

中国传媒大学信息工程学院

电视原理

教师信息：

- 姓名：石东新
- 地址：主楼501
- 邮箱：**sdx@cuc.edu.cn**

课 程 类 型：专业必修课

学 时：56（包括实验）

学 分：3.5

教 材：《现代电视原理》，姜秀华，高等教育出版社

考 核：平时成绩30%（作业、考勤）、
期末笔试70%（**闭卷**）

- **课堂听讲**

主要教学环节

课堂考勤；课堂秩序；

- **作业**

及时理解和掌握所学知识的主要手段

作业纸，抄写题目！

- **答疑、其它交流方式**

主楼501

微信、作业本等

电视原理

第一章 电视传像基础

石东新

中国传媒大学 信息工程学院

电视技术的精髓：就是如何用最经济最有效的方法使人眼感觉重现光像**最逼真**的模拟实际景物。

“电视就是欺骗人眼的技术”

television=“**tele**” + “**vision**”

电视=“电” + “视” = “物理学” + “生理学”

为了使重现光逼真地模拟实际景物，**首先**必须了解人眼所看到的光的物理特性，了解人眼对光像感觉的生理特性。

下一步，了解整个电视通信系统

第一节 人眼视觉特性

电视系统的设计和有关参数的选择都是根据人眼的要求进行的。

黑白电视系统的设计主要涉及的视觉特性：

- 视敏特性；
- 亮度感觉；
- 视觉惰性；
- 闪烁感觉；
- 视觉锐度(视角和分辨力)。

人眼之所以能看到景象，是因为有光的缘故，因此我们希望对光进行度量，便于定量的研究！

可见光谱：人眼对于不同波长的光有不同的颜色感觉：

波长 nm	780 ~ 630	630 ~ 590	590 ~ 530	530 ~ 495	495 ~ 475	475 ~ 430	430 ~ 380
色别	红	橙	黄	绿	青	兰	紫



黑白显示应该如何对应这些彩色？

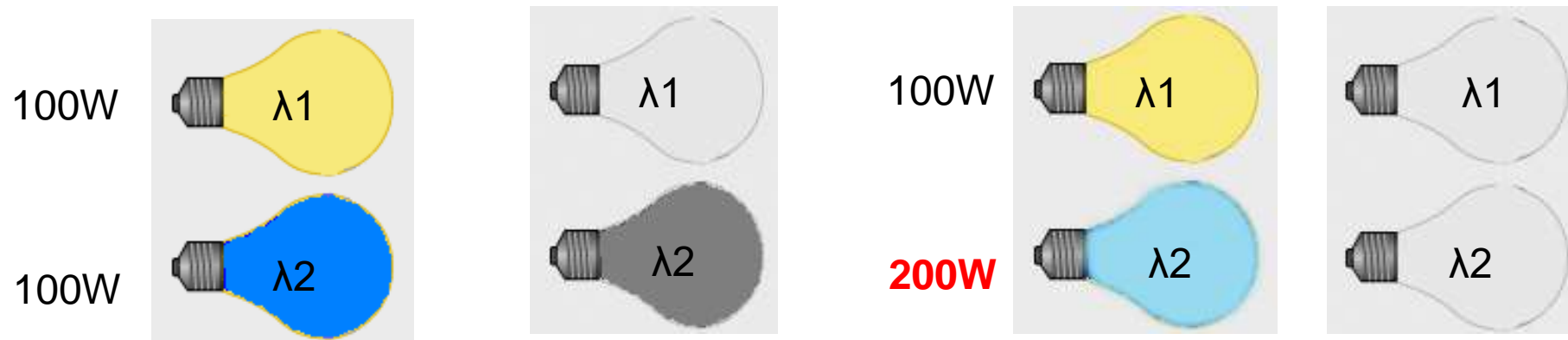
1、视觉灵敏度（视敏特性）：

人眼对不同波长的光有不同的颜色感觉，也有不同的光亮感觉。

对不同波长的光，虽然辐射功率相同但有不同的光亮感觉 —— 视敏特性



视敏特性



视敏函数:表示人眼对不同波长光有不同敏感程度的函数。

视敏函数 $K(\lambda) = 1 / Pr(\lambda)$

$Pr(\lambda)$: 在相同亮度感觉的条件下, 不同波长光的辐射功率。

相对视敏函数: $V(\lambda) = K(\lambda) / K(555)$

书P8~9

2、光的度量单位

1) **发光强度 I** ：光源在给定方向上的光通量的大小。

定义：光源发出频率为 $540 \times 10^{12} \text{Hz}$ （波长 555nm ）单色辐射，而且在此方向上的辐射强度 I 为 $1/683 \text{W/Sr}$ （ 1lm/Sr ）。

单位：**cd**。

cd为国际单位制基本单位

量	常用符号	单位名称	单位符号
长度	l	米（又称“公尺”）	m
质量	m	千克（又称“公斤”）	kg
时间	t	秒	s
电流	I	安[培]	A
热力学温度	T	开[尔文]	K
物质的量	n	摩[尔]	mol
发光强度	I_v	坎[德拉]	cd

2) 光通量 Φ : 单位 lm , 读作流明

- **定义**: 当波长为555nm的单色光辐射功率为1W时, 产生的光通量为1光瓦, 即683lm。
- 按照人眼的感觉来度量的辐射功率 (不同于光源的物理辐射功率)
- 1流明等于发光强度为1cd的点光源, 在1球面立体角内发出的光通量。
 $1lm = 1cd \times Sr$
- 波长 λ 的单色光辐射功率是 $P(\lambda)$ 时, 发出的光通量, 相当于波长555nm的单色光的辐射功率为 $V(\lambda) \times P(\lambda)$ 时光通量的大小, 其数值为 $V(\lambda) \times P(\lambda)$ 光瓦, 或 $683 V(\lambda) \times P(\lambda)$ 流明。

40W的钨丝灯泡输出光通量为468lm, 发光效率为11.7lm/W;

40W的日光灯输出光通量为2100lm, 发光效率为52.5lm/W;

2000W卤钨灯输出的光通量为48000lm, 发光效率为24lm/W;

演播室LED灯发光效率达90~110lm/W

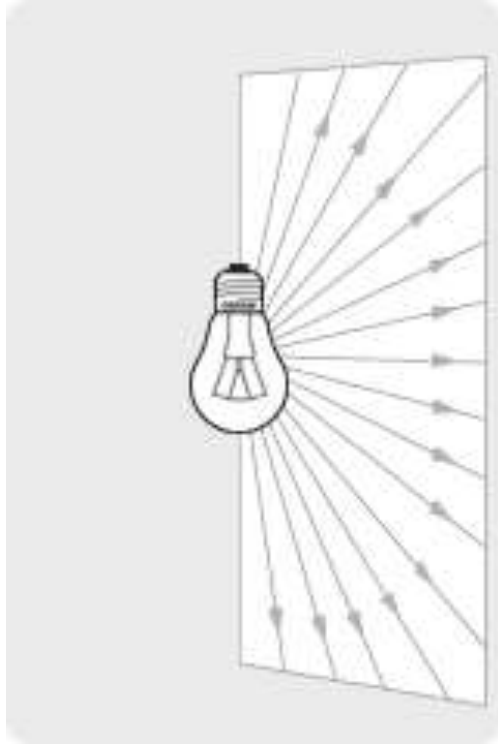
- 卤钨灯温度高, 易烧坏, 只有一种色温
- LED灯冷光源, 天生可调光, 有多种色温可选

- 非单一波长的光源，其发出的光通量，是它在各个波长范围所发出的光通量总和。
- 对于N个单色光 λ_1 、 λ_2 、... λ_N 组成的光源：

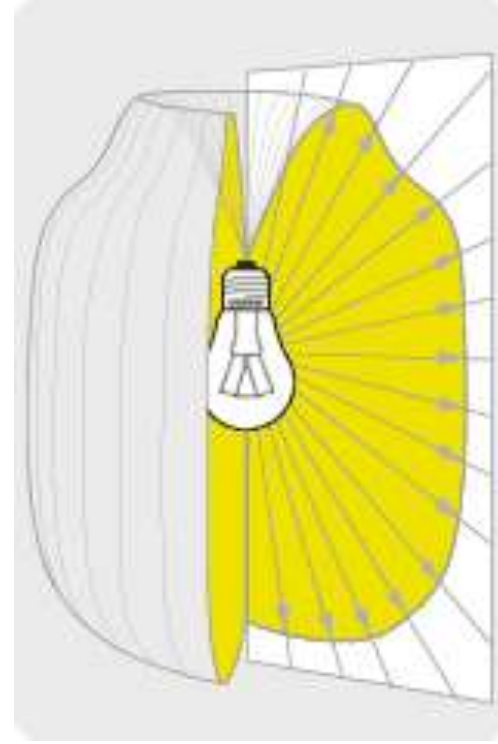
$$\Phi = 683 \sum_i \Phi_e(\lambda_i) V(\lambda_i) \quad [lm]$$

- 对于具有连续光谱功率分布密度 $\Phi_e(\lambda)$ 的光源：

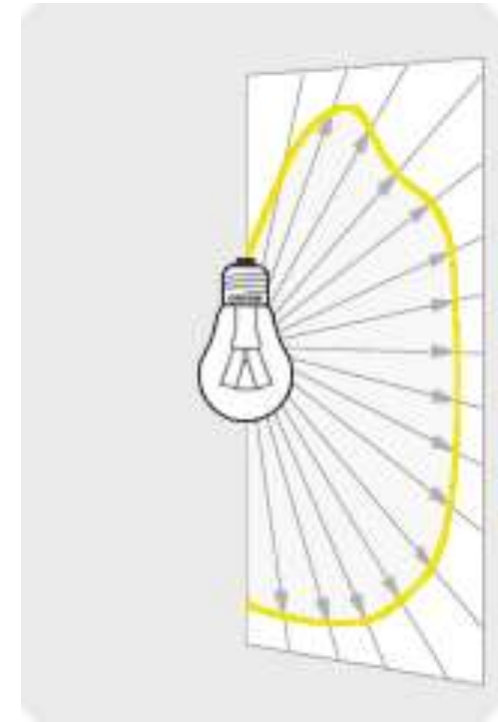
$$\Phi = 683 \int_{380nm}^{780nm} \Phi_e(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad [lm]$$



发光强度



光通量

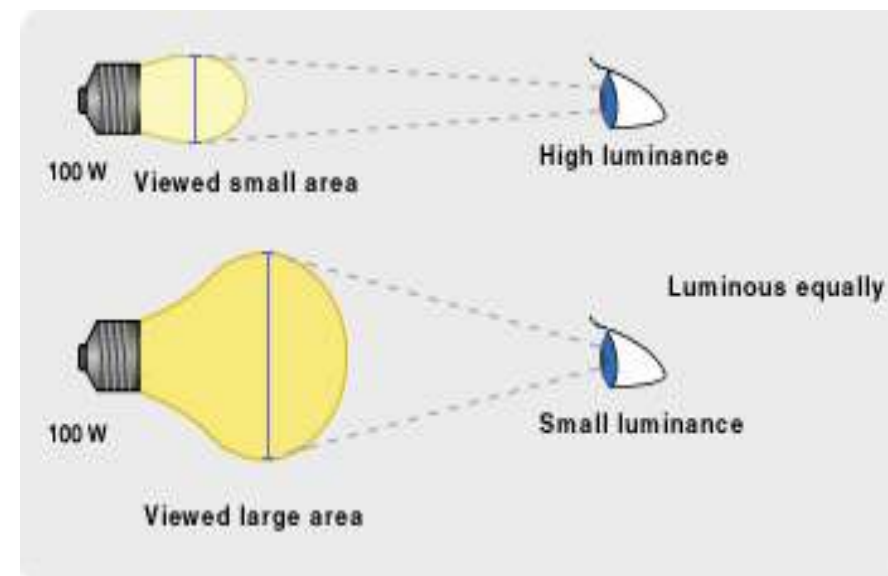


发光强度分布曲线

3) **亮度 L** : 单位是 cd/m^2 ，读作坎/平方米

- 表示发光面的明亮程度。 $L = dI / dS$
- $1 \text{ cd}/\text{m}^2$ 亮度表示当 1 cd 发光强度的光均匀分布在 1 m^2 面积上时发光面的明亮程度。
- 同样发光强度，亮度于面积成反比。

亮度用于描述光源!



光度学上亮度的单位应该是 cd/m^2 ，但是实际上往往用**流明**来标注**光源器件**。

$$\text{因为 } L = dI / dS \quad I = d\Phi / d\theta$$

当光源的形状和大小确定后，发光面积固定，角度固定时，亮度 L 和光通量 Φ_e ，就是正比等价的。



4) 光照度，单位是 lx ，读作勒克斯

1 lx 等于1 lm 的光通量均匀分布于1平方米上的光照度。

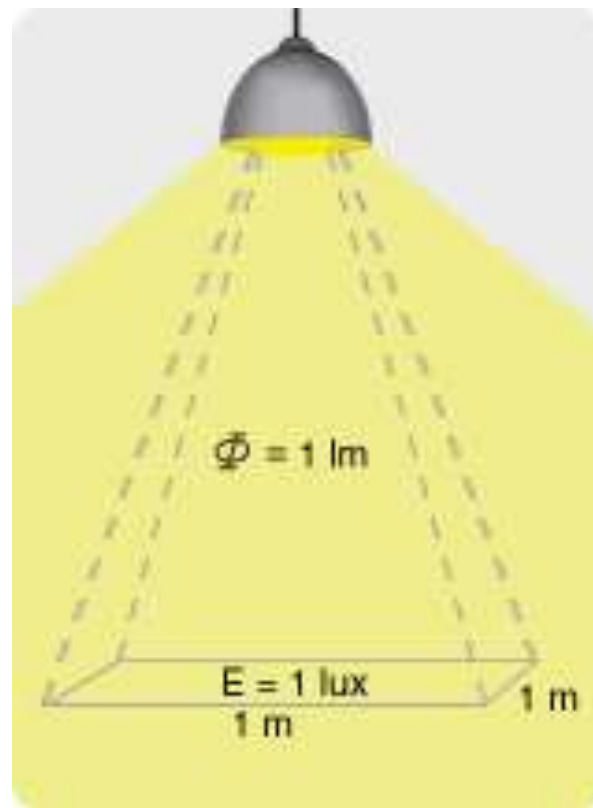
等于光通量与照射其上的面积的比值，不考虑物体表面的反射。随着远离光源，落在单位面积上的亮度在减小。

晴天: 10000 lx

多云: 500 lx

月光: 0.1 lx

照度用于描述环境！





3、亮度感觉（视亮度）

人眼的亮度感觉是一个主观量。

(1) 人眼具有适应性，所能感觉的亮度范围很宽。

明视觉的亮度感觉范围从 $1 \text{ cd/m}^2 \sim 10^6 \text{ cd/m}^2$;

暗视觉的亮度感觉范围为千分之几 cd/m^2 到几个 cd/m^2 。

因此，人眼所能感觉的亮度范围达到 $10^9:1$ 。

(2) 人眼是不能同时感觉 $10^9:1$ 的亮度范围

平均亮度适中，通常同时能感觉的亮度上、下限之比为 $1000:1$ ，平均亮度过高或过低只有 $10:1$ 。

通常为 $100:1$ 。



给出图像的亮度范围：电影为 $100:1$ ，电视为 $30:1$ 。

如白天，环境亮度为 10000 cd/m^2 ，人眼可分辨的亮度范围为 $200 \sim 20000 \text{ cd/m}^2$ ，当环境亮度为 30 cd/m^2 ，人眼可分辨的亮度范围为 $1 \sim 200 \text{ cd/m}^2$ 。





(3) 人眼的亮度感觉不仅取决于景物的亮度值，而且还与环境(背景)亮度有关。比如：路灯

(4) 在不同的平均亮度环境中，人眼所能感觉的最大亮度 L_{\max} 和最小亮度 L_{\min} 是不同的，但它们的比值 L_{\max} / L_{\min} ，即对比度却基本相同。

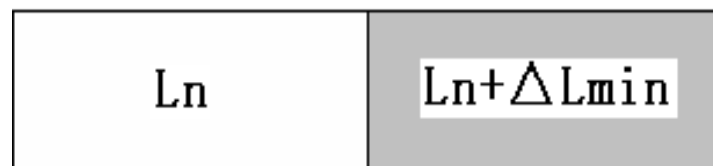
对比度C:

景物或重现图像（人眼所能感受的）最大亮度 L_{\max} 和最小亮度 L_{\min} 的比值。

$$C = \frac{L_{\max}}{L_{\min}}$$



(5) 可见度阈值：眼所能感觉到的最小亮度差 ΔL_{\min} ，也称1级亮度差（亮度级差为一级）



结论：不同亮度 L ，人眼能觉察到的最小亮度变化 ΔL_{\min} （亮度级差）是不同的。 L 大， ΔL_{\min} 也大。

但在相当的亮度范围内， $\Delta L_{\min}/L$ 为常数。

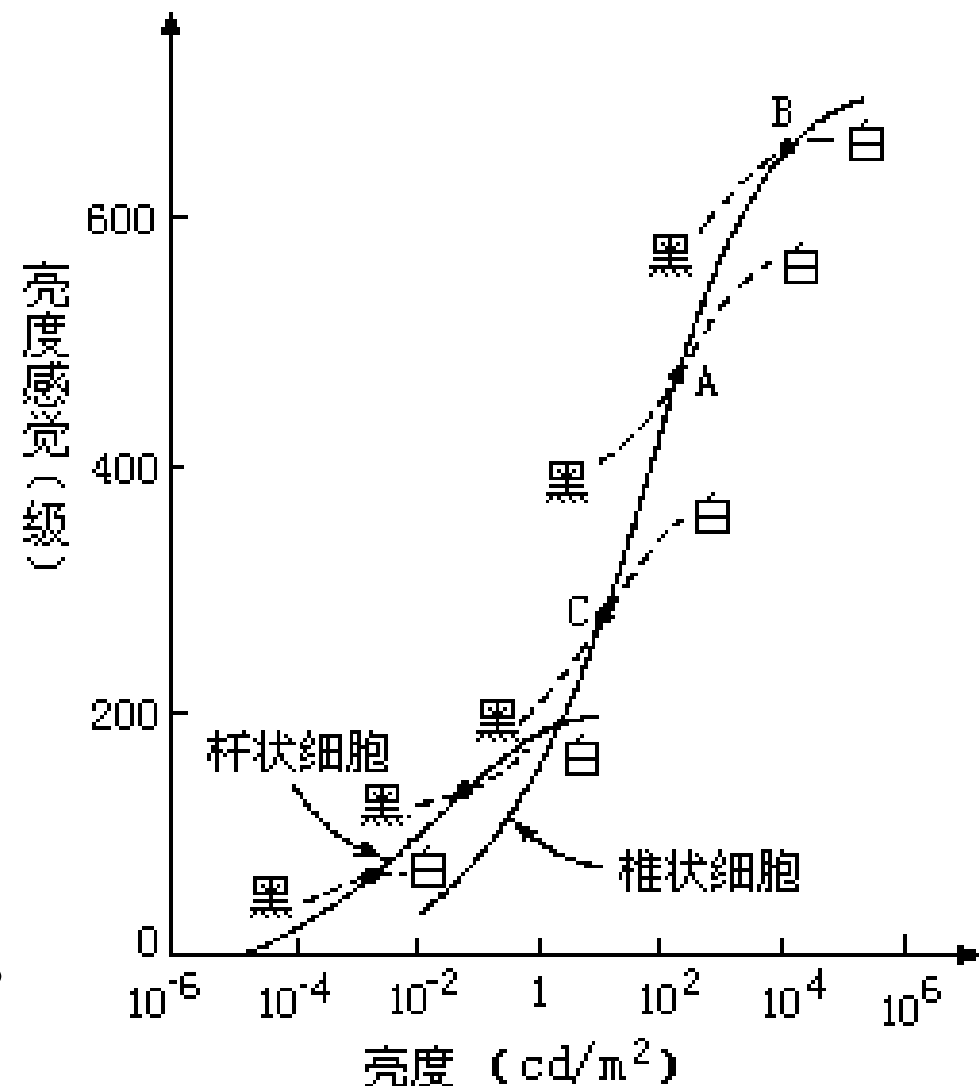
$\Delta L_{\min}/L$ 称为**对比度灵敏度阈（费涅尔系数）**，用 δ 表示，通常为0.005至0.05，**一般取0.05**，即亮度差5%，人眼感到1级亮度差。

视亮度：在一定背景亮度下人的主观亮度感觉。

描述相对亮度对比条件下的亮度感觉

视亮度与亮度 L 的对数成线性关系，
这一规律称为韦伯-费赫涅尔定律。

锥状细胞在 3cd/m^2 时最敏感；
杆状细胞在 10^{-3}cd/m^2 时最敏感；
背景亮度很低或很高时，视亮度不敏感。



视亮度和亮度的关系

人眼对景物亮度感觉的适应性，及亮度感觉和环境有关，这些视觉特性给景物影像的传输重现带来方便：

(1) 电视无须重显景物真实的亮度，只需保持（人眼所能觉察的）最大亮度 B_{\max} 和最小亮度 B_{\min} 的比值 C （对比度）相同，并能重显其中的亮度级差即可。

此时，重显图像和实际景物的主观感觉是一样的。

白天景物亮度 $200\text{—}20000\text{ cd/m}^2$ ，
显像管 $2\text{—}200\text{ cd/m}^2$ 即可（层次不能失真）；

(2) 人眼不能觉察的亮度差别不必显示。

4、亮度层次

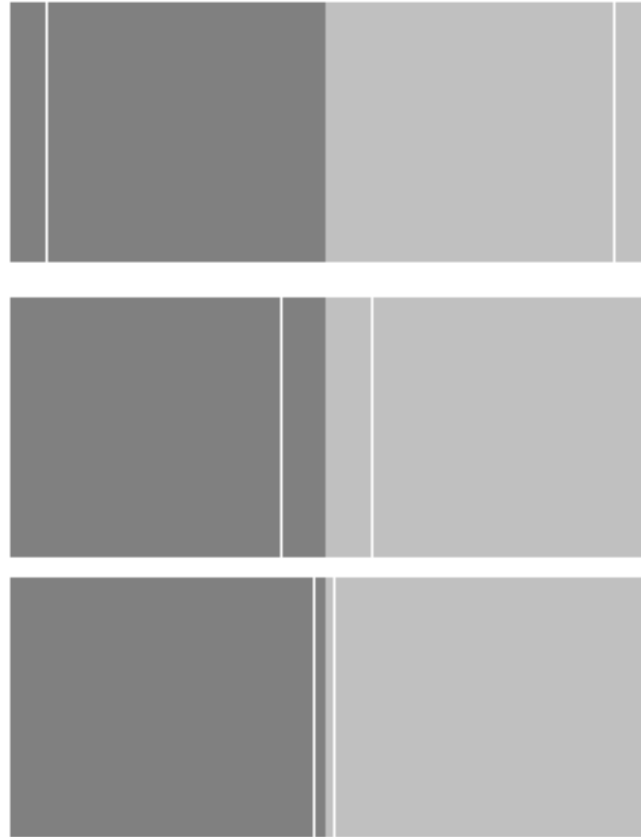
亮度层次n：画面最高亮度和最低亮度间可分辨的亮度级差数（也称灰度层次）。

对比度大，可分辨的亮度层次多，使图像明暗层次丰富，柔和细腻。亮度层次和对比度的对数成正比，在一定对比度下，人眼所能分辨的亮度层次还与对比度灵敏度阈 δ 有关，计算，若 $\delta=0.05$ ， $C=40$ ，则 $n=74$ 。

$$n \cong \frac{2.3}{\delta} \lg C$$

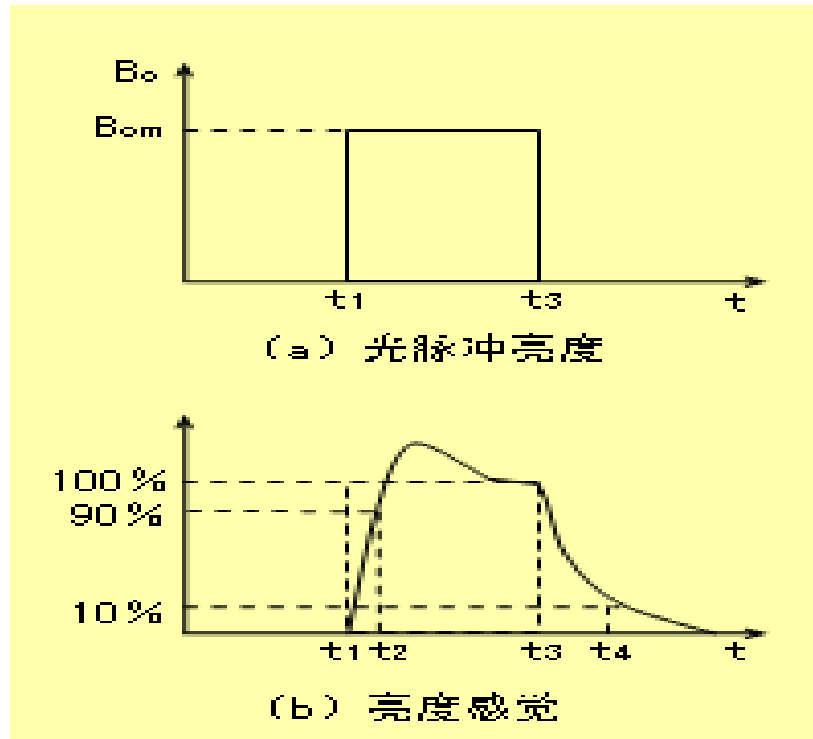
对数关系

视觉掩盖效应



在图像边缘（突变）的地方进行粗量化。

人的视觉对外界光刺激的响应有一定的延时，并不同步。



结论：由于视觉暂留，如果景物以间隙性光亮重复出现，只要重复频率**大于20Hz**，视觉上便始终保留有景物存在的印象，（静止图像有连续感）这一重复频率称为融合频率。

视觉惰性----当有光脉冲刺激人眼时，人眼视觉的建立和消失都具有一定的滞后效应。

暂留时间 $t_3 \sim t_4$ 为0.05~0.2秒

闪烁感觉 ----人眼对频率不够高的**周期性重复**的脉冲光源会产生一明一暗的闪烁感觉。

临界闪烁频率 f_c ：不引起闪烁感觉的光源最低重复频率。



临界闪烁频率：

乌龟： **0.25**

人： **1**

狗： **1.33**

松鼠： **2**

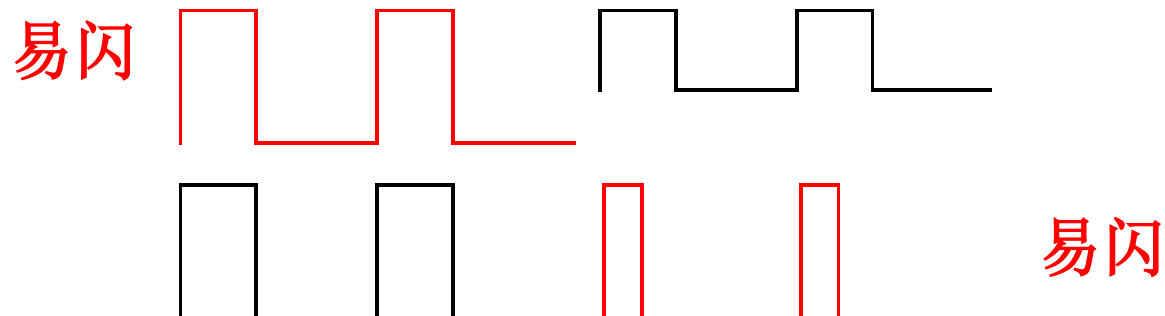
苍蝇： **4**

闪烁感觉 ----人眼对频率不够高的**周期性重复**的脉冲光源会产生一明一暗的闪烁感觉。

临界闪烁频率 f_c ：不引起闪烁感觉的光源最低重复频率。它与许多因素有关，影响最大的有两个：

- 脉冲光源和背景亮度（暗趋势）的差值（越大越易引起闪烁）
- 明亮时间占空比（越小越易引起闪烁）

对于通常的亮度，要使电视图像不闪烁，其换幅频率应高于45.8Hz。大于融合频率。





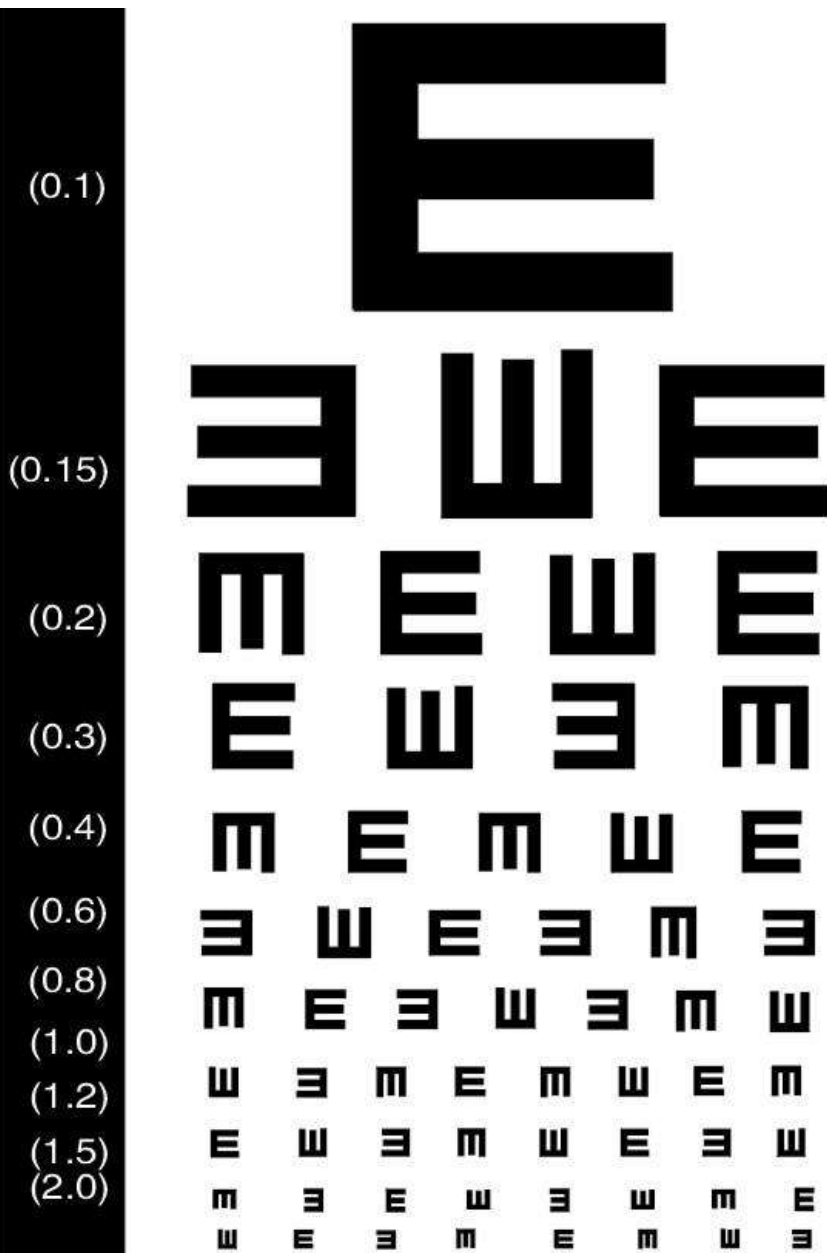
6、分辨力

(1) 视角、分辨角、分辨力

视角：观看物体时，人眼对该物体所张开的角度。

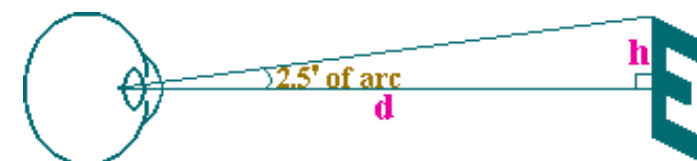
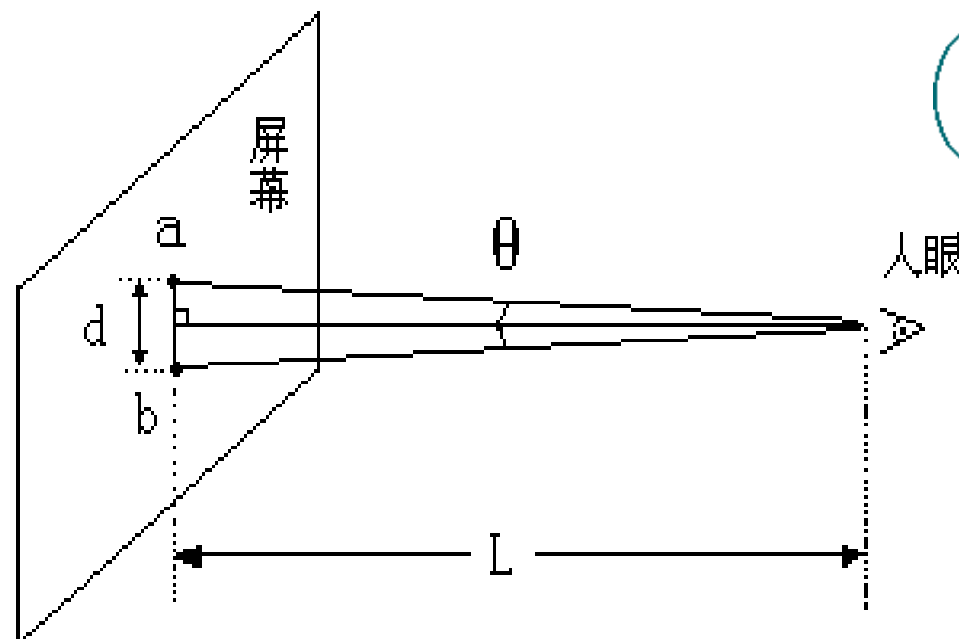
双眼眼珠转动时，水平视角接近 180° ，垂直视角接近 120° 。双眼不转动时，清晰观看出物体内容的视场区域约为 $35^\circ \times 20^\circ$ 。

