

5
M
P
T
E

施正宇 王复海 译 张家谋 校

未来的 视频技术 论文集

中国电影出版社

内 容 说 明

本书为美国电影与电视工程学会1983年第17届电视年会论文集，主题讨论未来的视频技术：高清晰度电视（包括改良电视等）、视频特技与计算机图形、磁带录象机新格式以及微型计算机在电视录象技术中的应用，着重突出软件。

作者均为欧、美、日著名公司、机构和院校的研究设计人员。论文内容虽偏重于应用，但具有一定的代表性，不只限于具体方案或设备的论述和说明，对我国影视广播界有一定的参考价值。

责任编辑：徐健生

封面设计：孙 飞

未来的视频技术论文集

*

中 国 电 影 出 版 社 出 版 发 行

（北京北三环东路22号）

北京宏伟胶印厂印刷 新华书店经销

*

开本：850×1168毫米1/32 印张：11³/₈ 插页：2

字数：200000 印数：1500

1989年5月第1版北京第1次印刷

书号：15061·251/ ISBN 7-106-00003-5/TB·0001

定价：3.90元

目 录

高清晰度电视系统视频信号中的新亮度和色度分量	
.....[美]查理·罗德斯	(1)
高清晰度电视摄象机——分辨率/杂波的斗争	
.....[联邦德国]乌尔里克·赖默	(24)
高清晰度静止帧电视系统	[美]格伦·索思沃恩 (39)
高质量的增进清晰度电视 (EDTV)	
.....[联邦德国]布罗德·温德兰德	(53)
高质量电视的兼容系统	[荷]M.J.J.C.安内嘎恩
	[英]R·H·杰克逊 (74)
高分辨率红绿蓝视频信号的切换与分配	
.....[美]帕特里克·刘易斯, 李·古德	(88)
计算机图形动画法	[美]彼得·布莱克 (100)
交互图象加工系统	[美]艾伦·布里奇斯 (105)
数字视频特技的算术控制算法	
.....[美]吉姆·布莱克史密斯	(112)
数字视频特技和技术导演的结合	
.....[美]理查德·迪恩哈特	(123)
视频图形法的项目单驱动式用户接口	
.....[美]理查德·肖普	(132)
计算机控制帧缓冲器的节目制作手段	
.....[美]托马斯·克利梅克, 赫尔曼·托莱斯	(140)
“C”格式——前进中的目标	[美]威廉·卡彭特 (152)

一种第二代“C”型 1 英寸录象机	
.....	[日]谷村, 藤原, 梅伦斯 (160)
模拟量、复合量和数字量——朋友还是敌人?	
.....	[英]J·L·E·贝尔威 (175)
模拟分量的一种记录方式	[日]佐田繁古一 (191)
数字视频记录系统: 信道编码与差错保护的新成果	
.....	[联邦德国]朱尔格·海特曼 (209)
8—9 分组编码: 用于数字磁记录的一种无直流信道	
编码	[日]吉田広文, 桥本义隆, 斯真田俊行 (224)
采用 VHS 盒式录象带和磁头扫描装置的广播级视频/	
音频记录系统	[日]佐田繁古一, 有村一郎 (239)
EBU——SMPTE 有关电视设备系列数字控制的	
进展报告	R·麦克尔, M·史迪克利尔 (258)
微处理器并不可怕	[美]E·斯坦莱·伯士必 (268)
智能时间编码器是计算机用于录象带编辑系统的外部	
设备	[美]迈克尔·雷塞罗 (275)
微处理器对录象机的诊断	
.....	[美]M·克兰罗斯, 卡瑞屋伦 (286)
利用软件开发产品: RCA TK-47——演播室用	
摄象机实例	[美]伯纳德·赫尔利 (298)
微处理器用于摄象机遥控部件	[美]约翰·格雷 (304)
采用微处理机控制可实现视频制作开关设计的灵活性	
.....	[美]霍华德·布特尔, 戴维·怀特 (311)
一个用于电视业务的计算机支持系统的研制过程	
.....	[英]米西尔·托姆 (326)
数字诊断: 患者能述说多少病情?	[美]罗伊·杜鲁布尔 (351)

高清晰度电视系统视频信号中的 新亮度和色度分量

〔美〕查理·罗德斯

设计任何新彩色电视系统时，亮度信号方程和两个色差信号分量的选用是十分重要的。几乎可以肯定新系统不再采用复合视频信号传输，而改用基于色度和亮度信号分量的时分多路复用（常简称分量传输）方式，所以有必要考虑取代典型的NTSC制信号方程。尚需要注意的是NTSC制式诞生于磁带录象机和卫星广播之前，后两者均采用带有三角形杂波频谱的频率调制方式，所以选择亮度方程和色差分量时，将传输杂波的效应考虑在内是明智的。

