

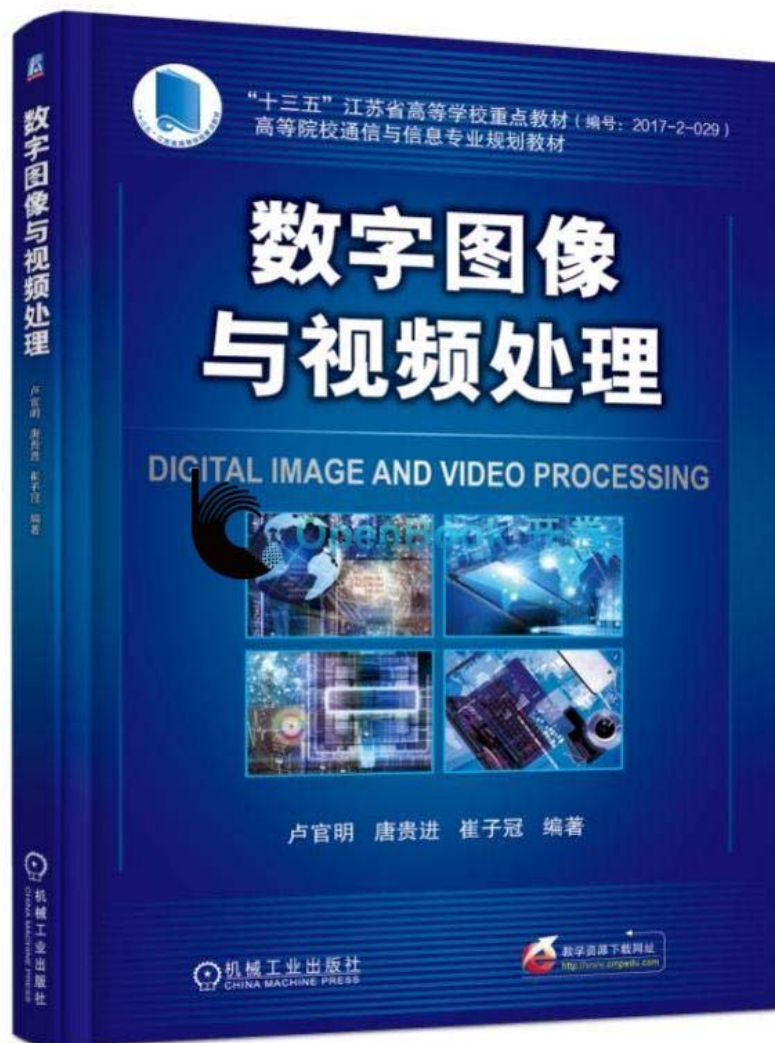
南京邮电大学
Nanjing University of Posts and Telecommunications

数字图像与视频处理

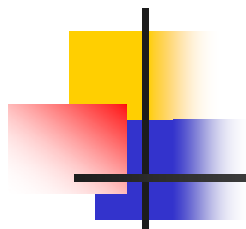
吴聪



教材



- 数字图像与视频处理
- 作者：卢官明
唐贵进 崔子冠
- 机械工业出版社



第1章 数字视频基础知识

- 1.1 光的特性与光源
- 1.2 彩色三要素与三基色原理
- 1.3 人眼的视觉特性
- 1.4 图像信号的数字化
- 1.5 彩色模拟电视制式
- 1.6 视频信号的数字化
- 1.7 MATLAB在数字图像与视频处理中的应用
- 1.8 小结



1.1 光的特性与光源

1.1.1 光的特性

光是一种电磁波。

电磁辐射的波长范围很宽，按波长从长到短的顺序排列，依次是无线电波、红外线、可见光、紫外线、X射线和宇宙射线等。

图1-1是按波长的顺序排列的电磁波谱。

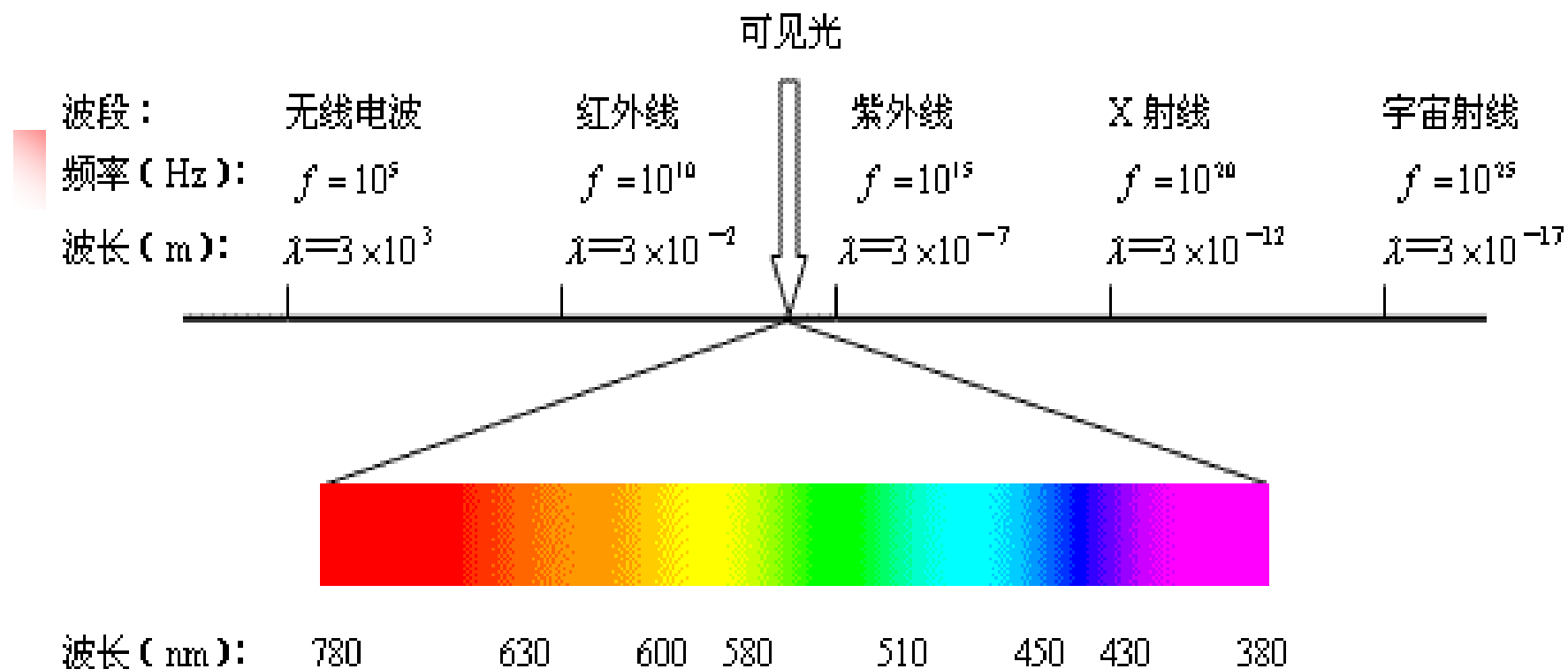
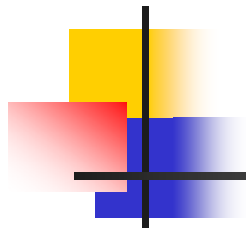