分辨力：人眼分辨图像细节的能力称为人眼的分辨力，分辨力用分辨角衡量。



测度距离 2.5米

分辨角（视敏角）：人眼刚刚能分辨两个黑点形成的张角 θ 。



$$\frac{d}{L} = \tan \theta \approx \theta (\text{弧度})$$

$$1 \text{ 弧度} = \frac{180 \times 60'}{\pi} = 3438'$$

$$\therefore \theta = 3438 \frac{d}{L}$$

在中等亮度和中等对比度条件下，正常视力观看静止图像的分辨角为 $1' \sim 1.5'$ 。

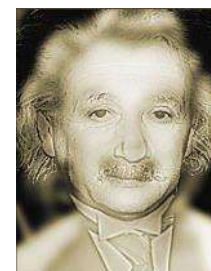
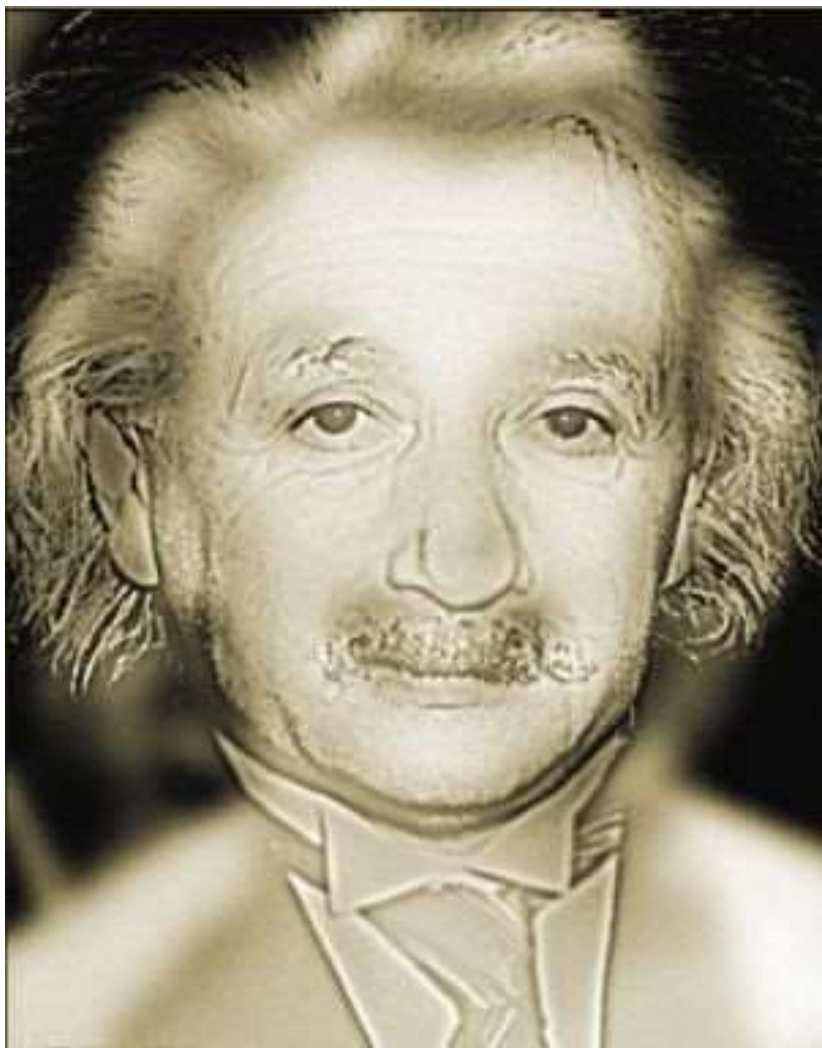
关于分辨力的表示： $1/\theta$ 。



分辨力与距离远近的关系？

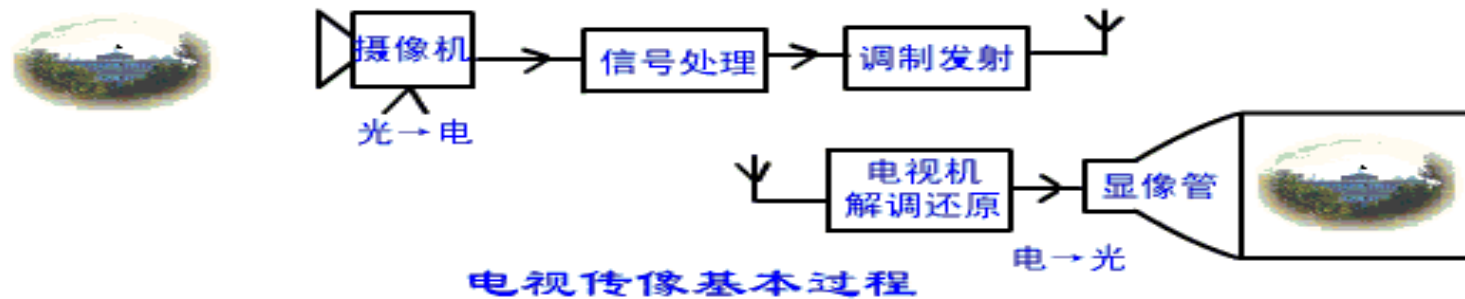
分辨力因人而异，且和景物的照度、景物的对比度有关，和观看的**距离无关**。

另外，对于运动景物，如果相邻两幅画面中的物体移动的距离过大，会有跳跃式感觉。原因是：物体运动超出人眼分辨力所对应的距离，但人眼对运动图像分辨力较低，只要前后两幅图像中，物体移动的距离相对于人眼的张角不超过**7.5分时**，就会产生连续平滑的感觉。



第二节 电视传像原理

一、电视传像的基本原理



电视传像的基本过程

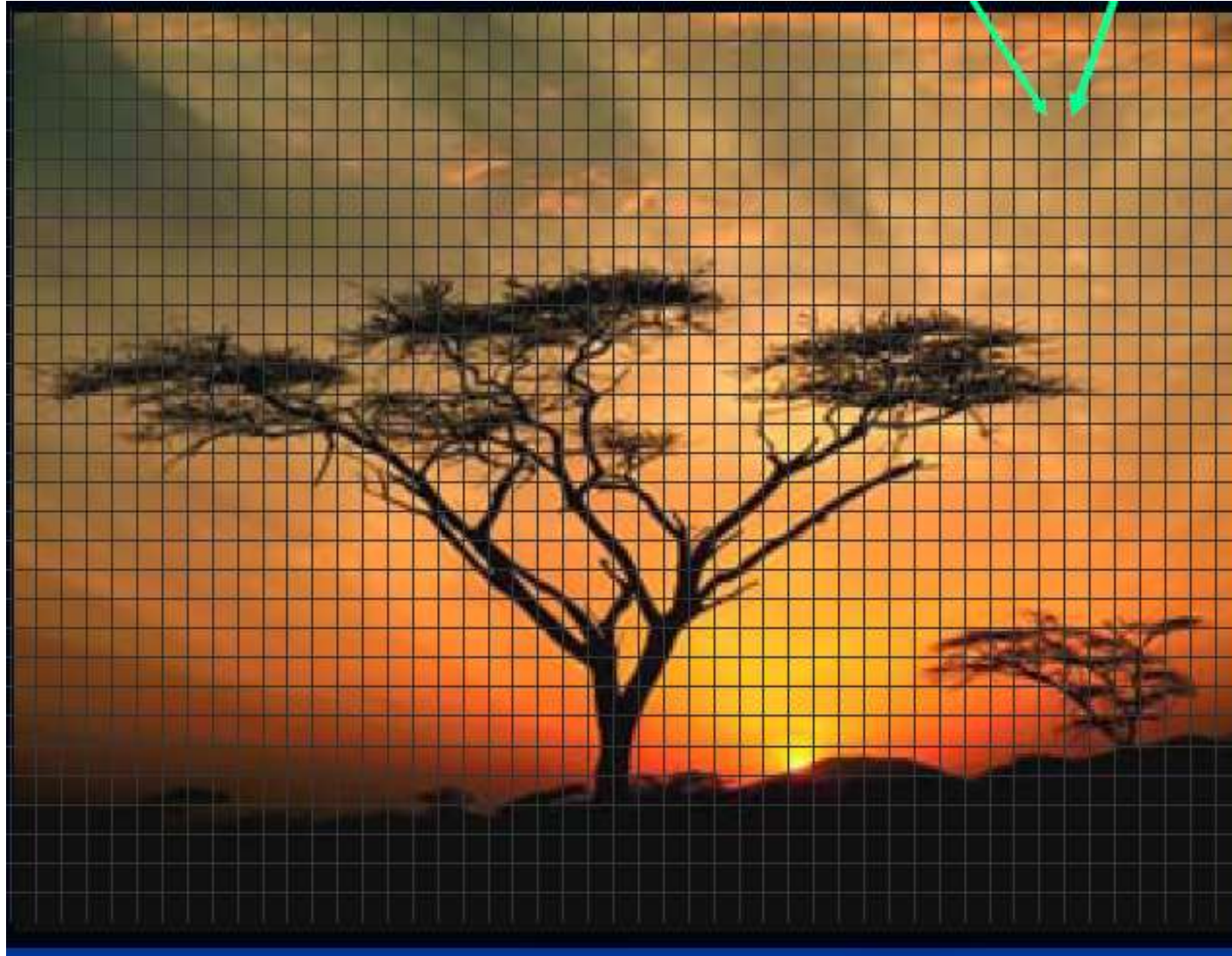
光电转换-----**传输** -----**电光转换**。

黑白电视只传输亮度电信号，彩色电视传输亮度、色度（饱和度和色调）电信号。它们的光信息是空间（二维）和时间的函数，而电信号只是时间的函数。

景物的传送方法：化整为零，即将景物精细地分解为许许多多小点（像素），逐点进行光电转换，然后进行传输。

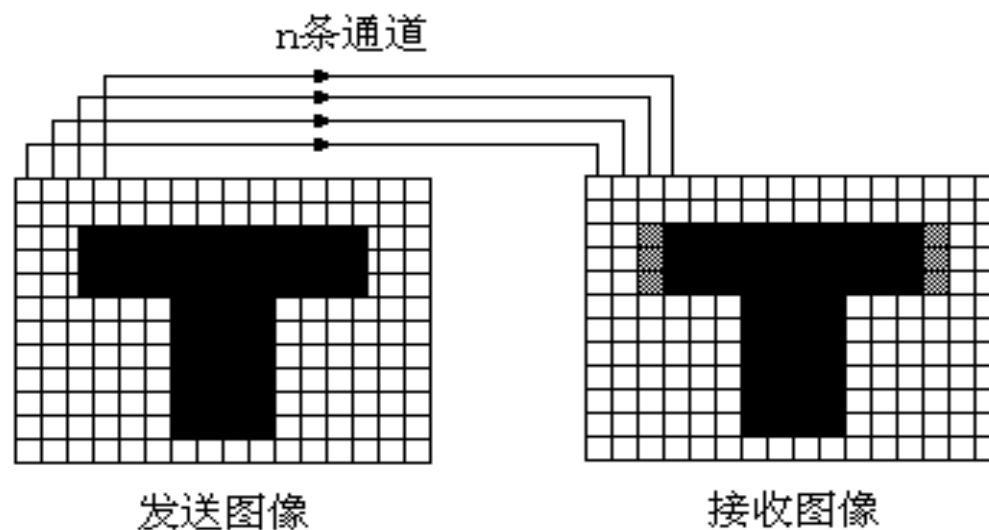
像素----组成图像的最小单元。

像素 (n, m) 像素 $(n, m+1)$

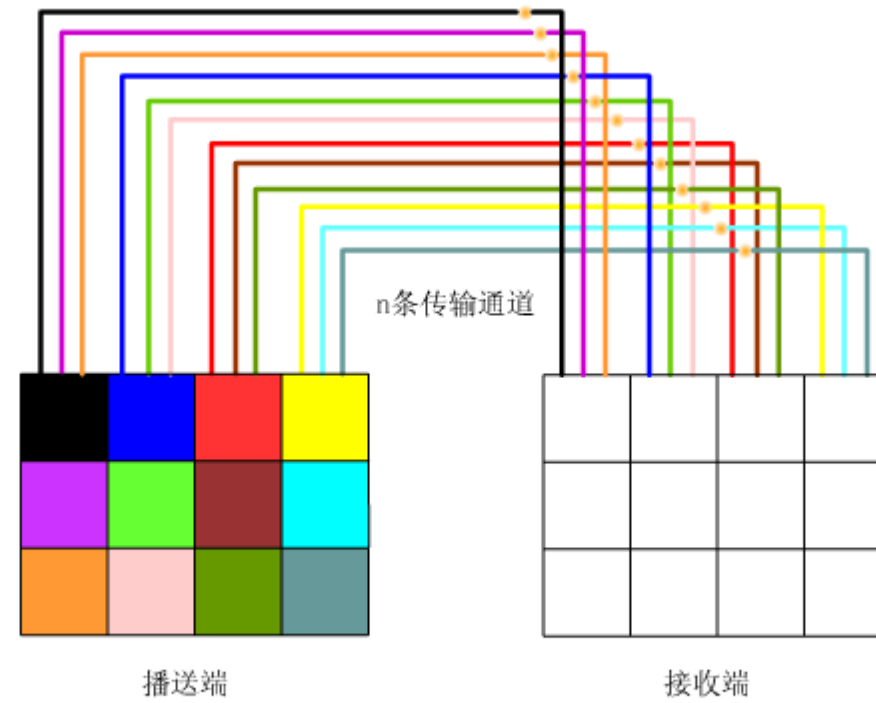


传输方法有同时制、顺序制。

同时传输制-----将所有像素的亮度等信息同时转换为相应的电信号，同时转送。

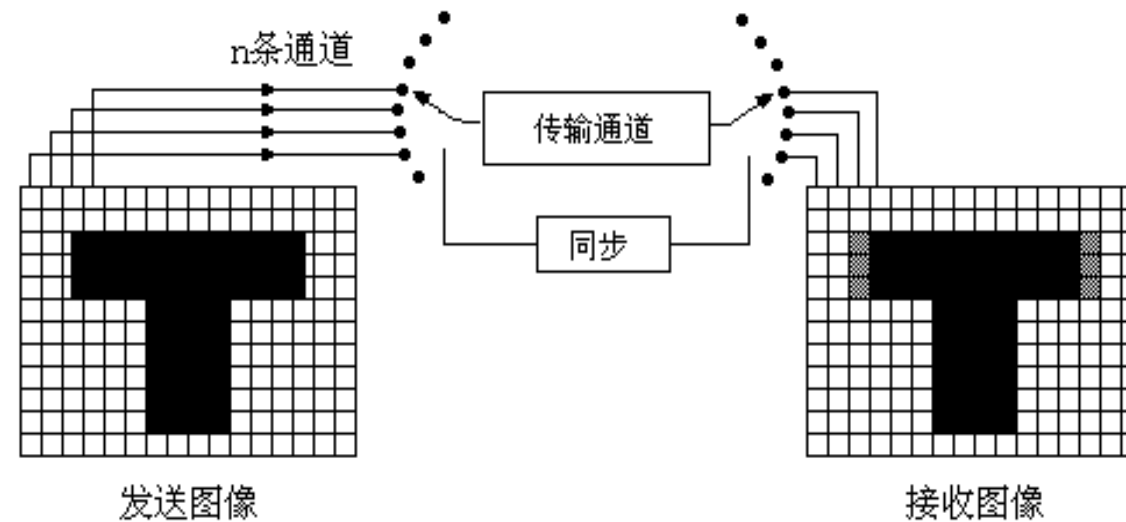


一幅有几十万个像素，要有几十万个通道，无法实现。

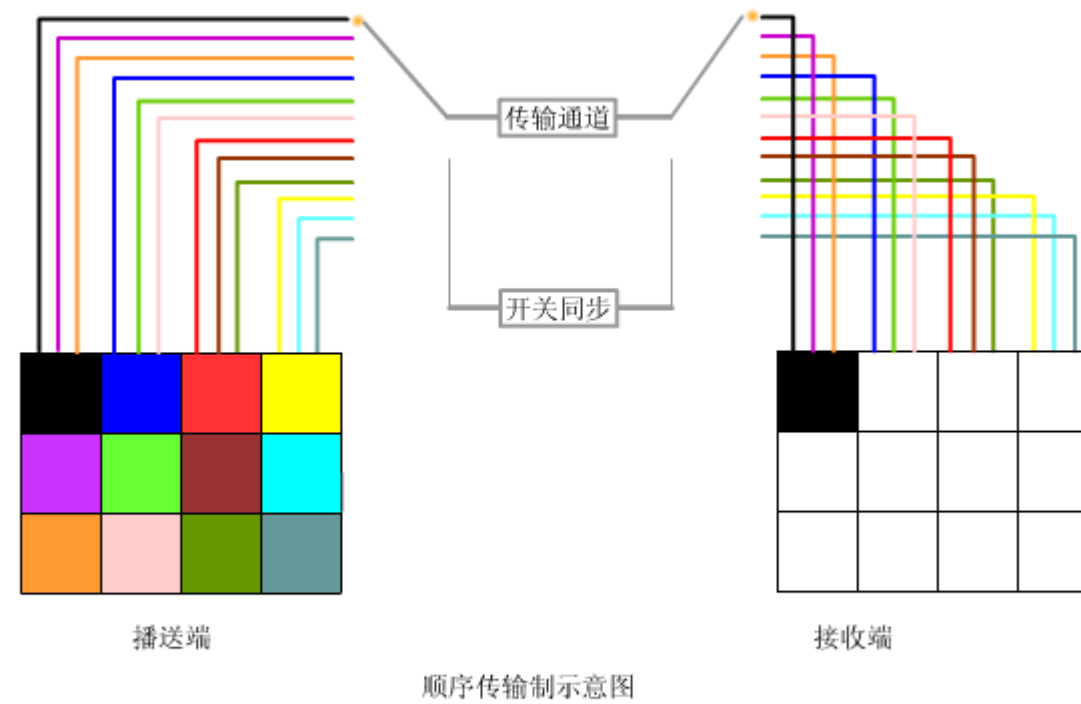


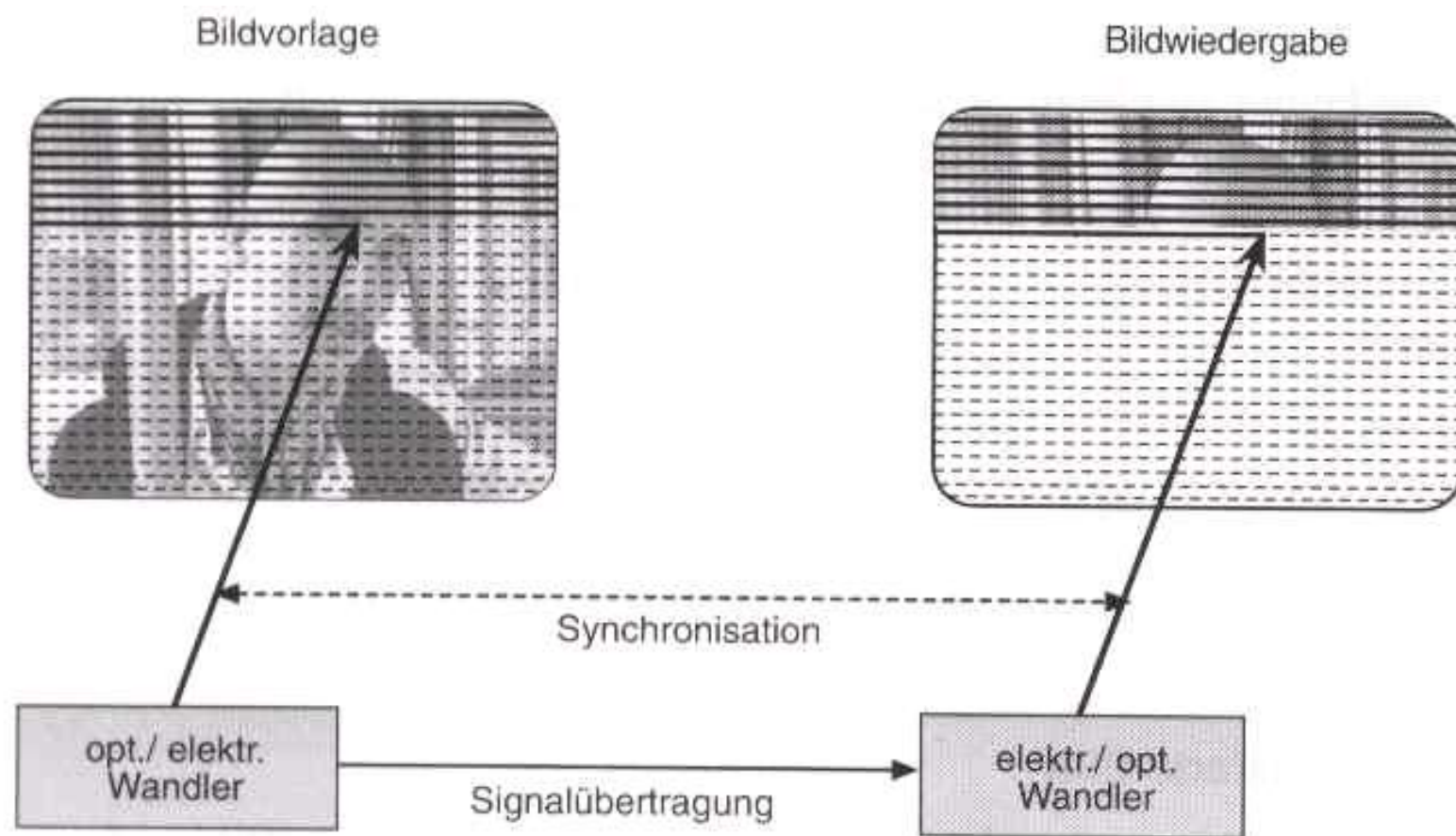
同时传输制示意图

顺序传输制-----将所有像素的亮度等信息转换为相应的电信号后，按时间的顺序逐个传送。

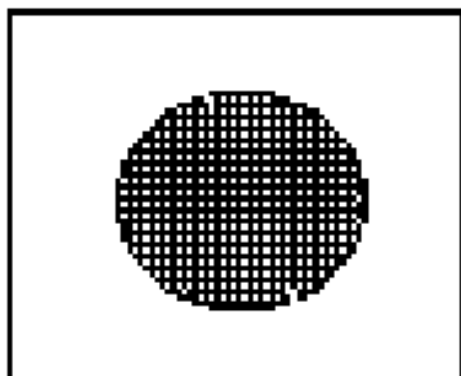


只需一个通道
但要求：轮流的速度足够快
收发要同步

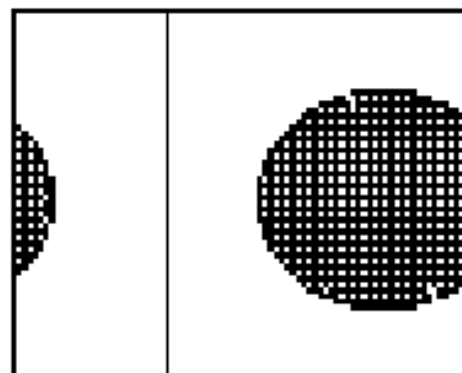




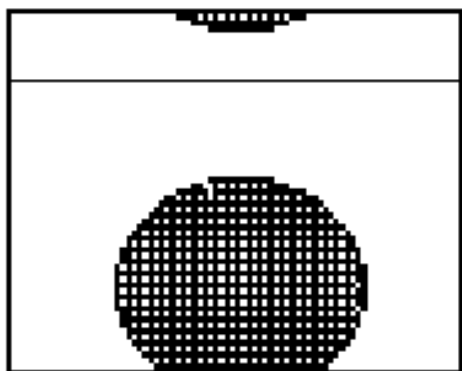
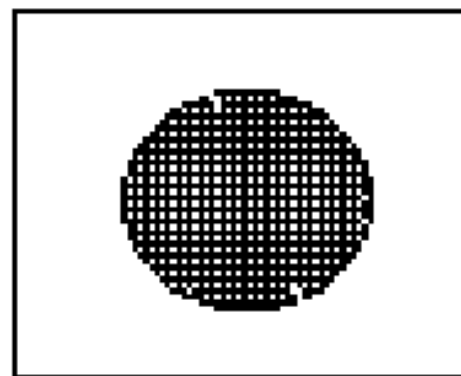
发端



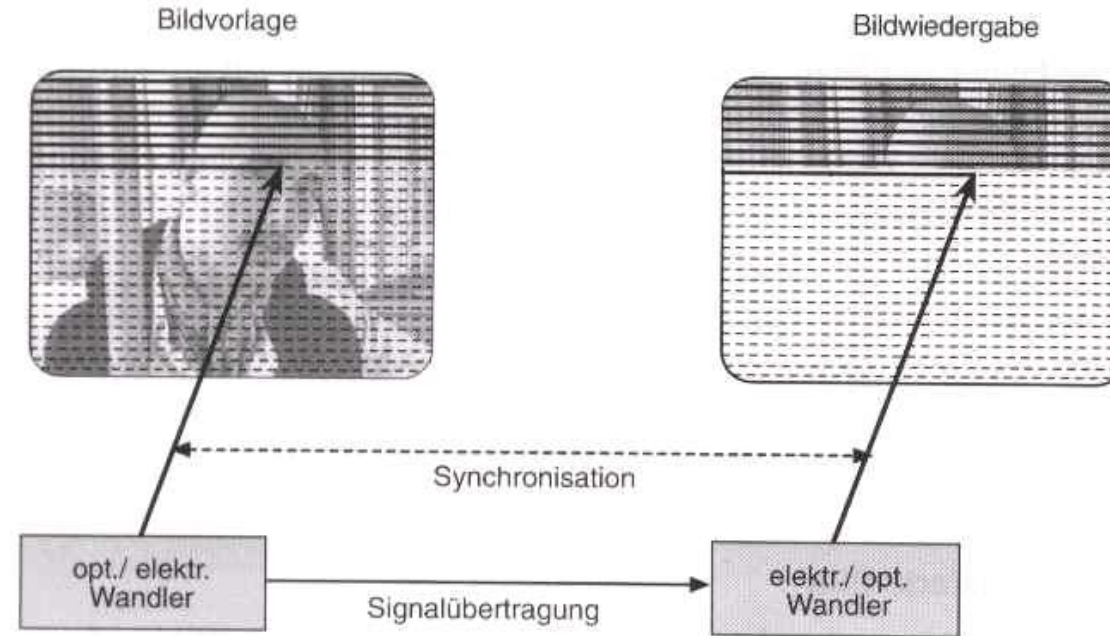
收端



行同频不同相



幅同频不同相



关于**同步扫描**:

扫描----- 顺序传输像素的方法（顺序分解图像成像素和组合像素成图像的过程）。

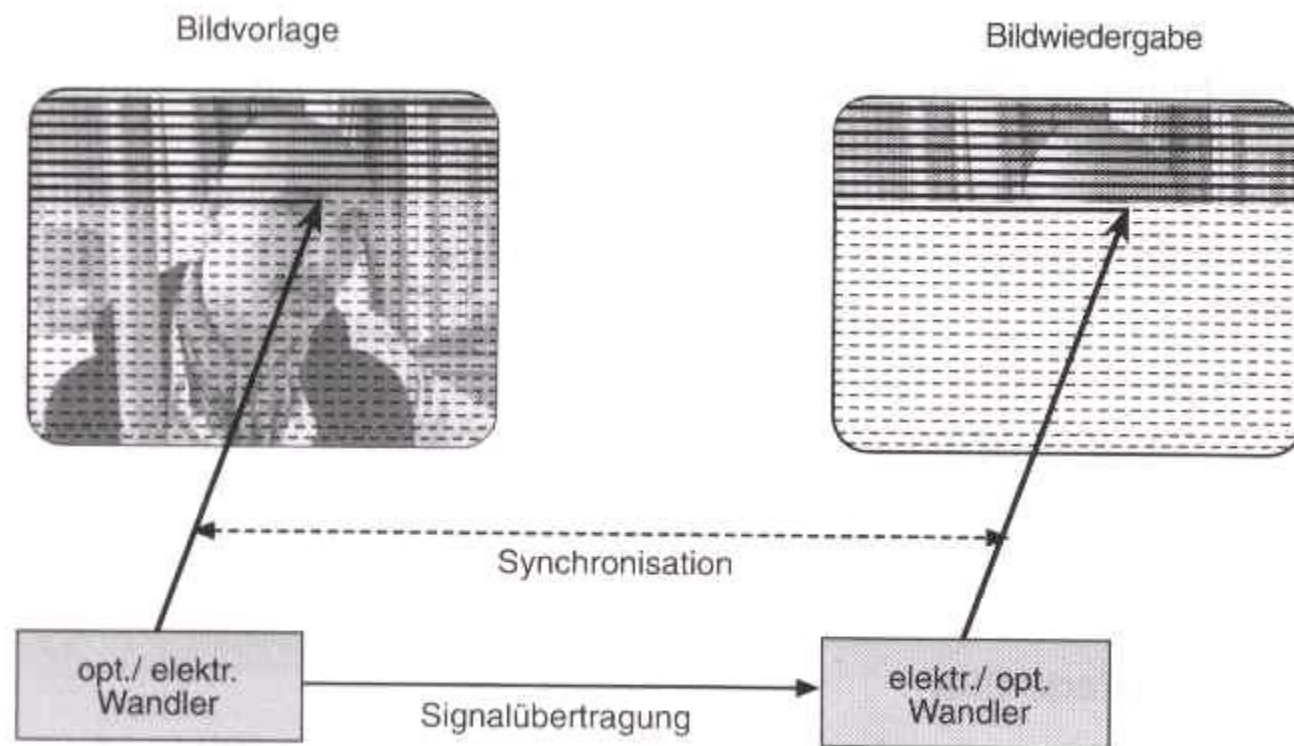
实用的扫描方法----从左到右，从上到下一行一行，一幅一幅的传输。

扫描的实质---是将空间、时间多维变化的函数变成只随时间变化的函数。

同步----收发两端扫描规律完全一致，即收发两端行、幅扫描同频同相。

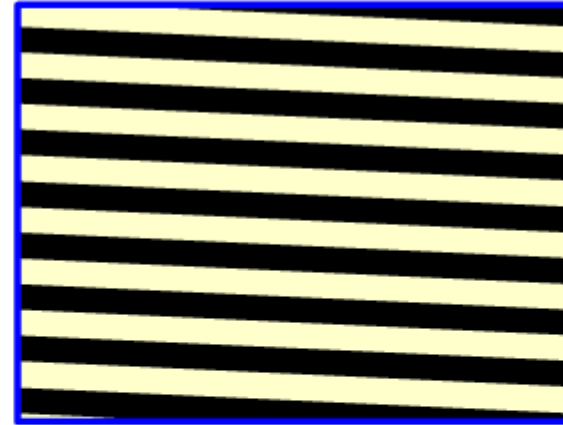
同频是指收发两端扫描速度一致，在相同时间内扫完一行和一幅。

同相是指收发两端**每行**、**每幅**的起始位置一致。



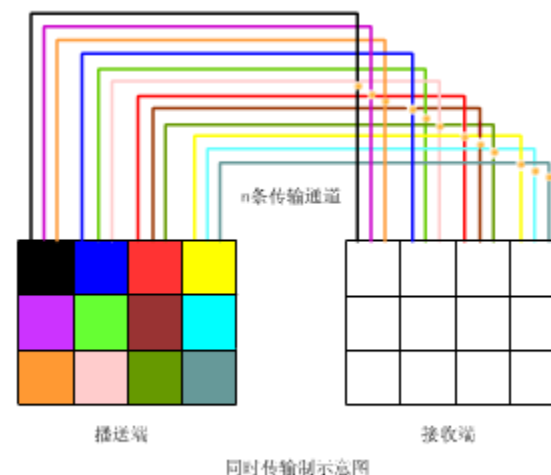


行频很低



行频很高

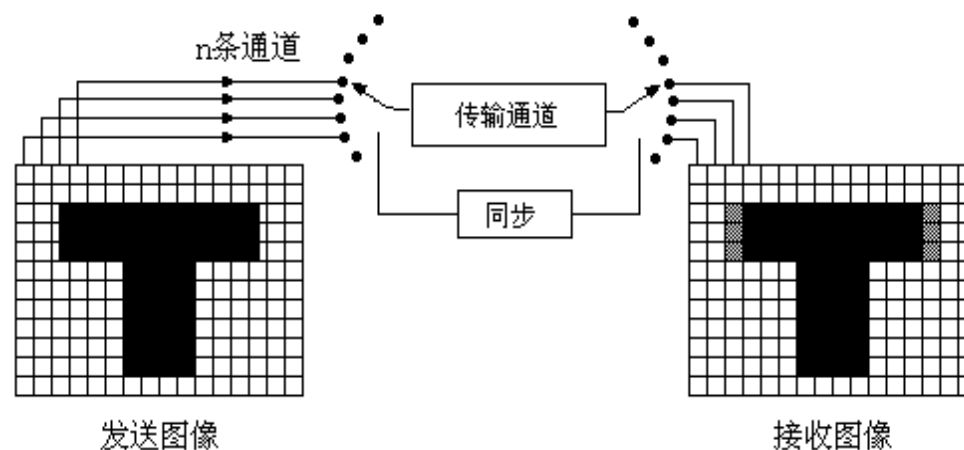
● 场频差异 ● 行频差异较小 ● 行频差异较大 ■



传输通路的带宽比较:

同时传输，如果每秒传输50幅，每个像素每秒传送50次，每个像素亮度变化的最高频率为**50Hz**。

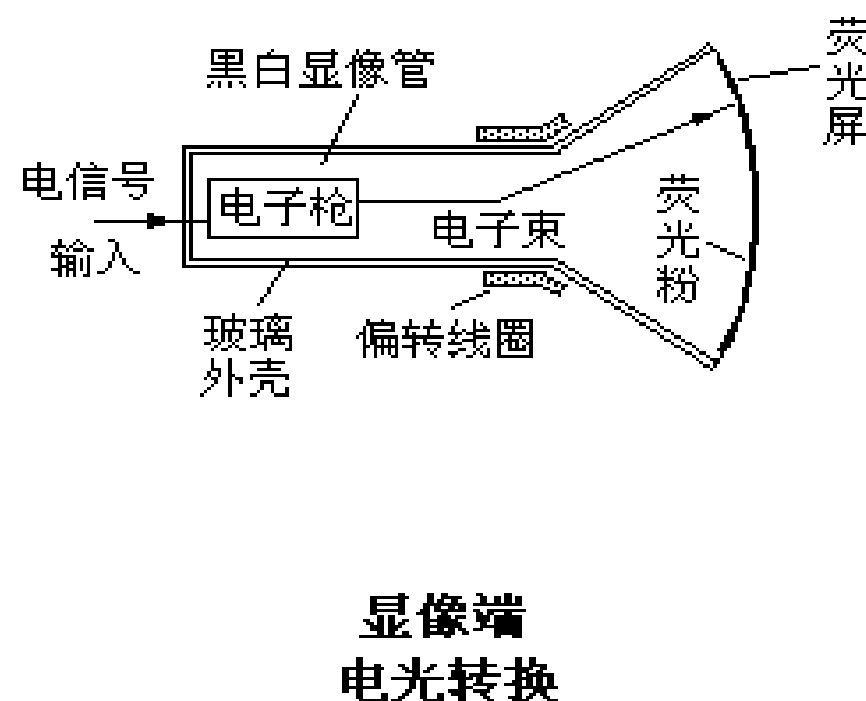
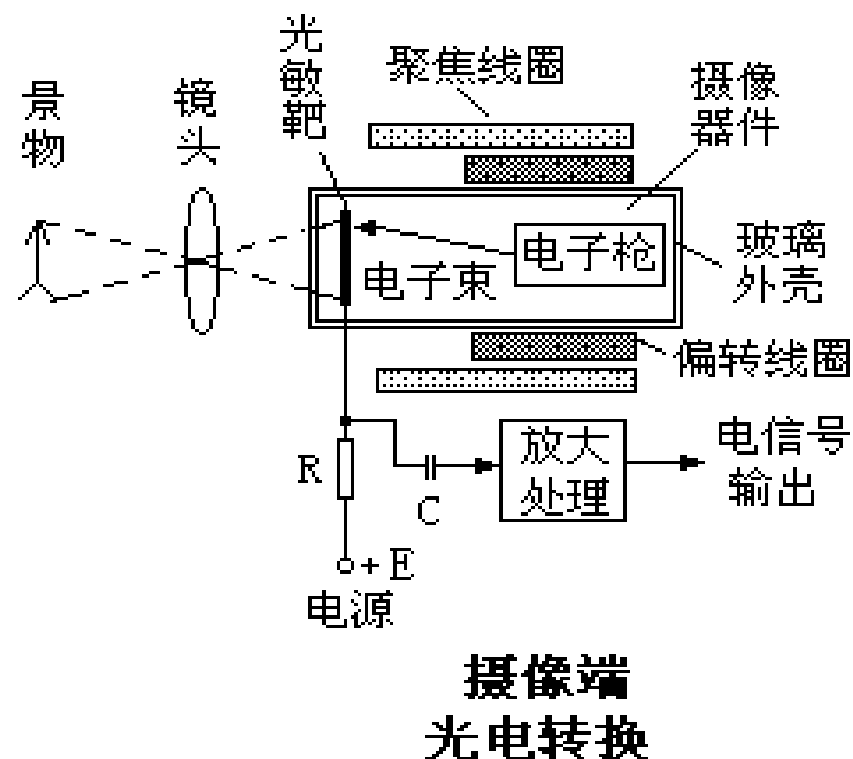
顺序传输制只有一条通路，但带宽已不是50Hz，而是50Hz的 $n/2$ 倍，若 $n=40$ 万（ 4×10^5 ），50幅，带宽需要**10MHz**。

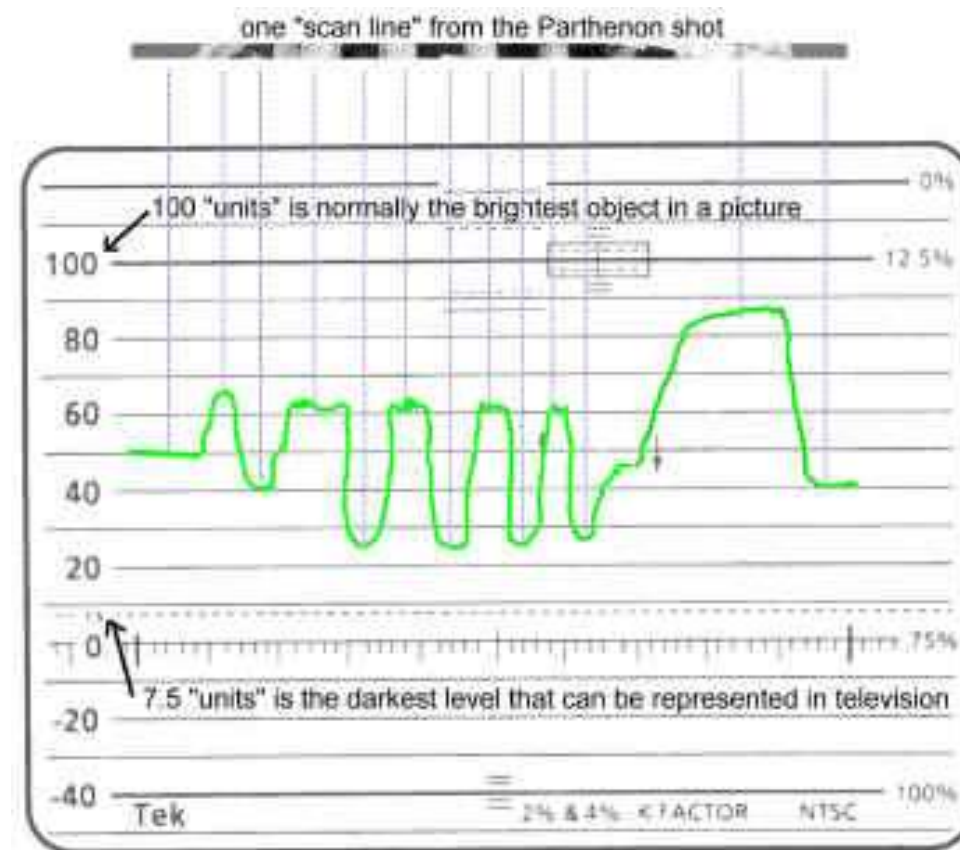
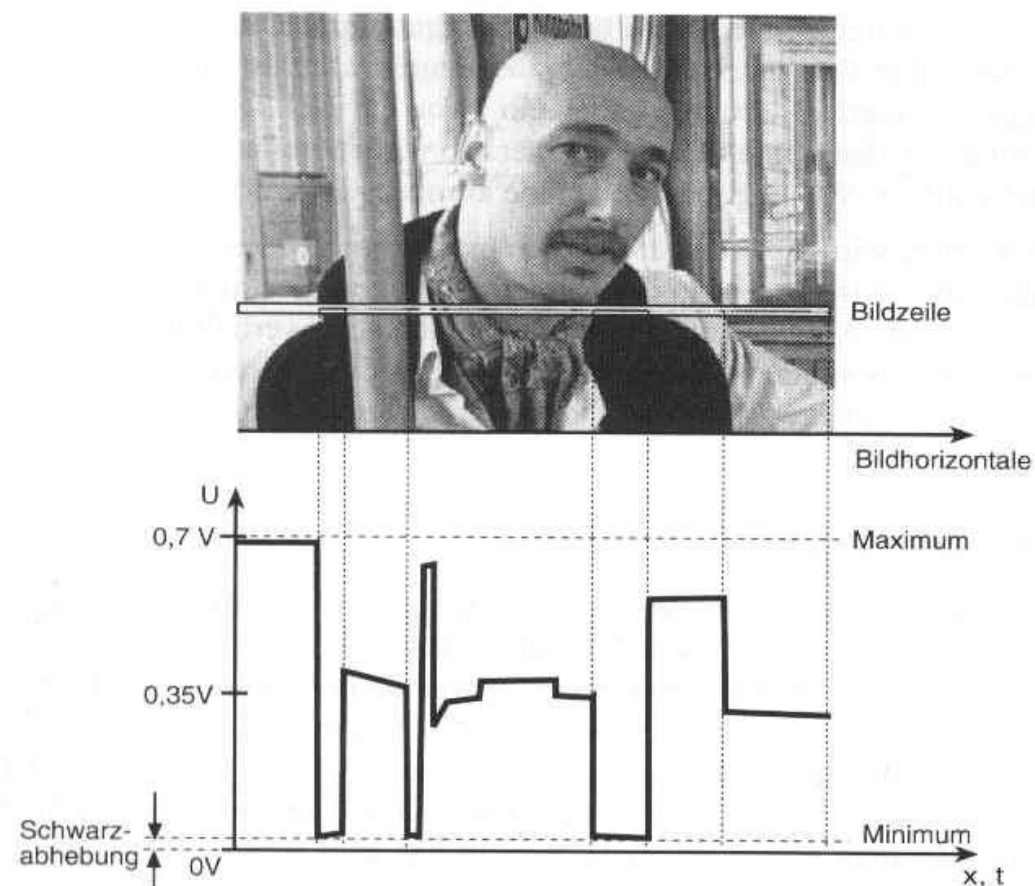


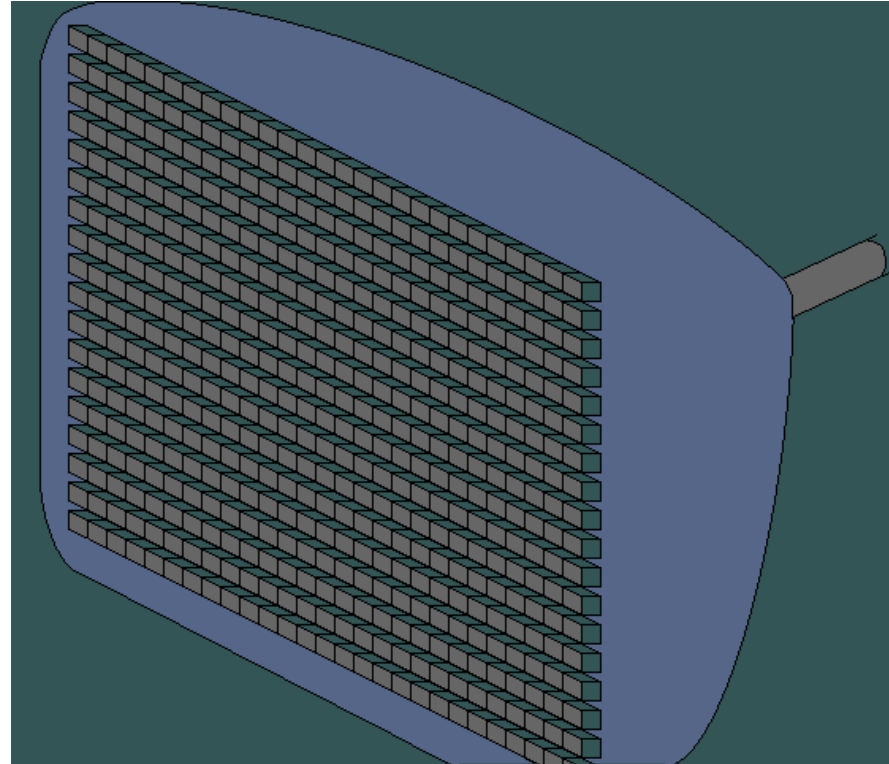
二、电视扫描原理

早期电视系统中：

发端的摄像器件是由电子束在光敏面上移位实现扫描的；
收端也是由电子束在荧光屏上移位实现扫描的。

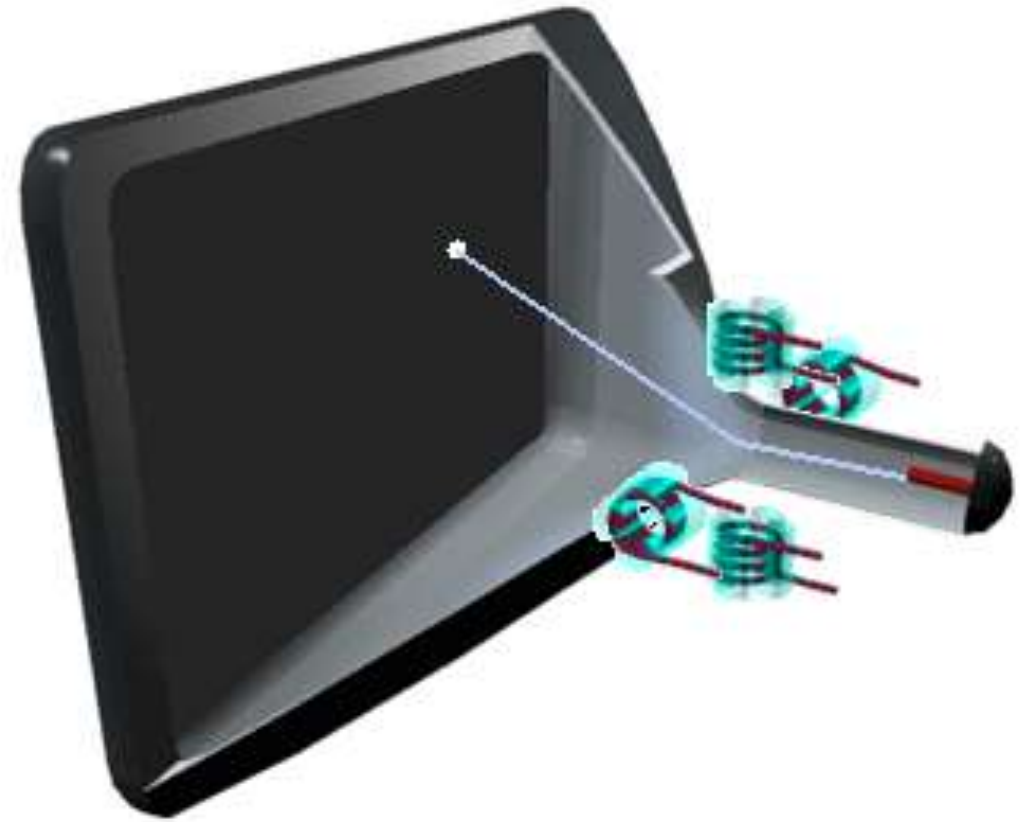
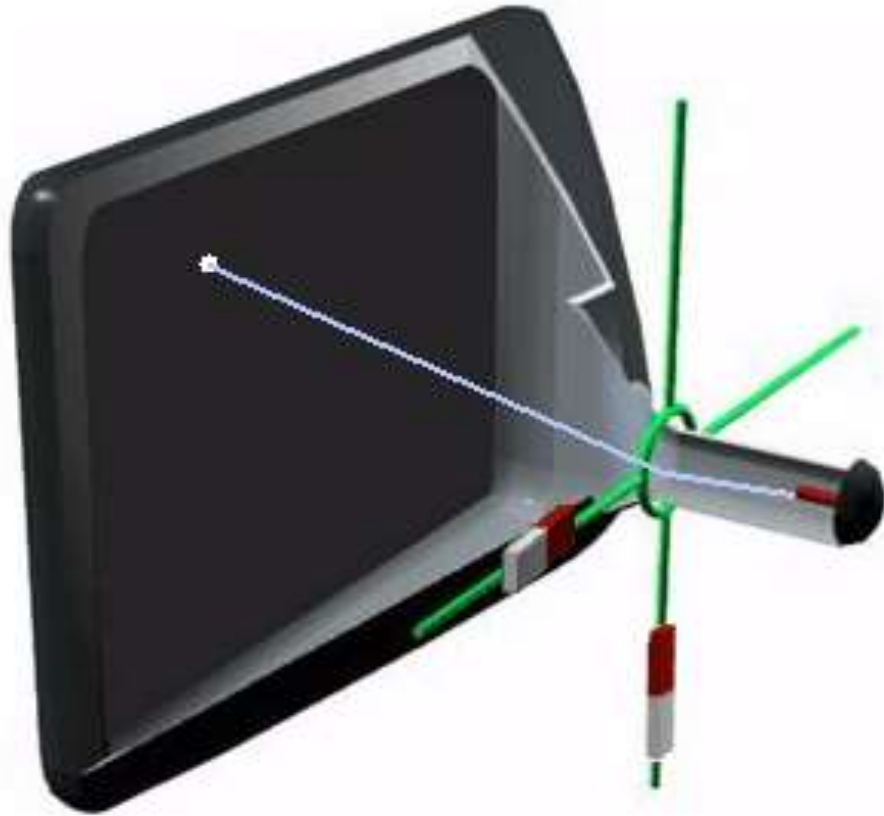


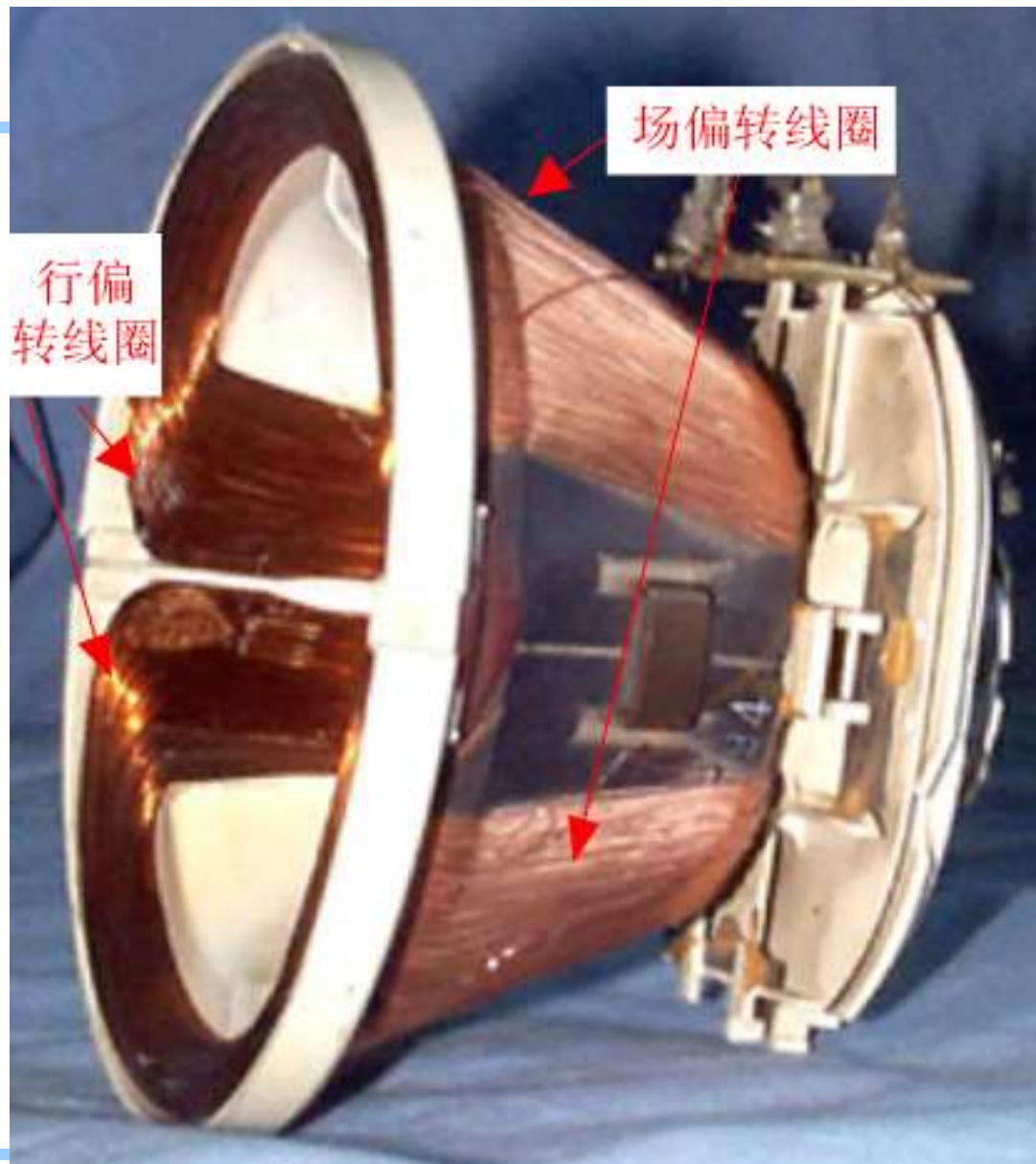




在电视系统中，采用**匀速、单向、直线**扫描方式，自左向右，自上向下，一行一行，一帧一帧的扫描。

单向是指自左向右（水平扫描的正程），自上向下（垂直扫描的正程）**传送图像信息**；自右向左（水平扫描的回扫），自下向上（垂直扫描的回扫）**不传送图像信息**。



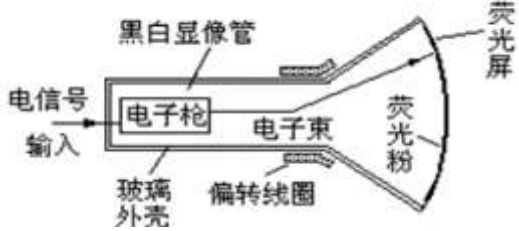


电子束的偏转来源于磁场力，称为磁偏转，比如在显像管的管颈套上两个偏转线圈，分别产生磁场让电子束作水平和垂直移位。让电子束作水平移位的偏转线圈称为水平偏转线圈；让电子束作垂直移位的偏转线圈称为垂直偏转线圈。

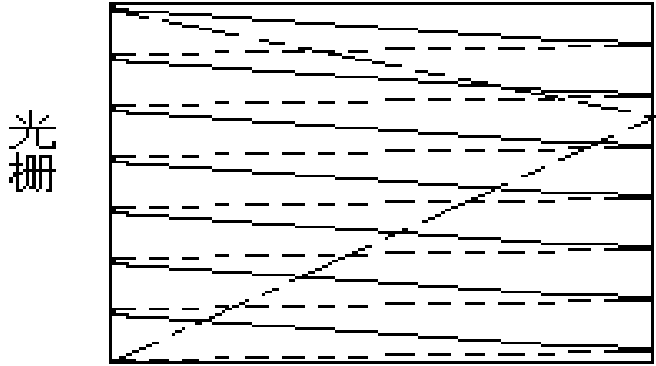
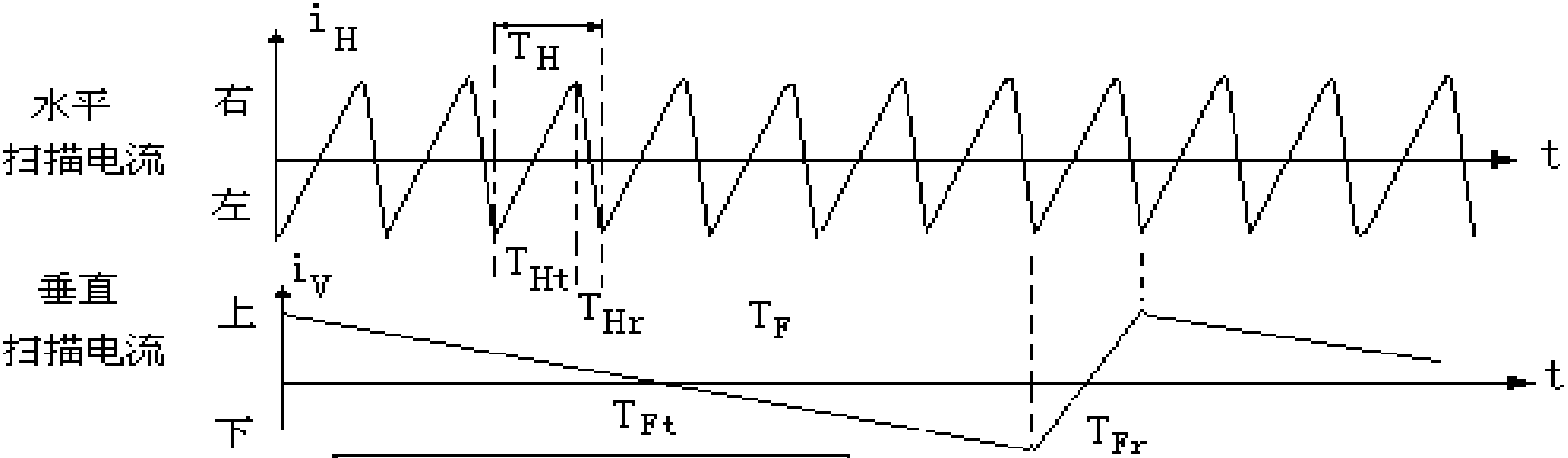
水平偏转线圈产生垂直磁场；垂直偏转线圈产生水平磁场。

为实现匀速、单向、直线扫描，两个线圈必须通以锯齿波电流。当水平偏转线圈通入行扫描频率的锯齿波电流，电子束将沿水平方向来回偏转；而当垂直偏转线圈通入帧扫描频率的锯齿波电流，电子束将沿垂直方向来回偏转。

1、逐行扫描原理



行逆程系数 $\alpha = T_{Hr} / T_H$, $f_H = 1 / T_H$
帧逆程系数 $\beta_F = T_{Fr} / T_F$, $f_F = 1 / T_F$



正程 7行 标称行数Z:总行数
逆程 1行 有效行数Z' 帧正程行数
 $z' = (1 - \beta) z$ 。

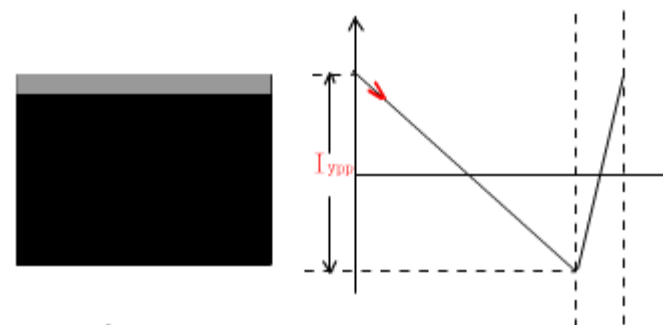
帧型比！

扫描光栅演示



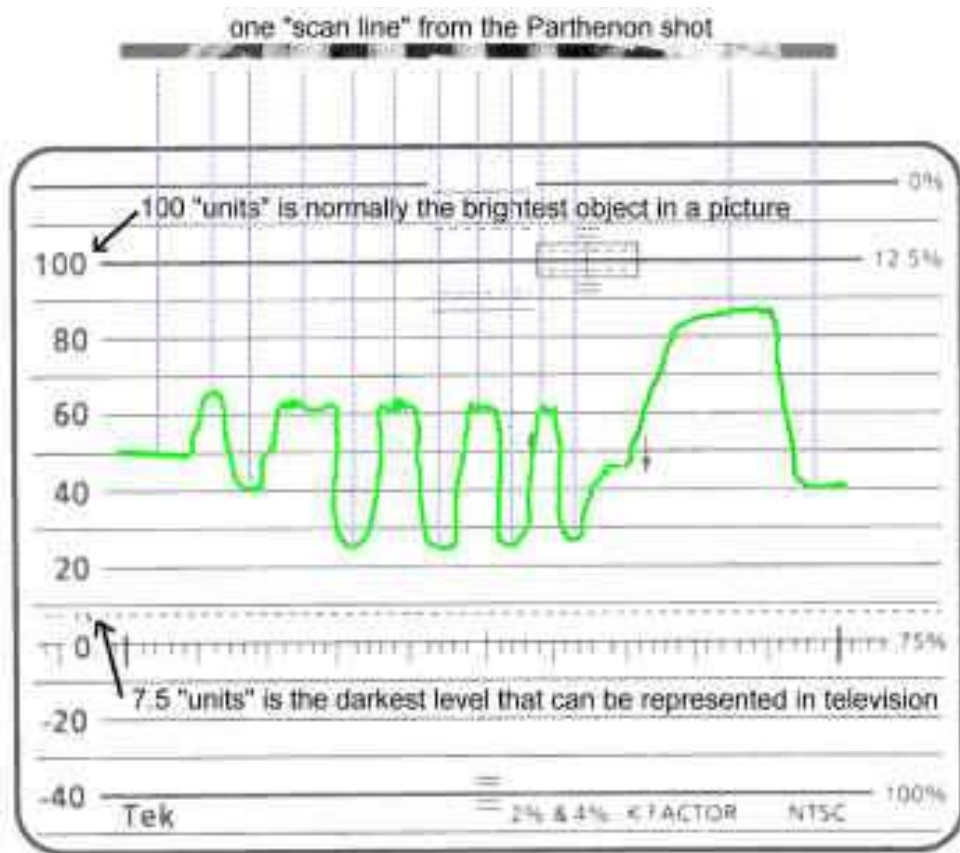
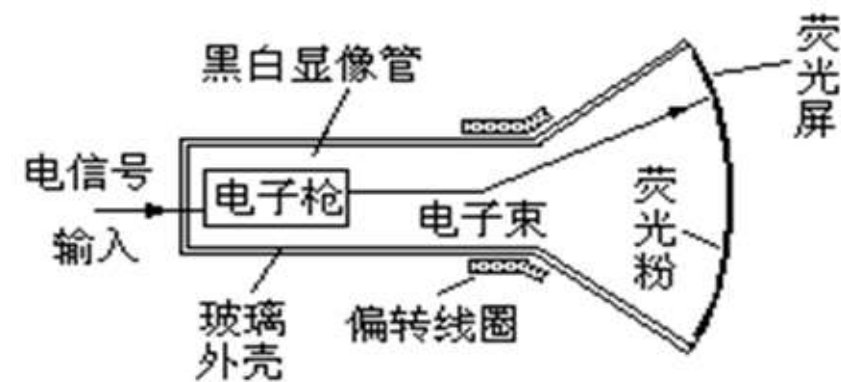
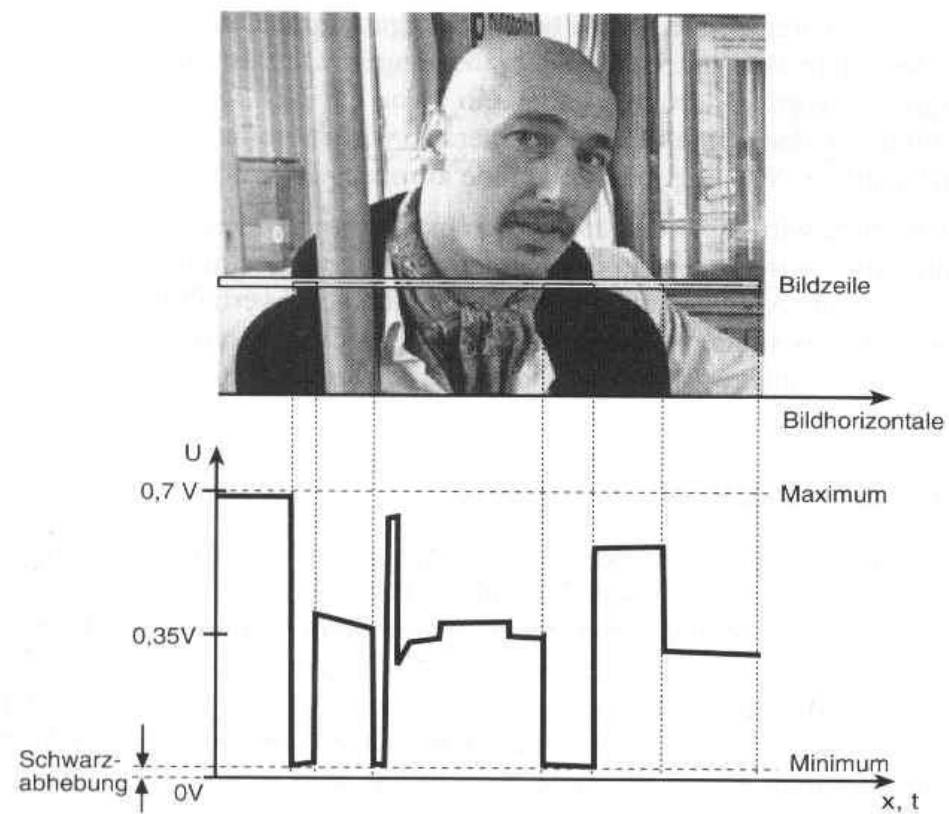
① 只有水平扫描 ② 只有垂直扫描