杂波虽然不是唯一的考虑，但本文主要讨论杂波问题。

最初研究NTSC制式时，认为杂波主要来自亮度通道，对于采用调幅方式的地面广播，包括电视广播，情况确实如此，而在调频传输或者录象技术中，色度通道中的杂波则是图象质量下降的主要因素。接收机中任何使色度增益降低的措施都可以使信杂比得到改善。NTSC制式中，为使视频载波不过载，在编码过程中将 $(R-Y)$ 信号降低1.14dB， $(B-Y)$ 信号降低6.15dB。因此NTSC接收机必须对 $(R-Y)$ 和 $(B-Y)$ 信号提供+1.14dB和+6.15dB增益，以补偿上述损失。正是由于解码器中通道间增益的差别，才造成了蓝色通道总是杂波较大。NTSC解码器中 $G-Y$ 信号的增益实际上小于1，这也说明原

色中为什么绿色总杂波最小。

采用时分多路调制，将两个色度分量用同于亮度分量峰峰值的电平传输是有道理的。为便于讨论，假定黑白电平为 0 IRE 时，传输系统的动态范围为 100 IRE。色差分量为双极性，为了和单极性的亮度分量占有相同的动态范围，就必须将色差信号偏置 50 IRE。

表 1-1 是选用不同组别的色差分量的动态范围。以标称值 1.0 计，几乎所有分量的动态范围都超过了 ± 0.5 ，因此必须在多路复用并送到系统之前进行衰减。表 1-1 中的编码增益是为将分量动态范围规范到 ± 0.5 而选择的。

编码增益的倒数是接收机解码器的增益，重要的是传输或者记录过程中加到信号上的杂波会按照这一系数放大。(G-Y) 中对于 (R-Y) 分量则包含了两个系数，(B-Y) 分量也是一样。

附录 2 是表 1-1 给出的色差分量的详细解码算法。(R-Y) 可以从解码增益变动非常大的一个或两个分量来恢复。(B-Y) 也是一样，不过对 (R-Y) 给出最小杂波的那组分量对 (B-Y) 杂波并非最小，只有 a、b 组例外，本文附录 1 作了推导。带进 (R-Y) 和 (B-Y) 相同功率的杂波是它们的独特性质，这对于演播室信号特别合适。

C_n, C_w 是日本广播协会的藤尾博士等人研制的用于高清晰度电视系统的一组色差信号。

表 1-1 另外还有三组，每组只包括两项(原色)。(R-G)，(R-B) 组的特性在于恢复 (R-Y) 时带入的杂波最小。这是可以归纳出的。对两组的任一原色，这一彩色均可得到最佳的信杂比。

无论选用何组色差信号，解码器都必须将其变换，求解出 (R-Y) 和 (B-Y)，(G-Y) 则可以从传输信号或者从恢复了的 (R-Y) 与 (B-Y) 直接计算出来。我们可以把 (R-Y)，(B-Y)

和 $(G-Y)$ 作为原始分量，对于它们，任何传输信号都必能和亮度信号求解，恢复得出显象管所需的视频信号 R 、 G 和 B 。如果选择 $(R-Y)/1.4$ 作为传输信号，解码过程中色度杂波将增加 $20\log_{10} 1.4$ ，详见表1-1。

采用冗余传输方式可以改善信杂比。在采用 I 、 Q 信号、 $(R-Y)/1.4$ 和 $(B-Y)/1.78$ 信号传输时，可比较恢复后的 $(R-Y)$ 原始色差信号中的杂波。表1-1指出，如果采用 $(R-Y)/1.4$ 传输，通道中 1mV 的杂波将变为 $(R-Y)$ 中的 1.4mV 杂波。对于 I 、 Q 传输， $(R-Y) = 1.4 \times I + 0.6552 \times Q$ 。分量传输系统中杂波是不相干的，然而两种情况下的杂波功率均相同。由“ I ”分量引入的 1.14mV 非相关杂波和 Q 分量引入的 0.6552mV 非相关杂波在功率上相加。 1.14 和 0.6552mV 之方和根(r.s.s)值为 1.315mV 。 I 、 Q 传输信号在恢复的 $(R-Y)$ 中产生低于 $(R-Y)/1.4$ 的杂波。不过，恢复后的 $(B-Y)$ 如果采用 $(B-Y)/1.78$ 作为传输信号，则来自 I 、 Q 信号的杂波方和根值为 2.22mV 。这是用冗余法改善信杂比的失败例子。

冗余原理基于一个简单的定律：相关信息直接相加；而杂波是非相关的，是方和根相加的。两个通道等量传输信号时，该原理最为适用。这也是为什么由 I 、 Q 信号求 $(B-Y)$ 时，该原理不适用的道理。

