

ITU-R BT.709-6 建议书 (06/2015)

节目制作和国际节目交换中 使用高清晰度电视 标准的参数值

> PT 系列 广播业务 (电视)



前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频 谱,不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

知识产权政策 (IPR)

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议的附件1中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<u>http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en</u>获得,在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

ITU-R 系列建议书

(也可在线查询 http://www.itu.int/publ/R-REC/en)

系列 标题

BO 卫星传送

BR 用于制作、存档和播出的录制; 电视电影

BS 广播业务(声音)

BT 广播业务(电视)

F 固定业务

M 移动、无线电定位、业余和相关卫星业务

P 无线电波传播

RA 射电天文

RS 遥感系统

S 卫星固定业务

SA 空间应用和气象

SF 卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调

SM 频谱管理

SNG 卫星新闻采集

TF 时间信号和频率标准发射

V 词汇和相关问题

说明:该ITU-R建议书的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。

电子出版 2016年, 日内瓦

© 国际电联 2016

版权所有。未经国际电联书面许可,不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

ITU-R BT.709-6 建议书

节目制作和国际节目交换中使用 高清晰度电视 标准的参数值

(ITU-R 27/11号课题)

(1990-1994-1995-1998-2000-2002-2015年)

范围

本建议书定义高清晰度电视2的图像格式参数和值。

关键词

HDTV(高清晰度电视)、图像格式、EOTF(电光转换功能)、OETF(光电转换功能)、PsF(逐行分段帧)

国际电联无线电通信全会,

考虑到

- a) 高清晰度电视节目的制作在全球已有多年的实践;
- b) 高清晰度电视制作标准的参数值应有最大共性;
- c) 针对所有此类系统定义的参数已满足为高清晰度电视设定的质量目标:
- *d*) 电影作品是高清晰度电视广播的重要节目源,反之,采用高清晰度制作系统对电影节目的制作而言亦具有显著益处:
- e) 已成功实现了各种高清晰度电视系统之间的高质转换以及向下至525/625电视系统的转换:
- f) 制作和存档的节目将有较长的保质期,

建议

应将本建议书描述的一种系统用于高清晰度电视节目的制作和国际交换。

^{1 &}quot;高清晰度系统的设计允许观众将图像高度拉高至约三倍观看,在此时系统的画质已经或近乎达到视力正常的挑剔观众在亲临现场观看节目时感知到的清澈画质。"ITU-R BT.801号报告。

² 可在国际电联网站上查阅可能包含历史信息的本建议书前几版。

具有正方形像素通用图像格式的高清晰度电视系统

引言

通用图像格式(CIF)的定义规定其具有独立于图象速率的通用图像参数值,此外,还就以下图像速率做了规定: 60 Hz、50 Hz、30 Hz、25 Hz和24 Hz。对于60、30和24 Hz的系统,亦规定了具有1.001除数值的图像速率。

图像的定义包括逐行(P)采集和隔行(I)采集。逐行采集的图像可采用逐行(P)传输或逐行分段帧(PsF)传输。隔行采集的图像可采用隔行(I)传输。请参阅后附资料2中有关分段帧传输的介绍。

在此基础上,形成了以下几种图象速率和传输方式:

系统	采集 (Hz)	传输
60/P	60或60/1.001逐行	逐行
30/P	30或30/1.001逐行	逐行
30/PsF	30或30/1.001逐行	分段帧
60/I	30或30/1.001隔行	隔行
50/P	50逐行	逐行
25/P	25逐行	逐行
25/PsF	25逐行	分段帧
50/I	25隔行	隔行
24/P	24或24/1.001逐行	逐行
24/PsF	24或24/1.001逐行	分段帧

