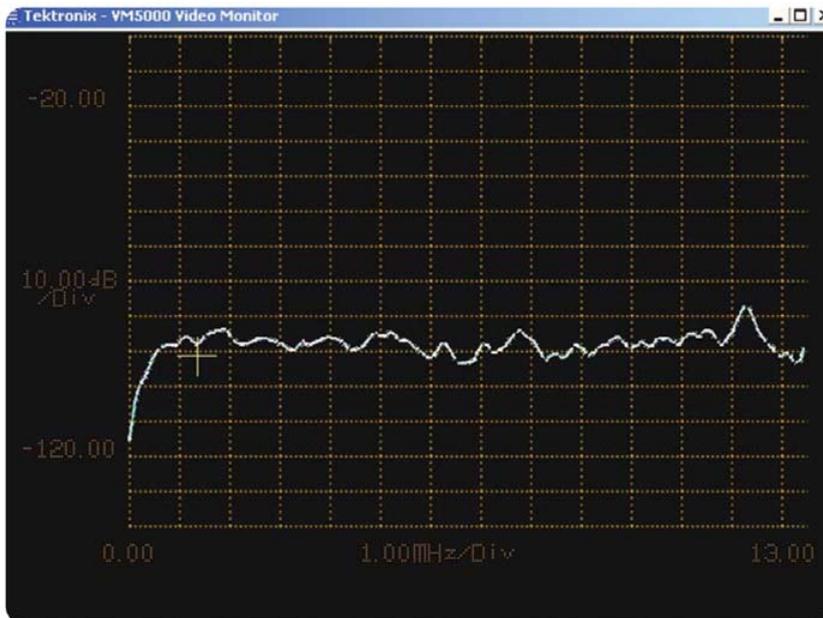
► 应用指南



► 图 15. VM5000 的噪声测量。

在进行噪声测量计算时，首先要除去行倾斜和低频失真。如果使用您选择的滤波器，应当对全部AC信号加权。VM5000计算出RMS电压结果以及信噪比以dB表示，并使用700mV的信号峰值。图15中是由某一基准信号发生器送入VM5000的噪声计算测量显示。可以看出，它要明显优于正常使用状态下的机顶盒的噪声预期值，由图可见，VM5000所使用的算法适用于非常宽的动态范围。注意，同步是从VM5000的通道4取得的，这样在进行噪声测量时，可以得到比使用通道1更宽的动态范围。如果同步是来自通道1，则所得到的Y/G'噪

声测量值的精度要稍差些。在VM5000的噪声测量应用中，还可以使用频谱显示，它能够显示出信号中的频率分量。如果要使用这样的显示，应将VM5000设置为连续模式，否则就无法显示噪声频率分量。在VM5000的频谱显示中，可以显示出特定的频率分量，这些分量也许会对视频输出造成干扰，如图16所示，这里显示的是电源频率的交流干扰。这种干扰可能很大犹如频率毛刺，出现在显示器60Hz或50Hz频率区附近。交流干扰会呈水平亮带或水平黑带而出现在图像监视器上。



► 图 16. DVD 播放器在 VM5000 中的频谱显示。

通道时延测量

通道时延测量是用来检验三个视频通道间的相对定时状况。必须注意，在进行通道时延测量时，用于 DUT 和 VM5000 的连接电缆对每一路信号通道均应为相同的长度，否则在测量结果中将会出现错误，这是因为通道时延一般为通道间相对电缆长度的函数。此外，还应当注意，要么触发 VM5000 的通道 1，或者使用与通道 4 相连接的一根高阻抗、低电容量的高频探头，并用探针经一个终端负载和 BNC T 型连接器将信号送入通道 1。每路信号的传送路径不等，它们之间的相对时延也会增加。在视频系统中，可以使用蝴蝶结信号来测量各通道