本原理也适用于选用 $(R-G)$ 、 $(R-B)$ 组色差分量（称为公共红组），它在恢复的 $(R-Y)$ 中加进了 1.2mV 杂波。在公共绿对色差分量时， $(G-R)$ 、 $(G-B)$ 对于恢复的 $(G-Y)$ 只产生 0.639mV 杂波；然而此时恢复的 $(R-Y)$ 有 1.417mV 杂波， $(B-Y)$ 有 1.878mV 。作者个人的意见是公共绿这组并非最佳。比较表1-1中各组信号中 $(G-Y)$ 的杂波，各种情况下 $(G-Y)$ 的杂波都最小。因此为优化 $(G-Y)$ 通道而增加 $(R-Y)$ 和 $(B-Y)$ 通道的非相关杂波是不明智的。如果必须决定，作者建议采用公共红组： $(R-G)$ ， $(R-B)$ ，因为饱和的红中杂波最明显。这是

我们经常在实践中面临的问题，本人希望协会在这方面作些心理物理试验。

为简便起见，下文将集中讨论公共红组。图1-1示出以 $(R-G)$ 为纵轴， $(R-B)$ 为横轴的色度信号。色度空间的形状可以说明几个有趣的性质：

对于两条对角线空间都是对称的。

左上和右下角是禁止区。

真实信号占有75%的传输空间。

对于彩条，每一轴只存在三种电平。

真实的彩色信号不会占据图1-1的左上和右下角。这就有可能用这两个角来传送同步信号。其明显的优点是避免需要将传输系统的视频信号与同步信号的电平动态范围分隔开来，而这正是现时的标准做法〔联合王国的IBA（独立广播公司）为卫星直接广播研制的MAC系统除外〕。采用 $(R-G)$ 和 $(R-B)$ 信号的按行序（轮行）传输，可以依靠行至行间的相关性建立起同步基准时间，这已在图1-2a和1-2b中表明。同步识别电平应为1.25IRE和87.5IRE，该阈值具有最佳的杂波抑制。由于沿 $R-G$ ， $R-B$ 色度空间对角线对称，因此为检出同步没有必要先求出哪一行携带 $R-G$ ，哪一行携带 $R-B$ 信号。

按行序色度传输的系统中，需要确认哪一行携带哪一个色差信号，这是该系统对同步的特别要求。同步基准点上 $R-G$ 禁止值87IRE被用来判明携带 $R-G$ 的一行，下一行时，同步基准点上禁止值12IRE被用来识别携带 $R-B$ 的一行。

读者可能会想到垂直方向的彩色过渡有可能在行相关器中产生错误的同步基准点，即100%饱和度、100%幅度的红，可能在下一行被具有相同饱和度的补色——青紧紧相随。于是信号从图1-1中允许区域的一角移至对角，可能会对同步字组产生错误相关，这就要求色度信号逐行将自身完全反转。在NTSC系统中这是可能的，但是在按行序色度虽然设计正确，而垂直

方向色度分量具有高空间频率响应的系统中，则是不可能做到的。这类系统不得不至少将两行色度信号加以平均，以避免不能接受的混叠效应。这种混叠在任何电子字幕发生器或其它计算机图形产生器，包括测试设备中，也都必须加以避免，而在逐行色度传输系统中这却是不可避免的。上文详细介绍的公共红组以及在表1-1，表1-2中的公共绿和公共蓝组，在其正常视频动态范围之内均有这种携带编码同步信息的能力。这一点适合于任何高清晰度电视系统，因为整个系统要达到足够的信杂比存在着内在的困难。

NTSC制式中，广播发射机的黑白调制范围仅为58%，基准和同步电平占了37%。这意味着现行系统中；理论上信杂比有8.6dB的损失，这是由于动态范围中相当一部分被用来传送同步信号所造成的。

图1-3表示100%幅度、100%饱和度彩条信号情况下，按行序传输R-G和R-B所预期的波形。值得注意的是该波形特别易于解释，如果作为垂直消隐期测试信号使用，它还可以产生黑白参考电平，故我们推荐采用该方式。

NTSC制式复合视频信号在幅度超过75%、饱和度为100%时，发射机将过调幅，而分量传输系统则可以完全适应100%幅度的饱和彩色，因此图1-1和图1-2中建议的彩条是现实的。

图1-4对 $(R-Y)/1.4$ ， $(B-Y)/1.78$ 和 $(R-G)/2$ ， $(R-B)/2$ 所占的色度空间进行了比较，结果表明后一组在传输容量方面利用率较高。

图1-5表示 a_r ， b 分量占据的色度空间，禁止域角较 $(R-G)/2$ ， $(R-B)/2$ 小，意味着在 a_r ， b 的动态范围内携带的同步信号抗杂波能力较小。