③ 逐行扫描



TV 演示

场扫描电流幅度和场幅的关系。



(3) 扫描频率的选择

原则：兼顾图像质量和电路的复杂性。

(A) 帧频的选择

考虑：图像有连续感、无闪烁、频带宽度和不易受电源干扰四个因素。

(a) 要使重显图像有连续感

为使重显静止图像有连续感，换幅频率只需**20**赫以上。为使重显的运动景物没有跳跃感，换幅频率要比**20**赫更高一些。

(b) 要使重显图像无闪烁感

要求 $f_F > f_C$ 临界闪烁频率，在一般亮度下， f_F 选**45.8Hz**以上。

(c) 频带不致于太宽

(d) 要为使图像不易受交流电源干扰，中国选**50**赫。

电视图像 闪烁频率 演示

10

30

50

Hz



(B) 行频的选择

行频等于每帧的标称行数乘以帧频，在帧频确定之后，行频就取决于每帧的标称行数。

确定每帧标称行数 Z 的原则：

- (a) Z 应为正整数，以使各帧图像的光栅能精确重合；
- (b) 要使电视系统有合适的分解力，满足人眼的分辨力的要求；
- (c) 形成图像信号的带宽不能太宽。

说明：

分解力：指电视系统传输图像细节的能力。

一帧图像的扫描（有效）行数越多，分解力越高，重显的清晰度也越高。然而，一帧图像的扫描行数太多也是没有必要的，只要满足人眼分辨力的要求就可以了。扫描行数太多，图像信号带宽太宽，电视设备成本高。

带宽和 z^2 成正比。

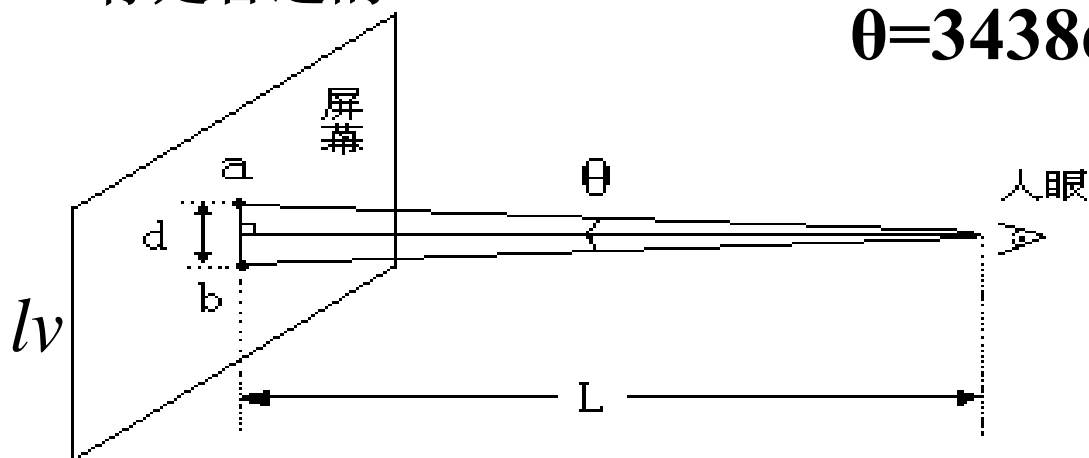
下面计算满足人眼分辨力要求的扫描行数

人眼的分辨力用分辨角的倒数表示，分辨角为**1.5分**左右。

画面高度一定,人眼要求的扫描行数和观看距离有关。

最佳观看距离为画面高度的**3.82倍**，国际规定为**4至6倍**，因为在这个位置观看画面，画面正好在人眼视力敏锐的视角范围（ $20^\circ \times 15^\circ$ ）。

经计算，在离画面**4倍**画面高度的距离上，如果画面分成**573行**，人眼对相邻两行的张角为**1.5分**，因此，将画面分成**573行**是合适的。



$$\theta = 3438 d / L \quad Z' = \frac{lv}{d} = 3438 \frac{lv}{L \cdot \theta}$$

$$\frac{lv}{L} = \frac{1}{4}$$



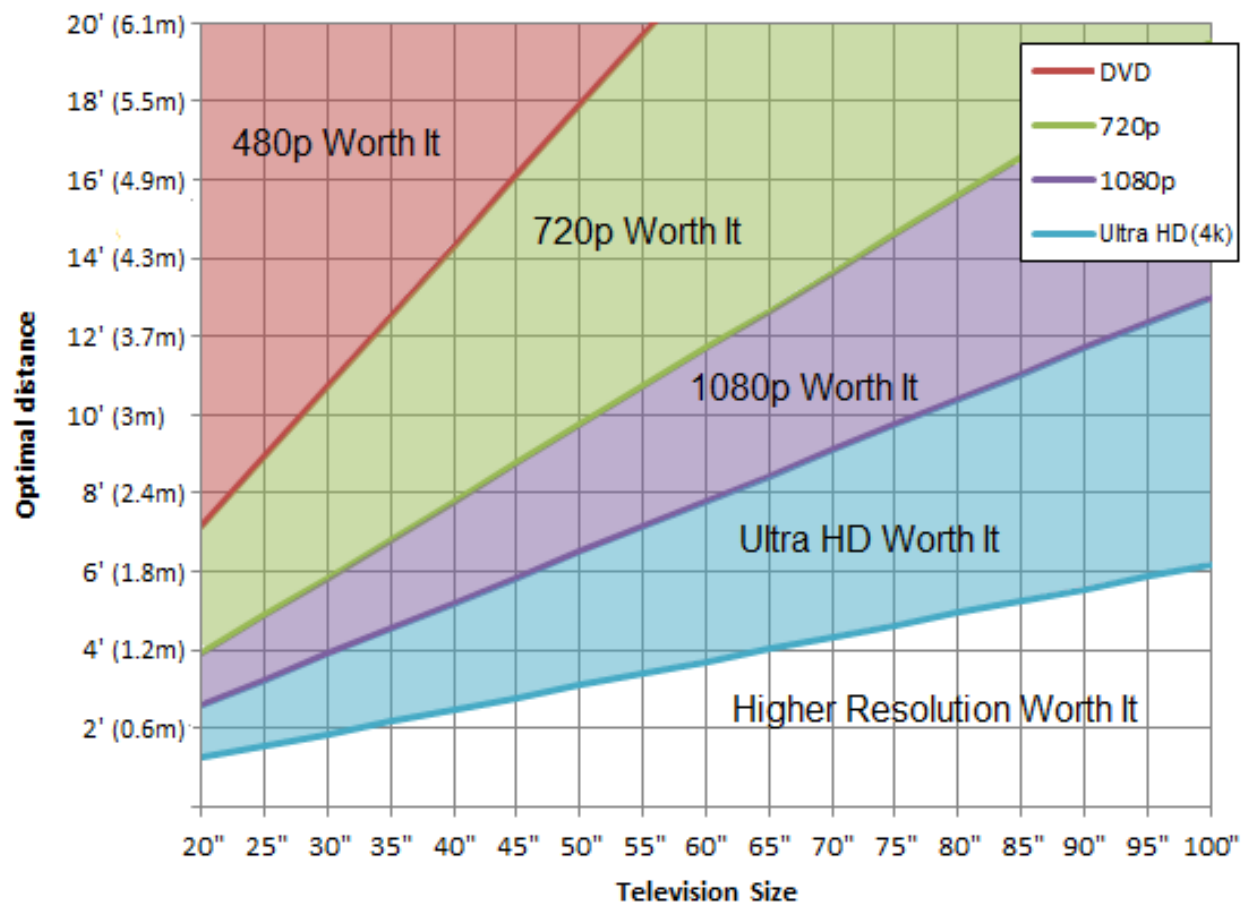
必须指出：573行应是有效扫描行数 Z' 。

考虑逆程，标称扫描行数 Z 为

$$\begin{aligned} Z &= Z' / (1 - \beta_F) \\ &= 573 / 0.92 = 623 \text{行} \quad \beta_F = 0.08 \end{aligned}$$

考虑到孔阑效应，要在800行以上。如果分辨角取1分，需1200行左右。我国标清， $Z=625$ 行。

Optimal viewing distance by the size of the television and the resolution



en.wikipedia.org: Optimum HDTV viewing distance

从图上可以看出：**1.8米以外，看50寸的超高清没有意义！**

超高清只在看大屏幕且能近距离观看才有意义！

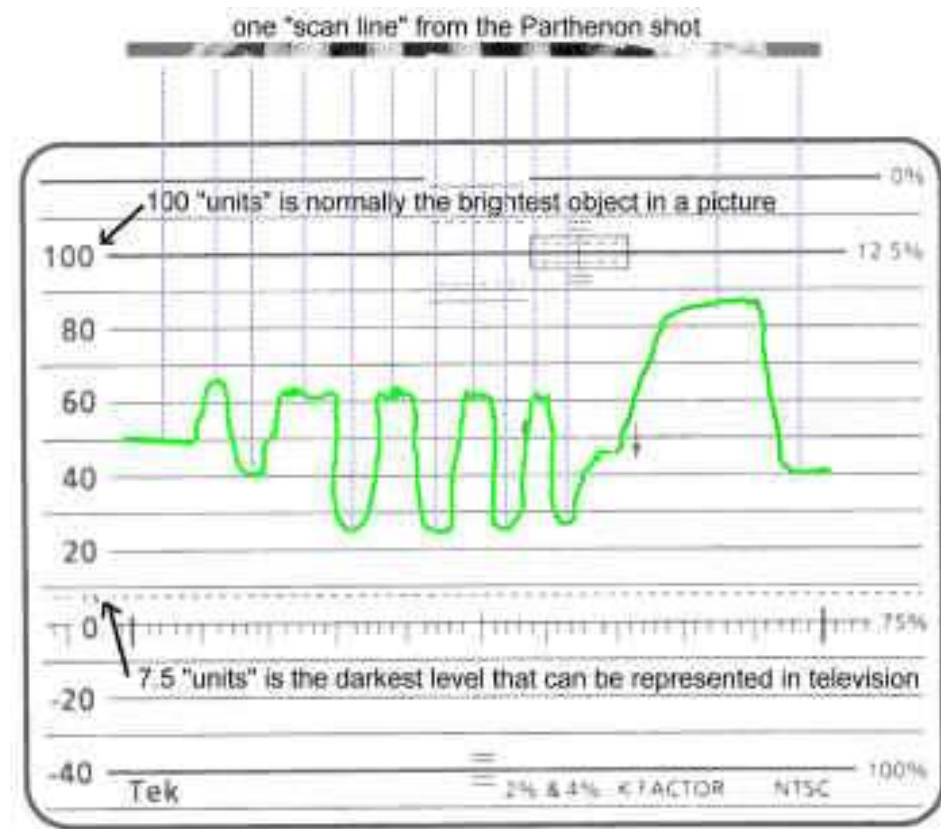
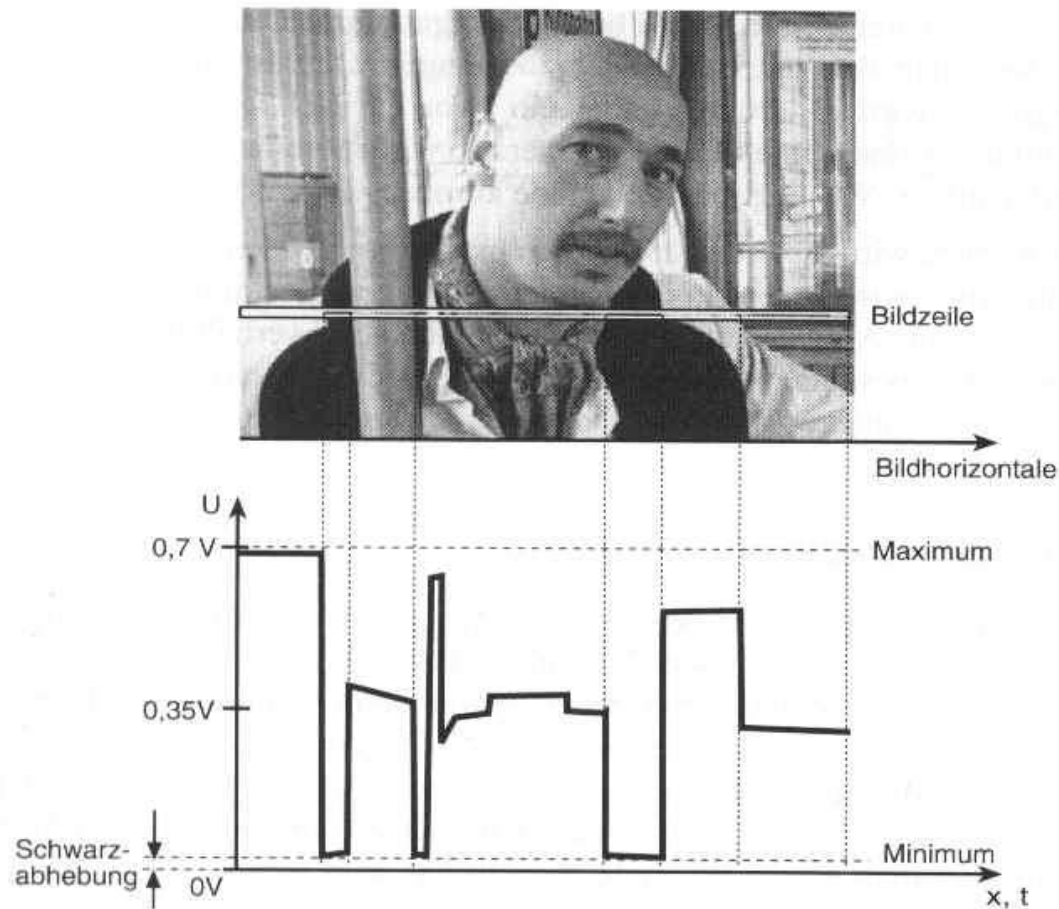
推荐阅读：4k vs 1080p and upscaling: Is UHD worth the upgrade?

60

<http://www.rtings.com/tv/reviews/by-resolution/4k-ultra-hd-uhd-vs-1080p-full-hd-tvs-and-upscaling-compared>

2、隔行扫描(Interlaced scan)

- (1) 逐行扫描存在的问题：图像信号带宽太宽，
使设备 复杂，成本高。



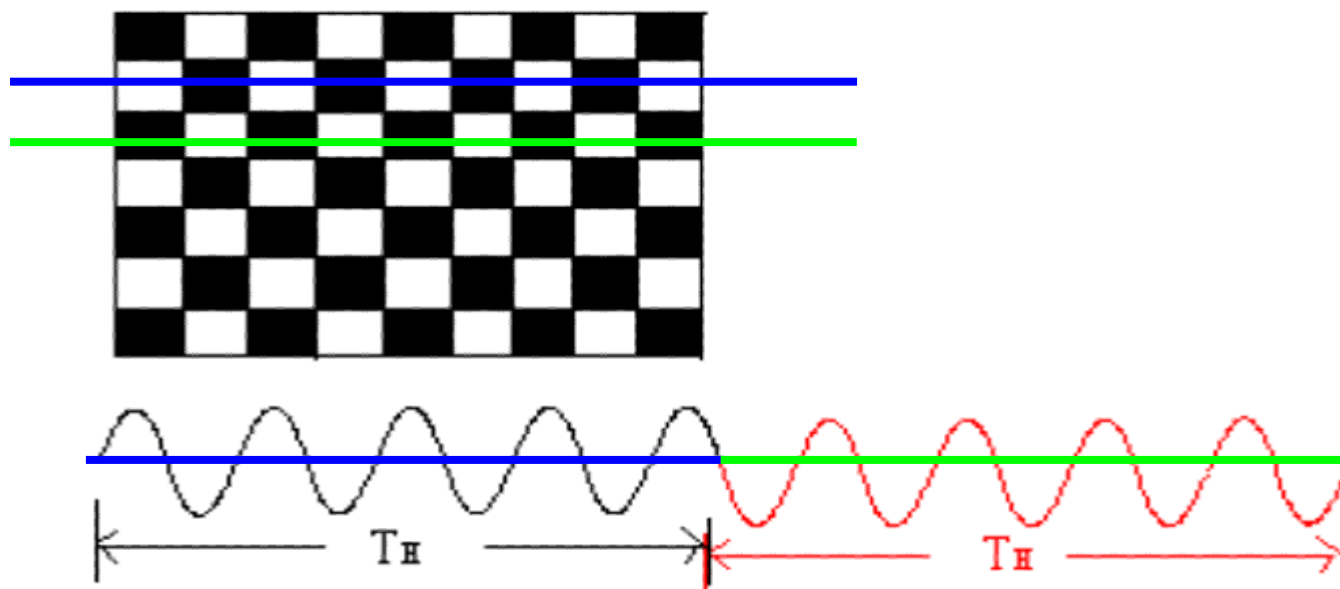
当水平像素黑白相间时，图像信号的频率最高

1) 忽略逆程：

一帧像数为 $n = z \times z \times l/h$ ($l/h = 4/3$)

每秒传送像素为 $n \times f_F$ ，最高频率 f_{\max} 为 $(n \times f_F) / 2$ ：

若 $z=600$ ，帧频为50，最高频率为**12MHz**。



2) 考虑逆程:

标称扫描行数为 z , 有效行数为 $z(1-\beta_F)$,
一行的有效像素数 (像素为方形) 为 $(l/h) \times z(1-\beta_F)$ 。

另外,

行周期为 $\frac{1}{f_F \times Z}$, 行正程时间为 $\frac{1}{f_F \times Z}(1-\alpha)$

每扫描两个像素所需的时间为 $\frac{1}{f_F \times Z}(1-\alpha) \times \frac{2}{(l/h) \times Z(1-\beta_F)}$

最高频率为 $\boxed{f_{\max} = \frac{1}{2} \times \frac{l}{h} \times Z^2 \times f_F \times \frac{(1-\beta_F)}{(1-\alpha)}}$

设: $\beta_F=0.08$, $\alpha=0.1875$, $l/h=4/3$, $z=600$, $f_F=50$,
则, $f_{\max}=13.56\text{MHz}$ 。

(2) 隔行扫描(Progressive scan)基本概念

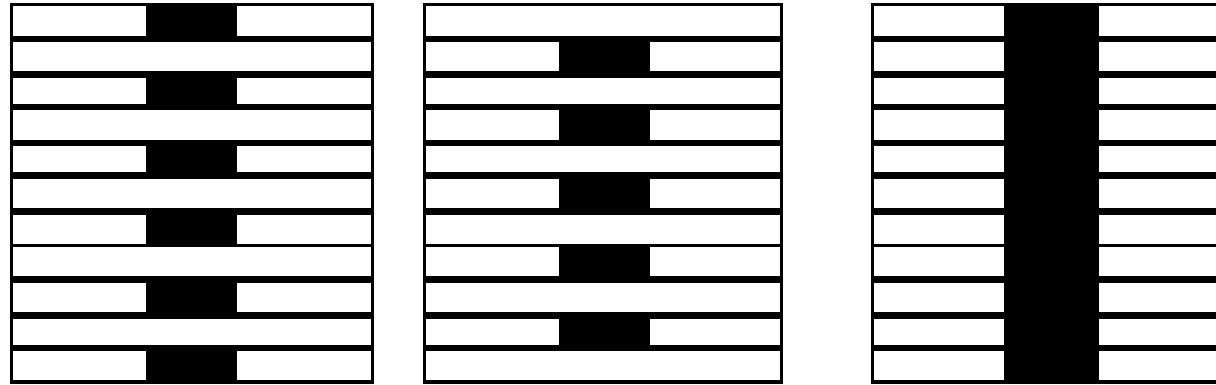
一帧分两场扫描（2：1），先从上至下扫描奇数行，然后从上至下扫描偶数行。隔行扫描的一帧光栅由两场光栅组成，分别称为奇数场光栅、偶数场光栅。

$$f_V = 2f_F, \quad T_V = (1/2) T_F$$

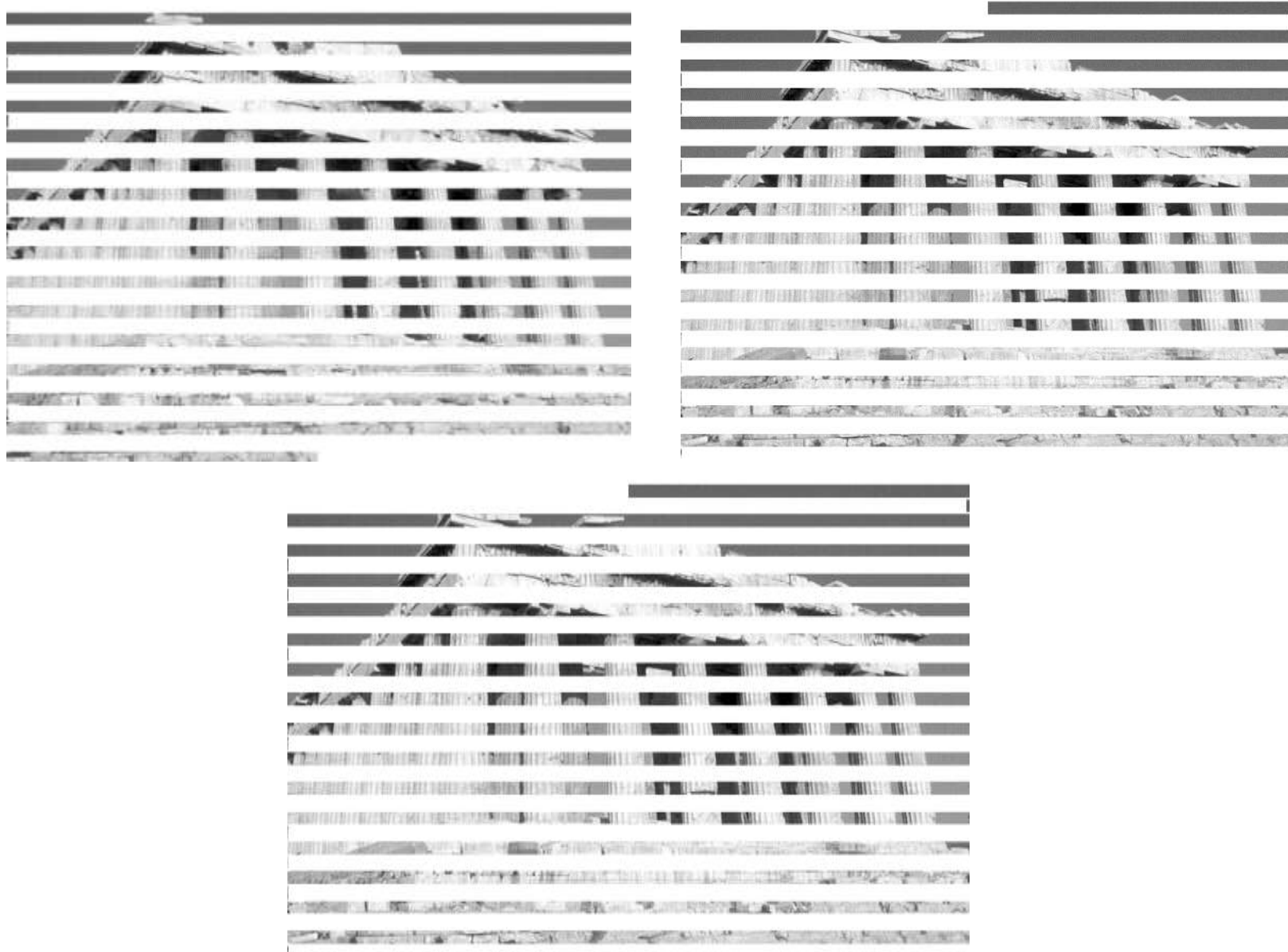
采用隔行扫描的好处：

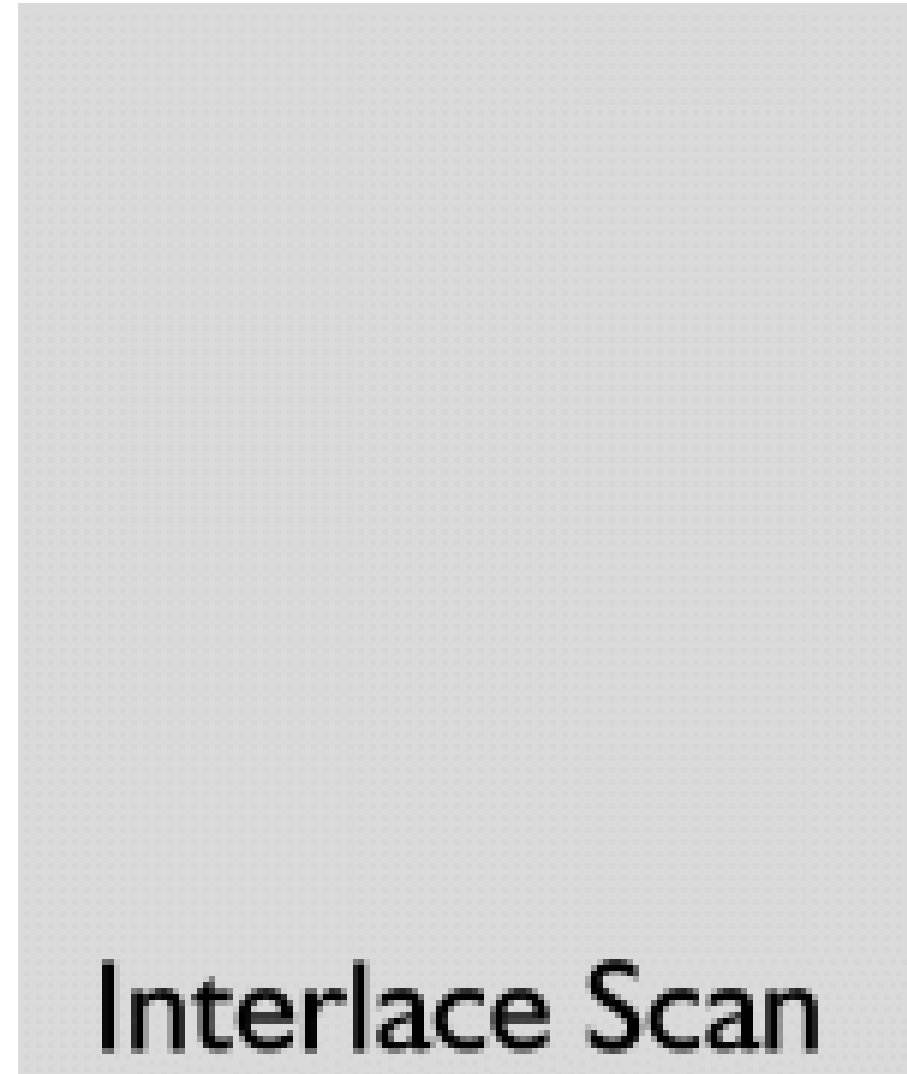
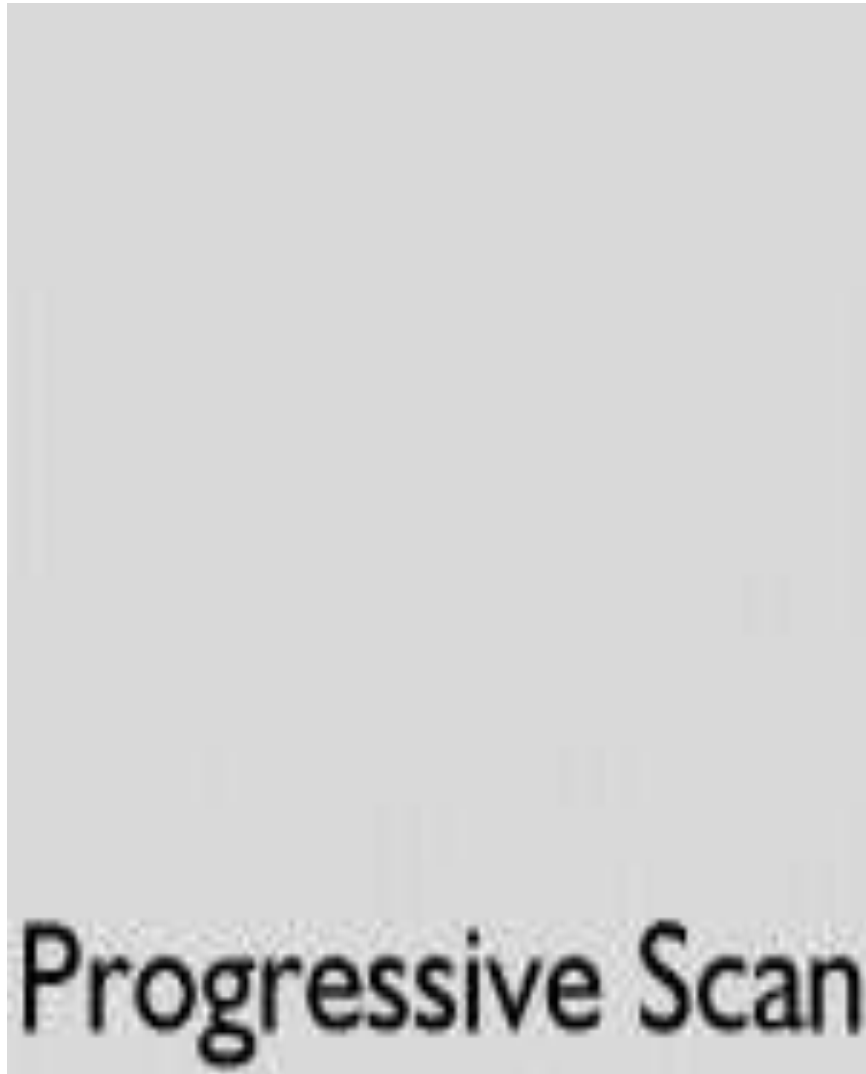
在保证图像分解力不甚下降和画面无大面积闪烁的前提下使图像信号的带宽减小一半。

$$f_{\max} = \frac{1}{2} \times \frac{l}{h} \times Z^2 \times f_F \times \frac{(1 - \beta_F)}{(1 - \alpha)}$$