间的时延量。(有关这方面的详细信息，请参阅泰克公司的应用手册 Solving the Component Puzzle, 25W-7009-02.)然而，这需要一种特殊的测试信号，而且，当其通过信号处理系统(如 MPEG 压缩系统)或受到噪声干扰时，蝴蝶结信号会有所劣化。不过，在 VM5000 中开发的一种算法只需使用一种标准的扫描信号即可检测出通道间的互相关(cross-correlation)。此外，其它相关度高的测试信号如多波群或啁啾声(chirps)以及甚至现场节目素材也可使用。

高清晰度模拟分量测量

► 应用指南

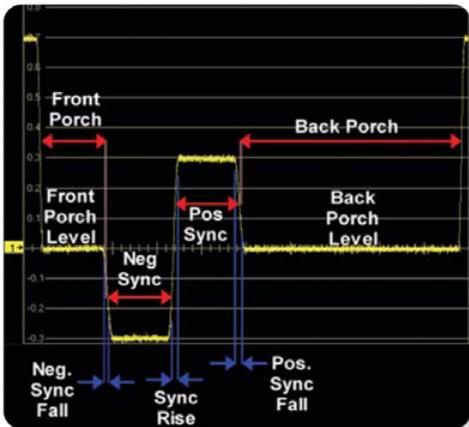


► 图 17. 逐行 DVD 播放器的通道时延测量。

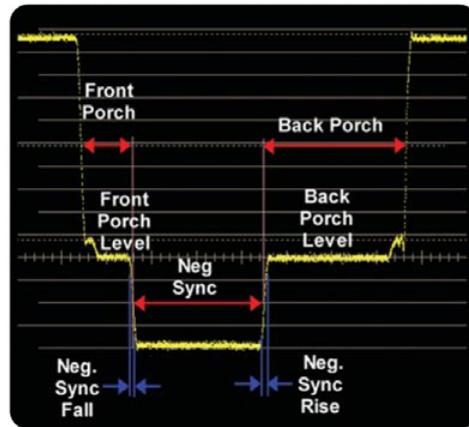
当被选信号通道间的互相关不足时,时延测量将无法进行,VM5000的显示器中的每一通道将出现“---”,并可观察到“low correlation between channels”(通道间相关度低)的相关信息。通过测量,可以发现每对通道间信号过渡的最大互相关。VM5000测量出与最大互相关对应的时延并很快出现在屏幕上。可使用各种测试行信号以测量通道时延,以给出通道间的良好相关度。下表列出各视频格式中测试信号行的默认位置,在测试信号行中含有扫描信号,可用于R'G'B'或Y'P'bP'r格式的时延测量。

测量结果见图 17, 每个通道的时延均为与其它通道的比较值。通道Pb和Pr之间时延测量值为正数,表示Pb滞后于Pr为0.03ns。Y与Pb之间的测量值为负数,表示Y超前于Pb为18.92ns。时延测量结果是信号各部分之间为取得最大互相关所需的时间位移量。在某种情况下,这种时间位移或者时延是频率相关的。通过测量各窄带信号的时延,可以得出群时延。

格式	1080i	720p	480p	576p	480i	576i
RGB 行						
YPbPr 行	181-212 744-775	250-281	171-202	237-252	85-100 348-363	102-135 432-447



► 图 19. HD 三电平同步的定时测量。



► 图 20. SD 两电平同步的定时测量。



► 图 21. HD 信号的 VM5000 同步测量结果。

行消隐定时同步

VM5000所进行的一项十分重要的测量是检验信号在其相应视频标准行消隐期内的定时关系和幅度大小,测量的目的是确保同步信号应符合相应的标准。在VM5000矩阵测试信号中的任意有效行均可用于上述测量。如果使用其它信号,有效视频信号的幅度应大于7.5%,为的是能够对前后肩进行精确的测量。如果被测信号的幅度不合适,那么VM5000也许不能进行前后肩的宽度测

量。所有的幅度测量均是相对于后肩电平。定时间隔是在信号的上升或下降沿的50%处进行的。而信号的上升和下降时间则是在10%和90%处进行的。图19表示VM5000测量HD信号行消隐的定时相对位置,而图20则表示测量SD信号行消隐的定时相对位置。上述项目的测量结果显示在图21中。各种视频格式的有关定时的相应规定见表6所示。