另一种亮度方程

NTSC信号规定亮度方程为： $Y = 0.59G + 0.30R + 0.11B$ ，

它是以1953年的彩色显象管荧光粉色品图为基础的。该方程保证了非常宽的彩色范围，每种彩色对亮度的相对影响由方程式的系数代表。NTSC制式问世以来，彩色显象管的色品图已有了变化，为提高亮度，再现彩色的范围（色域）减少了。近年来提高亮度的努力似乎已满足了人们对亮度的要求，因此显象管色度也稳定下来。色度不同于NTSC色度，然而NTSC的亮度方程却仍然未变。NTSC制式中最光辉的设想之一是“恒亮度原理”。简单说就是：人的视觉系统对于杂波对亮度的调制比杂波对色调或饱和度的影响更为敏感。恒亮度原理是一种减小色度通道杂波对亮度影响的对策。亮度信号设计如下：红、绿、蓝荧光粉的相对亮度和产生Y信号的红、绿、蓝信号相匹配，杂波效应已减小到色度中的杂波不至于再影响亮度的程度。具体实践中，由于信号的非线性（经伽马校正后的），这种方法使杂波对亮度的影响得到改善，仅约为8至10 dB。假定R-Y信号中杂波为1V，如果该杂波在显象管栅极上呈正电位，红电子束流将增加，亮度也将变化。根据公式： $G-Y = -0.51(R-Y) - 0.19(B-Y)$ ，G-Y由R-Y和B-Y信号导出。绿枪被前面提到的杂波往下拉，绿杂波是红杂波的-0.51倍。由于红枪提供30%亮度，所以绿枪提供59%亮度（假定为NTSC色度图）。绿杂波-0.51乘以绿在亮度中的比例，即 $-0.51 \times 59\% = -30\%$ 。红杂波为1乘以红在亮度中的比例 $30\% = 30\%$ ，两者之和正好使亮度变化为0。无疑，该杂波将使色调由绿偏向红，不过色调的变化不易察觉。

现代荧光粉由于绿的主波长移向人眼最灵敏段，所以在提高亮度方面起了相当大的作用。该色不是纯绿而是有些偏黄，蓝的色品图和原来相当一致，但是红则变成高效的稀土红。两者都把各自的主波长朝橙色方向稍许移动。因为这些改变，恒亮度原理不再有效。

例如，采用EBU（欧洲广播联盟）标准为专业图象监视器

推荐的色度图数据,上述荧光粉所分担的相对亮度为: $R = 0.222$, $G = 0.701$, $B = 0.077$ 。用原有的NTSC亮度方程,以及相应的R-Y, B-Y,和G-Y公式,红通道中杂波对亮度的影响为 $+0.222$,绿通道中由于R-Y杂波为 $-0.51 \times 0.701 = -0.3575$ 。杂波对亮度的影响发生 -13.55% 的变化,色调也存在变化。

新系统中,为抗杂波干扰而重新得益于“恒定亮度”看来是重要的。这需要建立一个在相当长时间内都能适用的色品图标准,根据该色品图的规定,每一种原色提供的相对亮度都可以根据人眼视觉的最佳数据求得。这种数据必然会以一种方程的形式用来确定合适的亮度信号,从这一新的亮度方程又可以导出色差方程。

附录3列出基于EBU色品图的计算。 $Y^* = 0.701G + 0.222R + 0.077B$ 设计为该显示装置的色品图取得的恒定亮度。从这一方程可以导出表1-2,给出有关色度分量的动态范围和编码增益,表1-2和附录3给出这几组色差信号的解码以及相对传输杂波电平的计算。图1-6和图1-7是NTSC方程的色度杂波与应得出恒定亮度的EBU色品图的色度杂波的对比。EBU色品图恒定亮度的杂波值一般比NTSC方程的色度杂波要稍差一些(表1-1)。但是观者所能察觉到的杂波效果实际要小得多。

在新系统色品图基础上考虑新的亮度方程是否值得时,实验工作是必须的。本人以为,很难使基于阴极射线管技术的高清晰度电视显示器达到公众习惯的亮度。高清晰度电视彩色显象管使用NTSC色品图时,在亮度方面付出的代价是可观的。这种显象管可以特别定货。尽管NTSC的彩色还原比较好,但仍没有任何接收机制造厂乐于生产推销NTSC荧光粉的电视机,这一现象说明公众主要着眼于认可和评价高亮度图象。因此作者的个人意见是,为使高清晰度电视荧光粉实用化,我们必须采用某些现在电视机的方法,即色域较窄但亮度较大。一旦适于家用电视机的非阴极射线管显示器技术出现,就可能有

足够的亮度，因此可以把色域较宽的 NTSC 信号规格作为新的目标。

附录2给出了基于NTSC亮度方程的色差信号之间的关系。附录3则按照其设计使 EBU 色品图得到恒定亮度条件下的亮度方程并给出其关系。从两组数据的比较可以看出在使非 NTSC 荧光粉回复到恒亮度原理的尝试中，这些关系所受到影响。