1 光电转换

项	参数	系统值						
1.1	非线性预校正之前的光电转换 特性	假定线性						
1.2	信号源处的光电转换总特性(1)	对于 $1 \ge L \ge 0.018$ $V =$ 对于 $0.018 > L \ge 0$ $V =$ 其中: L : 图像亮度 $0 \le L \le 1$ V : 相应的电信号	1.099 <i>L</i> ^{0.45} – 0.099 4.500 <i>L</i>					
1.3	色度坐标 (国际照明委员会(CIE), 1931年)	x	у					
	基色: - 红(R) - 绿(G) - 蓝(B)	0.640 0.300 0.150	0.330 0.600 0.060					
1.4	相等基色信号的假定色度(参 考白)	D_{65}						
		x	у					
	$E_R = E_G = E_B$	0.3127	0.3290					

⁽¹⁾ 在典型制作实践中,会对图像源的编码功能进行调整,以便在ITU-R BT.2035建议书所规定的基准观看环境下,在一个具备ITU-R BT.1886建议书参考编码功能的基准显示器上观看时,最终的图像具有需要的效果。

2 图像特性

项	参数	系统值
2.1	宽高比	16:9
2.2	每有效扫描行采样数	1 920
2.3	采样点阵	正交
2.4	每图有效扫描行	1 080
2.5	像素宽高比	1:1 (正方形像素)

3 信号格式

项	参数	系统值
3.1	基色信号概念性非线性预纠错	γ = 0.45 (见第1.2项)
3.2	亮度信号 E'Y 的推导	$E'_{Y} = 0.2126 E'_{R} + 0.7152 E'_{G} + 0.0722 E'_{B}$
3.3	色差信号的推导(模拟编码)	$E'_{CB} = \frac{E'_B - E'_Y}{1.8556}$
		$= \frac{-0.2126 \mathrm{E'_R} - 0.7152 \mathrm{E'_G} + 0.9278 \mathrm{E'_B}}{1.8556}$
		$E'_{CR} = \frac{E'_R - E'_Y}{1.5748}$
		$= \frac{0.7874 \mathrm{E'_R} - 0.7152 \mathrm{E'_G} - 0.0722 \mathrm{E'_B}}{1.5748}$
3.4	RGB、亮度和色差信号的量化 ^{(1), (2)}	$D'_{R} = INT[(219 E'_{R} + 16) \cdot 2^{n-8}]$ $D'_{G} = INT[(219 E'_{G} + 16) \cdot 2^{n-8}]$ $D'_{B} = INT[(219 E'_{B} + 16) \cdot 2^{n-8}]$
		$D'_{Y} = INT \Big[(219 E'_{Y} + 16) \cdot 2^{n-8} \Big]$ $D'_{CB} = INT \Big[(224 E'_{CB} + 128) \cdot 2^{n-8} \Big]$ $D'_{CR} = INT \Big[(224 E'_{CR} + 128) \cdot 2^{n-8} \Big]$
3.5	通过RGB信号的量化推导亮度和 色差信号	$D'_{K} = INT \left[0.2126D'_{R} + 0.7152D'_{G} + 0.0722D'_{B} \right]$ $D'_{CB} = INT \left[\left(-\frac{0.2126}{1.8556}D'_{R} - \frac{0.7152}{1.8556}D'_{G} + \frac{0.9278}{1.8556}D'_{B} \right) \cdot \frac{224}{219} + 2^{n-1} \right]$ $D'_{CR} = INT \left[\left(\frac{0.7874}{1.5748}D'_{R} - \frac{0.7152}{1.5748}D'_{G} - \frac{0.0722}{1.5748}D'_{B} \right) \cdot \frac{224}{219} + 2^{n-1} \right]$

^{(1) &}quot;n"表示量化信号的比特长度数量。

⁽²⁾ 对于0到0.4999范围内的分数部分,控制器INT返回0值,对于0.5到0.9999范围内的分数部分,控制器INT返回1值,也就是它将0.5以上的分数四舍五入。