图1-1 电磁波谱

- 波长在380~780nm范围内的电磁波能够使人眼产生颜色感觉，称为可见光。可见光在整个电磁波谱中只占极小的一段。



1.1 光的特性与光源

1.1.2 光通量和发光强度

1. 光通量

- 光通量是按人眼的光感觉来度量的辐射功率，用符号 ϕ 表示，其单位名称为**流明(lm)**。
- 当 $\lambda=555\text{ nm}$ 的单色光辐射功率为1 W时，产生的光通量为**683 lm**，或称**1光瓦**。
- 在其他波长时，由于相对视敏度 $V(\lambda)$ 下降，相同辐射功率所产生的光通量随之下下降。波长 λ 的单色光辐射功率为 $\phi(\lambda)$ 瓦时，相当于波长555 nm的单色光辐射功率为 $\phi(\lambda)V(\lambda)$ 瓦，光通量为 $\phi(\lambda)V(\lambda)$ 光瓦，或**683 $\phi(\lambda)V(\lambda)$ 流明**。



1.1.2 光通量和发光强度

➤ 非单一波长的光源，其发出之光通量，是它在各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，

$$\Phi = 683 \sum \phi(\lambda_i) V(\lambda_i) \text{ [lm]}$$

➤ 对于具有连续光谱功率分布密度 $\phi(\lambda)$ 的光源，

$$\Phi = 683 \int \phi(\lambda) V(\lambda) d\lambda \text{ [lm]}$$



1.1.2 光通量和发光强度

常用每瓦流明来表达一个光源或显示器的发光效率。

- ◆ **40 W**的钨丝灯泡输出的光通量为**468 lm**，发光效率为**11.7 lm/W**；
- ◆ **40 W**的日光灯可以输出**2100 lm**的光通量，发光效率为**52.5 lm/W**；
- ◆ 电视演播室卤钨灯发光效率可达**80~100 lm/W**。



1.1.2 光通量和发光强度

2. 发光强度

光源在给定方向上发出波长**555nm**的单色辐射，且在此方向上的辐射功率为 **$1/683\text{W/Sr}$** ，则称该光源在此方向上的发光强度为**1 cd**。

发光强度单位是**cd**，读作**坎[德拉]**。



1.1.3 照度和亮度

◆ **亮度 L** : 单位是 **cd/m^2** , 读作**坎/米²**

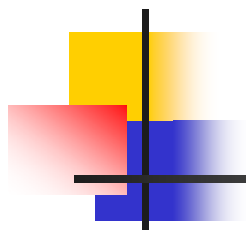
亮度表示单位面积上的发光强度。

(同样的发光强度面积越小亮度越大)

◆ **照度 E** : 单位是 **lx** , 读作**勒克斯**

照度表示物体表面受到光照射时, 单位面积上入射的光通量。1 **lx** 等于每平方米上有1 **lm** 的光通量。 **$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm}/\text{m}^2$**

(同样的光通量面积越小光照度越大)



第1章 数字视频基础知识

- 1.1 光的特性与光源
- **1.2 彩色三要素与三基色原理**
- 1.3 人眼的视觉特性
- 1.4 图像信号的数字化
- 1.5 彩色模拟电视制式
- 1.6 视频信号的数字化
- 1.7 MATLAB在数字图像与视频处理中的应用
- 1.8 小结



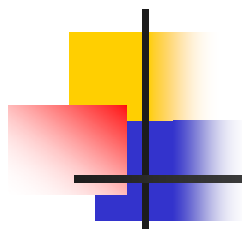
1.2 彩色三要素与三基色原理

1.2.1 光的颜色与彩色三要素

◆光的分类:

●单色光和复合光

- **单色光**是指只含单一波长成分的色光或者所占光谱宽度小于5nm的色光;
- **复合光**是指包含有两种或两种以上波长成分的光。



1.2.1 光的颜色与彩色三要素

● 谱色光和非谱色光

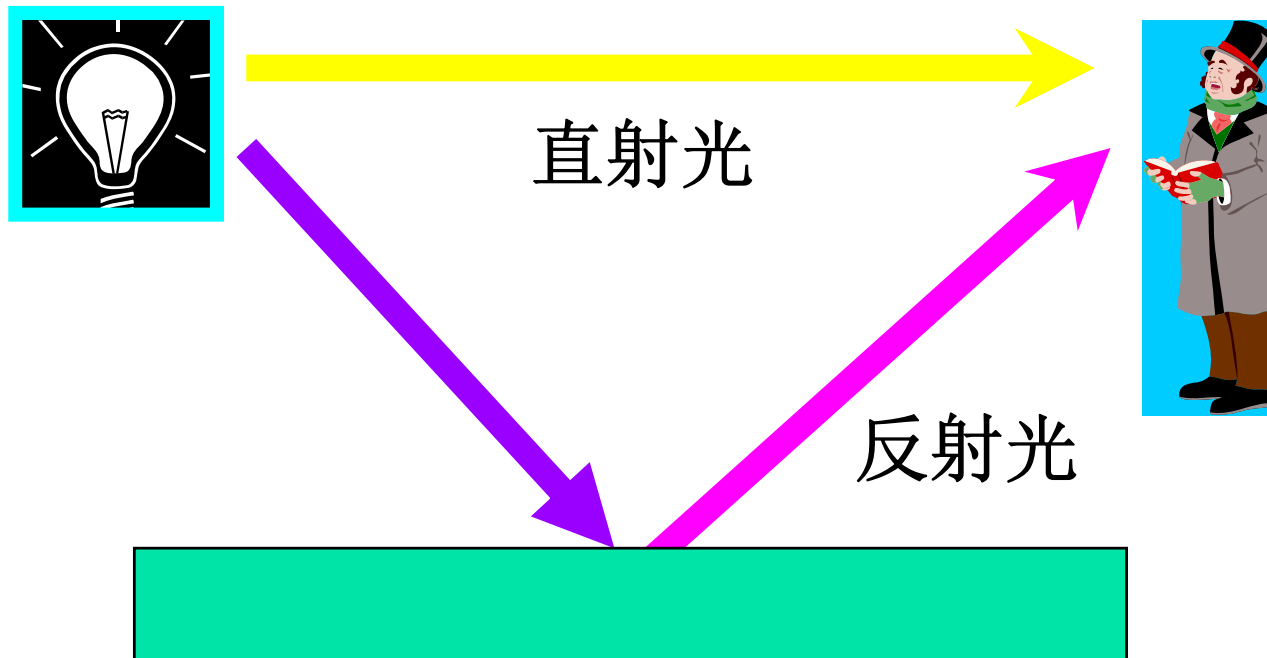
太阳辐射的光含有各种单色光的波谱，给人以白光的综合感觉。若把太阳辐射的一束光投射到棱镜上，太阳光会经过棱镜分解成一组按红、橙、黄、绿、青、蓝、紫顺序排列的连续光谱，被分解之后的色光，若再次经过棱镜，就不能再分解了，这种单一波长的色光称**谱色光**。