附录3说明一组新的色差信号： c 、 d ，它们和附录1中的 a 、 b 组定义相对应。 a 、 b 组对复原的 $R-Y$ 或 $B-Y$ 提供相同的信杂比， c 、 d 组对复原的 $R-Y^*$ 和 $B-Y^*$ 有相同的信杂比。从对表1-1(NTSC)和表1-2中信杂比的比较中可以看到，NTSC方程在提供高信杂比方面更为有效。表1-2中EBU色品图的恒亮度方程可以产生杂波表现较少的图象，尽管其本身信杂比较差。

高清晰度电视演播室中，杂波与模拟视频记录过程有关，因为它一直以频率调制为基础。记录视频信号的色键控制高度依赖于好的信杂比。由于一般使用蓝背景， $B-Y$ 通道中的杂波特别恼人，图象中的蓝杂波倒并不容易察觉，但对色键控制却有影响。显然，后期制作中色键的用途受到记录的分量视频信号中杂波电平的强烈影响。 a 、 b 组最适于演播室需要。然而不论是 a 、 b 还是 c 、 d 组都不如 $R-G$ 和 $R-B$ 组那样适于携带同步信息，这些对于演播室关系还不大。 a 、 b 组在 $B-Y$ 中能使蓝杂波改善1.2dB。

用于传输时， $R-G$ 、 $R-B$ 优于 $R-Y$ 的主要长处在于红杂波好1.3dB，详见表1-1。 $R-G$ 、 $R-B$ 比 $R-Y^*$ 、 $B-Y^*$ 在大致符合恒亮度情况下，红信杂比好0.8dB。

图1-6和1-7比较了NTSC和恒亮度情况下，还原的原色度信号中的杂波电平。

最好是为演播室信号保留 NTSC 方程，然后播出时再转

码为恒亮度信号，用简单的线性矩阵就可以实现这一点。

从数学过程看，应该注意到这些新色差信号的简单性。例如， $a_i = .5000(R-G) - .3305(R-B)$ 和 $b_i = .5000(R-B)$ 。产生这些色度信号只需要一个数字乘法器。同样， $c_i = .500(R-G) - .3017(R-B)$ ，而 $d_i = .500(R-B)$ ，产生 $.500(R-G)$ 和 $.500(R-B)$ ，甚至简单到连数字乘法器都不需要。

参 考 文 献

Fujio, T. Dr.

High Definition Television System-Signal Standards and Transmission, Presented by the author at the International Broadcasting Conference, 1980; published in NHK Laboratories Note 239, August, 1979, and in the Journal of SMPTE, Vol. 89, August, 1980, pgs 579cf.

Transmission Primaries and Signal Forms NHK Technical Nomograph No. 32, June 1982, co-author Keiichi Kubota. Pg 27 cf.

Lucas, K. Dr., Windram, M. D.

Direct Broadcasting by Satellite-Desirability of a New Standard

IBA Experimental and Development Report #116/81. IBA
Crowley Court, Winchester, Hants, U.K.

Rhodes, Charles W.

An Evolutionary Approach to High Definition Television, presented by the author at the 16th Annual SMPTE Television Conference, February, 1982, published in "Tomorrow's Television". SMPTE, Scarsdale, N.Y., pg 186 cf.

Wentworth, John

Color Television Engineering, McGraw-Hill, New York, 1955.