高清晰度模拟分量测量

► 应用指南

格式	480i	576i	480p	576p	720p 50	720p 60	1080i 50	1080i 60	1080p 24
前肩 (ns)	1300	1500	593	610	5381	956.22	6531.99	606.06	8013.47
负向同步 降落时间 (ns)	140	200	70	100	55	53.87	53.87	53.87	53.87
负向同步宽度 (ns)	4700	4700	2333	2333	552	538.72	592.59	592.59	593.18
同步上升时间 (ns)	140	200	70	100	55	53.87	53.87	53.87	53.87
正向同步宽度 (ns)					539	538.72	592.59	592.59	593.18
正向同步 降落时间 (ns)					55	53.87	53.87	53.87	53.87
后肩 (ns)	4300	5800	2185	2650	2957	2960	1995.25	1993.27	1995.25
行时间 (μs)	63.556	64	31.78	32	26.66	22.24	35.55	29.66	37.04
有效视频起始 (μs)	9	10.5	4.67	5.04	3.5	3.5	2.59	2.59	2.59
有效视频结束 (μs)	62.256	62.5	30.96	31.33	20.74	20.74	28.46	28.46	28.43
前肩电平 (mV)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
负向同步电平 (mV)	-300	-300	-300	-300	-300	-300	-300	-300	-300
正向同步电平 (mV)					300	300	300	300	300

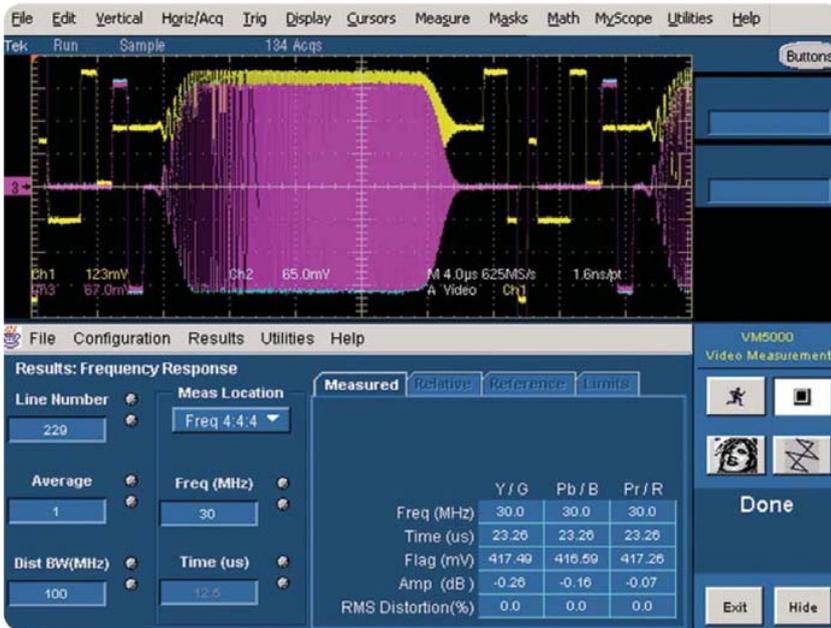
► 表 6. 各种视频格式的典型定时测量。

频率响应

各种设备例如机顶盒均可以对视频信号重新格式化以使频率从其原始值移入到该设备本身的视频格式。在信号中可能会出现混叠分量，例如当设备将本机的1080i信号转换为480p时。对系统的频率响应进行测量是有益的，这样可以保证系统能够均匀一致地转换为不同的频率分量而不会对幅度产生影响。

在频率响应测量中，用户可以定义时间点（从同步的下降沿开始测量）或者选择有效行中的特定频率。在一般

情况下可以使用扫描信号来进行这种测量，不过也可以使用多波群信号。测试信号应当从位于该信号前肩的频率标志（即频率较低的幅度条）处开始。在泰克公司的矩阵测试信号中，可以使用扫描信号和多波群信号。频率响应测试信号中的周期数愈多，那么测量就愈准确、愈可靠。因此，在测量的运算规则中，不推荐使用少于两个周期的频响测试信号。