把两个或者两个以上的单色光混合所得，但又不能作为谱色出现在光谱上的色光称为**非谱色光**。

单色光一定是谱色光，非谱色光一定是复合光，而复合光也可能是谱色光。

1.2.1 光的颜色与彩色三要素

● 直射光、反射光与透射光



发光物体呈现的颜色是由物体本身发出不同波长的光所造成；**不发光物体**呈现的颜色是光照射物体时被物体反射出的光所具有的。

1.2.1 光的颜色与彩色三要素

- ◆描述一种色彩需要用**亮度**、**色调**和**色饱和度**三个基本参量，这三个参量称为**彩色三要素**。
- ◆**亮度**反映光的明亮程度。彩色光辐射的功率越大，亮度越高，反之亮度越低。不发光物体的亮度取决于它反射光功率的大小。若照射物体的光强度不变，物体的反射性能越好，物体越明亮，反之越暗。对于一定的物体，照射光越强，物体越明亮，反之越暗。



1.2.1 光的颜色与彩色三要素



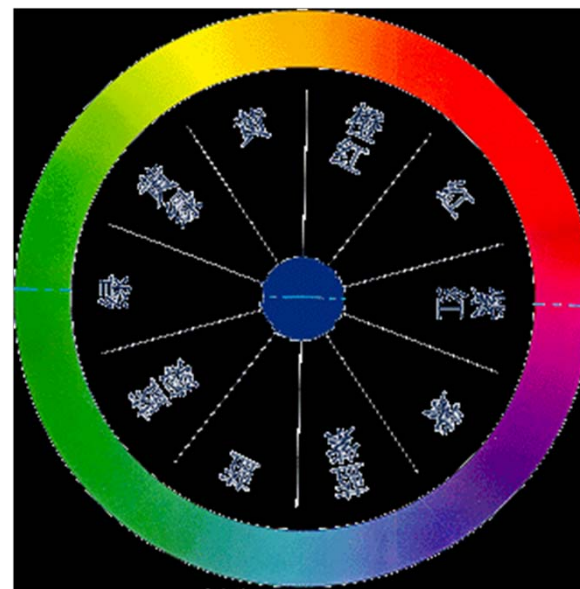
低亮度



高亮度

1.2.1 光的颜色与彩色三要素

◆ **色调**反映彩色的类别，例如**红**、**橙**、**黄**、**绿**、**青**、**蓝**、**紫**等不同颜色。发光物体的色调由光的波长决定，不同波长的光呈现不同的色调；不发光物体的色调由照明光源和该物体的吸收、反射或透射特性共同决定。



1.2.1 光的颜色与彩色三要素

◆ **色饱和度**反映彩色光的深浅程度。同一色调的彩色光，会给人以深浅不同的感觉，**深红**、**粉红**是两种不同饱和度的红色，**深红色**饱和度高，**粉红色**饱和度低。





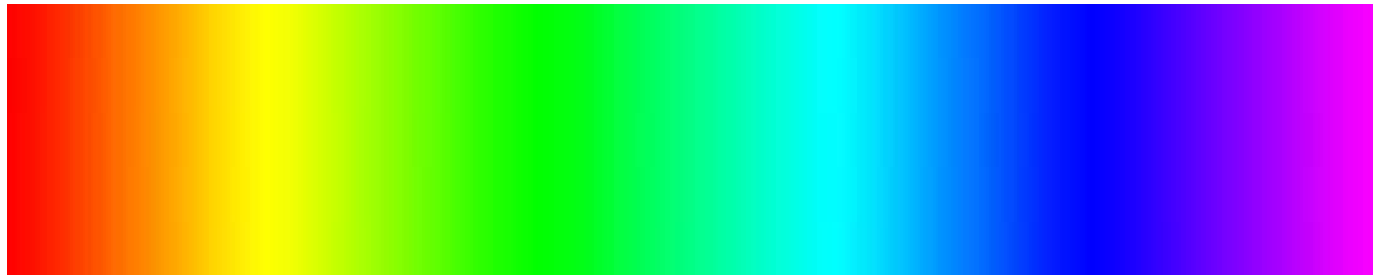
1.2.1 光的颜色与彩色三要素

- 饱和度与彩色光中的白光比例有关，白光比例越大，饱和度越低。高饱和度的彩色光可加白光来冲淡成低饱和度的彩色光。饱和度最高的光称为**纯色光**或**饱和色**。



1.2.1 光的颜色与彩色三要素

- **谱色光**就是纯色光，其饱和度为100%。饱和度低于100%的彩色称为非饱和色，日常生活中所见到的大多数彩色是非饱和色。白光的饱和度为0。



780nm

380nm

- **色调与色饱和度**合称为**色度**。它既说明彩色光的颜色类别，又说明颜色的深浅程度。



1.2 彩色三要素与三基色原理

1.2.2 三基色原理及应用

- 根据人眼的视觉特性，在电视机中重现图像时并不要求完全重现原景物反射或透射光的光谱成分，而应获得与原景物相同的彩色感觉。
- 因此仿效人眼三种锥状细胞，可以选择三种基色，将它们按不同比例进行组合，可得到自然界中绝大多数的彩色。这三种基色必须是相互独立的，即任一种基色都不能由其他两种基色混合得到。



1.2.2 三基色原理及应用

- 自然界中绝大多数的彩色可以分解为三基色，三基色按一定比例混合，可得到自然界中绝大多数彩色。
- 混合色的色调和饱和度由三基色的混合比例决定，混合色的亮度等于三种基色亮度之和。



1.2.2 三基色原理及应用

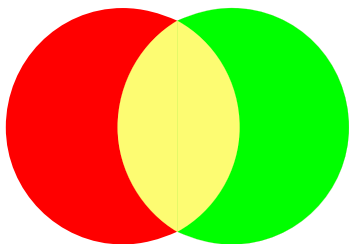
三基色原理是彩色电视系统的基础，无需逐一去传送各种彩色信号，而只需将各种彩色分解成比例不同的三基色传送出去，再将三基色相加混色，即可产生视觉效果。摄像机把图像分解成三基色信号，电视机又用三基色信号还原出原图像的色彩。