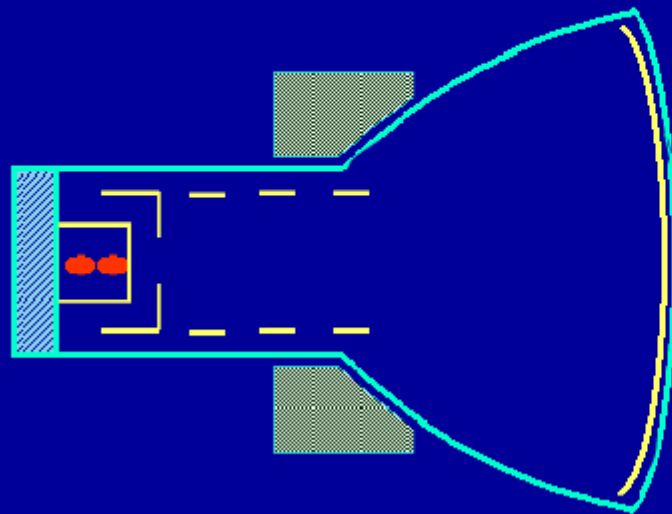


隔行扫描重现图像示意图





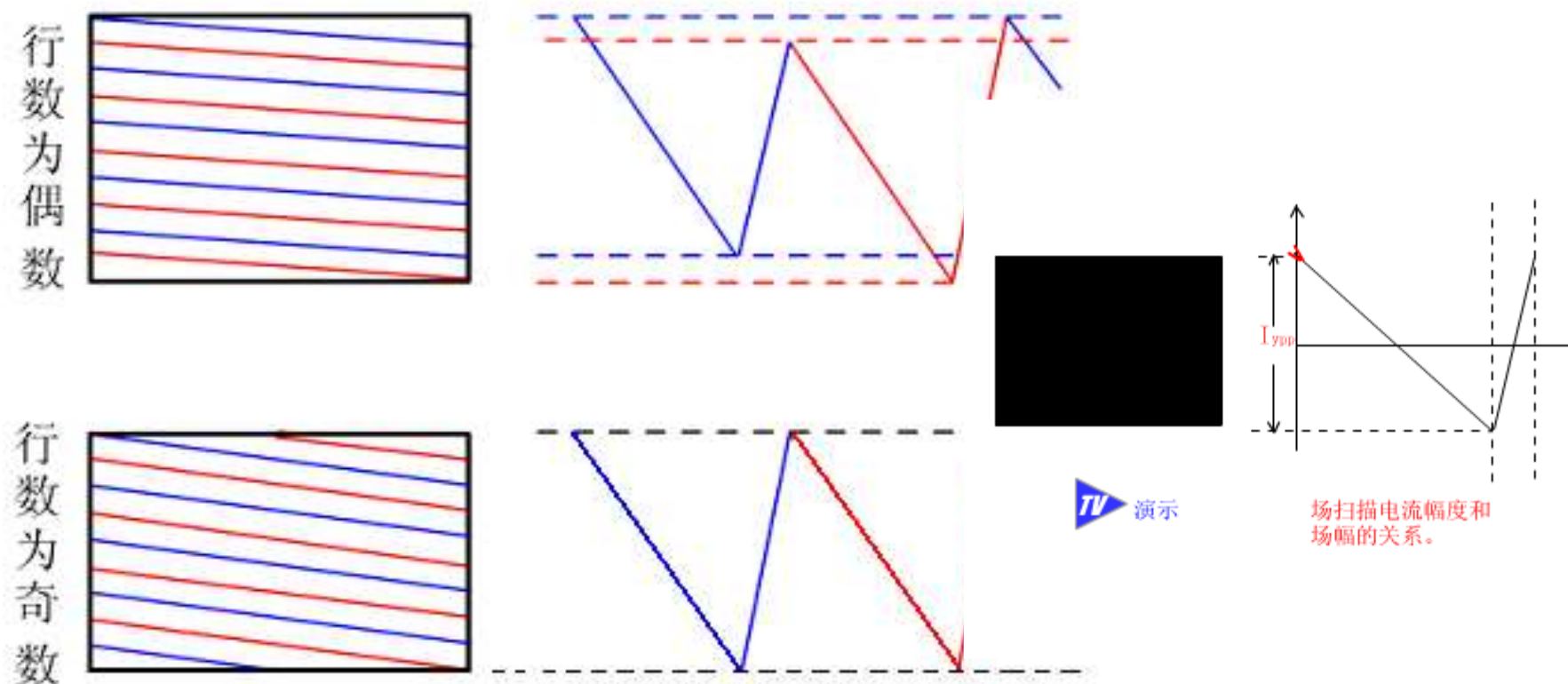
将鼠标移至元件
上显示元件名：



原理演示：



如何实现隔行扫描？即如何能保证两场光栅精确镶嵌？



扫描行数为奇、偶数时场扫描电流对比图

采用奇数行法。



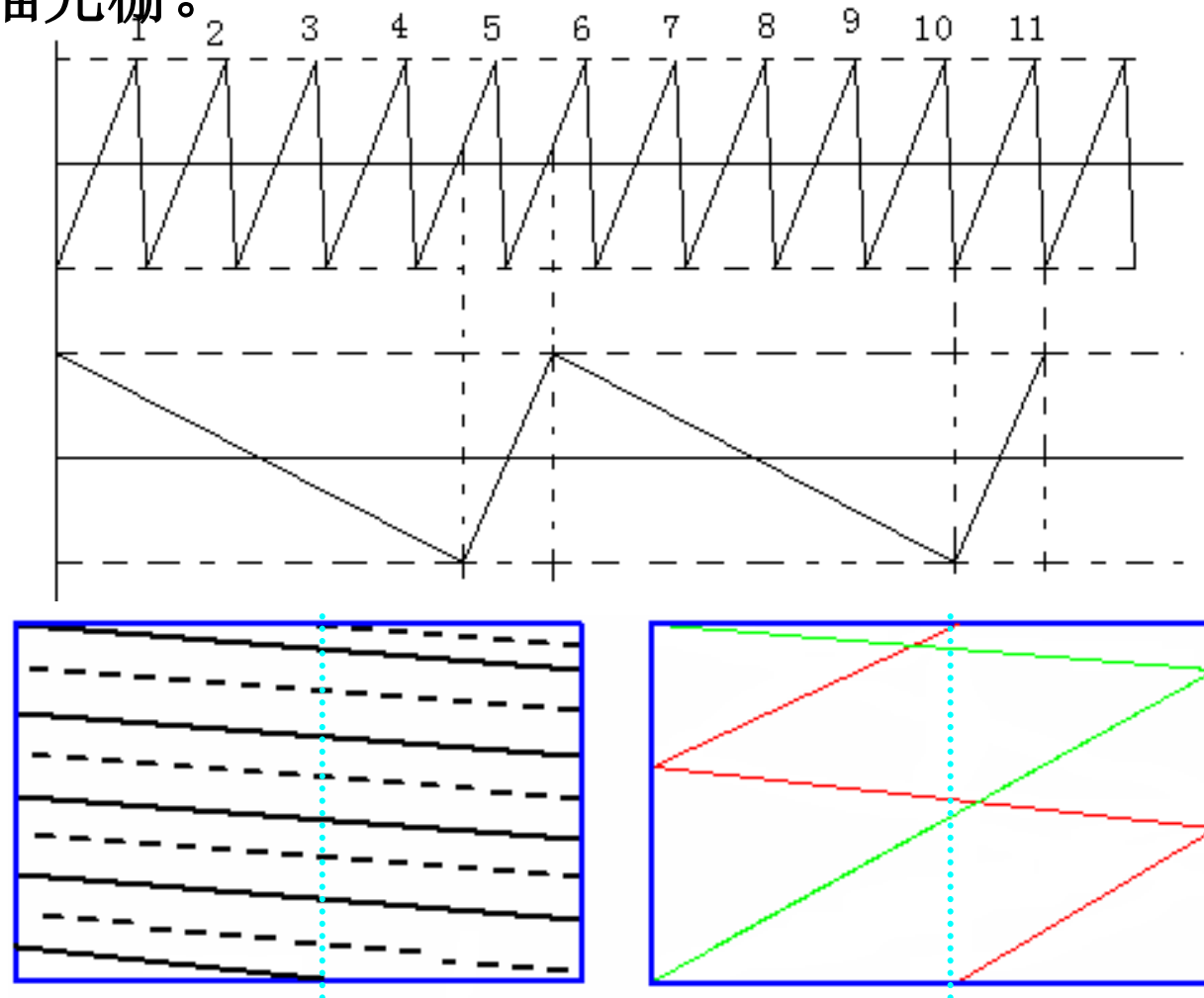
开始播放



奇偶光栅镶嵌演示图

设一帧为11行，场逆程时间为1行周期，行逆程系数大于0，
试画出实际的隔行扫描光栅。

国标：
一帧625行，
一场312.5行，
场逆程25行



帧正程总行数9行
扫描轨迹

帧逆程总行数2行
扫描轨迹

(1)行间闪烁效应: 从电视图像整体来看, 隔行扫描后图像场频保持50Hz, 高于临界闪烁频率, 观看时不会感觉到闪烁。但当图像中有一行亮线时, 每秒只出现25次, 低于临界闪烁频率, 会感到闪烁, 这叫行间闪烁。



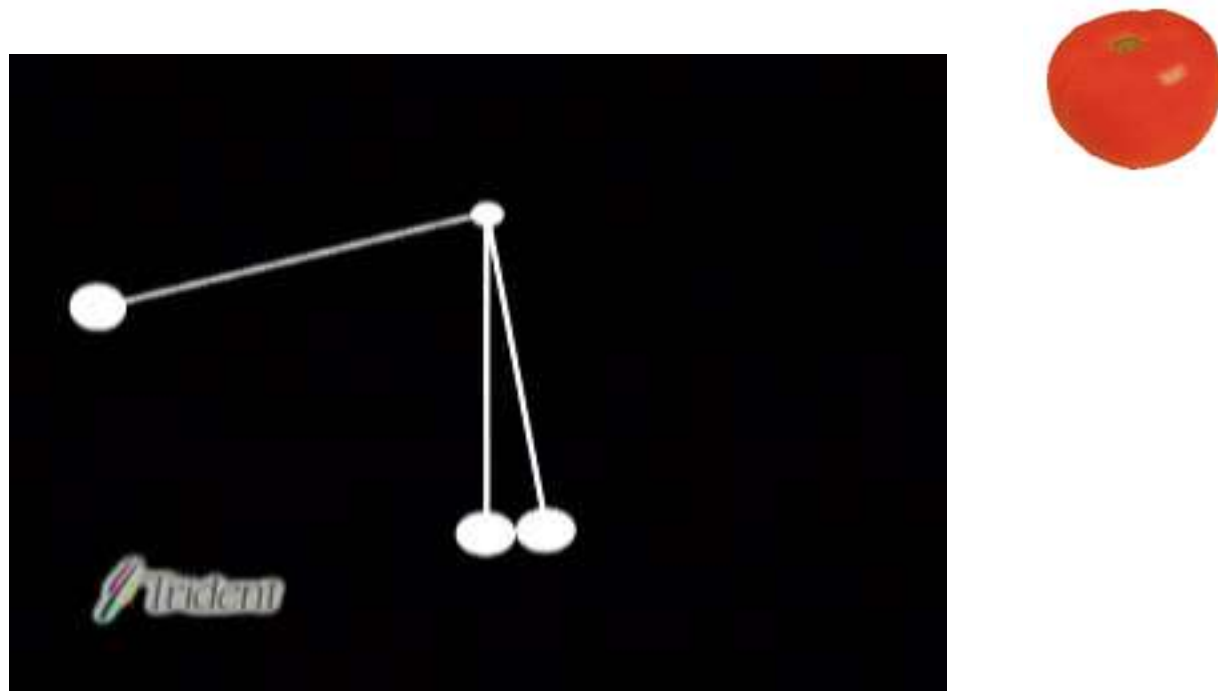


(2)并行现象：并行现象有真实并行和视在并行。

在隔行扫描中，要求行、场扫描频率保持一定的关系，否则两场光栅不能均匀相嵌，最坏的情况奇、偶两场光栅重合就是**真实并行**，这时图像清晰度降低一半。

当图像上有一物体垂直方向运动速度恰好是一场时间下移一行距离时，该物体后一场图像与前一场相同，当观察者的视线随运动物体移动时，看起来是两行并成了一行，图像清晰度下降，这被称为**视在并行**。

(3)垂直边沿锯齿化现象：当图像上有物体水平方向运动速度足够大时，因隔行分场传送，相邻两行在时间上相差，结果运动物体图像垂直边缘出现锯齿，锯齿深度就是物体在一场时间内水平方向移动的距离。



标准测试图用钟摆场景能非常明显地看出锯齿





Differences in Output Images (Actual Images)



Frame Picture of
Progressive Scan CCD

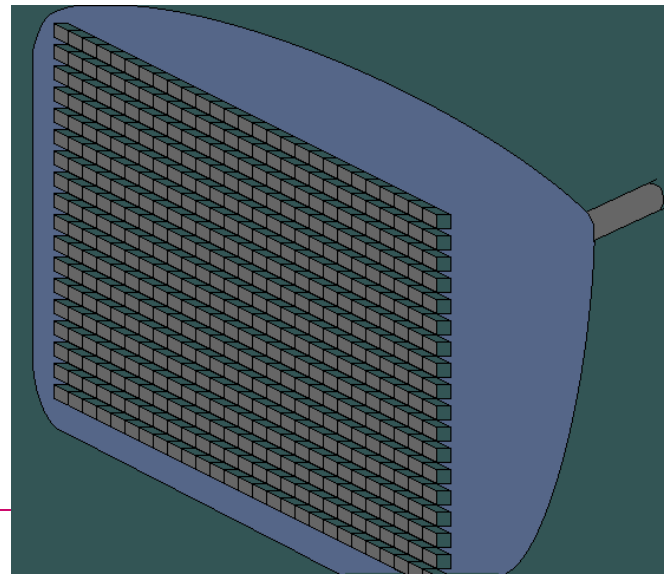


Frame Picture of
Interlaced Scan CCD
(without mechanical shutter)



说明:

- (1) 关于行序----以时间的顺序编号的。
- (2) 考虑逆程, 奇数行法也能保证两场光栅精确镶嵌。
- (3) 我国电视标准规定: $T_V = 20$ 毫秒, $T_{Vr} = 1.6$ 毫秒 ($\beta=0.08$); $T_H = 64$ 微秒, $T_{Hr} = 12$ 微秒, $\alpha=0.1875$ 。
场频50Hz, 行频15625Hz, 帧频25Hz。每帧行数625。



一、什么是黑白全电视信号

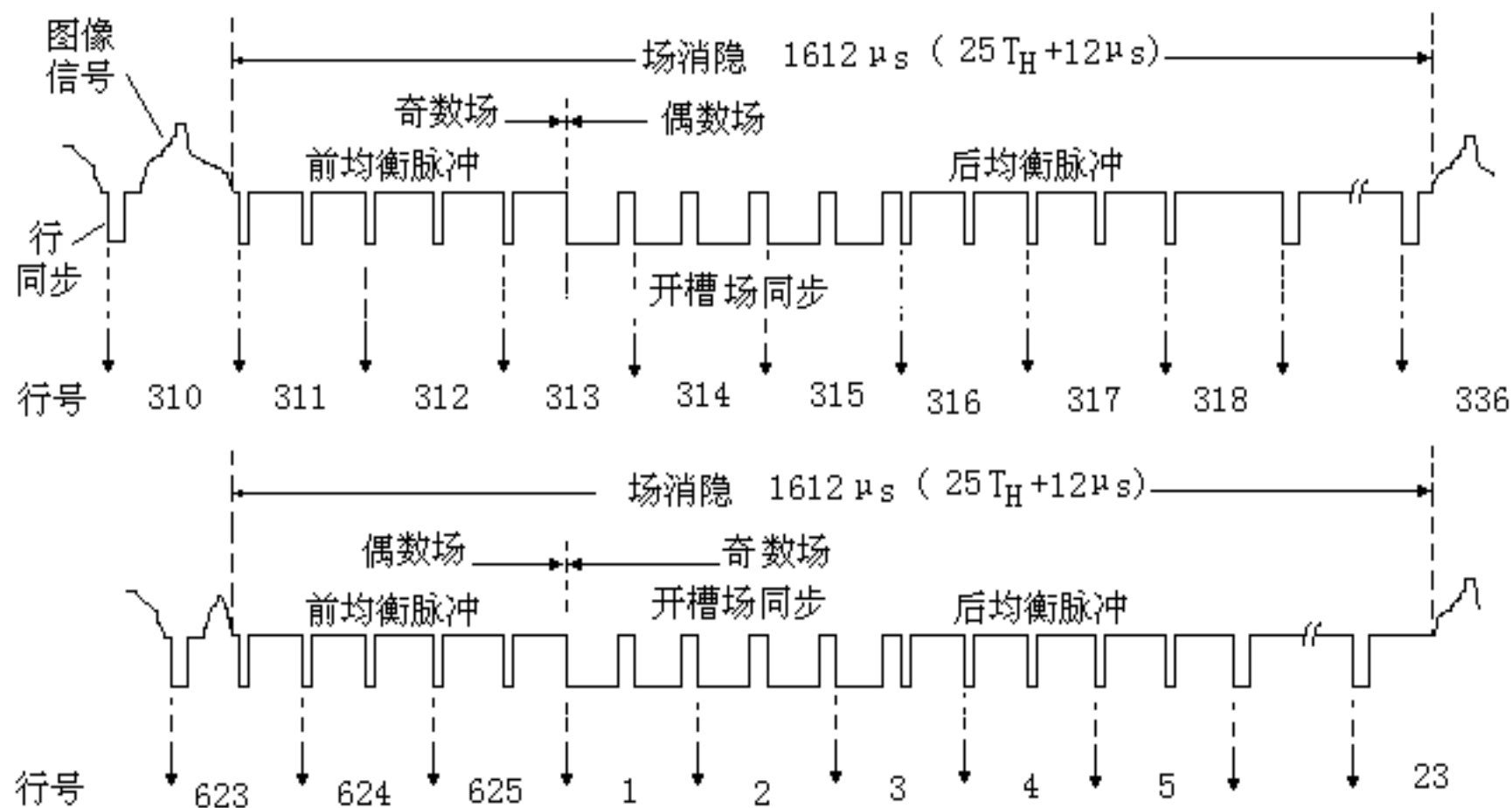
图像信号和复合消隐信号、复合同步信号组合在一起称为全电视信号。

图像信号（S）---- 是通过光电转换和扫描把活动景物变成随时间变化的电信号。

复合消隐信号（x）----包括行消隐、场消隐，
别截止行、场回扫时的电子束。区分正程和逆程

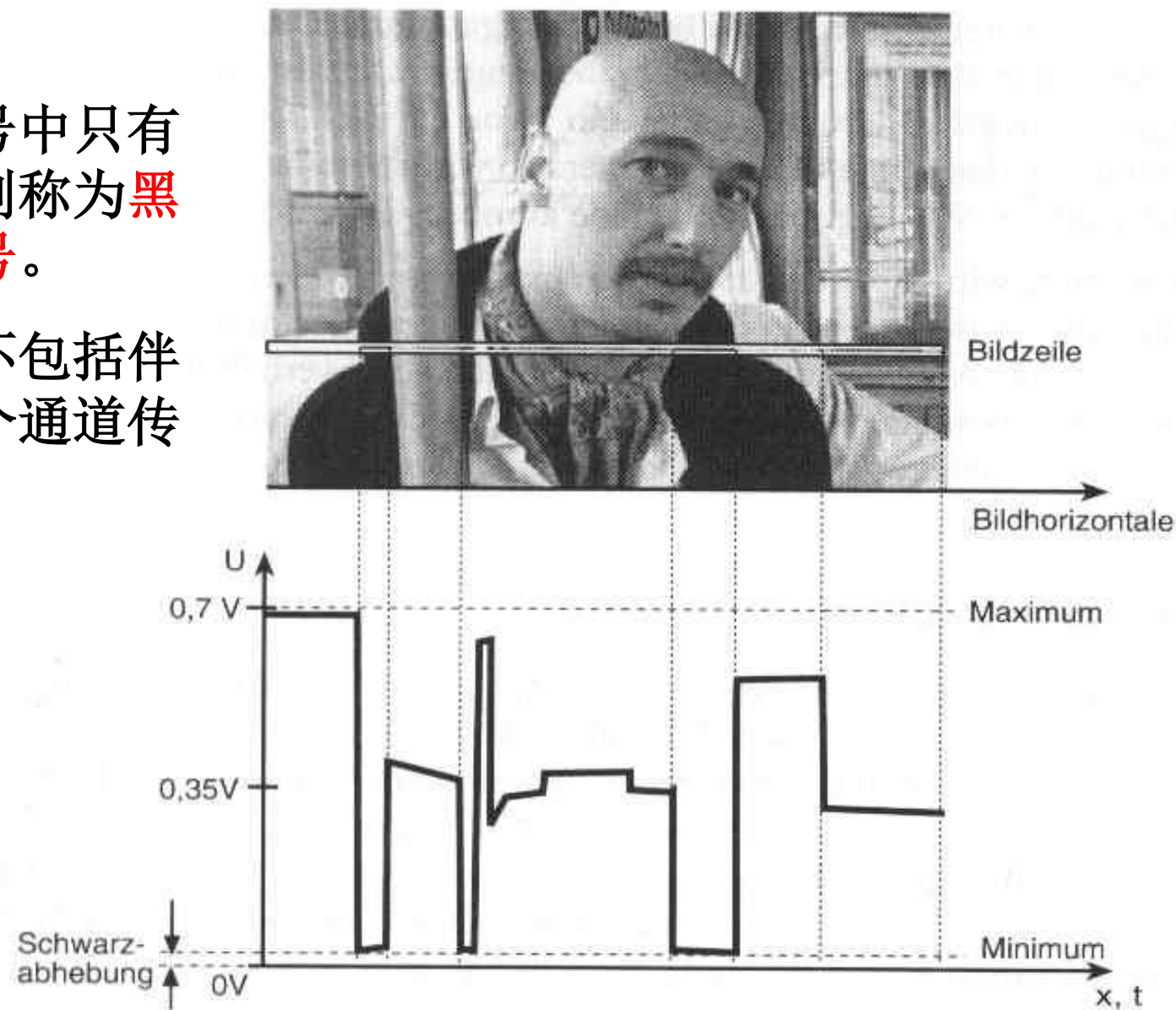
复合同步信号（T）----包括行同步、场同步，
使行、场扫描保持同步。

黑白全电视信号标记为SXT
(英文为VBS Video Blanking Synchronization)



如果图像信号中只有亮度信息，则称为**黑白全电视信号**。

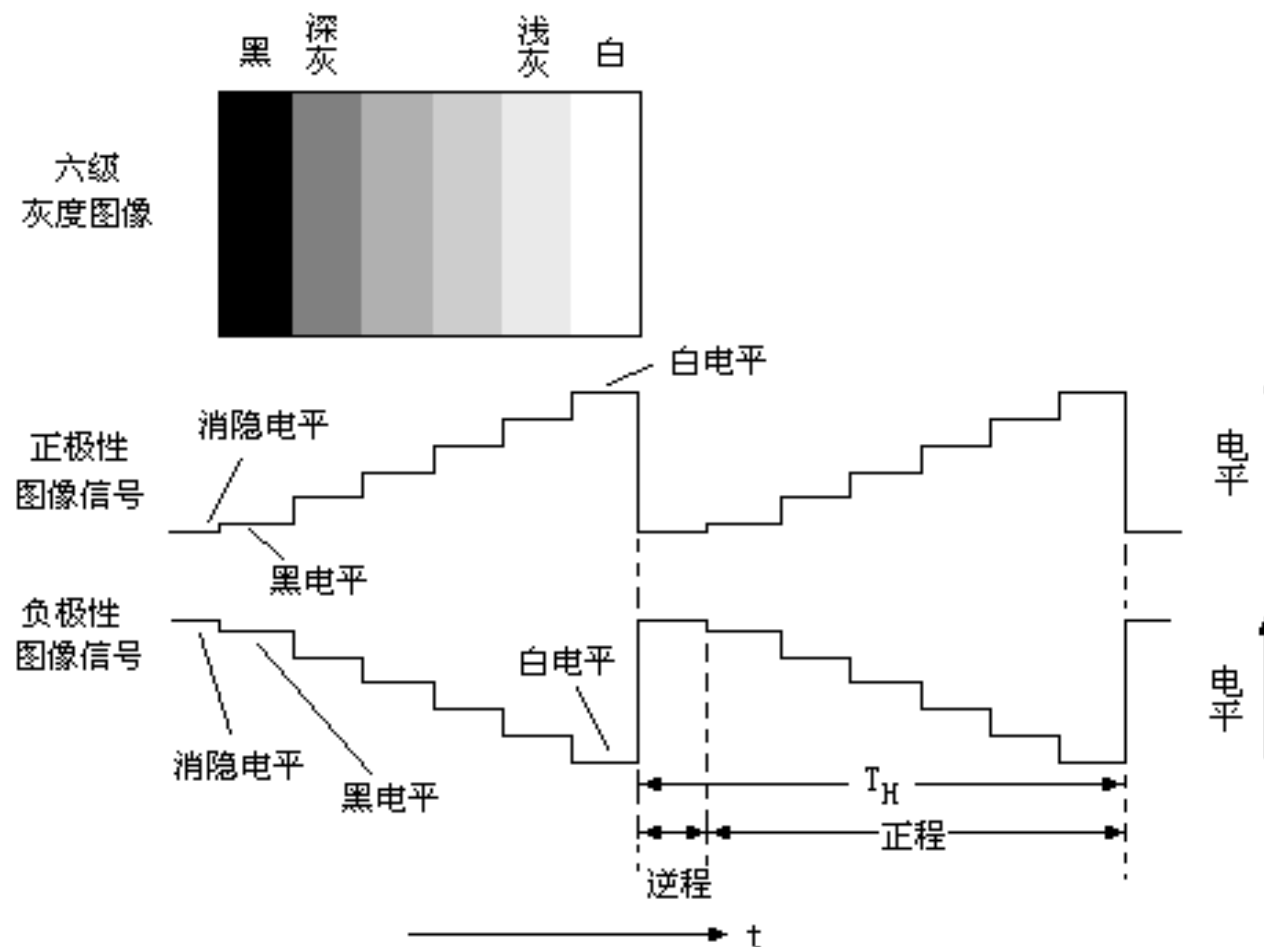
全电视信号不包括伴音，可用一个通道传输。



二、图像信号

携带景物明、暗（白、黑）信息的电信号。

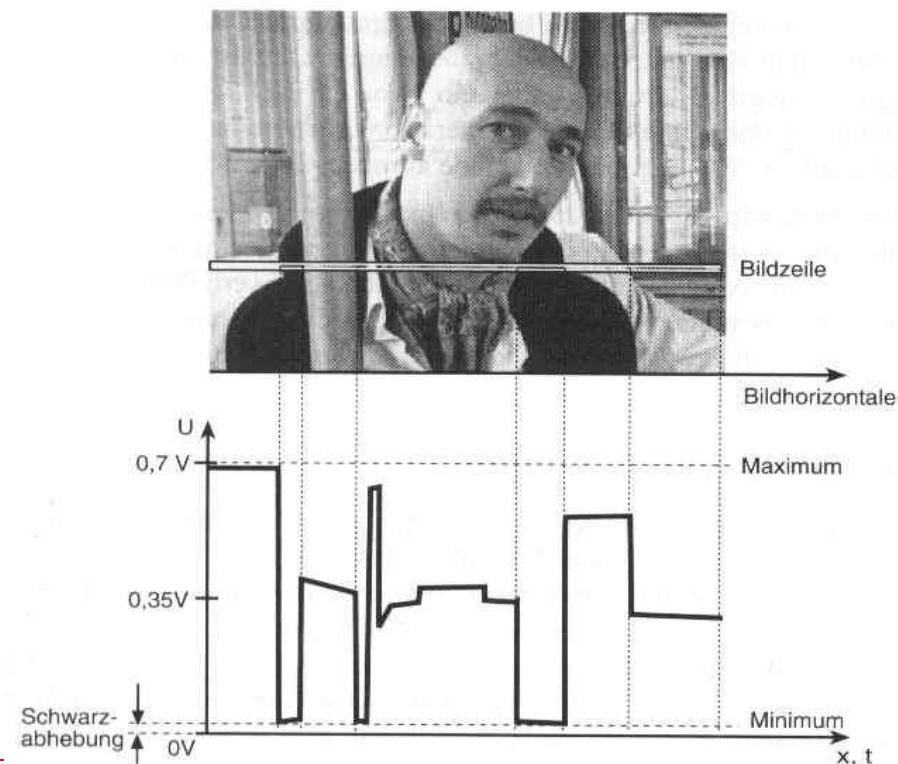
1、波形 由画面内容决定，以六级灰度条为例。

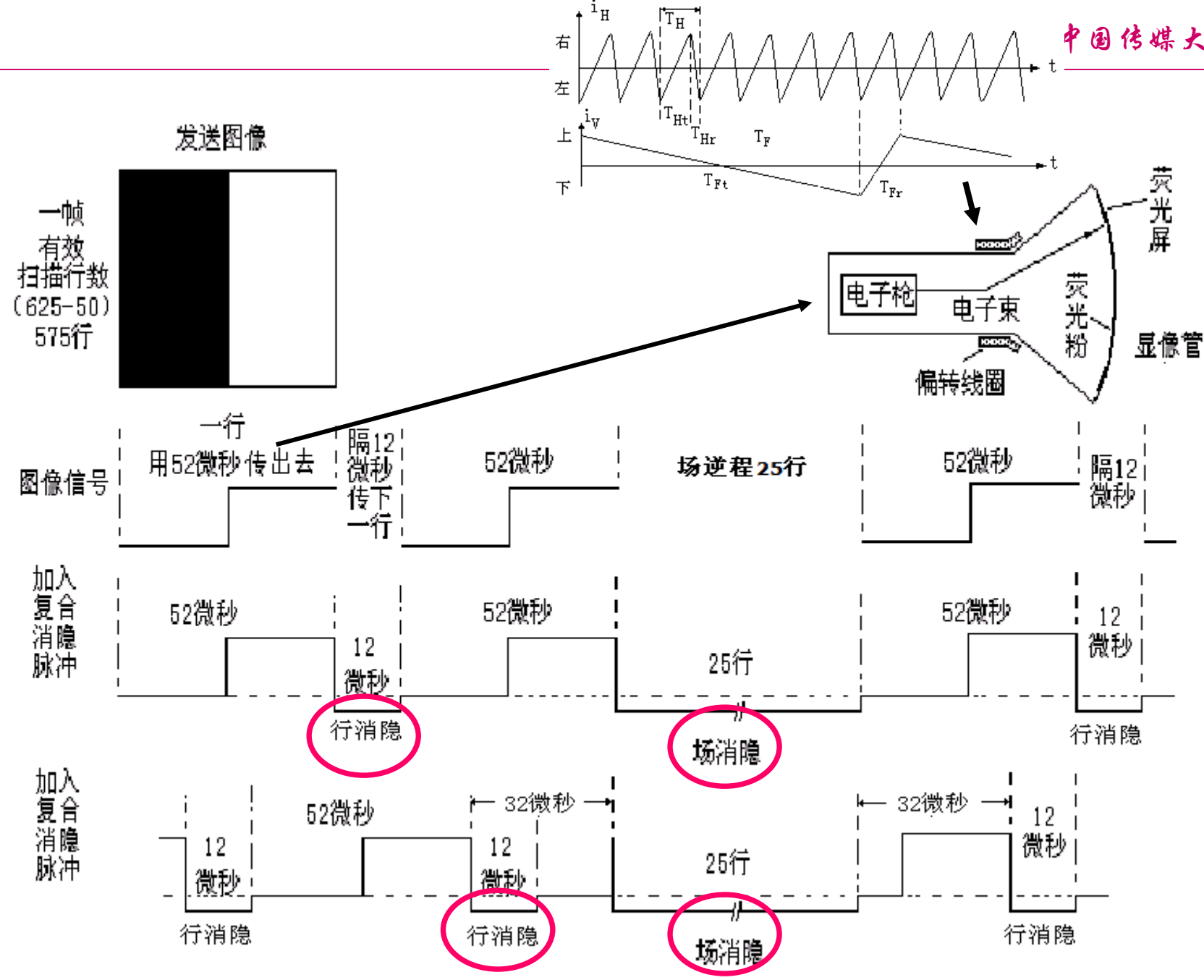


2、图像信号的特点

(1) 单极性---平均值不为0，平均亮度决定了平均电平的大小。最低（下限）频率很低，接近于0；

(2) 脉冲性---经常在景物的边缘（轮廓）出现跳变沿（黑到亮或亮到黑的跳变），说明最高（上限）频率很高。图像信号带宽很宽。





三、复合消隐信号

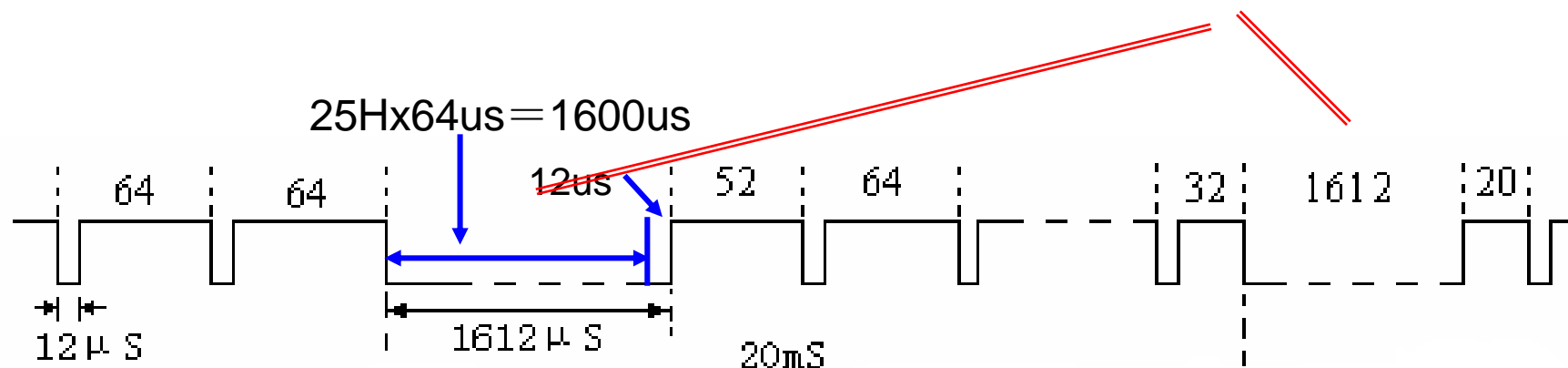
1、作用

- 抑制行、场逆程期间电子束的发射
- 给出基准电平

复合消隐脉冲包括行消隐脉冲和场消隐脉冲，分别抑制行、场逆程期间电子束的发射。

消隐脉冲所处的电平称为**消隐电平**，它比黑电平更黑（对于正极性图像信号，消隐脉冲的电平要比黑电平还低），两者差称为：台阶电平提升（或肩电平提升），在峰-峰值为 $0.7V_{p-p}$ 标准，它为0至50mV。