► 图 22. VM5000 的频率响应测量。

如果用户选择特定的测量频率,那么就各个通道上的使用频率而言,可以有两种选择方式。在 Freq4:4:4 模式中,频率响应测量程序在被测设备的每个通道上使用相同的频率,这种方式通常用于 RGB 全带宽通道的测量。另一种可选模式是 Freq4:2:2,它一般用于 YPbPr 格式,在这种模式中,通道 2 和通道 3 (Pb/Pr) 的测试频率值是通道 1 (Y) 测试频率值的一半。在 Y 和 Pb/Pr 三个通道中的时间相同点上,将会找到特定的测试频率。这种

测量算法会在每个通道上寻找由用户规定的特定频率或时间处的信号部分。而后频响测量程序显示指定位置处的时间和频率。通过对信号幅度的测量给出相对标志幅度的测量值,并以 dB 显示出测量结果。通过对频谱的计算导出门限频谱分量,并显示出与失真分量相关的信号,例如混叠和其它非线性失真。将这些失真分量除以一基本数,求出其平方和,由平方根计算出失真的百分比。以列表形式给出计算结果,如图 22 所示。

格式	1080i	720p	480p	576p	480i	576i
RGB 行	60-100 632-663	122-153	91-106	125-156	45-52 308-315	56-71 368-383
RGB 行	101-116 664-679	154-185	107-122	157-172	53-68 316-323	72-87 384-383
YPbPr 半 BW 行	181-212 744-775	250-281	171-202	237-252	85-100 348-363	102-135 432-447
YPbPr 半 BW 行	213-244 776-807	282-313	202-234	253-268	101-116 364-379	136-151 448-463

高清晰度模拟分量测量

► 应用指南

短时间失真

短时间失真反映了线性失真对信号图像质量的影响。这种失真的影响表现为幅度频率失真和时延特性。这种现象可以在图像中观察到，例如图像跳变边缘处变得模糊，或者跳变沿前后的振铃。采用脉冲和条信号可以测量这种失真。其中脉冲用作 K_{2T} 测量，条信号作为测量的参考部分。脉冲的上升时间和下降时间一般用 T 或 $2T$ 响应来表征，这里把 T 定义为：

$$T = \frac{1}{2F_{\max}}$$

此处 F_{\max} = 视频格式的最大频率带宽

K 因子比例系统反映了 $2T$ 脉冲和行白条在图像质量的主观衡量尺度上的线性失真。按照它们对图像质量的损

伤给予不同的失真加权。 K_{2T} 是一个发生在 $2T$ 脉冲前后的幅度失真和时间失真的加权函数。在标准清晰度格式中，对这种类型的失真有着明确的定义，但必须将这类失真的测量引入到 HD 和计算机格式中。在进行短时间失真测量时，可以测量 $2T$ 脉冲的上升时间和下降时间、过冲和下冲、在上升/下降边缘处恢复稳定的所需时间和 K_{2T} 响应。

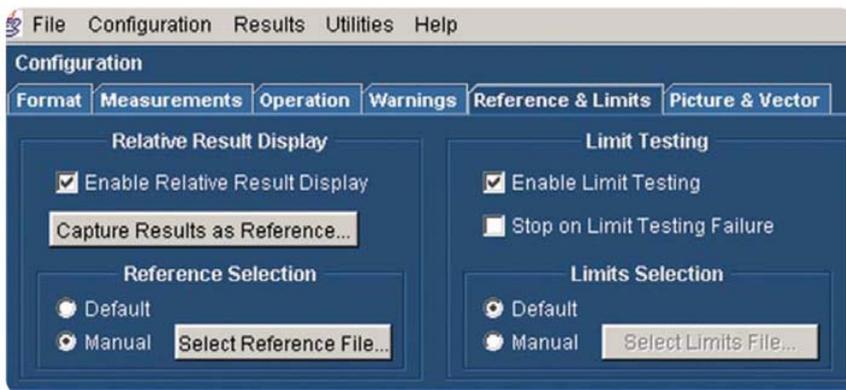
对白条上升时间和下降时间的计算是在白条的 10% 和 90% 点上进行。计算结果以 ns 表示。计算出白条信号正向边缘相对稳态 V_{\max} 的最大偏移量作为过冲，相对稳态 V_{\max} 的负向最大偏移量为下冲。以稳态值的幅度作为参考，将它们以百分比来表示。振铃边缘处恢复稳定的所需时间 (settling time) 从过冲的末端开始测量，直至视频振铃幅度下降至最终稳态值的 $\pm 5\%$ 幅度处。