三基色光相混合得到的彩色光的亮度等于三种基色亮度之和，这种混合色称为相加混色。

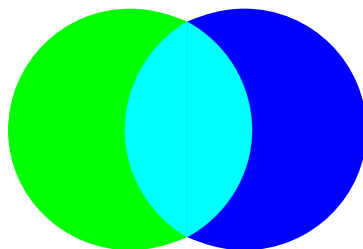
1.2.2 三基色原理及应用

例：当 $R=G=B=1$ （基色单位）时

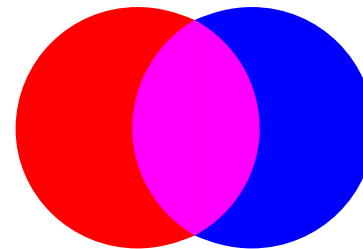
$R+G=$ 黄



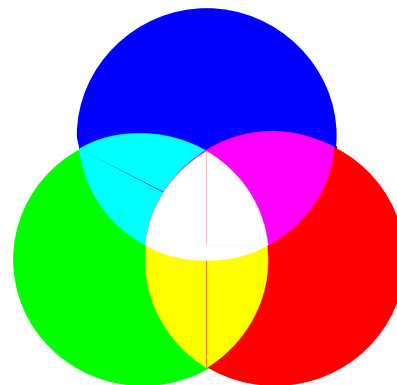
$G+B=$ 青



$R+B=$ 紫



$R+G+B=$ 白





1.2.2 三基色原理及应用

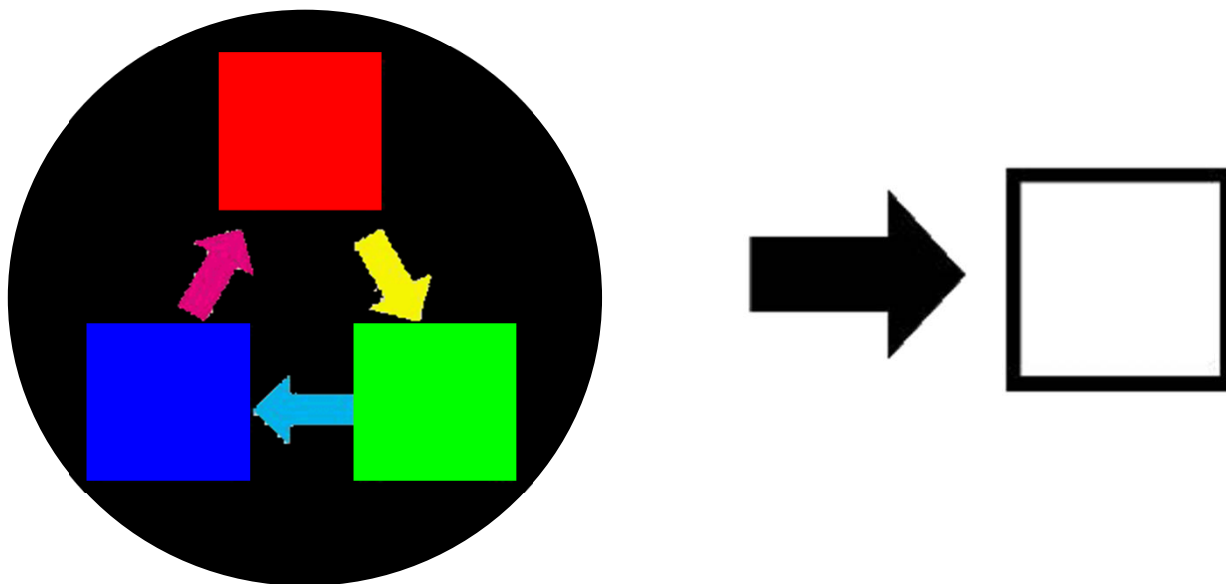
相加混色不仅运用三基色原理，还进一步利用人眼的视觉特性，产生较相减混色更宽的彩色范围。常用的相加混色方法有以下三种：