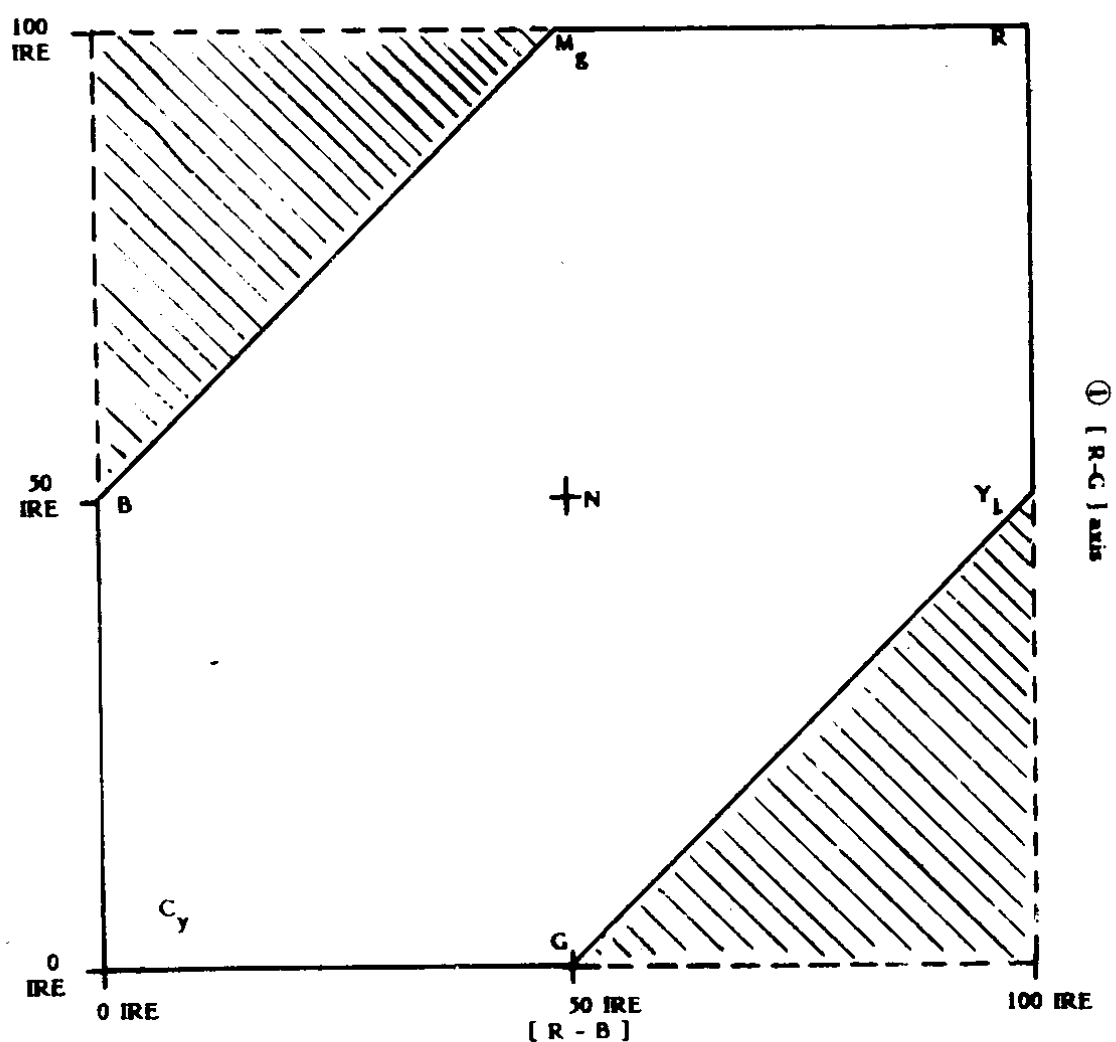


图 1-1 R-G/R-B 分量占据的色度空间

真实信号有效利用空间。禁止区可用于有效地传输同步信号。

信号是对称的。① (R-G) 轴

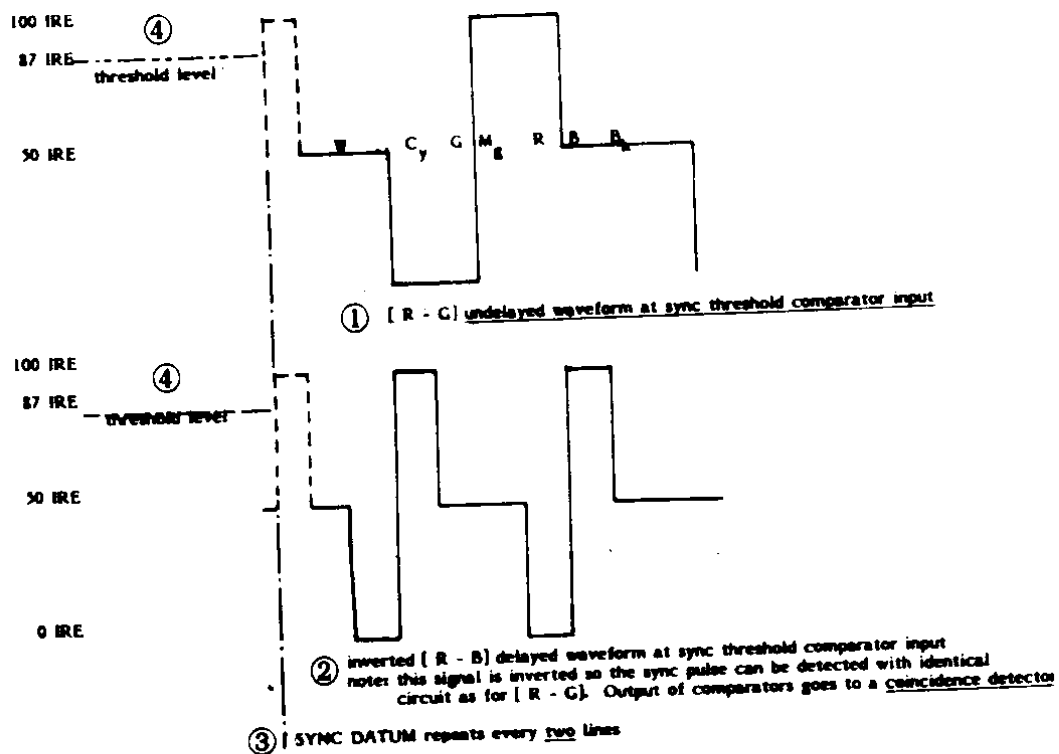


图 1-2a 从 [R - G / R - B] 组恢复的同步

- ① 在同步阈值比较器输入端未经延迟的 (R - G) 波形 ② 在同步阈值比较器输入端反向的 (R - B) 延迟波形。