格式	1080i	720p	480p	576p	480i	576i
RGB	53-68	90-121	75-90	77-108	37-44	40-55
行	616-631				300-307	352-367
YPbPr	149-180	218-249	139-170	205-236	69-84	104-119
行	712-743				332-347	416-431



► 图 23. VM5000 的短时间失真测量。



► 图 24. 基准和容限 (reference & limits) 设置。

测量报告和容限测试

在对生产线上的设备质量进行大量测试时，一个基本要求是要设置一些容限文件，这样，当测量结果超出或低于您为被测设备设定的容限时，表明该设备不能满足您的标准规范。在 VM5000 中，用户可以选用仪器默认的基准和容限 (reference & limits) 文件，根据默认的基准和容限文件可以定义测量范围或者创建您自己的规范 *.CSV 文件。当测量结果落在测量范围之外，可以向用户发出告警，表示被测设备不能满足规范要求，仪器会

暂时停止测试程序的运行，以便您对设备进行检查校正。如果您希望为某一格式创建特定的基准和容限文件，您可以将仪器的默认基准 / 容限文件导入到电子表格制作程序中，其文件格式可为 *.CSV 文件。对这个 *.CSV 文件进行修改以满足您的特定要求，然后将文件保存在 VM5000 文件夹系统中。在 VM5000 配置菜单里，就可以选择您创建基准 / 容限(reference & limits)文件，如图 24 所示。

高清晰度模拟分量测量

► 应用指南

Reference File

This Default Reference file is provided AS IS without warranty of any kind and is intended to be used as a template only. WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPLICITLY DISCLAIMED. Copyright 2004 Tektronix. Permission to use and create derivatives in conjunction with VM5000 family products hereby granted. All other rights reserved.

Format:	1080i/60	Pb Level(mV)	
Color Space:	YPbPr	White	0
	Ref	Yellow	-350
Channel Delay		Cyan	80.2
YtoPb(ns)	0	Green	-269.8
YtoPr(ns)	0	Magenta	269.8
PbtoPr(ns)	0	Red	-80.2
ColorBars		Blue	350
Y Level(mV)		Black	0
White	700	Pr Level(mV)	
Yellow	649.5	White	0
Cyan	551.2	Yellow	32.1
Green	500.6	Cyan	-350
Magenta	199.4	Green	-317.9
Red	148.8	Magenta	317.9
Blue	50.5	Red	350
Black	0	Blue	-32.1
		Black	0