4 数字表示

项	参数	系	统值							
4.1	编码信号	R, G, B	$R \cup G \cup B $							
4.2	采样点阵:	正交、行和图像重复								
	$-R_{\gamma}G_{\gamma}B_{\gamma}Y$									
4.3	采样点阵:	正交、行和图像重复共址,								
	$-C_B, C_R$	并与交替的 ⁽¹⁾ Y样本共址								
4.4	每行有效样本数:									
	-R,G,B,Y	1	920							
	$-C_B$, C_R	9	960							
4.5	编码格式	线性 8 或	10位/部分							
4.6	量子化电平:	8位编码	10位编码							
	- 黑电平:									
	-R, G, B, Y	16	64							
	_ 消色差:	128	512							
	$-C_B$, C_R	120	312							
	- 额定峰值 :	235	940							
	$-R \cdot G \cdot B \cdot Y$	16和240	64和960							
	$-C_B$, C_R	o 12-7-12-17-1	10 台 / 户 7月							
4.7	量子化电平指配:	8位编码	10位编码							
	- 视频数据	1至254	4至1019							
	- 定时参考	0 和 255	0-3 和 1 020-1 023							
4.8	滤波特性 ⁽²⁾ :									
	-R,G,B,Y	见后!	附资料1							
	$-C_B$, C_R									

⁽¹⁾ 第一批有效色差样本与第一个有效亮度样本共址。

② 这些滤波模板已确定为指导原则。

5 图像扫描特性

项	参数	系统值										
		60/P	30/P	30/PsF	60/I	50/P	25/P	25/PsF	50/I	24/P	24/PsF	
5.1	扫描系统中样本呈现的顺序	从左到右,从上到下 对于隔行和分段帧系统,在画面顶部的场1的第一个有效扫描行										
5.2	总行数		1 125									
5.3	场/帧/段频率 (Hz)	60, 60/1.001	30, 60, 60/1 30/1.001		1.001	50	25	50		24, 24/1.001	48, 48/1.001	
5.4	隔行扫描率	1:1 2:1				1:1	2:1		1:1			
5.5	图像率 (Hz)	60, 60/1.001	30	, 30/1.001		50	50 25				24, 24/1.001	
5.6	每整行采样数: - R、G、B、Y - C _B 、C _R		2 200 1 100			2 640 1 320				2 750 1 375		
5.7	标称模拟信号带宽 ⁽¹⁾ (MHz)	60		30		60	30					
5.8	采样频率 (MHz): - R、G、B、Y	148.5, 148.5/1.001	74.25, 74.25/1.001			148.5	74.25			74.25, 74.25/1.001		
5.9	采样频率 ⁽²⁾ (MHz) - C _B 、C _R	74.25, 74.25/1.001	37.125	, 37.125/1.00)1	74.25	37.125			37.125, 37.125/1.001		

⁽¹⁾ 带宽针对所有组件。

⁽²⁾ C_B、C_R 采样频率是亮度采样频率的一半。

6 模拟三电平同步信号

按照本建议书操作的设备可将三电平同步信号用作同步时的基准信号。

项	参数	系统值											
- M	少 奴	60/P	30/P	30/PsF	60/I	50/P	25/P	25/PsF	50/I	24/P	24/PsF		
6.1	标称电平(mV): - E'_R , E'_G , E'_B , E'_Y		参考黑: 0 参考白: 700 (见图2B)										
6.2	标称电平 (mV): - E' _{CB} , E' _{CR}		±350 (见图2B)										
6.3	同步信号形式		三电平双极 (见图2A)										
6.4	行同步计时参考		O _H (见图2A)										
6.5	同步电平(mV)					±30	00 ± 2%						
6.6	同步信号计时						组件同 ₂ 、图1和						
6.7	消隐间隔				_	(见表1	、图1和	口2)		_			

表 1 电平和行定时规范 (见图1和2)