- ❧ 时间混色法
- ❧ 空间混色法
- ❧ 生理混色法

1.2.2 三基色原理及应用

◆ **时间混色法**：将三种基色光按一定的比例，顺序轮流投射到同一平面上，只要轮换速度足够快，由于人眼的视觉惰性，分辨不出三种基色，而是看到混合彩色的效果。

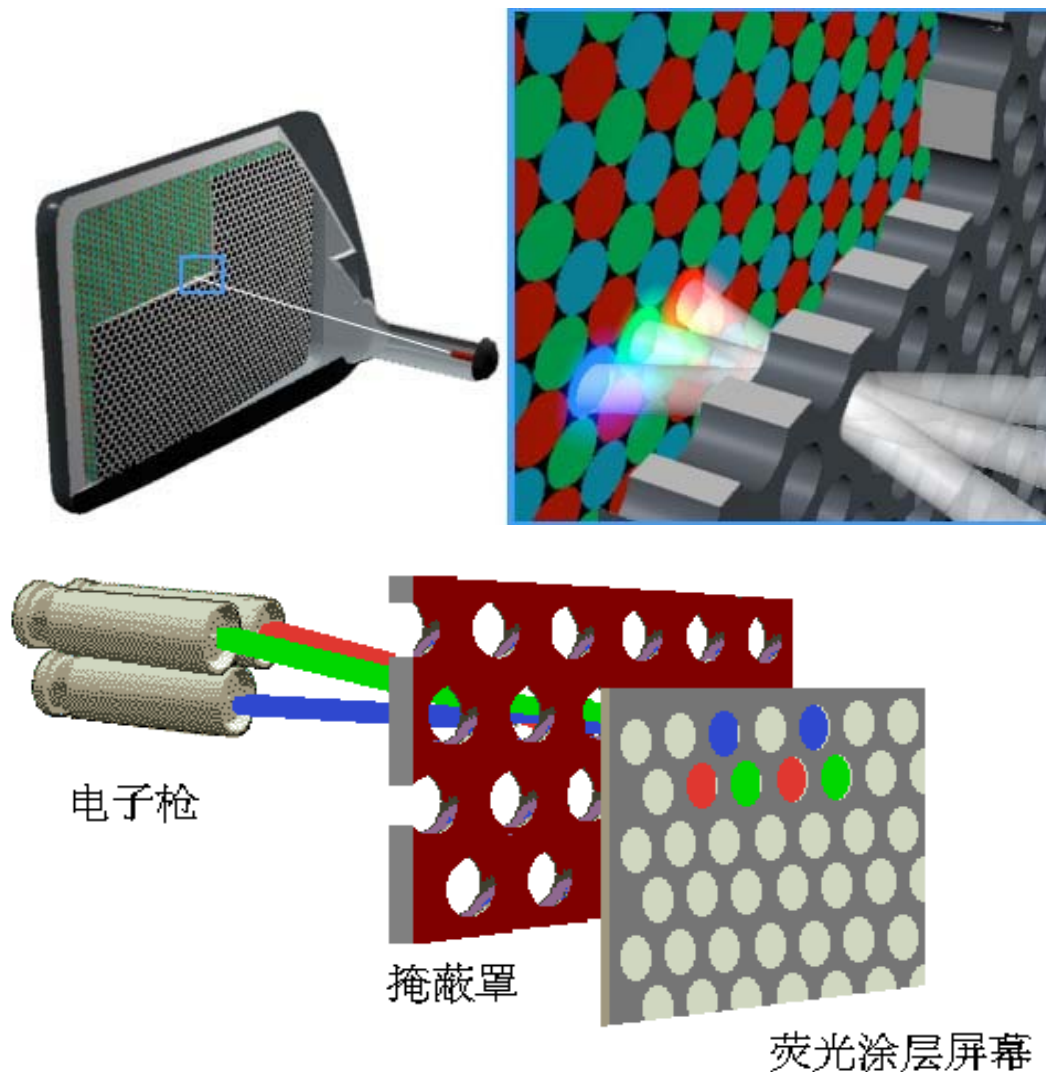
这是顺序制彩色电视图像显示的基础。



1.2.2 三基色原理及应用

◆ 空间混色法：

将三种基色光分别投射到同一表面的相邻三点上，只要三点相隔足够近，由于人眼的分辨力有限，故看到的不是三种基色，而是看到混合彩色的效果。





1.2.2 三基色原理及应用

- 彩色**CRT**显示屏、**LCD**显示屏、**PDP**显示屏都是根据空间混色法得到彩色图像的。

◆ 生理混色法

当两只眼睛同时观看不同的颜色，人们所感觉到的彩色不是两种单色，而是它们的混合色，称为**生理混色法**。

1.2.2 三基色原理及应用

■ 相减混色



在彩色印刷、彩色胶片和绘画中的混色采用相减混色。

相减混色是利用颜料、染色的吸色性质来实现。混合颜料时，每增加一种颜料，都要从白光中减去更多的光谱成分，因此，颜料混合的过程称为相减混色。

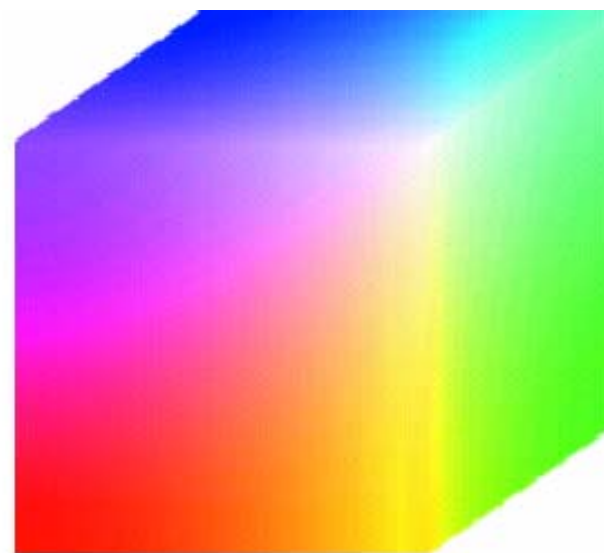
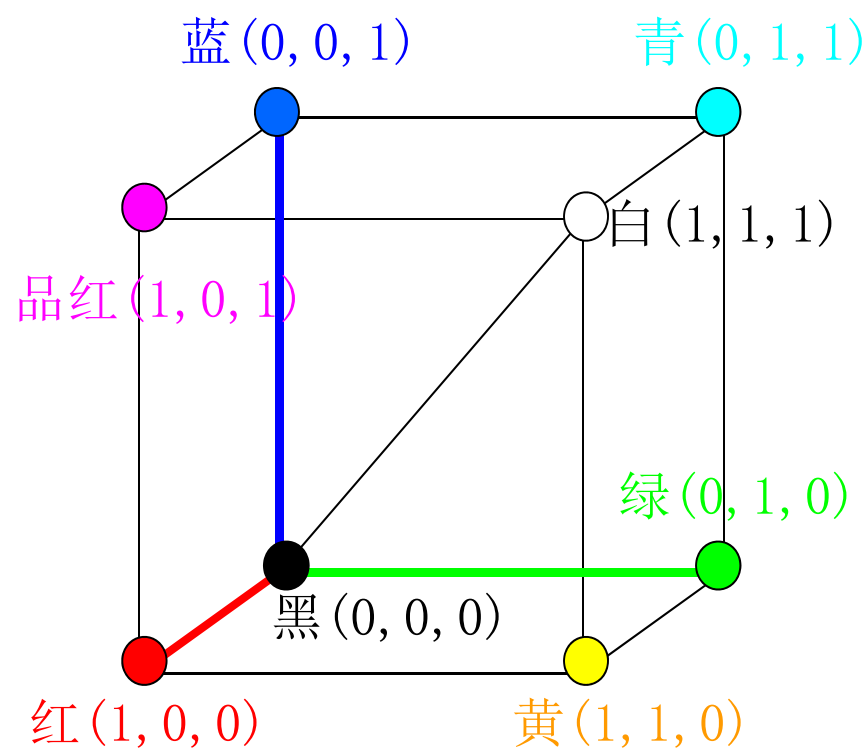


1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系

1. RGB颜色空间模型

- 在**RGB**模型中，颜色空间里所有的颜色都是由**R**、**G**、**B**（红、绿、蓝）三种光依不同的比例相加而成。
- **RGB**的每一色光，含有亮度成分，例如**R**的成分越多，表示越红越亮。各色光混合后，会比原来单独的色光还亮，称为**相加混色**；
- 适合在以主动光源显示影像的场合使用，如电视、电脑、投影等。

1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系





1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系

R	G	B	颜色
0	0	0	黑
0	0	1	蓝
0	1	0	绿
0	1	1	青
1	0	0	红
1	0	1	品红
1	1	0	黄
1	1	1	白



1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系

RGB模型的优缺点

- 选择RGB颜色空间简化了系统的架构与设计；
- 由于RGB颜色空间使用了多年，采用RGB颜色空间设计的系统可以利用大量已有的软件模块；
- 处理现实世界图像时，生成任何一种颜色RGB三个分量都需要占用相同带宽，使得每个颜色分量的帧缓冲需要同样的像素深度和显示分辨率，不是很有效；
- 为了修改给定像素的亮度或颜色值，必须同时从帧缓冲中读出颜色的三个分量，重新计算颜色和亮度，执行修改计算新的RGB值写回帧缓冲，不是很有效，若能直接以亮度和颜色格式存储图像会更有效。

1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系



2. CMY/CMYK颜色空间模型

- 在彩色印刷、彩色胶片和绘画中的混色采用相减混色。
- 彩色印刷或彩色打印的纸张是不能发射光线的，因而印刷机或彩色打印机就只能使用一些能够吸收特定的光波而反射其他光波的油墨或颜料。
- 任何一种由颜料呈现的颜色都可以用青（Cyan）、品红（Magenta）和黄（Yellow）这三种基色按不同的比例混合而成，我们称这种颜色空间为CMY颜色空间。
- 由于彩色墨水和颜料的化学特性，用等量的CMY三基色得到的黑色不是真正的黑色，因此在印刷术中常加一种真正的黑色墨水（Black Ink），于是CMY颜色空间也称为CMYK颜色空间。