► 表 7. VM5000 基准容限文件摘录。

表 7 和表 8 给出了部分默认的容限表格文件和默认的基准表格文件，可以对它们进行编辑以满足特定的需求。当基准容限和容限测试启动时，可以使用三个附加的测

量表格。如果启动了基准容限，那么仪器就会显示出相对基准和基准值。

Default Limit File

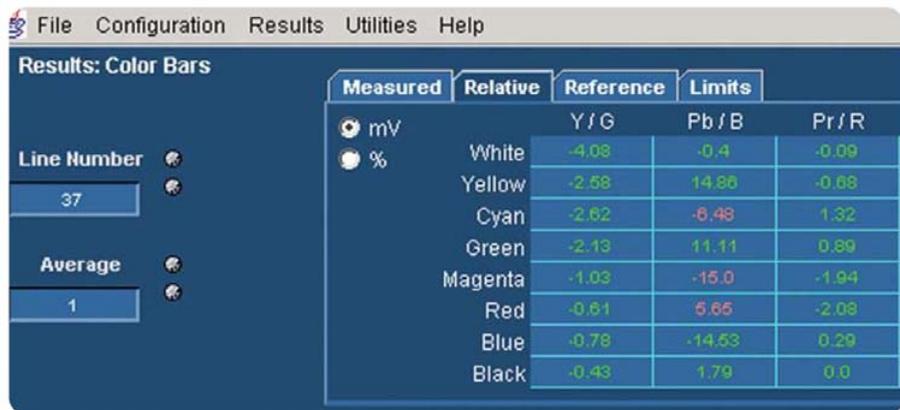
This Default Limits file is provided AS IS without warranty of any kind a template only. WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPLICITLY DISCLAIMED. Copyright 2004 Tektronix. Permission to use and create derivatives in conjunction with VM5000 family products hereby granted. All other rights reserved.

Format:	1080i	1080i/60
Color Space:	YPbPr	YPbPr
	Low	High
Channel Delay		
YtoPb(ns)	-10	10
YtoPr(ns)	-10	10
PbtoPr(ns)	-10	10
Color Bars		
Y Level(mv)		
White	665	735
Yellow	617	681.98
Cyan	523.64	578.76
Green	475.57	525.63
Magenta	189.43	209.37
Red	141.36	155.4
Blue	47.5	53.5
Black	-5	5
Pb Level(mv)		
White	-5	5
Yellow	-367.5	-332.5
Cyan	76.19	84.21
Green	-283.29	-256.31
Magenta	256.31	283.29
Red	-84.21	-76.19
Blue	332.5	367.5
Black	-5	5
Pr Level(mv)		
White	-5	5
Yellow	-29.1	-35.1
Cyan	-367.5	-332.5
Green	-333.8	-302
Magenta	302	333.8
Red	332.5	367.5
Blue	-35.1	-29.1
Black	-5	5