注意：两个场消隐前后差别！



- 行消隐脉冲的宽度--- **$12\mu s$** ($\alpha=0.1875$)
- ----考虑到电视机扫描电路行扫描回扫时间
- 场消隐脉冲宽度----为 **$25H+12\mu s=1612\mu s$**
($\beta=0.0806$)
- 行消隐脉冲周期--- **$64\mu s$**
- 场消隐脉冲的周期---- **$20ms$**
- 复合消隐的周期为 **$40ms$** ，频率为帧频

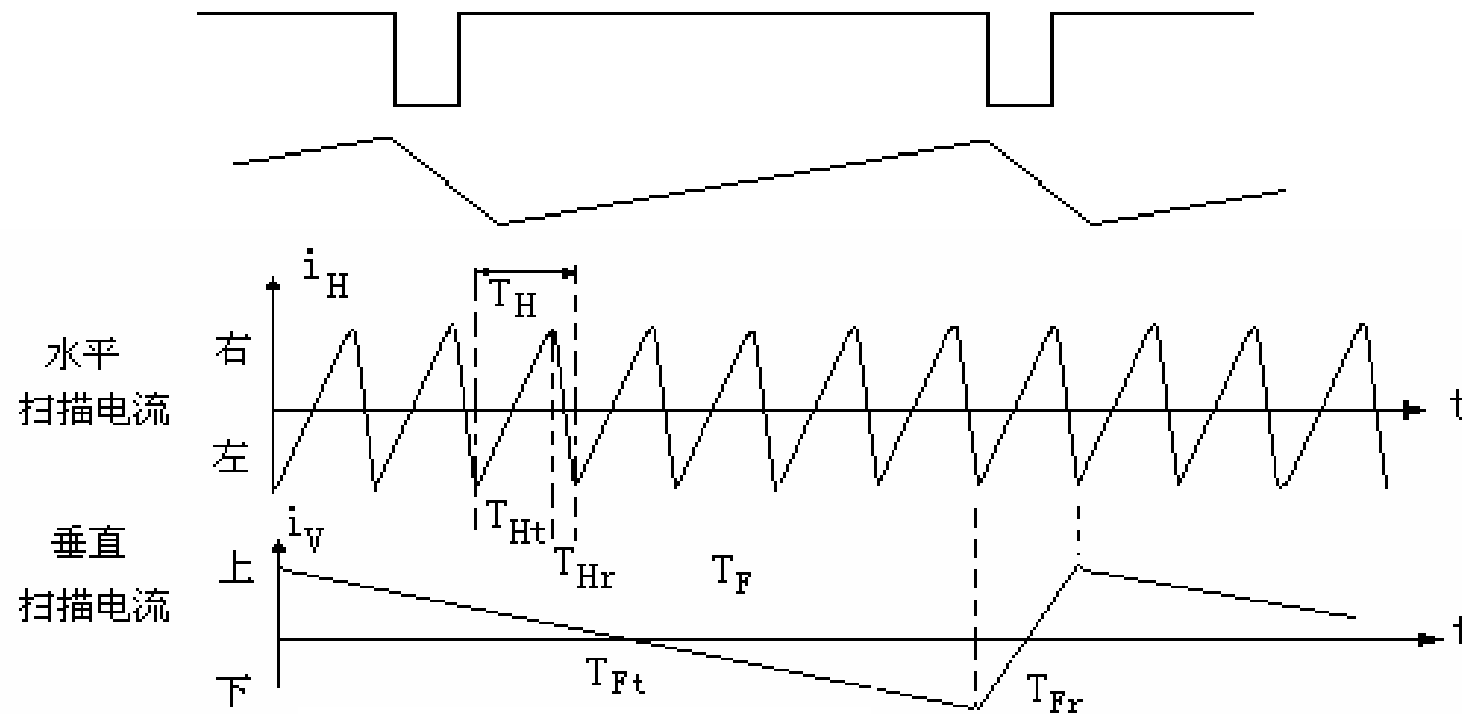
四、复合同步脉冲

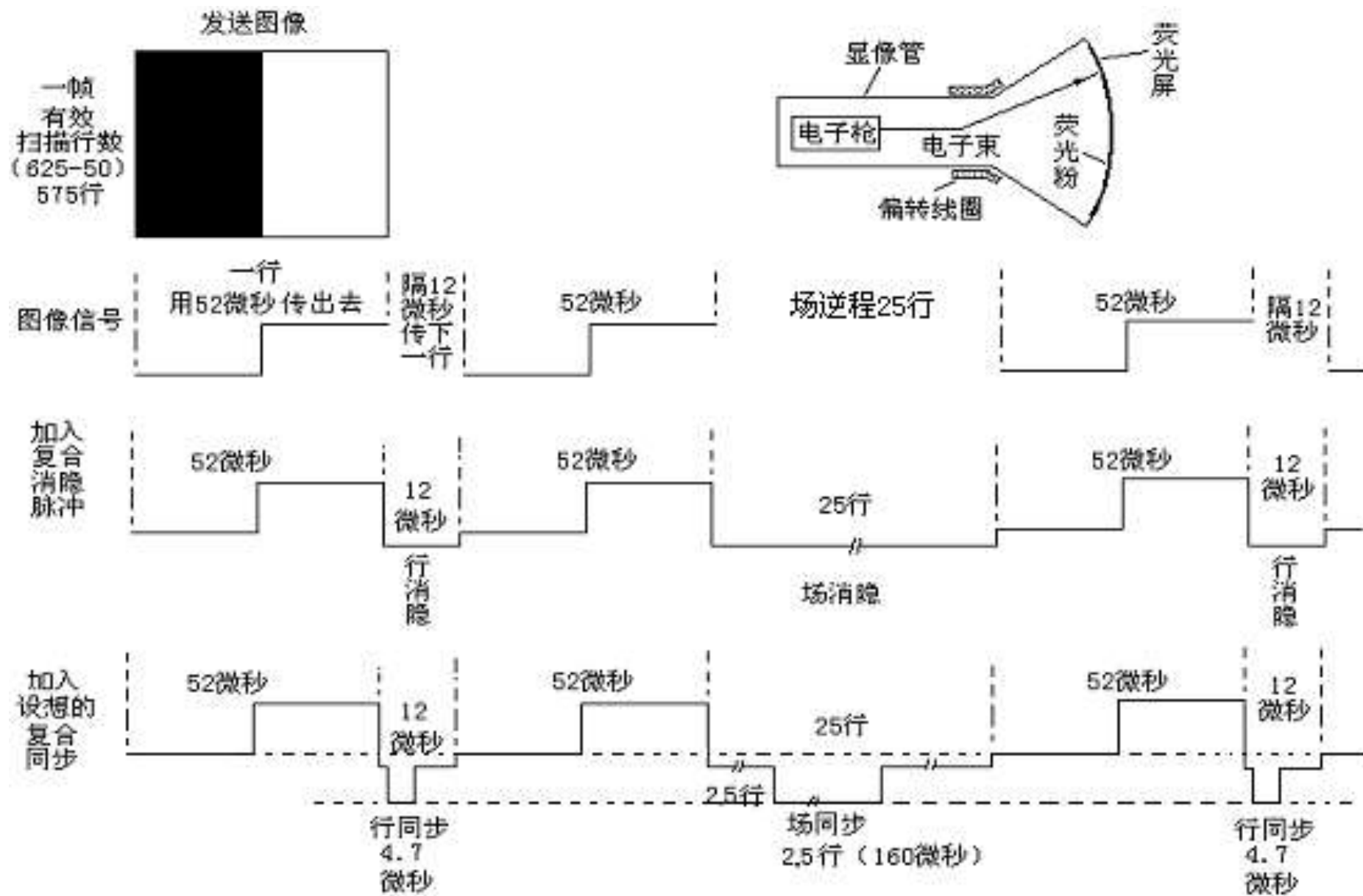
1、作用：为电子束扫描提供同步的控制信息。

复合同步脉冲包括行同步脉冲(每行一个)、场同步脉冲(每场一个)，分别指令电子束在确切的时刻开始行、场扫描逆程。

为了区分行、场同步脉冲，规定：

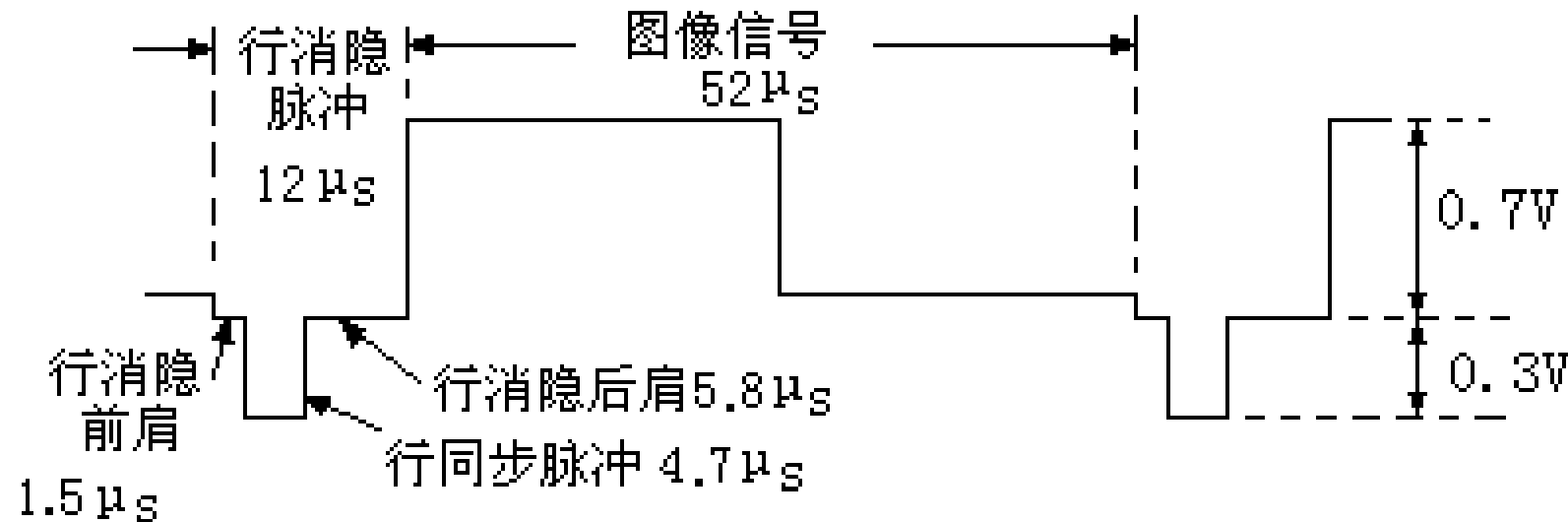
行同步为 $4.7\mu\text{s}$,场同步为 $160\mu\text{s}(2.5\text{H})$ 。





2、叠加方法---只能叠加在消隐信号上

同步信号和消隐信号的区别是靠两者电平和宽度不同。由于行、场同步指令逆程的开始，因此，它们的位置应尽量靠近消隐脉冲的前沿。比如行同步脉冲（正极性图像信号）如下图所示：



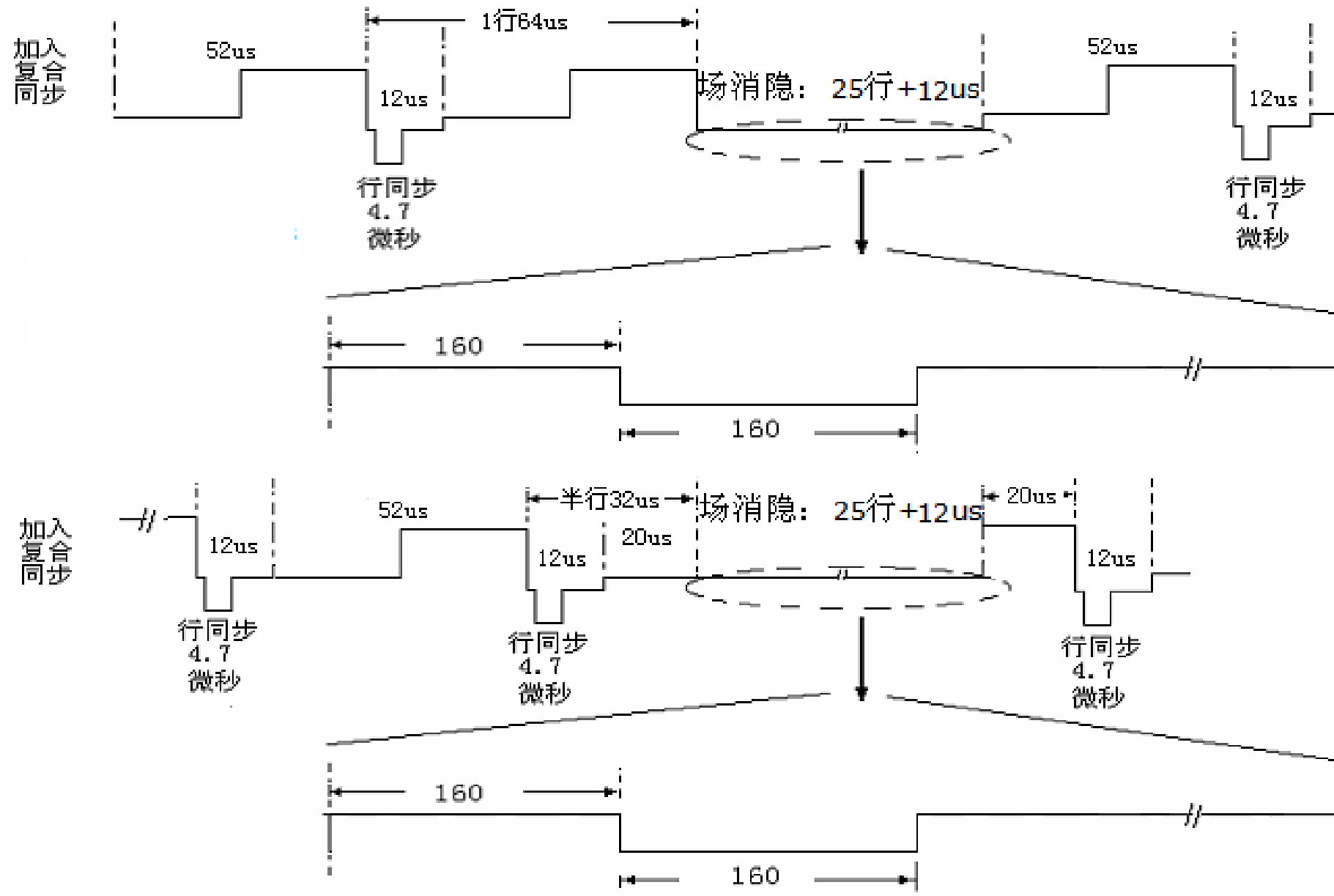
电视机利用幅度分离电路分离出复合同步脉冲后，可再用积分电路得出场同步脉冲包含的场同步信息。

行同步脉冲宽度 **$4.7\mu\text{s}$** ，行消隐脉冲宽度 **$12\mu\text{s}$** ，行同步电平和消隐电平差 **0.3V** （比消隐电平“还要黑”），前沿比消隐脉冲前沿滞后 **$1.5\mu\text{s}$** ，即行消隐前肩为 **$1.5\mu\text{s}$** ，后肩为 **$5.8\mu\text{s}$** 。这样安排便于分离同步脉冲。每一行的起始规定是行同步前沿。

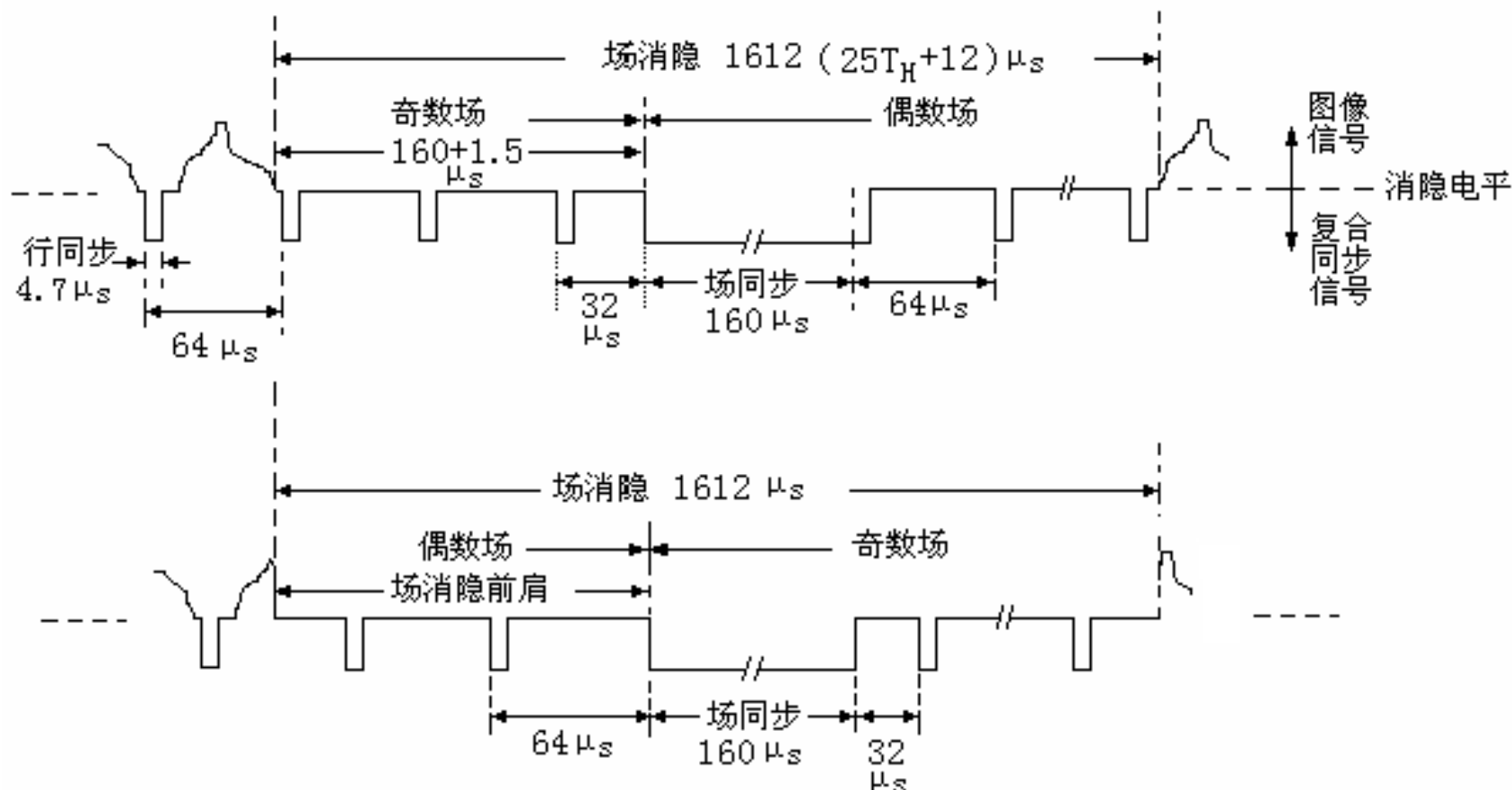
场同步脉冲宽度为 **$160\mu\text{s}$** ，电平和消隐电平差 **0.3V** ，前沿比消隐脉冲前沿滞后 **$160+1.5\mu\text{s}$** 。每一场的起始规定为场同步前沿。

3、设想的黑白全电视信号波形

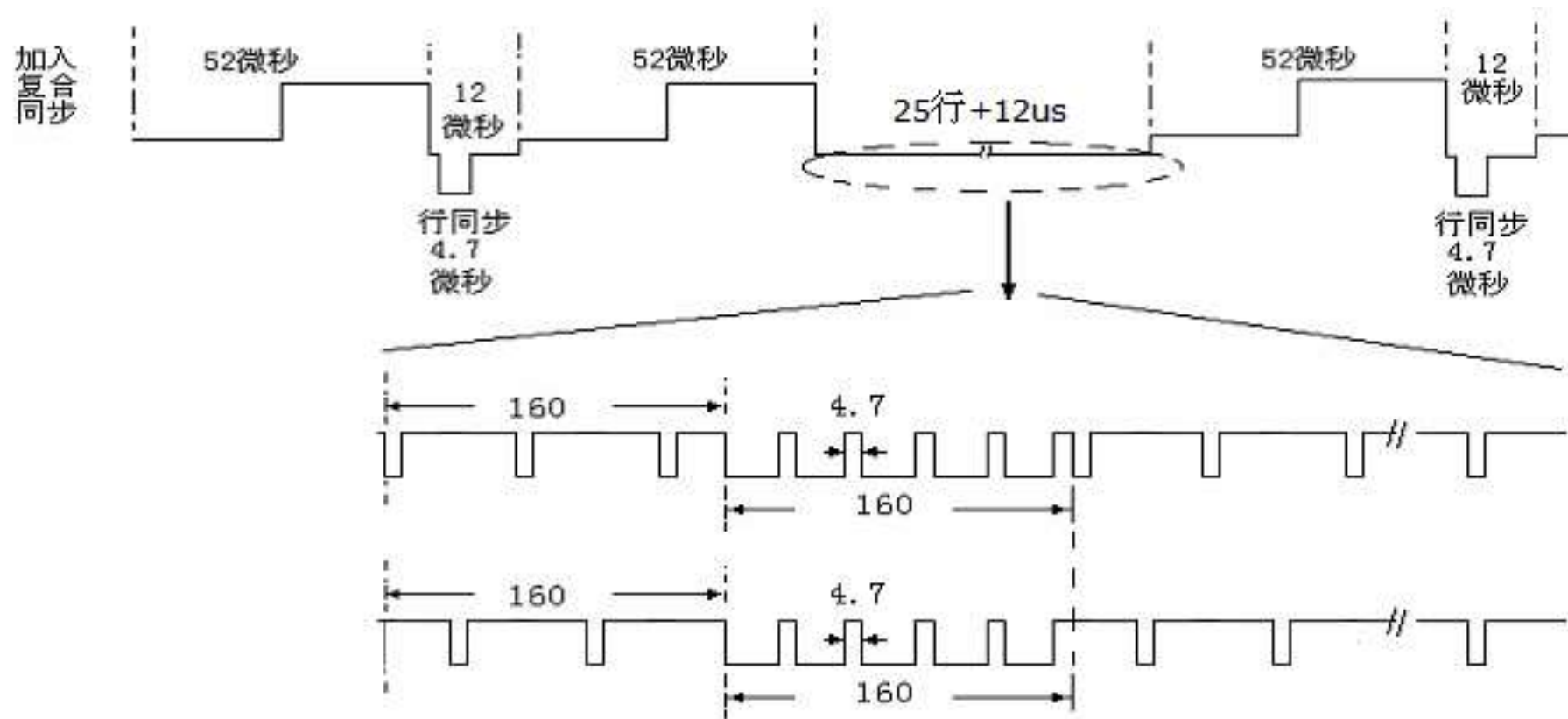
中国传媒大学 电视原理 2017/9/18



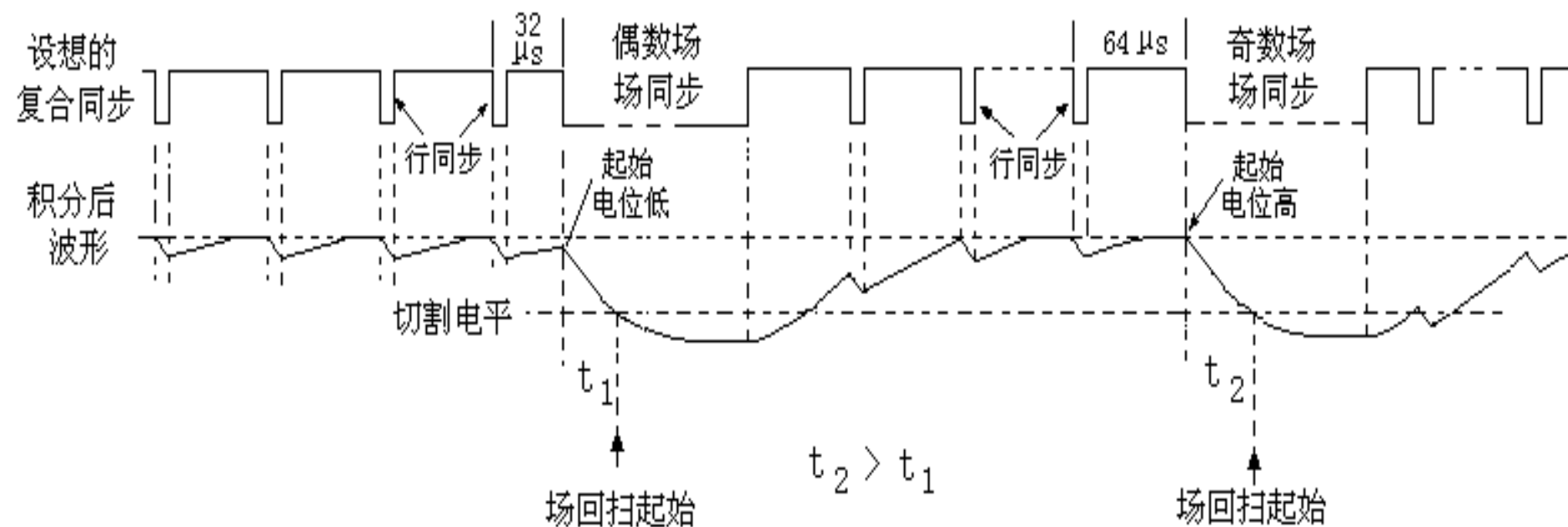
(1) 为使场消隐期间不失去行同步信息，保证场消隐期间没有图像信号，但仍有行同步脉冲，否则场扫描正程开始时行扫描不能保持同步，使画面出现扭曲。