这个信号已经反向，所以可用同于 (R - G) 的电路来检测同步脉冲。比较器输出至符合检测器。
- ③ 同步基准每两行重复一次 ④ 阈值电平

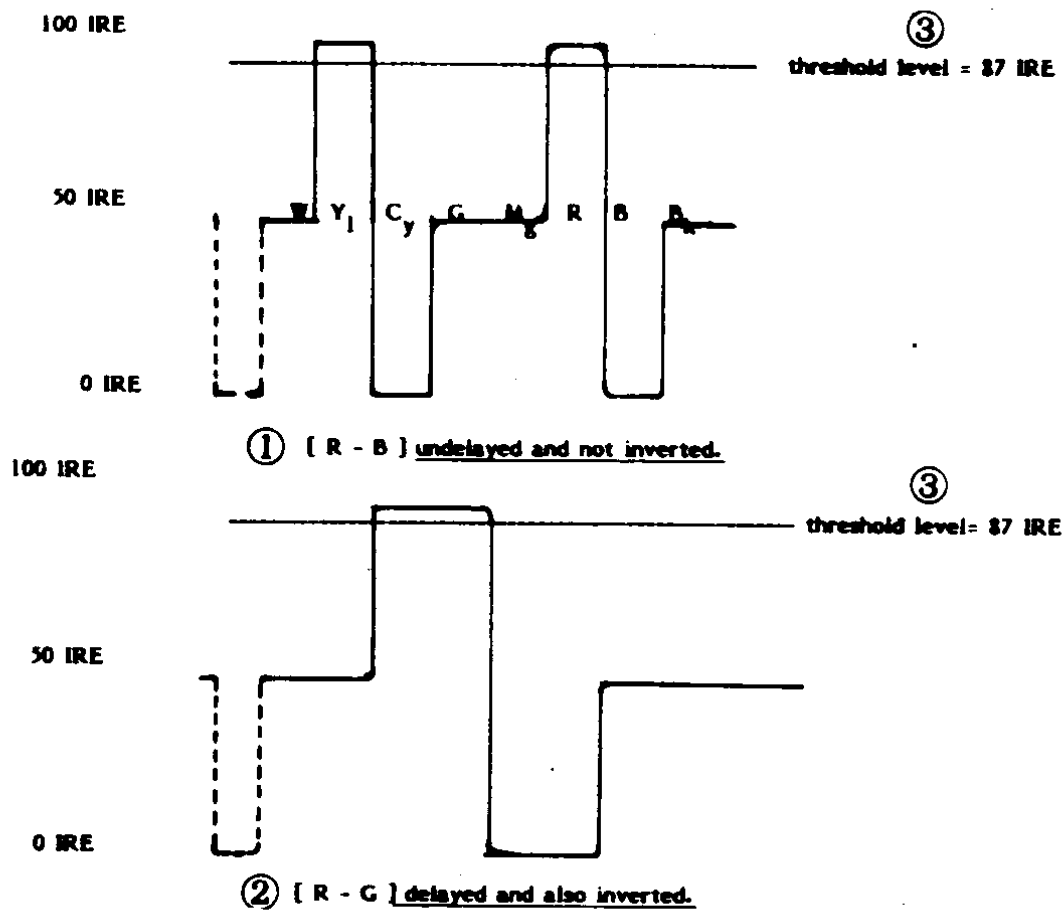


图 1-2b 同步基准检测图解。注意同步脉冲(虚线)在这一行没有超越阈值，因此该行不产生同步基准。这也表明了为什么需要两个检测出的同步脉冲产生一个 P.1.1 的同步脉冲。