1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系

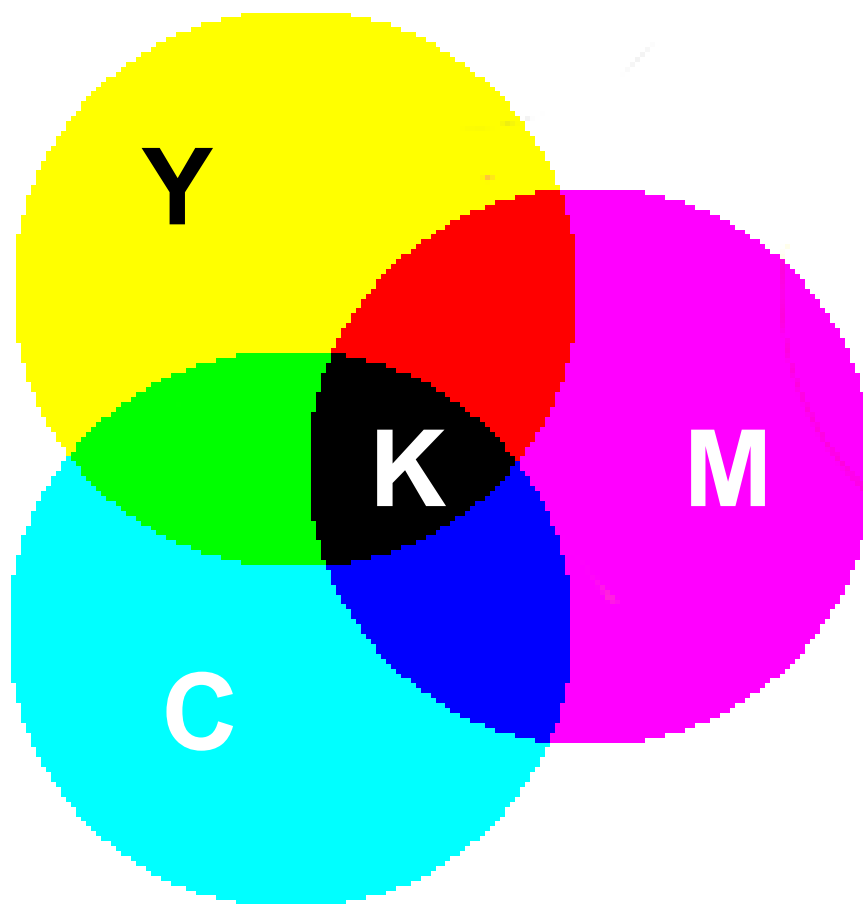
青(Cyan)——红色的补色

品红(Magenta)——绿色的补色

黄 (Yellow)——蓝色的补色

1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系

CMYK模型





1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系

C(青色)	M(品红)	Y(黄色)	颜色
0	0	0	白
0	0	1	黄
0	1	0	品红
0	1	1	红
1	0	0	青
1	0	1	绿
1	1	0	蓝
1	1	1	黑



1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系

■ RGB \longleftrightarrow CMY

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

RGB和CMY值都归一到[0, 1]



1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系

3. YUV颜色空间模型

- YUV是PAL（Phase Alternating Line，逐行倒相）制彩色电视系统所采用的一种颜色空间模型，其中Y表示亮度，U表示蓝色色差（即 $B-Y$ ），V代表红色色差（ $R-Y$ ）。
- 采用YUV色彩空间的重要性：
 - 亮度信号Y和色度信号U、V是分离的，解决彩色电视和黑白电视兼容的问题。
 - 可以利用人眼对彩色的敏感度低于对亮度的敏感度的视觉特性，用较窄的频带传送U、V信号，优化彩色电视信号的传输。



1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系

■ RGB \longleftrightarrow YUV

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.148 & -0.289 & 0.437 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1.140 \\ 1 & -0.395 & -0.581 \\ 1 & 2.032 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix}$$

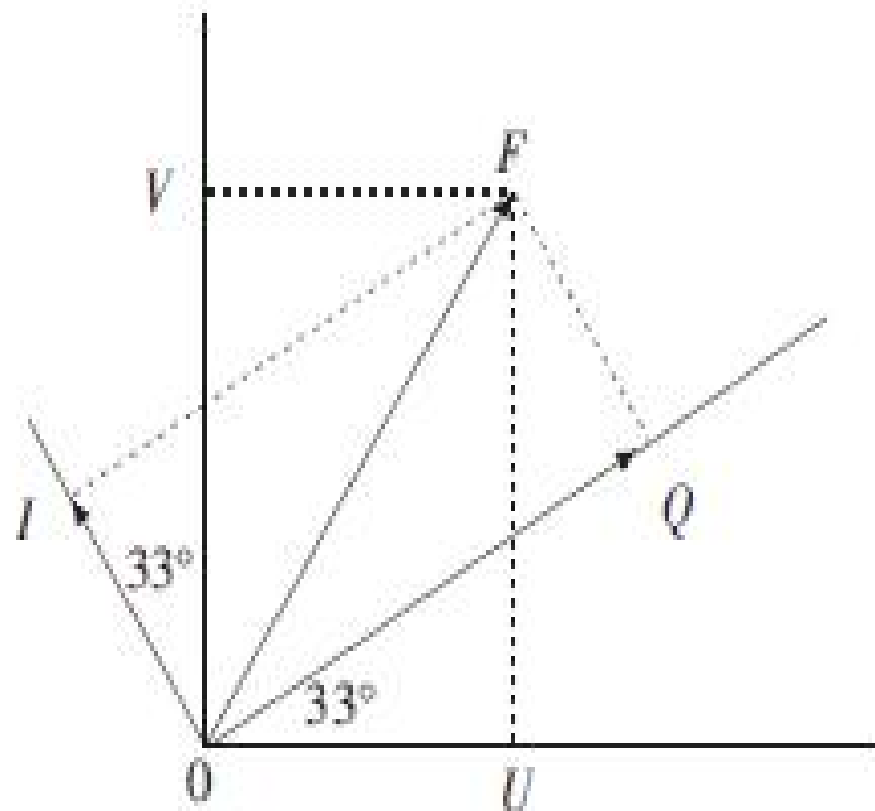


1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系

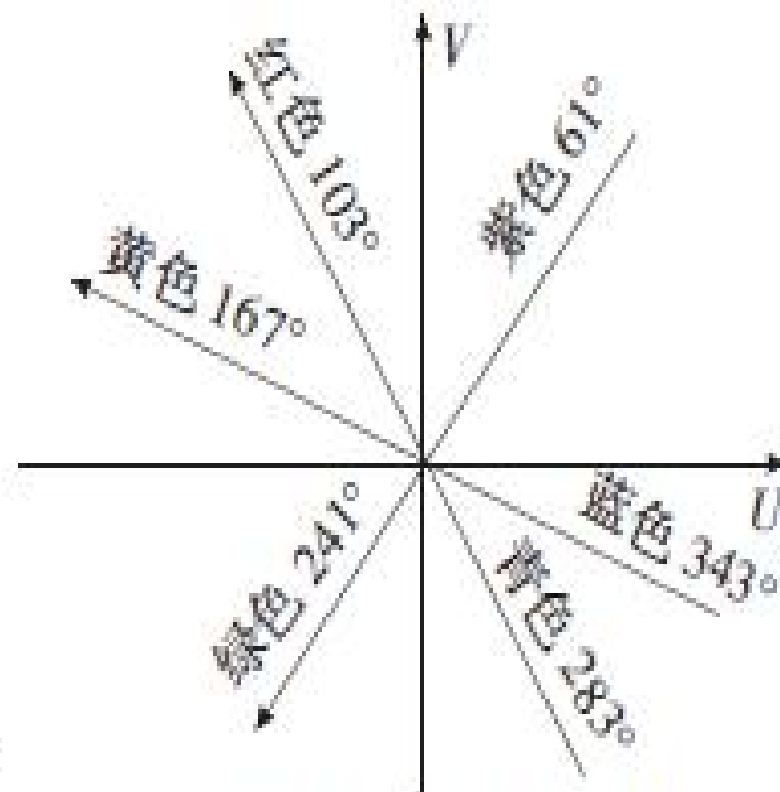
4. YIQ颜色空间模型

- YIQ颜色空间是由YUV推导而来，是NTSC制彩色电视系统所采用的一种颜色空间模型；
- I代表“同相”，Q代表“正交”，它们指的是用于发射颜色信息的调制方法；
- I、Q是通过将U、V轴逆时针旋转33度获得的。
- 优点：由人眼彩色视觉的特性表明，人眼分辨红、黄之间颜色变化的能力最强，而分辨蓝、紫之间颜色变化的能力最弱。通过一定的变化，I对应于人眼最敏感的色度，而Q对应于人眼最不敏感的色度。这样，传送Q可以用较窄的频带，而传送分辨率较强的I信号时，可以用较宽的频带。