(2) 为使场同步期间不失去行同步信息，在整个场同步宽度上每隔半行开一个槽——槽脉冲（4.7微秒），后沿和行同步前沿一致。

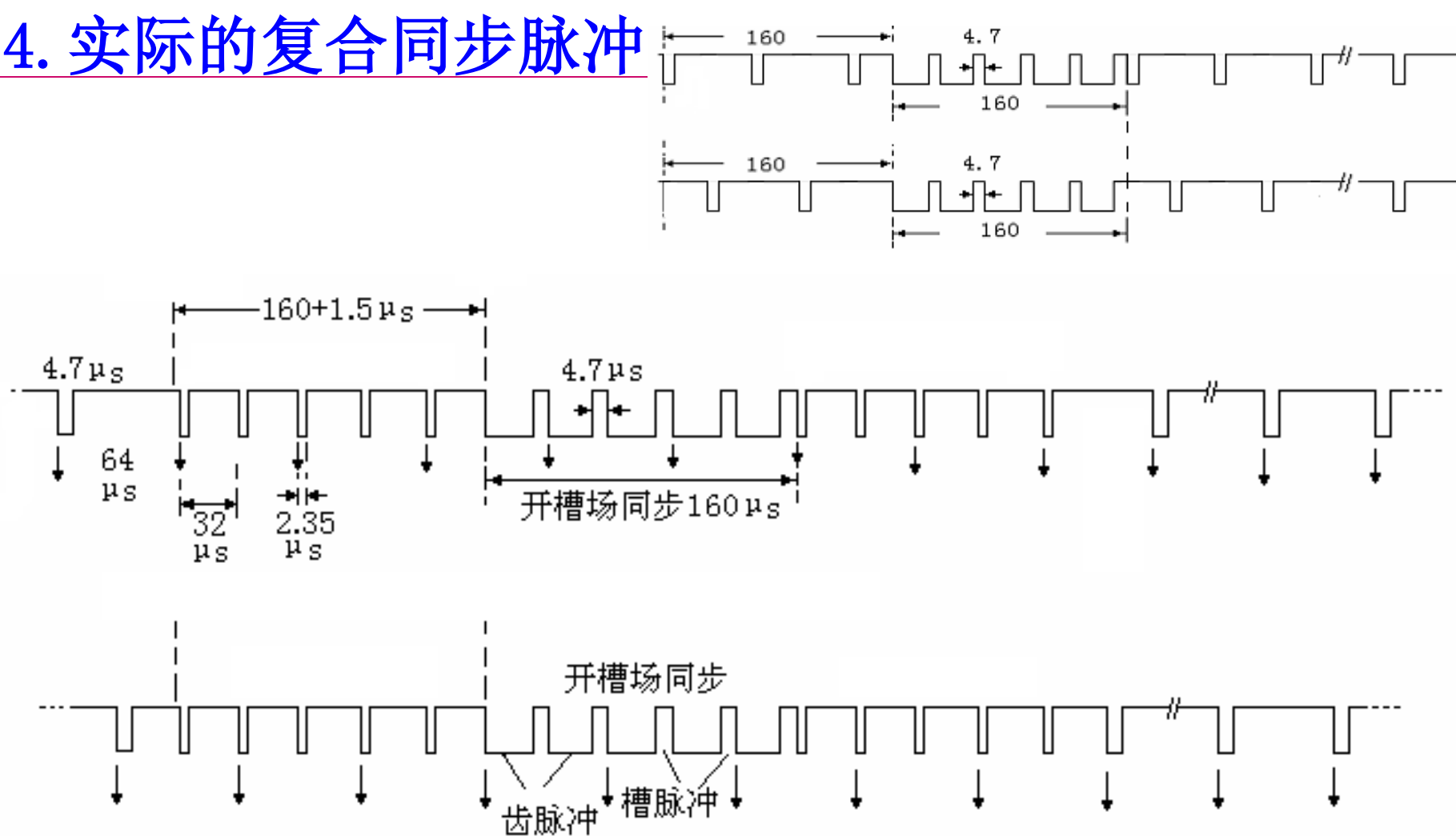


目前的复合同步脉冲仍不完美

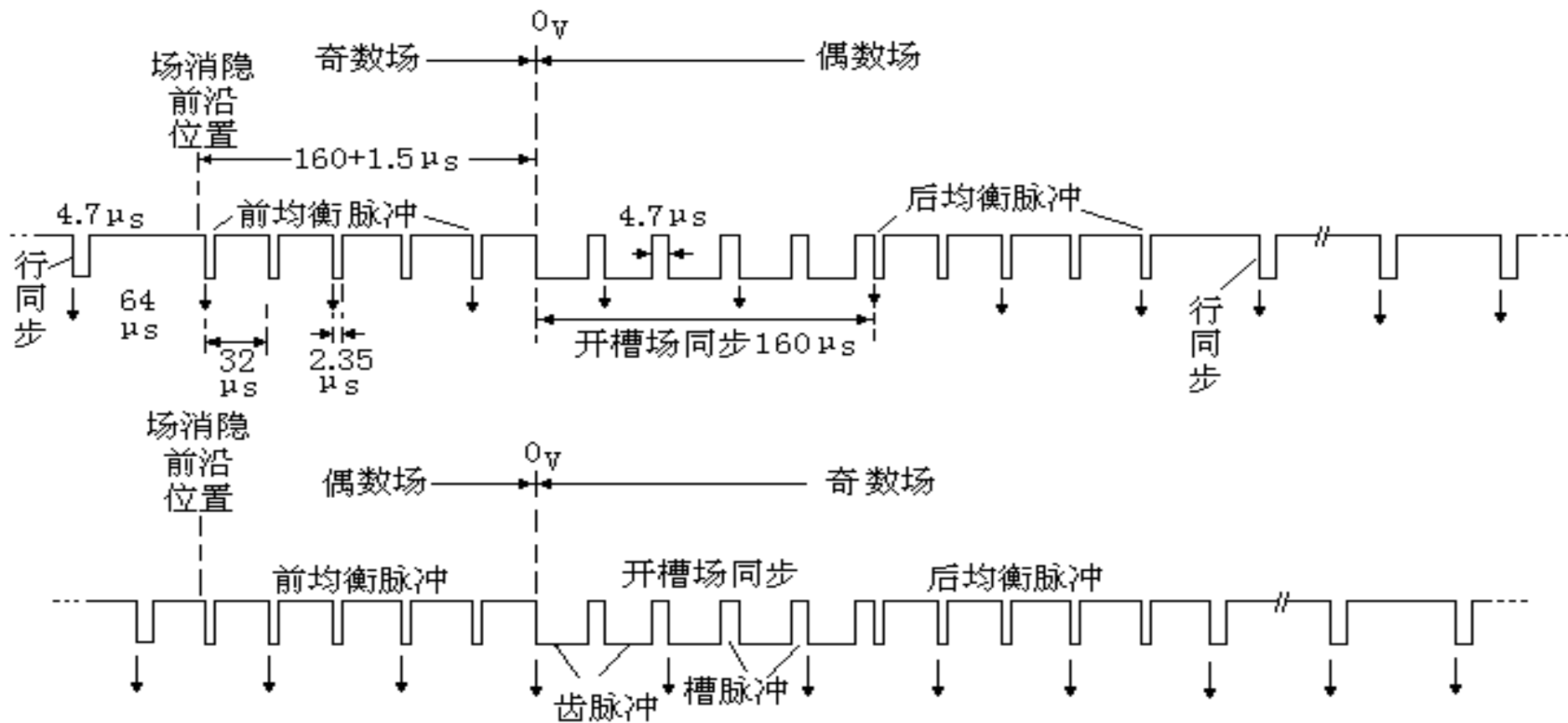


4. 实际的复合同步脉冲

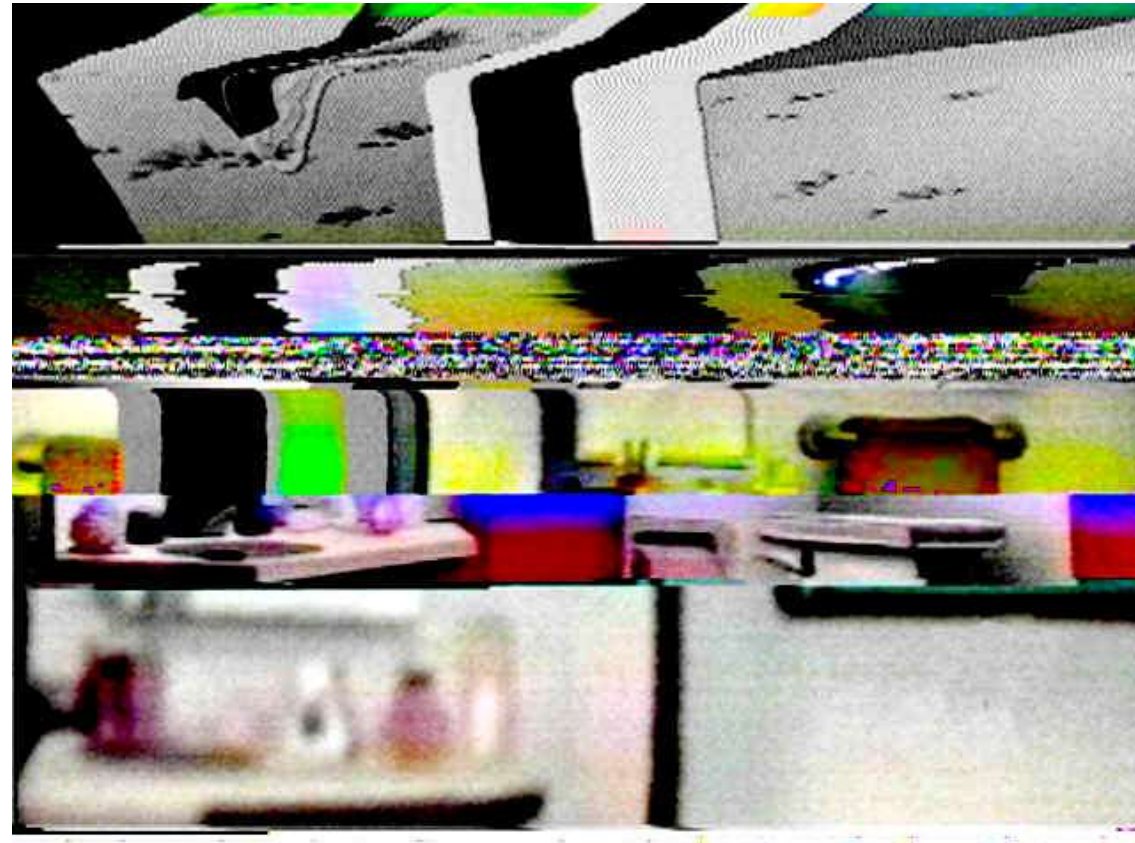
电视原理 2017/9/18

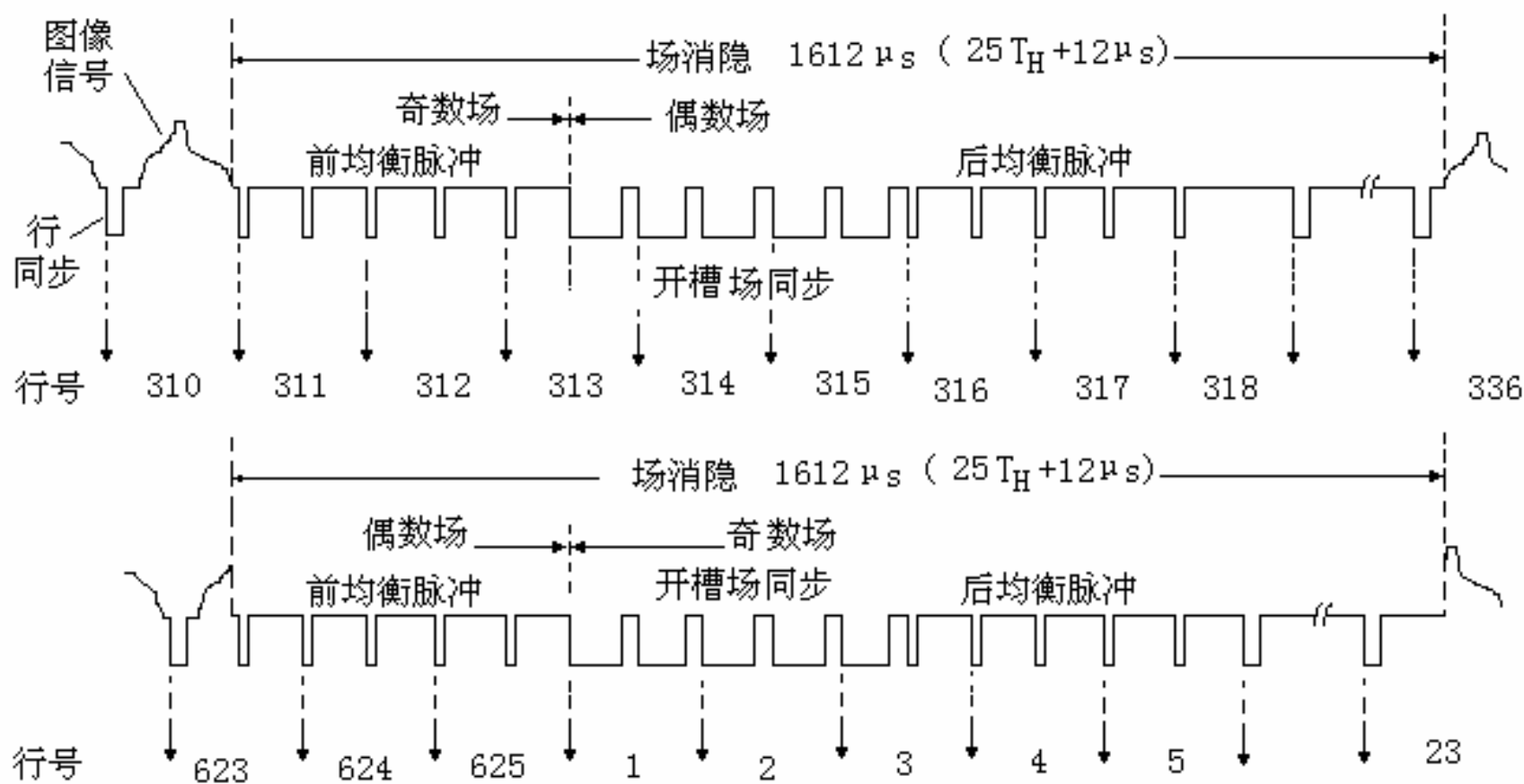


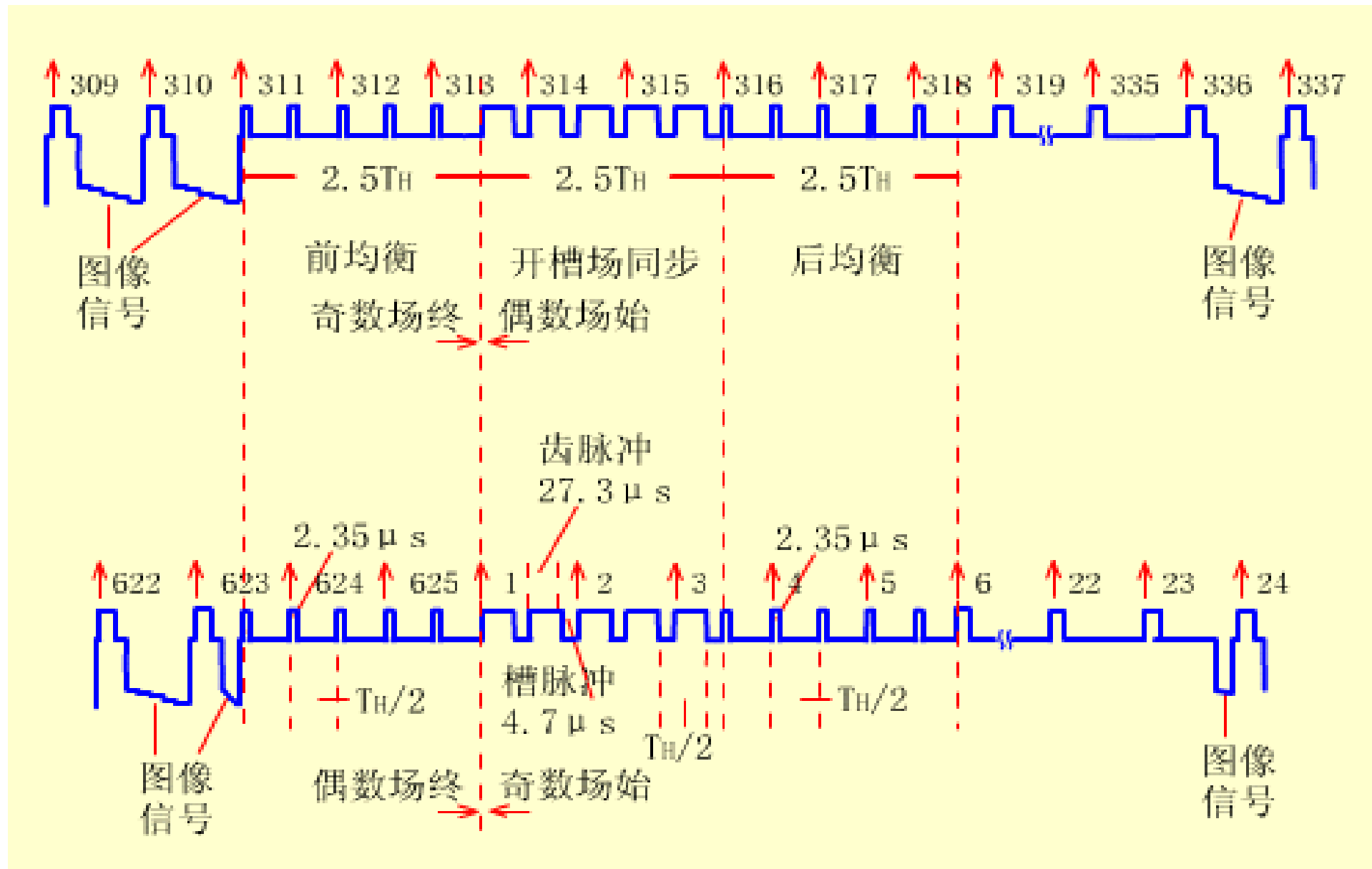
3) 为减小两场场同步积分波形的不一致，场同步前换入5个前均衡脉冲。将两个场同步前的波形差异推远一些。

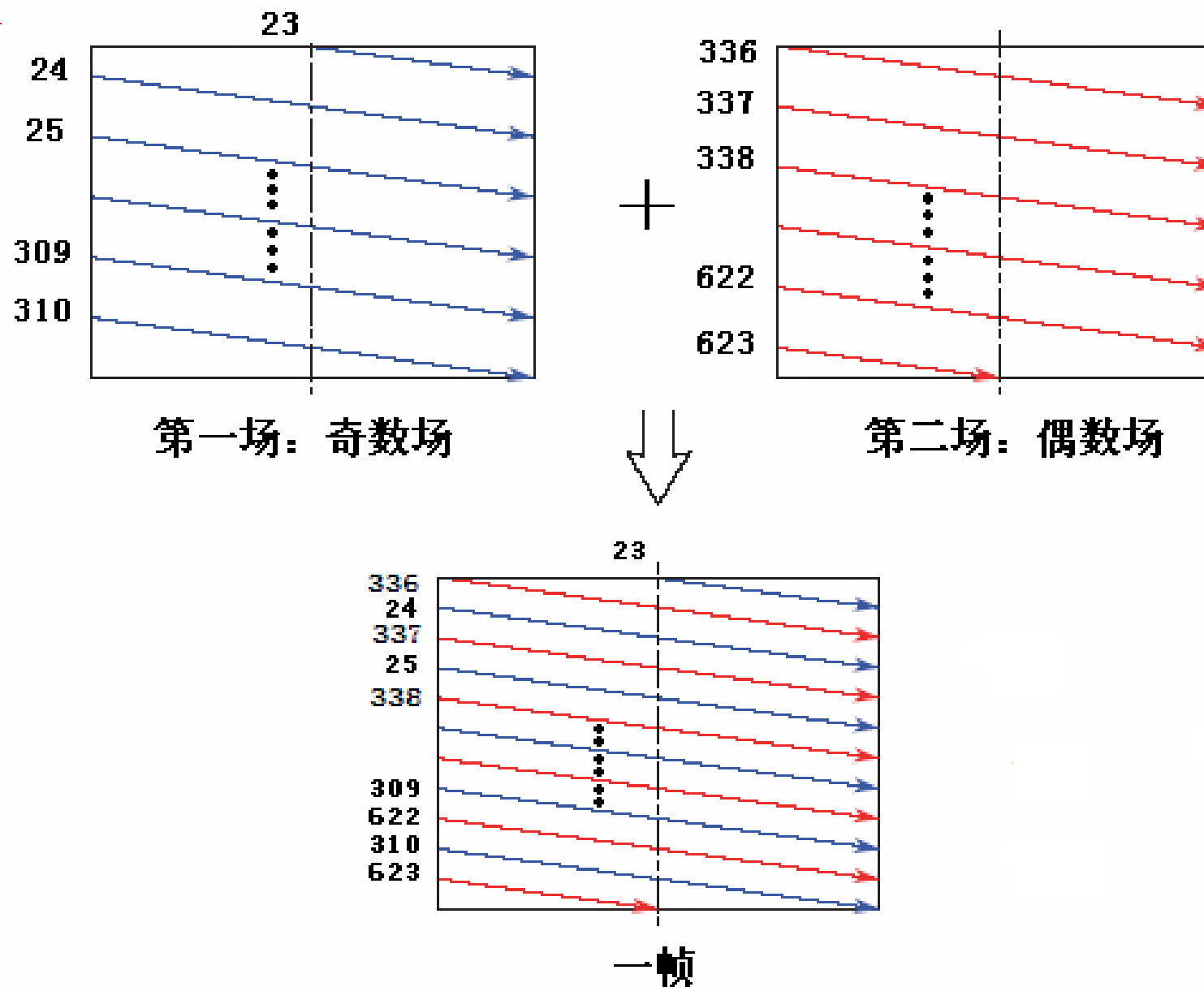


同步的作用





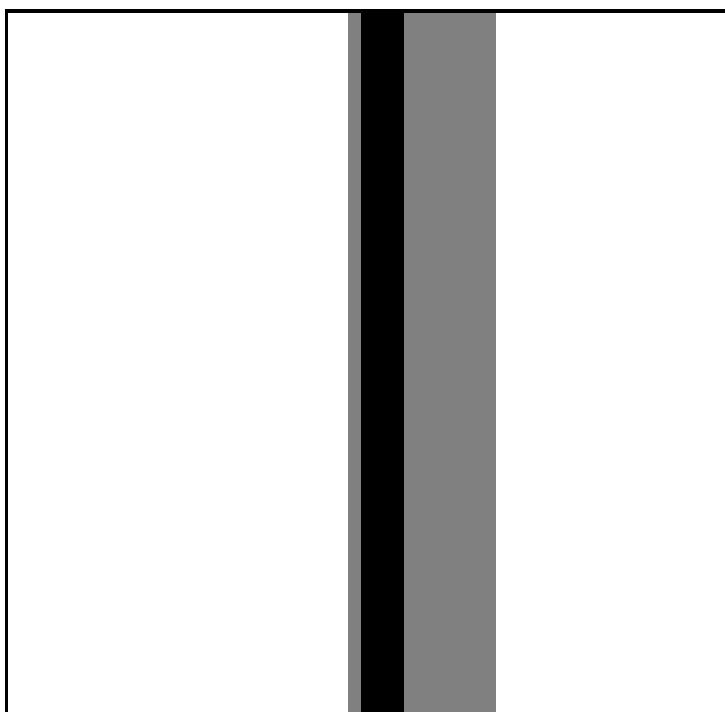




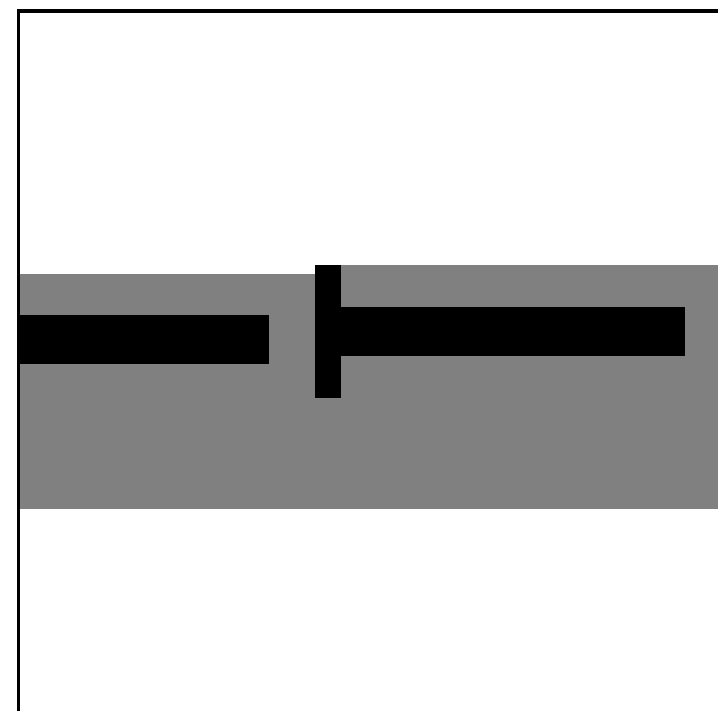
关于消隐和同步信号 在监视器的显示

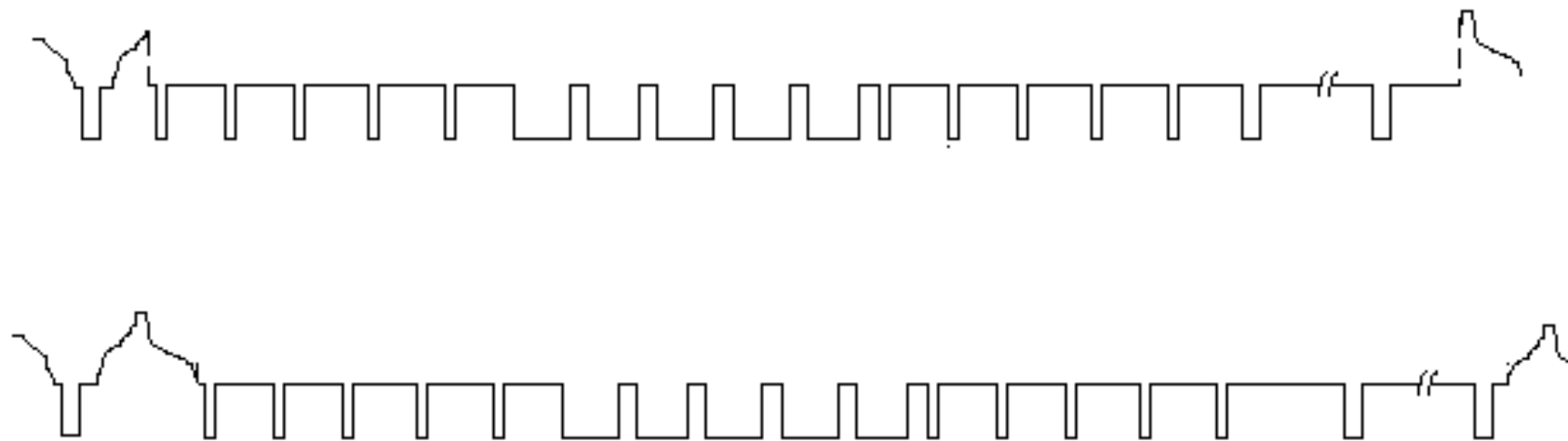
让行扫描或场扫描信号延时

行扫描延时半行



场扫描延时半场





第四节 黑白图像信号的频带

电视图像信号的频带

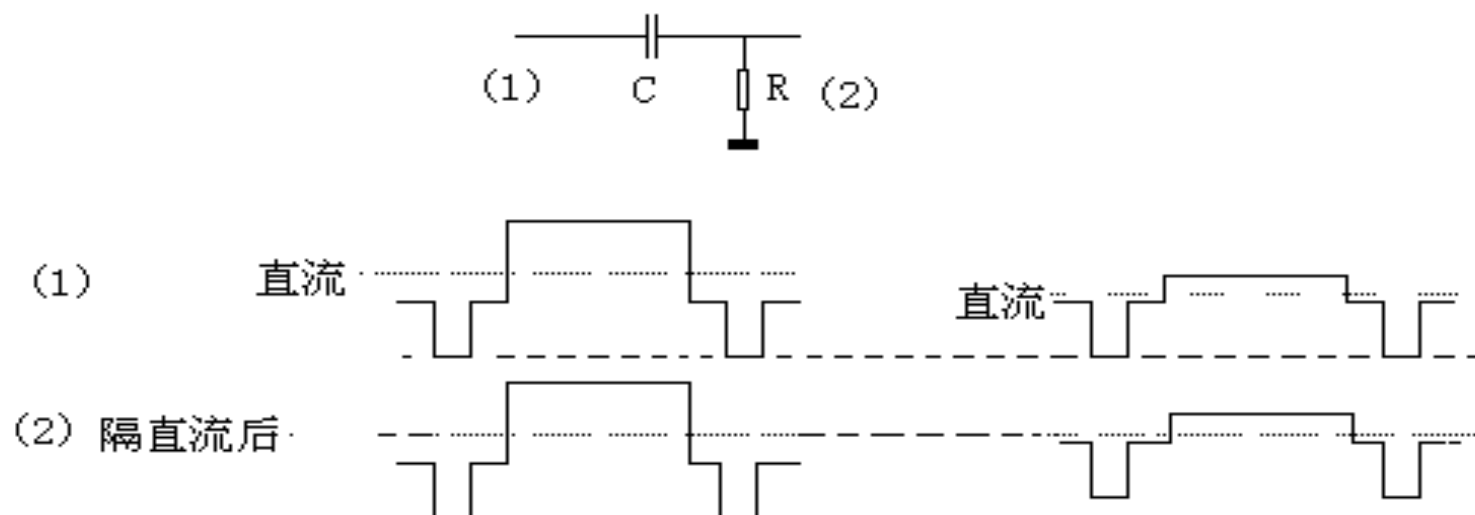
频带是指带宽,即最高频率和最低频率之差。

1、 图像信号的最低频率

电视图像信号是单极性，平均电平（直流）不为**0**，如果场景有变化，平均亮度变化也是很慢的。图像信号的最低频率接近**0Hz**。

箝位电路(Clamp Circuit or DC restore)

交流耦合的影响:



最高频率和电视系统的分解力有关

(1) 分解力--- 分解与综合图像细节的能力。

图像分解的像素越多，分解力越强，图像信号的最高频率越高。

水平分解力



垂直分解力

(A) 垂直分解力——（用电视线/TVL表示）

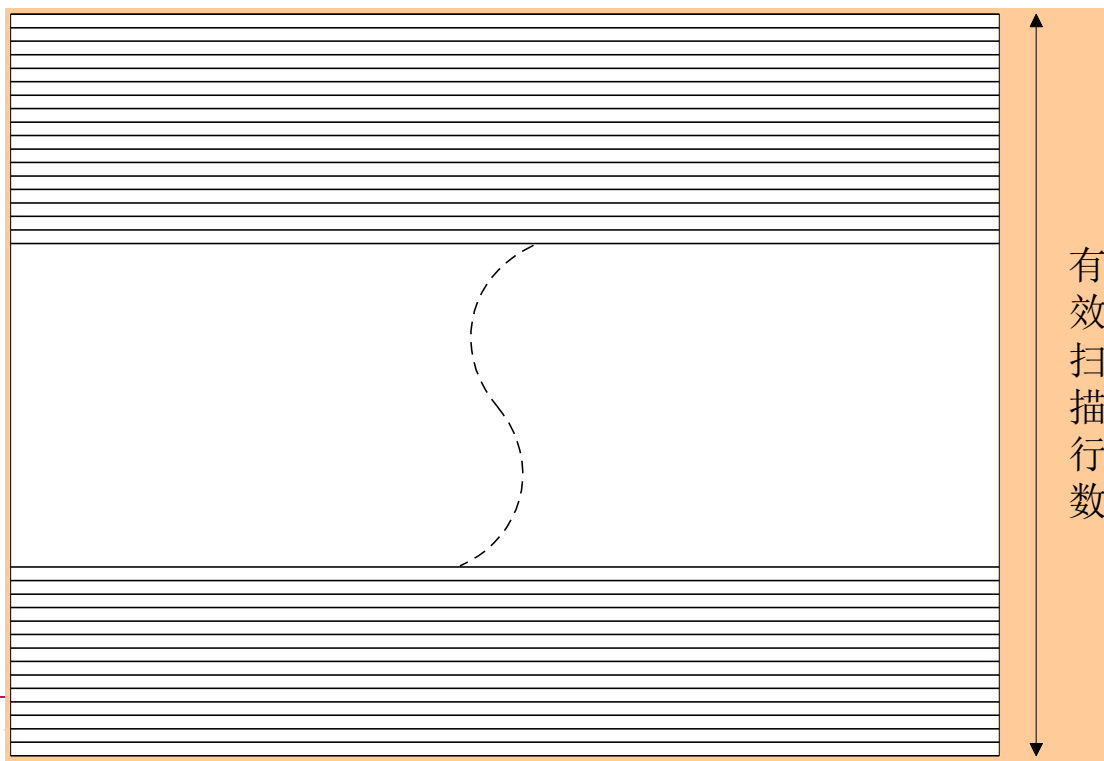
沿画面垂直方向所能分解的像素数或黑白相间的横条数。

理想（系统）的垂直分解力主要取决于有效扫描行数。

理想垂直分解力等于有效扫描行数 Z'

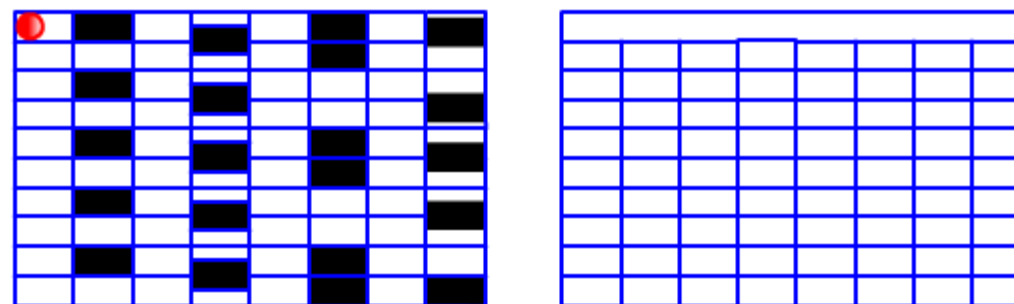
$$Z' = Z(1 - \beta) \quad (\text{PAL: } 575\text{TVL})$$

此时一场全为白，一场全为黑。



由于画面垂直细节与电子束扫描线间的相对位置关系有随机性，实际的垂直分解力小于有效行数（575TVL）。

垂直分解力的几种情况



实际的垂直分解力在有效扫描行数和二分之一有效扫描行数之间，一般取统计平均值， $M = K_e \times Z (1 - \beta)$ ， K_e 为0至1，一般取0.75，故 $M=431\text{TVL}$ ， K_e 称为凯尔系数(垂直)。

理想（系统） 垂直分解力=有效扫描行数 Z' ：
 $Z (1-\beta)$

实际的垂直分解力，考虑凯尔系数：
 $\underline{K_e} \times Z (1-\beta)$



(B) 水平分解力

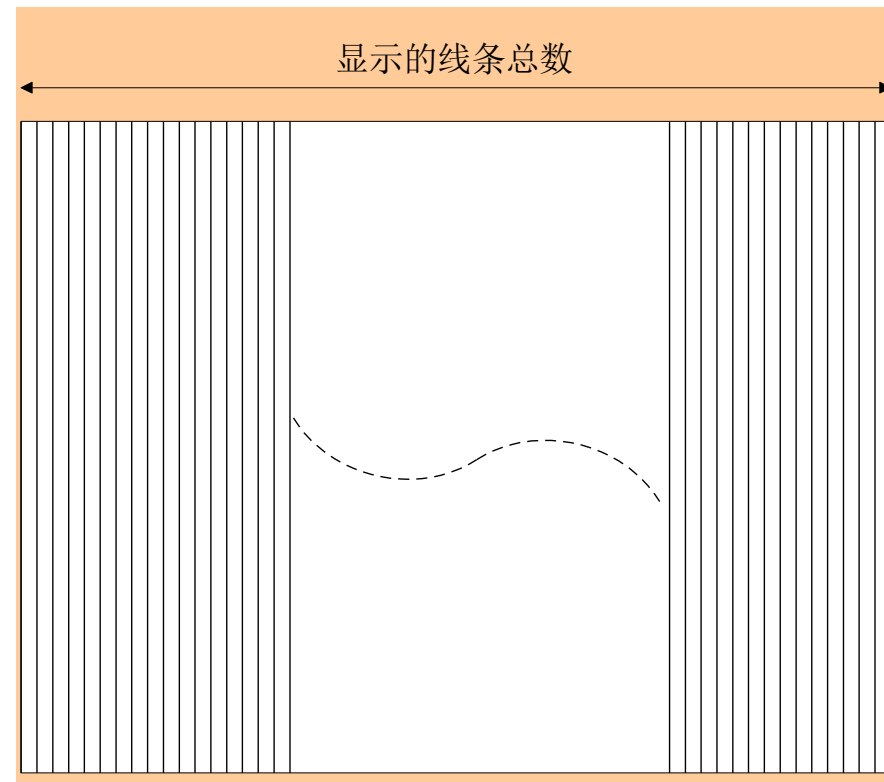
沿水平方向所能分解的像素数或黑白相间的竖条纹数。

水平分解力有限的原因：

- 摄像端每行的CCD光电转换单元数有限；
- 通道通频带有限，过高频率通不过。

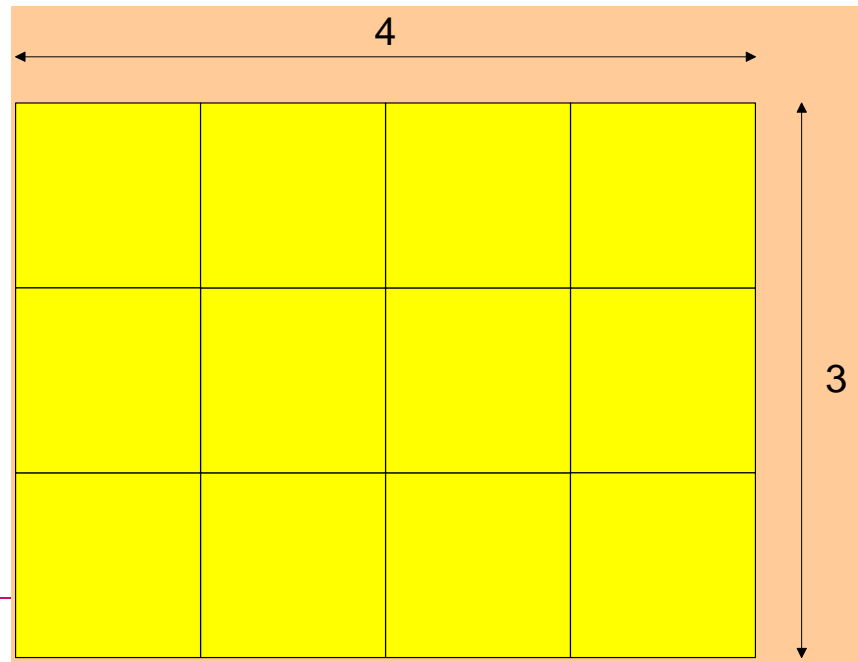
水平分解力 - 绝对水平分解力

- 绝对水平分解力的定义：水平方向实际显示的线条数
- 例如，在水平方向上显示400条线（黑色/白色各200条）时称水平分解力为400线

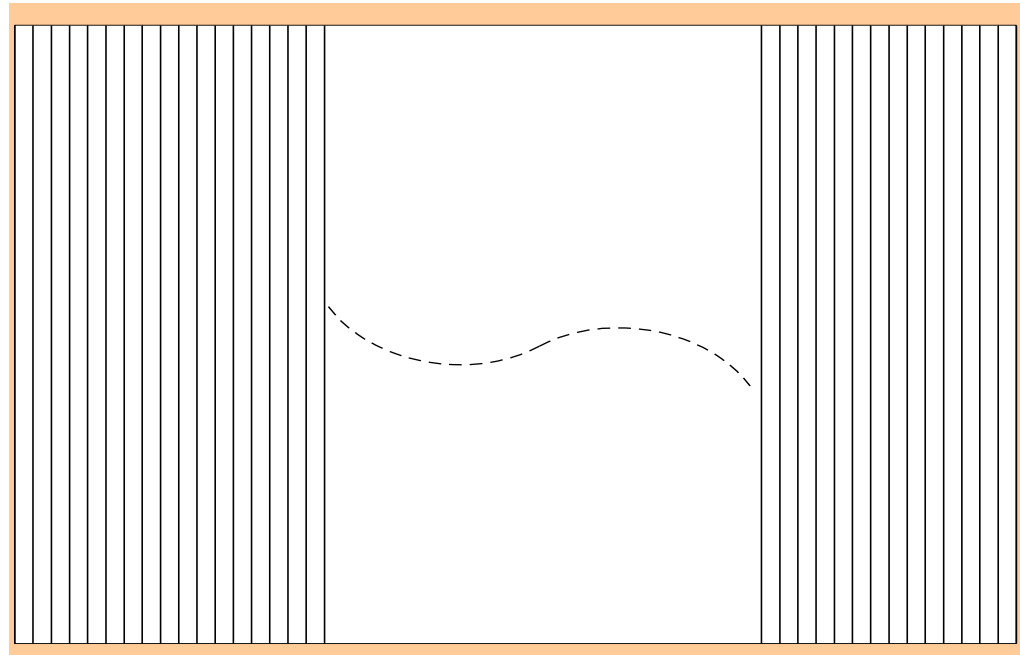


水平分解力- 相对水平分解力

- 因为电视画面的宽高比是4:3，所以在像素尺寸相同的条件下水平方向上能够容纳的像素数量是垂直方向上的4/3倍
- 例如，在线距相同的情况下垂直方向显示300条线时水平方向上能够显示400条线