① 未延迟和未反向的 $(R-B)$ ② 延迟并反向的 $(R-G)$ ③ 阈值电平

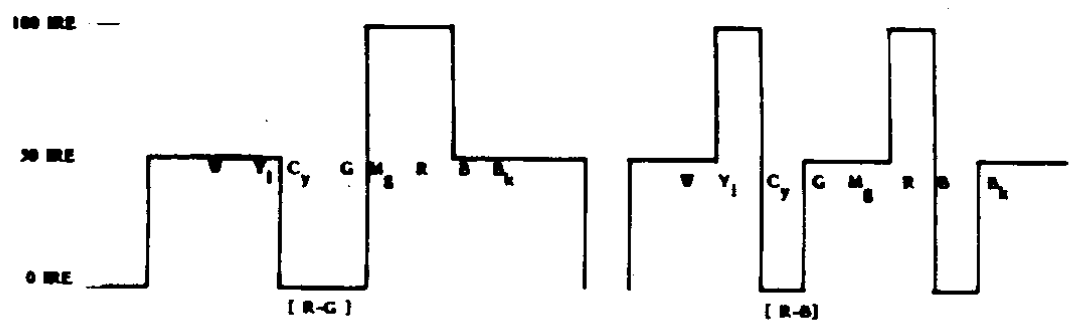


图 1-3 100%幅度与100%饱和度彩条信号 $R-G$, $R-B$ 分量的波形。

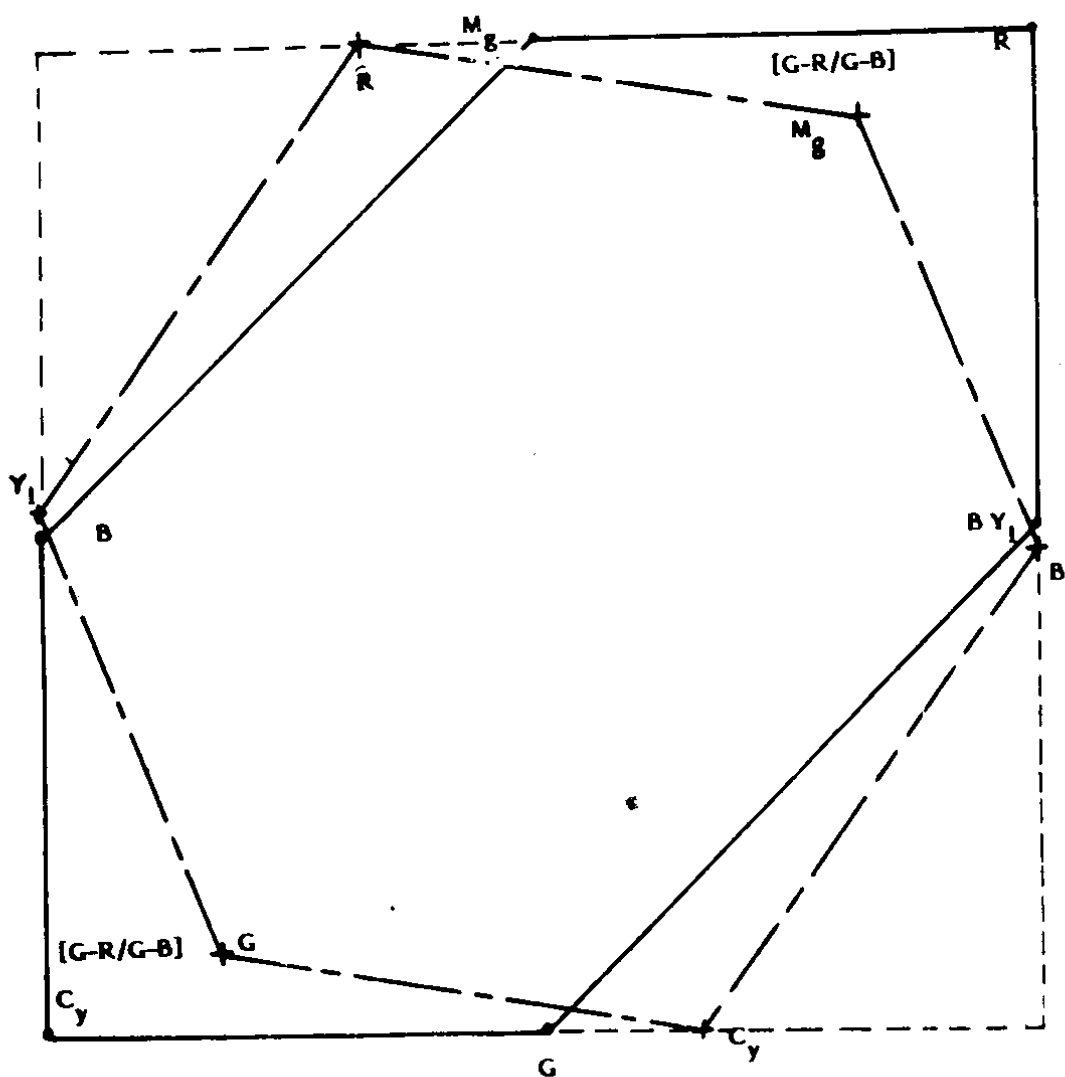


图 1-4 $[R-Y/1.4, B-Y/1.78]$ 和 $(R-G/2, R-B/2)$ 占据的色度空间。