1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系



IQ 轴与 UV 轴的关系



YUV 颜色空间中的
色调信号矢量图



1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系

■ RGB \longleftrightarrow YIQ

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.956 & 0.621 \\ 1 & -0.272 & -0.647 \\ 1 & -1.106 & 1.703 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$



1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系

5. YCbCr颜色空间模型

- 由YUV颜色空间派生的一种颜色空间模型。
- 主要用于数字电视系统，是YUV颜色空间的缩放和偏移版本。

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2990 & 0.5870 & 0.1140 & 0 \\ -0.1687 & -0.3313 & 0.5000 & 128 \\ 0.5000 & -0.4187 & -0.0813 & 128 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \\ 1 \end{bmatrix}$$
$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1.40200 & 0 \\ 1 & -0.34414 & -0.71414 \\ 1 & 1.77200 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y \\ Cb - 128 \\ Cr - 128 \end{bmatrix}$$

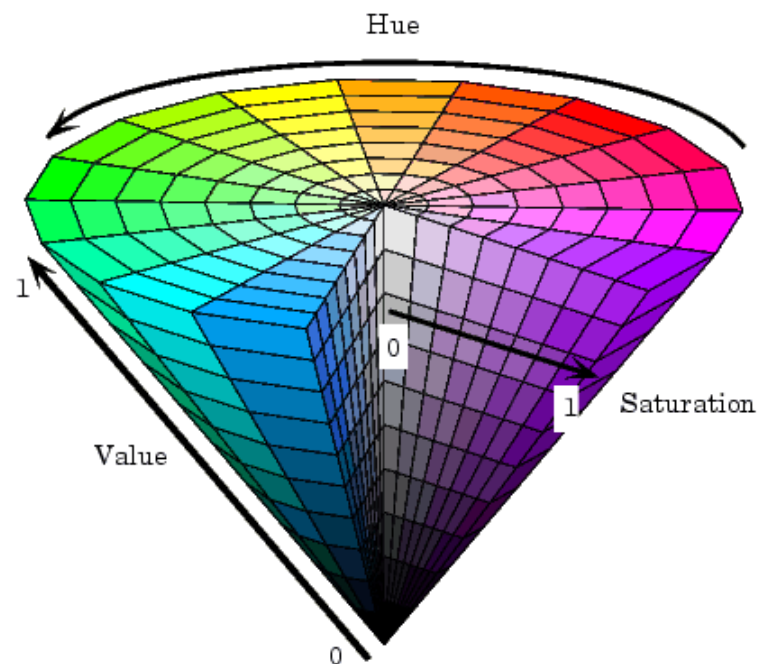
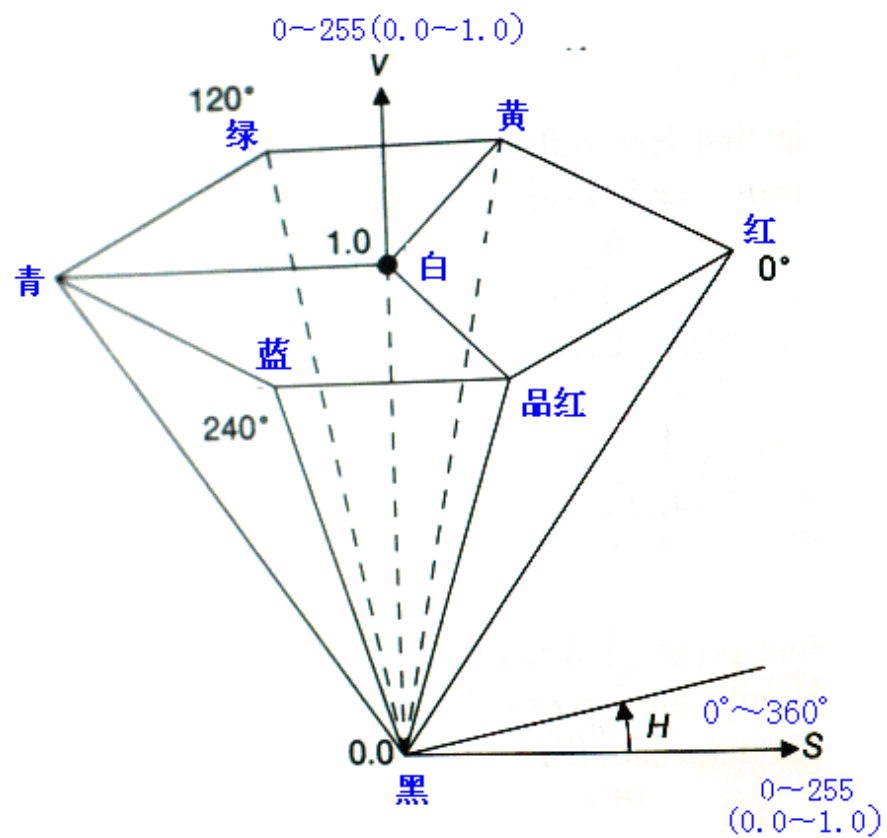


1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系

6. HSV颜色空间模型

- HSV(hue, saturation and value)的缩写
- A. R. Smith根据颜色的直观特性于1978年创建的, 也称六角锥体模型(hexcone model)
- HSV的表示方法
 - 色调 (H) : 用角度度量, $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 。红色为 0° , 按逆时针方向计算, 绿色为 120° , 蓝色为 240°
 - 饱和度 (S) : 取值范围为0.0~1.0
 - 亮度值 (V) : 取值范围为0.0(黑色)~1.0(白色)
- HSV和RGB之间没有转换矩阵, 但可对它们之间的转换算法进行描述