- 为了在同一系统中用相同的度量方法表示不同方向上的分解力，在电视技术中把画面高宽比与水平方向上显示线条数的乘积称为电视线
- 例如，在水平方向上显示400条线时称水平分解力为300 电视线(TVL) ($400 \times \frac{3}{4} = 300$)



□系统（理想）的水平分解力：

根据帧型比，在像素是方形的前提下，通过理想垂直分解力折算出的水平分解力。

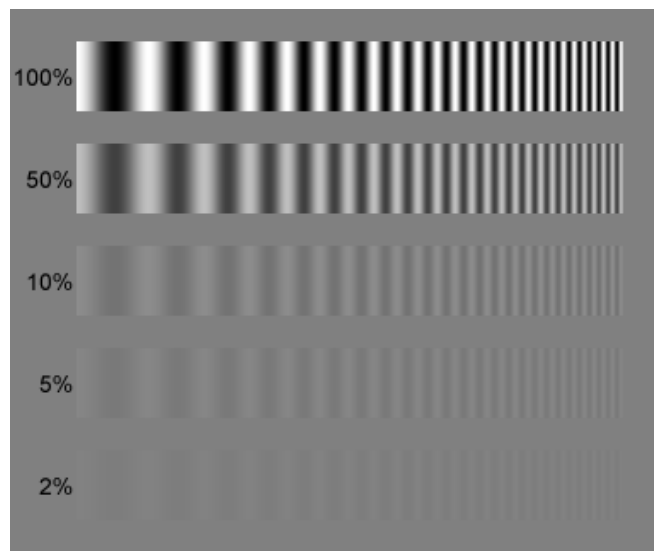
□合理的水平分解力：

根据帧型比，在像素是方形的前提下，通过实际垂直分解力折算出的水平分解力。

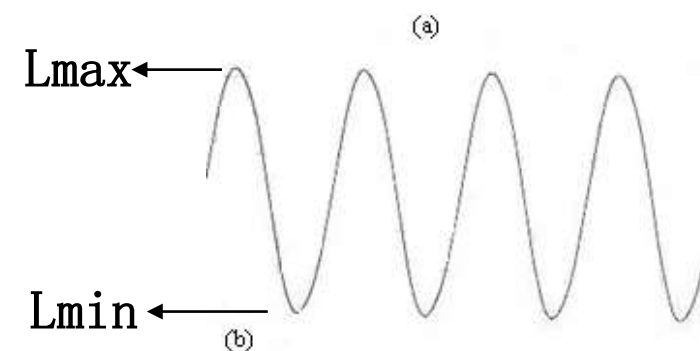
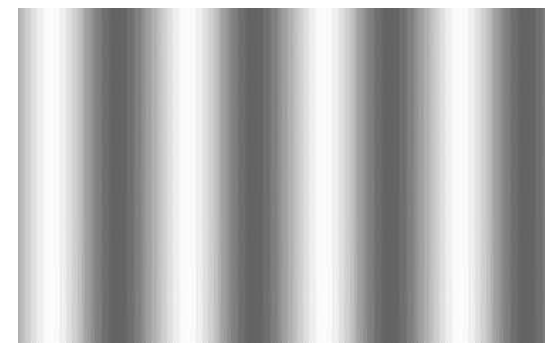
水平分解力N与垂直分解力M的关系：

$$N = (1_H/1_V) M = (4/3) M$$

（一般 $1_H/1_V=4/3、16/9$ ）



调制度



调制传递函数的测试图

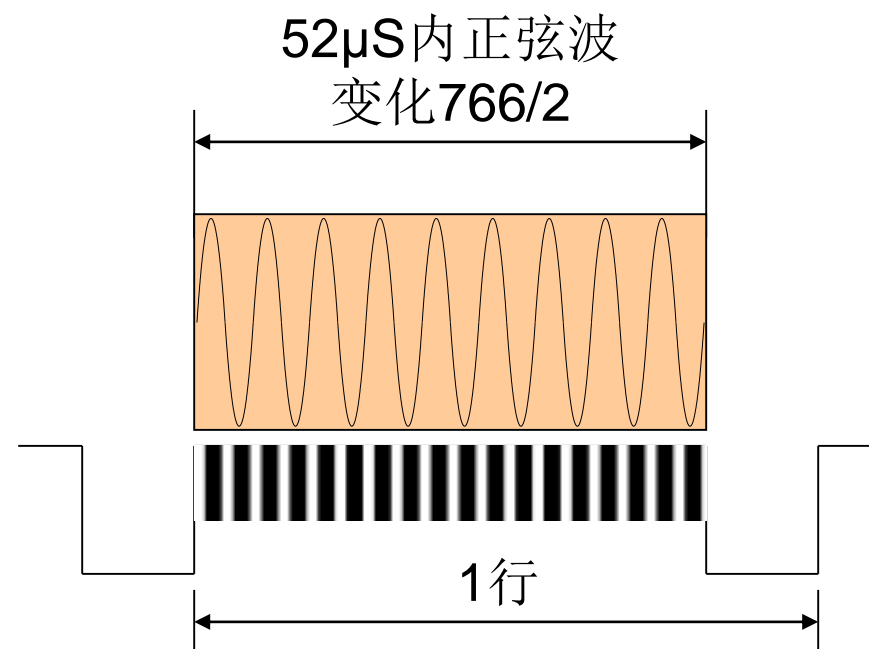
调制度 m = 图像信号峰峰值/图像信号最大峰峰值
 m 下降到33.3% , 还能分辨黑白条, 但对比度下降了。
 再小就不行了。

产生最高频率, 而且调制度为100% 的图像应该是宽度恰好等于像素宽度的黑白相间竖条。

对于625/50系统, 一行正程52微秒, 理想的水平分辨力为 $575 \times 4/3 = 766$ 线, 两个像素的时间, 即最高频率的周期为

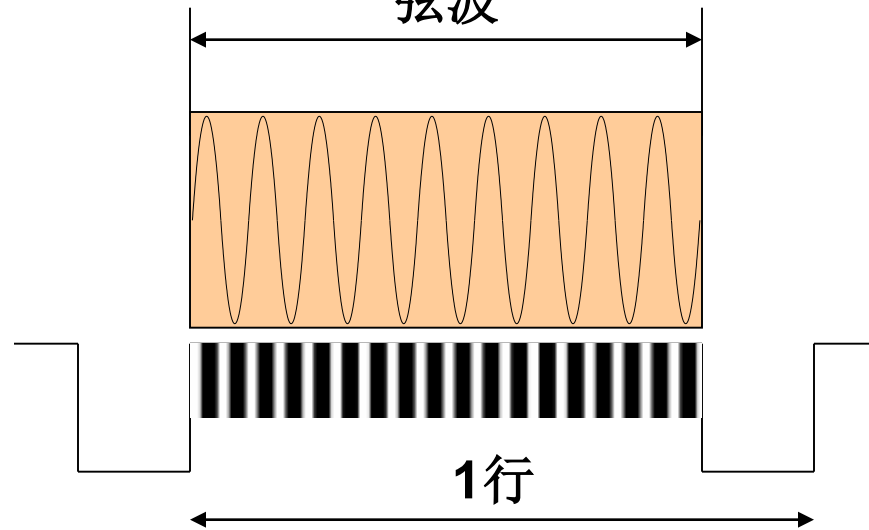
$$52 \mu s \div 766 \times 2 = 0.13577 \mu s,$$

最高频率=7.37MHz 。



52 μ S内通过1MHz的正

弦波



行业内说法，1MHz带宽
给出78TVL水平分解力，显
示调制度为100%的104条黑
白相间竖条。

每1MHz带宽相当于：

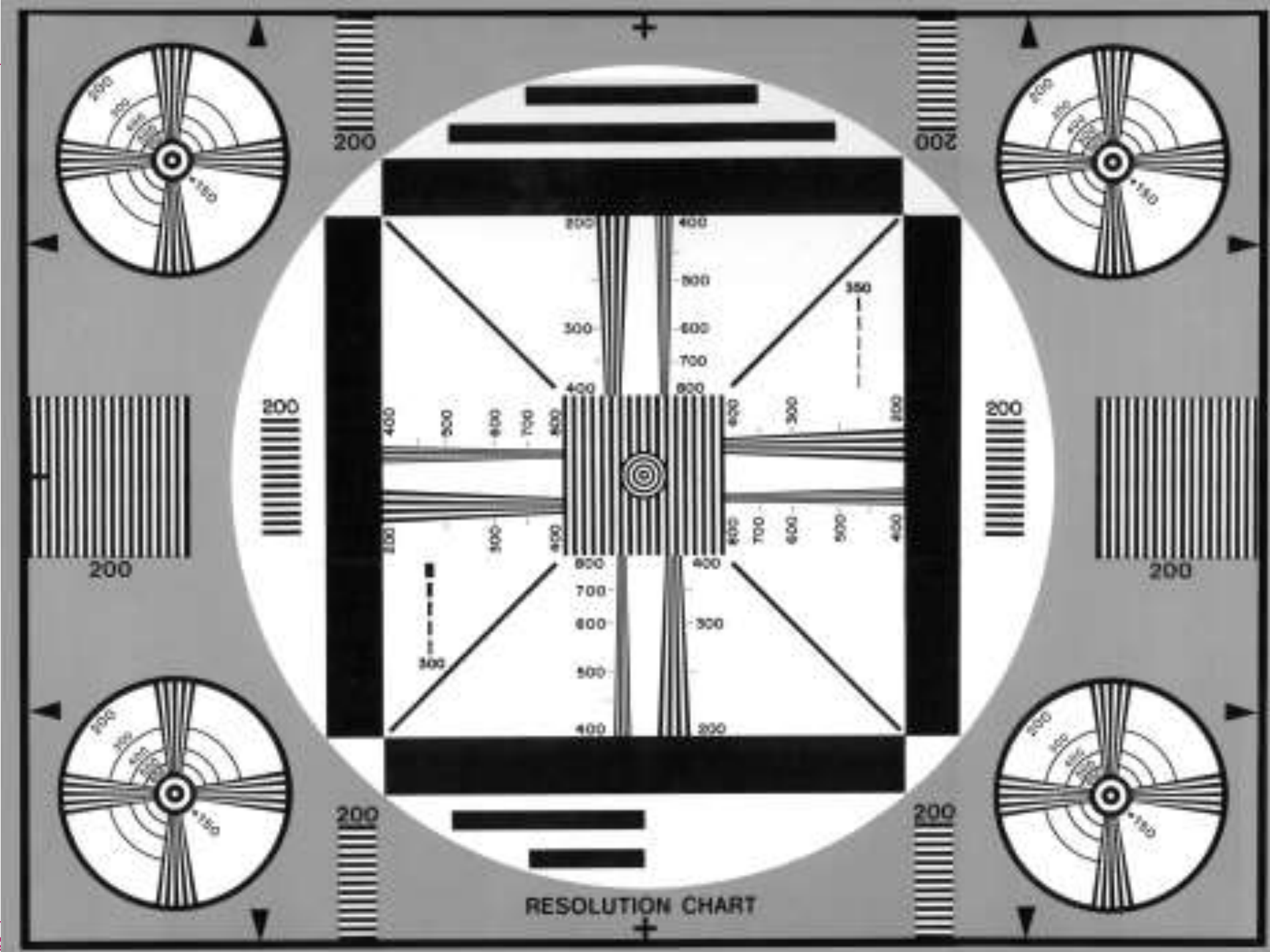
$$2 \times 52\mu\text{s} \times 1\text{MHz} = 104\text{线} / 1\text{ MHz}$$

$$2 \times 52\mu\text{s} \times 1\text{MHz} \times 3/4 = 78\text{电视线} / 1\text{ MHz}$$

理想通频带（766/104）为7.37MHz

考虑 $K_{ev}=0.75$ 时，

实际合理的通频带（575/104）为5.5MHz





理想（系统）的水平分解力 \longleftrightarrow 理想（系统）垂直分解力

不考虑垂直凯尔系数

合理的水平分解力 \longleftrightarrow 实际垂直分解力

考虑垂直凯尔系数

实际的水平分解力 \longleftrightarrow 带宽

已知我国高清晰度电视标准如下：帧频：**25Hz**；每帧总扫描行数：**1125行**；有效行数：**1080行**；宽高比：**16：9**；扫描方式为隔行扫描，行逆程系数为**0.273**。设垂直凯尔系数为**0.75**，求：

- 1.实际的垂直分解力与合理的水平分解力。
- 2.图像信号的最高频率。
- 3.若视频通道通频带为**30MHz**，计算水平方向能够传送的黑白竖条数。

解：

1. 实际的垂直分解力为 **$1080 \times 0.75 = 810$**
合理的水平分解力 **$810 \times 16/9 = 1440$**

2.
$$f_{\max} = \frac{1}{2} \cdot \frac{l}{h} \cdot z^2 \cdot f_F \cdot \frac{1-\beta}{1-\alpha} = 37.14\text{MHz}$$

3. 行周期为： **$1/(25 \times 1125) = 35.56\mu\text{s}$**

行正程为 **$35.56 \times (1-0.273) = 25.85\mu\text{s}$**

1MHz可传送黑白竖条数51.7条，30MHz可传送1551条。

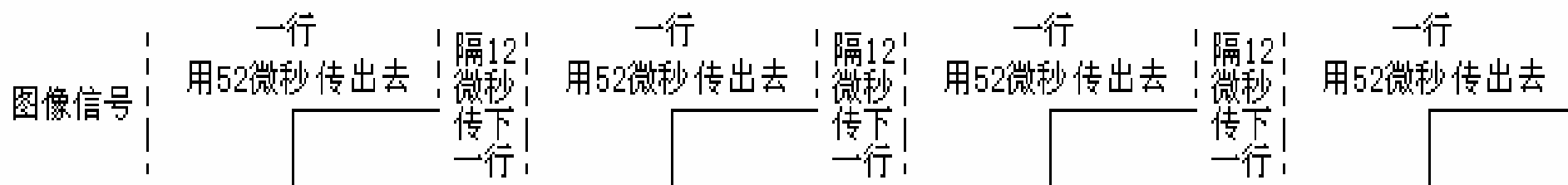
或 $25.85\mu\text{s} \times 30\text{MHz} \times 2 = 1551$ 条

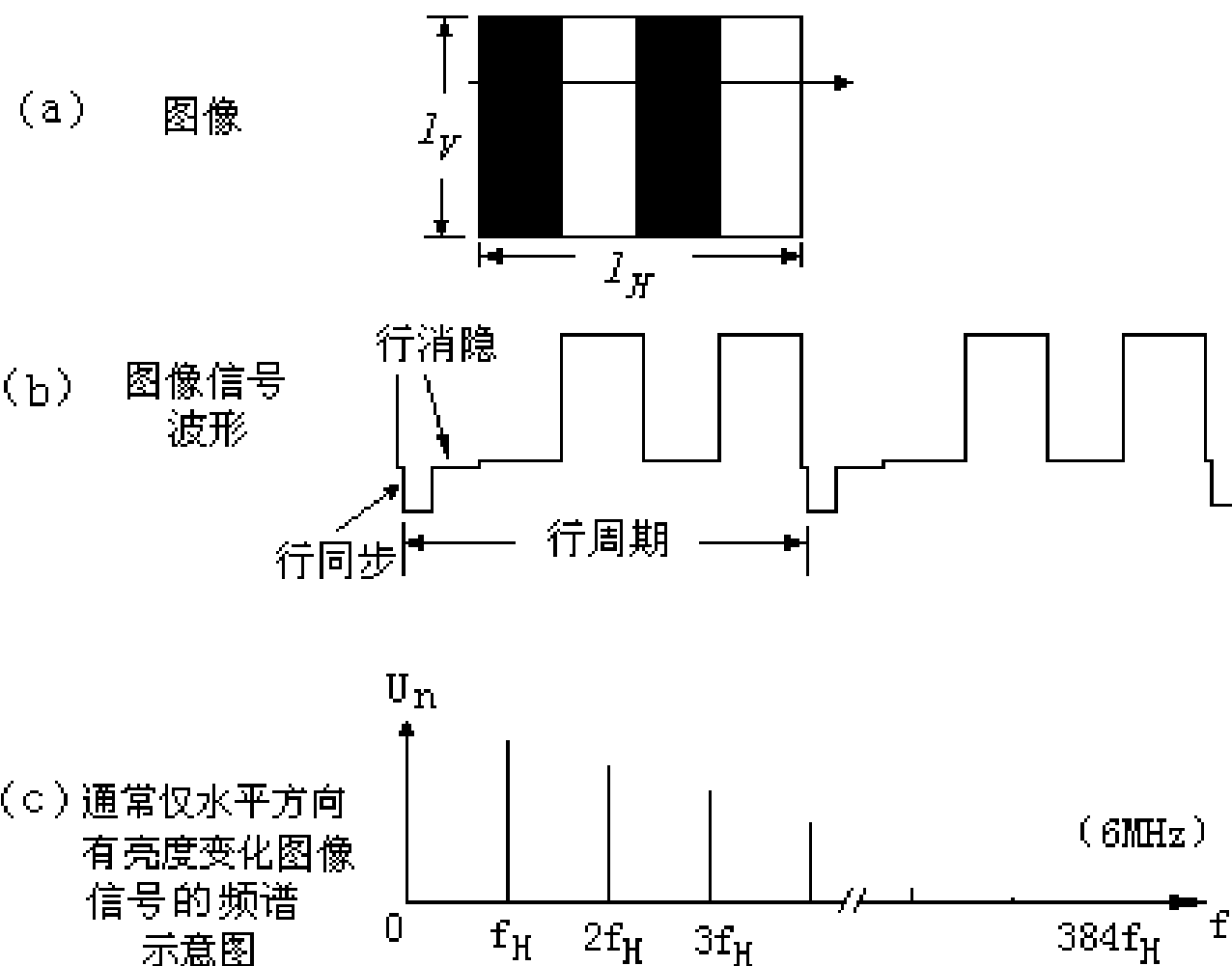
第五节 黑白图像信号的频谱

1、 静止图像的频谱（忽略场消隐信号）

（A）图像只在水平方向有亮度变化：

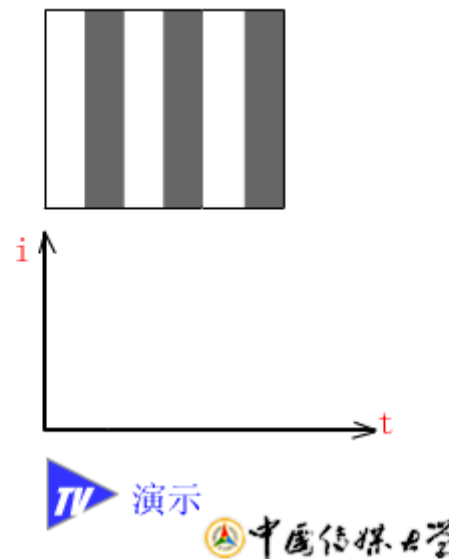
只有行周期性，无场、帧周期性。





结论：（1）包含的频率为行频及其谐波，
用数学表达式表示是：

$$i(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \dot{C}_n e^{2\pi j \underline{nf_H} t}$$

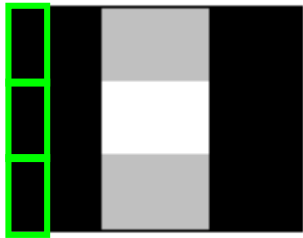


图像信号为线状频谱，只在行频及其行频整数倍的频率上（ nf_H ）有能量。

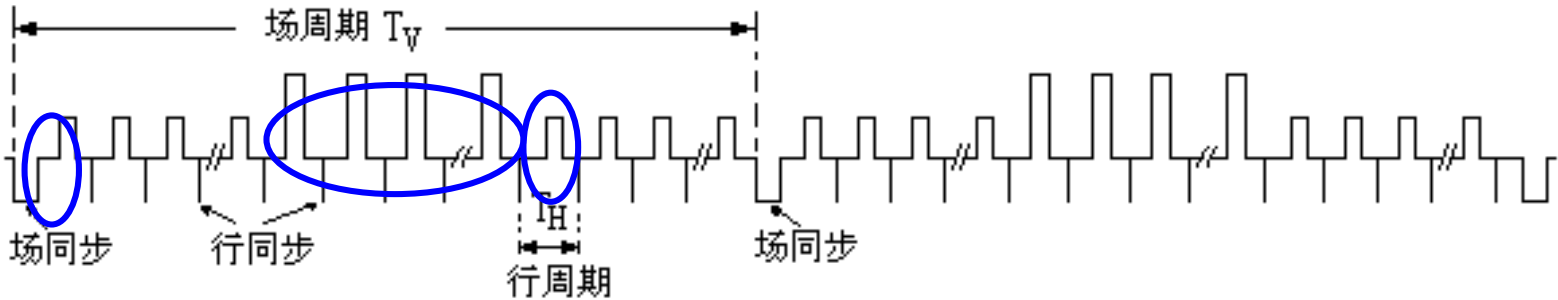
（2）由于图像的固有特性、孔阑效应、通道通频带等因素，通常 n 越大，幅度越小。对于**6MHz**带宽，最高次数为**384**（ $6 \times 10^6 / 15625$ ）。

(B) 垂直方向也有亮度变化的静止图像（两场相同）

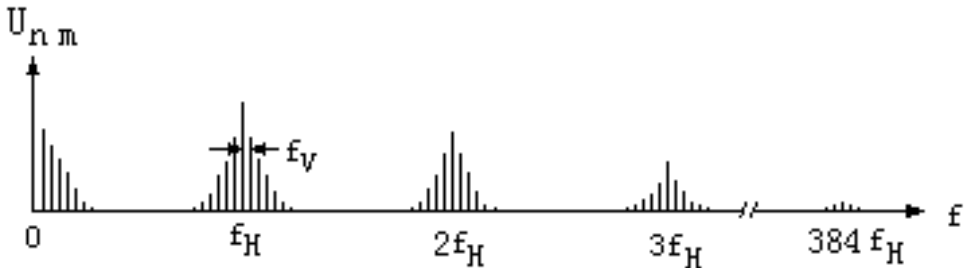
(a) 图像



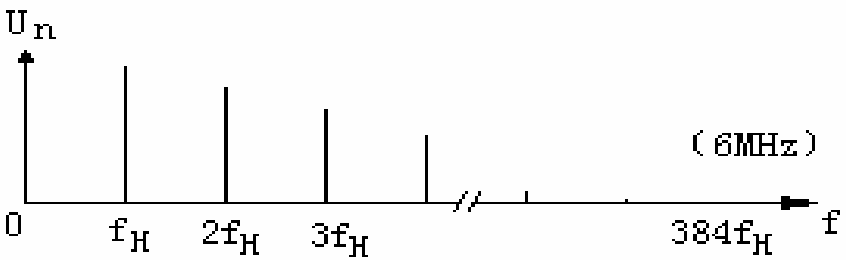
(b) 图像信号波形



(c) 图像信号频谱示意图



通常仅水平方向
有亮度变化图像
信号的频谱
示意图



结论:

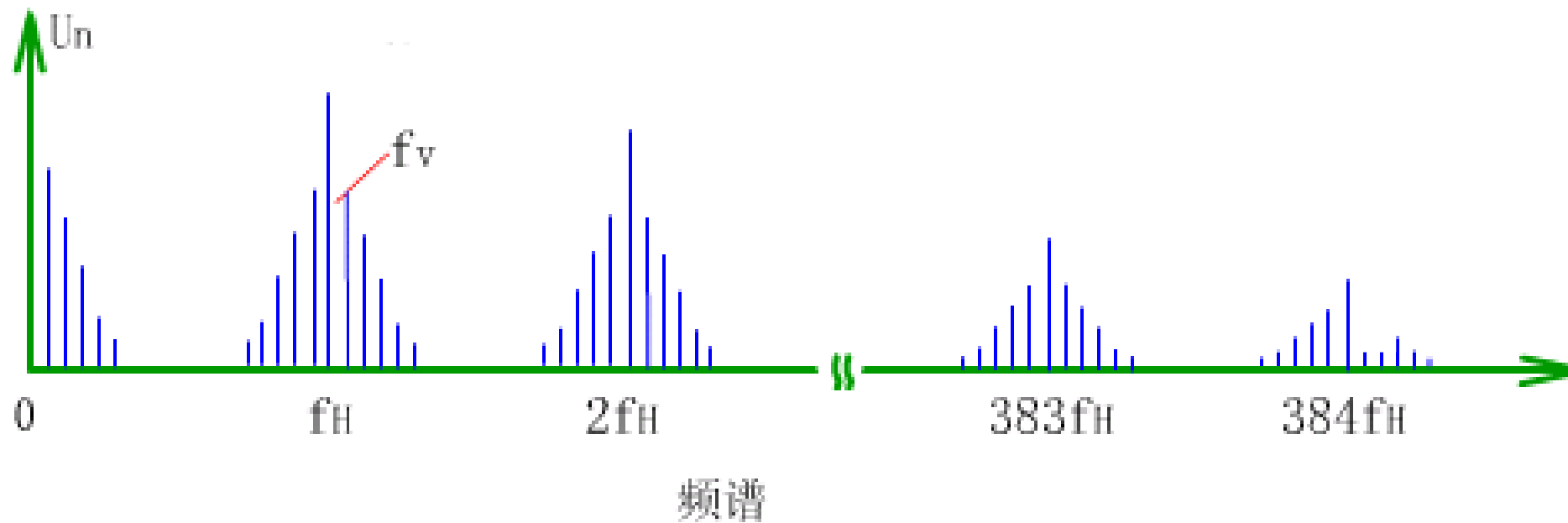
(a) 由于电信号的波形每场重复(奇偶场相同), 可以看成是行频脉冲受场频信号调幅的结果。使行频频谱上产生出场频和场频谐波的边带。用数学表达式表示是:

$$i(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \dot{C}_{nm} e^{2\pi j (nf_H + mf_V) t}$$
$$f_{nm} = nf_H \pm mf_V$$

频率成分为:

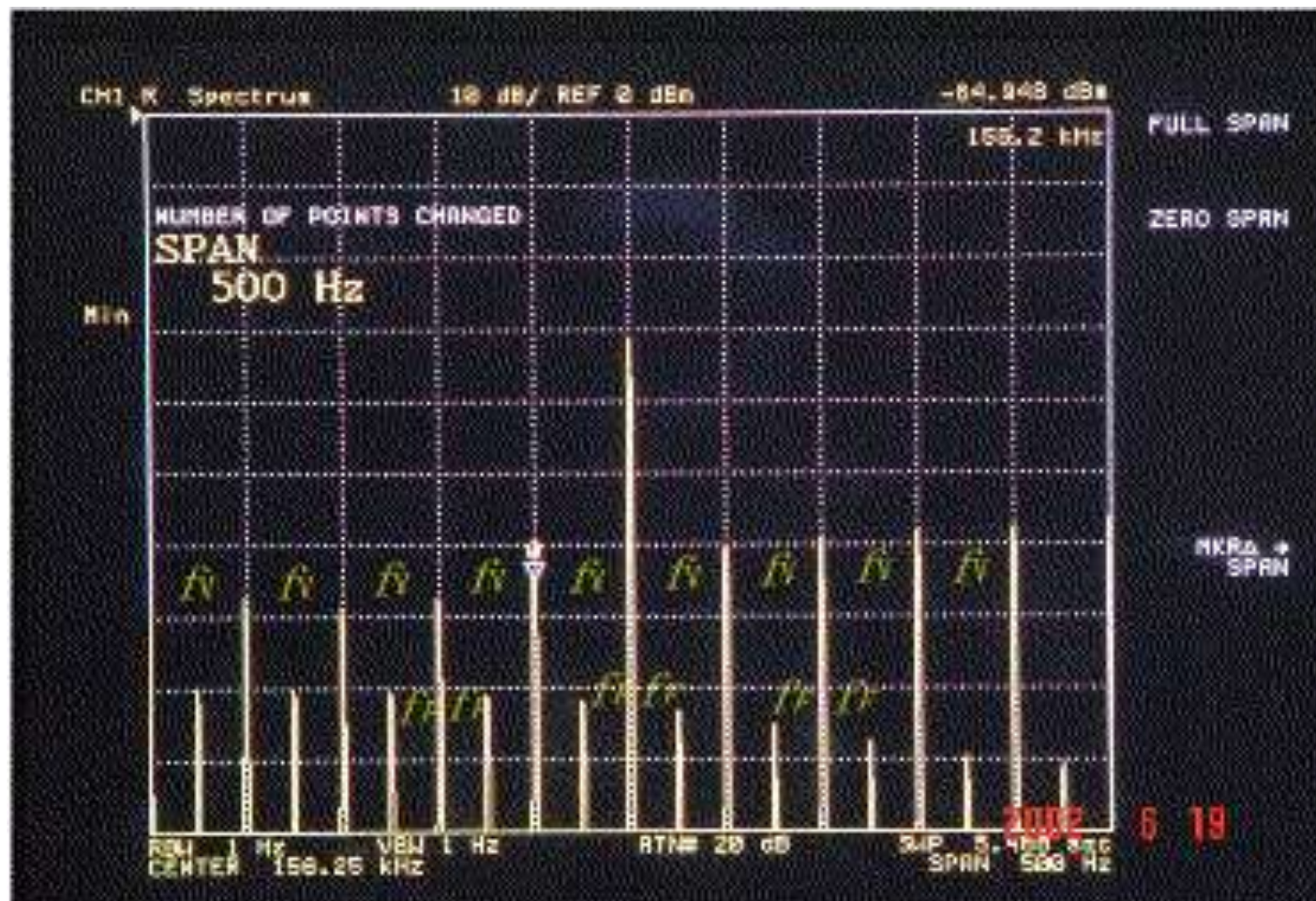
(m、n都为正整数)

垂直方向有亮度变化的静止图像（两场相同）



(b) 垂直方向有细节变化的静止图像
指两场有差异图像，此时，波形按帧周期重复，
频谱成分为：

$$f_{nm} = nf_H \pm mf_F$$

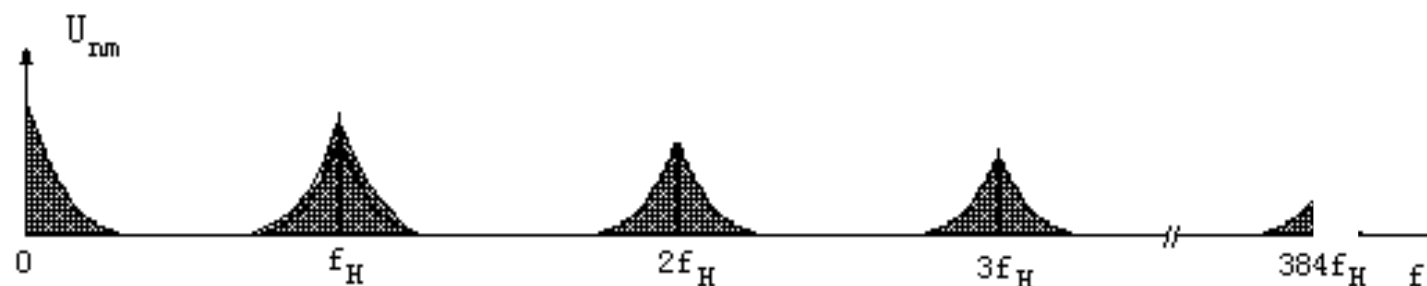


..... Y Y Y Y Y

中心频率 = 156.25kHz = 10⁶/6.4

2. 运动图像的信号频谱

运动图像的行间、场间仍有一定的相关性，具有准周期性。频谱结构和静止图像差别不大，只是副谱线依时间作左右摆动。



说明：图像信号频谱的离散又成群的结构（梳状结构）。
半行频奇数倍的频率附近有**1/3**的空隙区，可以利用。



电视图像信号的频谱

本章结束!

谢谢!