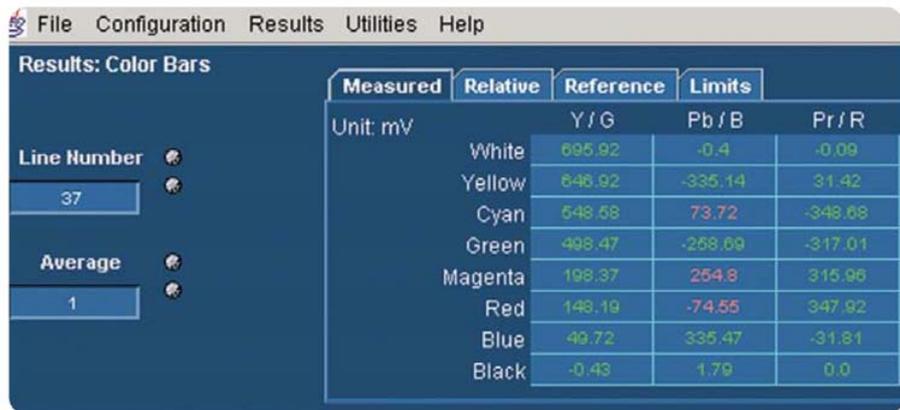
► 表 8. VM5000 基准容限文件摘录。

高清晰度模拟分量测量

► 应用指南



► 图 25. 彩条信号相对基准值的测量结果。

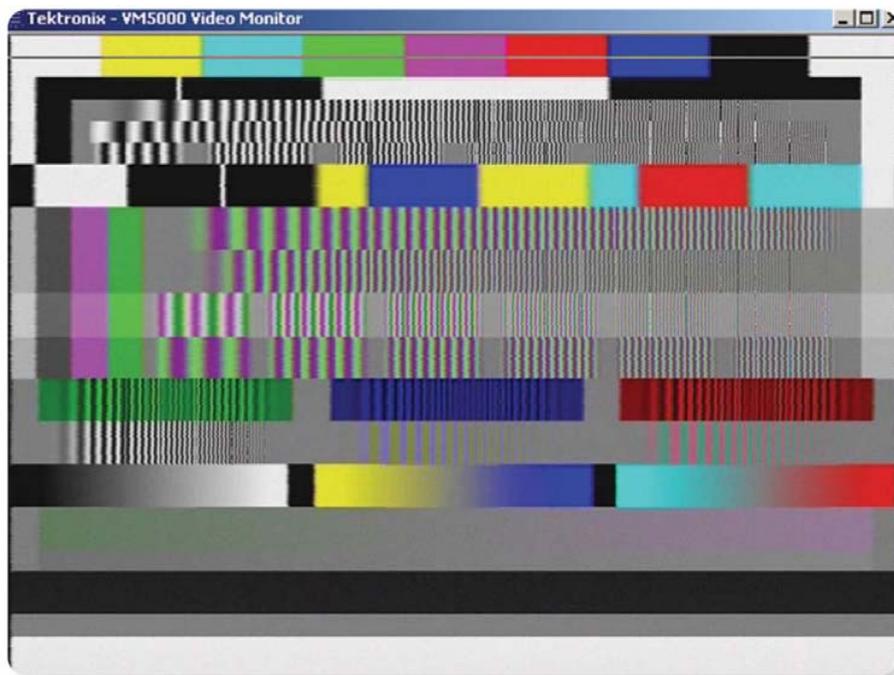


► 图 26. 彩条信号的容限测试。

相对基准表示相对于原先基准设定值的偏差。在进行测量时也可以将被测设备的测量结果作为基准。图 25 表示彩条信号的相对基准测量过程，其测量结果以 mV 或者以百分比表示。

在进行容限测试时，测量值是由白色变为绿色还是红色，这取决于该项测量是否通过了容限测试。如图 26

所示，在 Pb/B 通道中有几个彩条幅度的测量结果超出了容限测试值。其测量值以红色表示，表明该项测量未能通过容限测试，此时在该项测量的右边显示出红色十字线和失效指示。用户可以选择基准（reference）标签以显示当前使用的基准值，也可以选择容限（limits）标签以显示这项测量所使用的最大或最小容限值。



► 图 27. VM5000 的图像显示。

图像显示

在对您的被测设备进行测量时,要弄清您正在进行的测量是否使用了矩阵测试信号中的正确视频行,测量结果不应受到屏幕菜单的干扰,因此,图像显示功能是很有用的。在VM5000的图像菜单显示中,提供了当前测试信号图像表示方法。如图 27 所示,用一条游标线来指示当前正在使用的测试信号。

结论

目前,对高清晰度和标准清晰度模拟分量的测量可以使用VM5000自动测量系统按照标准来进行。完成这样的测量,在以前要么需要手动进行,这要花好几个小时;要么根本无法进行(如噪声加权)。而现在,经由VM5000所使用的算法规则,可以快速、准确、重复地进行测量。

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) 6235 1210/1230
传真: (86 10) 6235 1236

泰克上海办事处
上海市静安区延安中路841号
东方海外大厦18楼1802-06室
邮编: 200040
电话: (86 21) 6289 6908
传真: (86 21) 6289 7267

泰克广州办事处
广州市环市东路403号
广州国际电子大厦2807A室
邮编: 510095
电话: (86 20) 8732 2008
传真: (86 20) 8732 2108

泰克深圳办事处
深圳市罗湖区深南东路5002号
信兴广场地王商业大厦G1-02室
邮编: 518008
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
西安市东大街
西安凯悦(阿房宫)饭店345室
邮编: 710001
电话: (86 29) 8723 1794
传真: (86 29) 8721 8549

泰克武汉办事处
武汉市武昌区民主路788号
白玫瑰大酒店924室
邮编: 430071
电话: (86 27) 8781 2760/2831
传真: (86 27) 8730 5230

泰克香港办事处
香港铜锣湾希慎道33号
利园3501室
电话: (852) 2585 6688
传真: (852) 2598 6260

更多信息

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: www.tektronix.com



版权 © 2006, 泰克公司。泰克公司保留所有权利。泰克公司的产品受美国和国际专利权保护, 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。
07/06 EAWOW 25C-16653-1

Tektronix
Enabling Innovation