符号	参数					系统值						
111 7		60/P	30/P	30/PsF	60/I	50/P	25/P	25/PsF	50/I	24/P	24/PsF	
T	参考时钟间隔 (μs)	1/148.5, 1.001/148.5					1/148.5 1/74.25				1/74.25, 1.001/74.25	
а	负线同步宽度 ⁽¹⁾ (T)		44 ± 3									
b	有效视频结束 ⁽²⁾ (T)										+ 6 0	
c	正线同步宽度 (T)					44 ± 3				-1		
d	钳位周期(T)		132 ± 3									
e	有效视频开始 (T)		192 + 6 - 0									
f	上升/下降时间 (T)					4 ± 1.5						
_	有效扫描行间隔 (T)					1 920 + 0 - 12						
S_m	负脉冲振幅 (mV)					300 ± 6						
S_p	正脉冲振幅 (mV)					300 ± 6						
V	视频信号振幅 (mV)					700						
Н	总行间隔 (T)		2 200				26	540		2 7	'50	
g	半行间隔 (T)		1 100 1 320 1 3						1 3	375		
h	垂直同步宽度 (T)	1 980 ± 3		880 ±	3	1 980	± 3	880	± 3	1 980 ± 3	880 ± 3	
k	垂直同步脉冲结束 (T)		88 ± 3			528 :	± 3	308	± 3	638 ± 3	363 ± 3	

⁽¹⁾ T指参考时钟的持续时间或时钟频率的倒数。

 $^{^{(2)}}$ 一行始于行同步计时参考 O_H (包括),并在随后的 O_H (不包括)前结束。

图1A 场/帧/段同步信号波形的详情

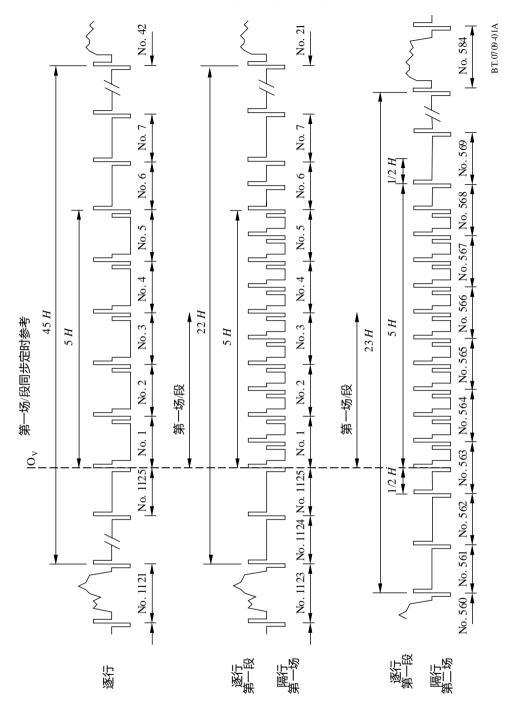
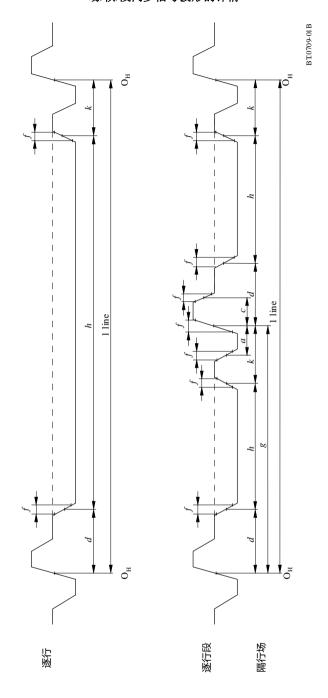


图1B 场/帧/段同步信号波形的详情



BT.0709402A

图2A **行同步信号波形**

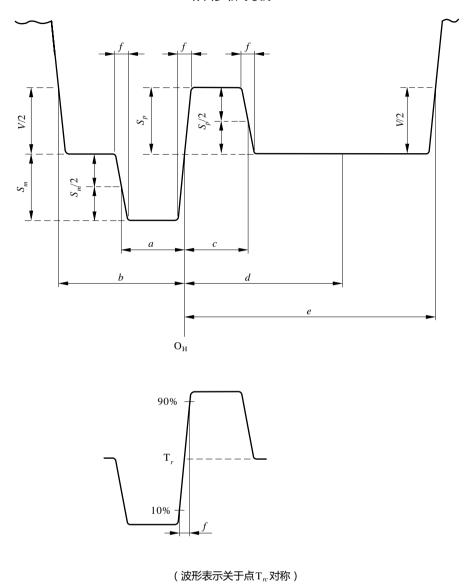
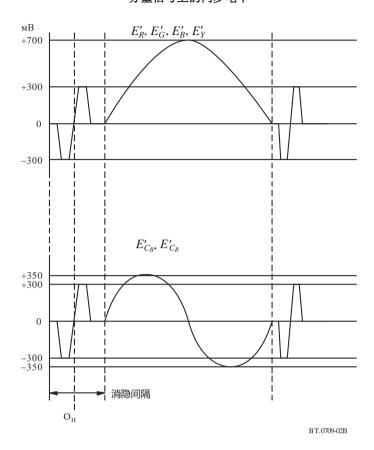


图 2B 分量信号上的同步电平

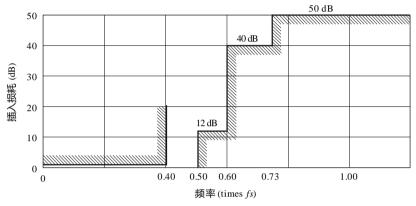


后附资料1 (供参考)

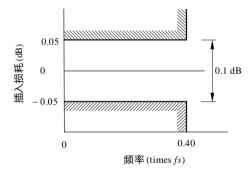
滤波器模板

本后附资料中的图为出于消除混迭分量的目的所建议的滤波器模板。

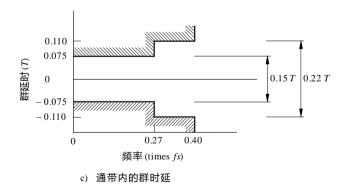
图A1-1 R、G、B和Y信号的引导滤波器特性(供参考)







b) 通带纹波容限

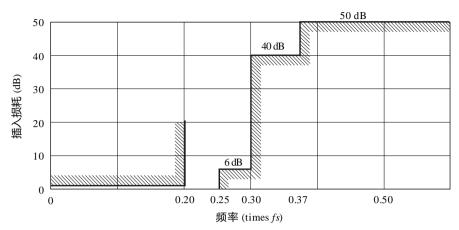


BT.0709-AI-01

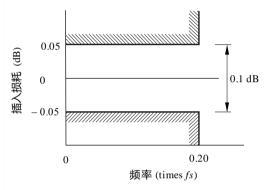
注1-fs指亮度采样频率,值见第5.7项。

注2-根据100 kHz上的值确定纹波和群时延。

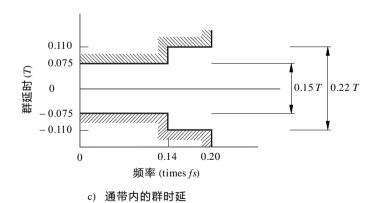
图A1-2 Cu和Cn信号的引导滤波器特性(供参考)



a) 插入损耗模板



b) 通带纹波容限



BT.0709-A1-02

注1-fs指亮度采样频率,值见第5.8项。

注2-根据100 kHz上的值确定纹波和群时延。

后附资料2 (供参考)

分段帧(见注1)

注1 - 在本建议书中,术语"分段帧"指将在逐行扫描模式下采集的图像分成两段传输。第一段含有逐行扫描图像的奇数行,第二段则含有逐行扫描图像的偶数行。

1 背景

目前使用的电视系统通常采用隔行扫描采集(获取)和传输。此类系统的帧/场速率一直为50/60 Hz, 当在阴极射线管(CRT)显示设备上呈现时,无需对此速率进行任何关联的图像闪烁校正。当前的电视系统同时支持隔行和逐行采集和显示技术,这要归因于平板显示器的广泛部署,此类显示器能够显示从24 Hz到60 Hz的图像,且没有任何闪烁。

具体而言,只有当在CRT上采用和显示的帧率等于或小于30 Hz时,才会考虑部署PsF技术。PsF是一种接口技术,而非一种图像采集或处理技术。

2 24帧/秒的制作

通过使用1920×1080的CIF,电影素材可以采用逐行采集进行传输。此类传输将提供最高分辨率的采集,且没有3:2下拉伪影,此外,30 Hz的帧率和25 Hz帧率的版本可从没有质量损耗的单个主帧进行创建。

在重放过程中,可以通过播放24帧/秒的素材和插入3:2下拉序列来创建30 Hz帧率副本。 该方法还具有在重放过程中保持3:2下拉序列的优点,以使得任何下游图像处理(如MPEG编码器)不会受到任何3:2不连续性的影响。

25 Hz帧率副本可通过在稍快的25 Hz帧率简单回放24 Hz帧率的电影素材来创建,且不会出现任何图像质量损失。

除了简单地传输电影素材外,预计图像的电子采集将在24帧/秒的帧率上发生,制作团 队将因此获得可无缝集成各类图像源的另一工具。

3 逐行/隔行兼容性

在可预见的未来,后期制作团队需要同时接纳逐行和隔行扫描电视信号格式。因此,任何新的信号格式(如24 P),电影素材的帧率将需要与25 Hz和30 Hz系统的隔行扫描格式共存。监测24帧/秒系统的局限之一是当在CRT显示器上显示24帧/秒的信号时会出现图像闪烁。隔行扫描系统通过每隔60/50秒刷新CRT荧光粉来减少此类闪烁。目前至少有两种解决方案来减少24帧/秒系统产生的闪烁,方法之一是在每部显示器上安装帧存储设备,方法之二是向显示器提供模拟隔行刷新率的信号。

24PsF/25PsF/30PsF是将为显示设备提供可对素材的原始帧率进行直接监测的信号刷新率的接口格式。

应指出,在某些情况下,用户可能希望在不同于原始帧率的帧率上监测24帧/30帧的素材。

使用24PsF/25PsF/30PsF绝不会限制更新的平板显示器对信号进行监测。

24PsF/25PsF的/30PsF传输格式的另一潜在用途体现在数字后期制作切换台方面。同时处理隔行和逐行信号的常见切换台设计在经济上是可行的,且这可满足最终用户利用通用设备以隔行和逐行格式进行工作的要求。隔行信号和PsF信号的数字接口是通用的,唯一不同之处在于信号的内容。

4 信号映射

24PsF/25PsF/30PsF传输格式将逐行扫描图像映射到本建议书规定的隔行数字串行接口(见图A2-1)。

图像采集和图像传输的行号惯例见"引言"(亦见图A2-1)。

PsF使用隔行扫描图像的同一行号来承载分段帧格式。

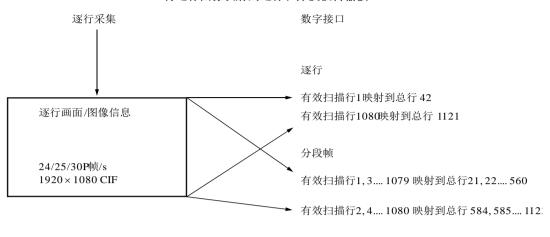
分段帧格式与任何隔行格式的特性无关。它是一种传输在24/25/30 Hz的帧率采集的逐行扫描图像的方法。低频采集可能需要做出特殊的监测安排。分段帧传输格式旨在提供一种经济的解决方案,并同时与隔行系统保持兼容。

当逐行采集图像作为分段帧传输时,或分段帧信号以逐行格式进行处理时,应遵守以下规则(见图A2-1):

- 从所采集的帧的顶部到底部的行号应保持连续;
- 逐行采集图像的有效扫描行1和有效扫描行1 080应分别映射到1 125条总行的总行42 和总行1 121;
- 逐行采集的图像的奇数有效扫描行(1、3、...、1 079)应映射到分段帧接口的总行 21至560;
- 逐行采集的图像的偶数有效扫描行(2、4、...、1 080)应映射到分段帧接口的总行 584至1 123。

利用上述规则,分段帧传输与隔行传输将具有相同的行号。

图A2-1 将逐行图像映射到逐行和分段帧传输接口



BT.0709-A2-01