1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系



HSV颜色空间

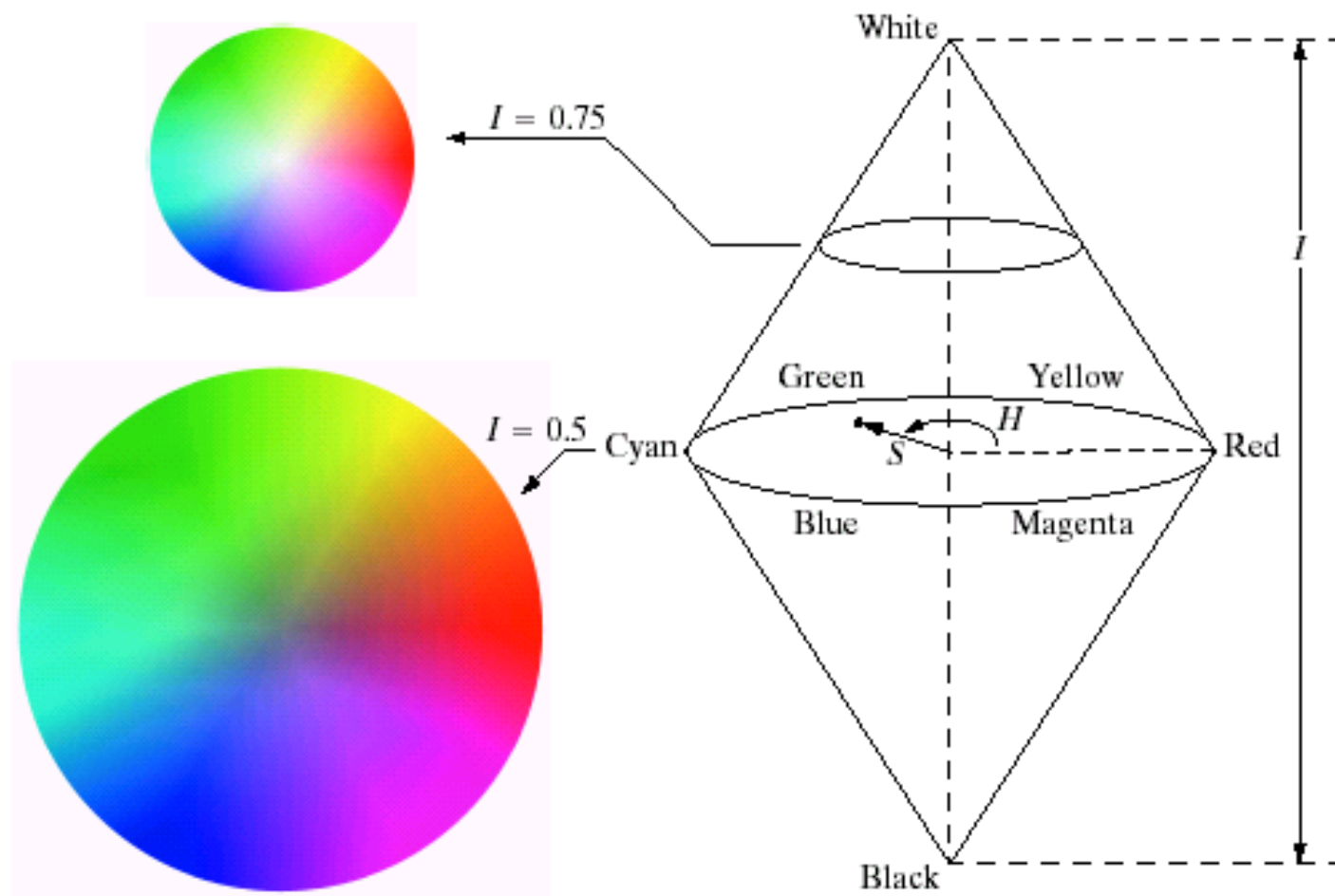


1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系

7. HSL/HSB/HSI颜色空间模型

- **HSL/HSB (hue, saturation and lightness/brightness)的缩写**
- 利用三条轴定义颜色，用六角形锥体表示
- 用于台式机图形程序定义颜色
- **HSL 与HSV**
 - HSL用光亮度(lightness)作坐标，HSV用亮度(luminance)作坐标
 - HSL颜色饱和度最高时的光亮度 L 定义为0.5，而HSV则为1.0

1.2.3 几种典型的颜色空间模型及转换关系





RGB \longleftrightarrow HSI

对任何3个 $[0, 1]$ 范围内的 R 、 G 、 B 值，其对应HSI模型中的 H 、 I 、 S 分量的计算公式为

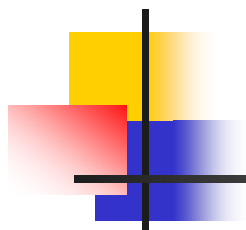
$$H = \begin{cases} \theta & B \leq G \\ 360 - \theta & B > G \end{cases}$$

$$\theta = \arccos \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R - G) + (R - B)]}{\left[(R - G)^2 + (R - G)(G - B) \right]^{\frac{1}{2}}} \right\}$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} [\min(R, G, B)]$$

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

当 $S=0$ 时对应的是无色彩的中心点，
这时 H 就没有意义，此时定义 H 为 0。
当 $I=0$ 时， S 也没有意义。



RGB \longleftrightarrow **HSI**

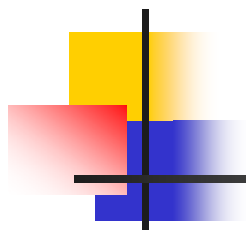
假设S、I的值在 $[0, 1]$ 之间，R、G、B的值也在 $[0, 1]$ 之间，则HSI转换为RGB的公式为(分成3段以利用对称性):

(1) 当H在 $[0^\circ, 120^\circ]$ 之间

$$B = I(1 - S)$$

$$R = I \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$G = 3I - (B + R)$$



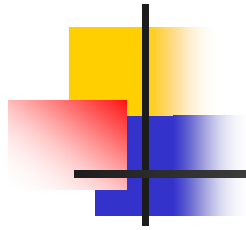
RGB \longleftrightarrow **HSI**

(2) 当H在 $[120^\circ, 240^\circ]$ 之间

$$R = I(1 - S)$$

$$G = I \left[1 + \frac{S \cos(H - 120^\circ)}{\cos(180^\circ - H)} \right]$$

$$B = 3I - (R + G)$$



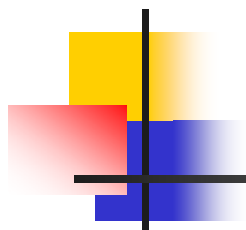
RGB \longleftrightarrow **HSI**

(3) 当H在 $[240^\circ, 360^\circ]$ 之间

$$G = I(1 - S)$$

$$B = I \left[1 + \frac{S \cos(H - 120^\circ)}{\cos(300^\circ - H)} \right]$$

$$B = 3I - (G + B)$$



第1章 数字视频基础知识

- 1.1 光的特性与光源
- 1.2 彩色三要素与三基色原理
- **1.3 人眼的视觉特性**
- 1.4 图像信号的数字化
- 1.5 彩色模拟电视制式
- 1.6 视频信号的数字化
- 1.7 MATLAB在数字图像与视频处理中的应用
- 1.8 小结



1.3 人眼的视觉特性

人眼的视觉系统对颜色的感知可归纳出如下几个特性：

- 眼睛可类比于一个摄像机。
- 人的视网膜通过神经元来感知外部世界的颜色。
- 每个神经元或者是一个对亮度和颜色敏感的锥体细胞，或者是一个只对亮度敏感而对颜色不敏感的杆体细胞。



1.3 人眼的视觉特性

1.3.1 视觉光谱光视效率曲线

1. 光谱光视效率

- 视觉效应是由可见光刺激人眼引起的。如果光的辐射功率相同而**波长不同**，则引起的视觉效果也不同，不仅颜色感觉不同，而且亮度感觉也不同。
- 在产生相同亮度感觉的情况下，测出各种波长光的**辐射功率 $\Phi(\lambda)$** ，定义**光谱光视效能**：
$$K(\lambda) = 1 / \Phi(\lambda)$$

$K(\lambda)$ 用来衡量视觉对波长为 λ 的光的敏感程度。



1.3.1 视觉光谱光视效率曲线

- 当 $\lambda=555\text{nm}$ 时，有最大的光谱光视效能：

$$K_m = K(555)$$

- 任意波长光的光谱光视效能 $K(\lambda)$ 与 K_m 之比称为光谱光视效率（相对视敏度），用函数 $V(\lambda)$ 表示：

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K(555)} = \frac{K(\lambda)}{K_m}$$

- $V(\lambda)$ 也可用得到相同主观亮度感觉时所需各波长光的辐射功率 $\Phi(\lambda)$ 表示：

$$V(\lambda) = \Phi(555) / \Phi(\lambda)$$



1.3 人眼的视觉特性

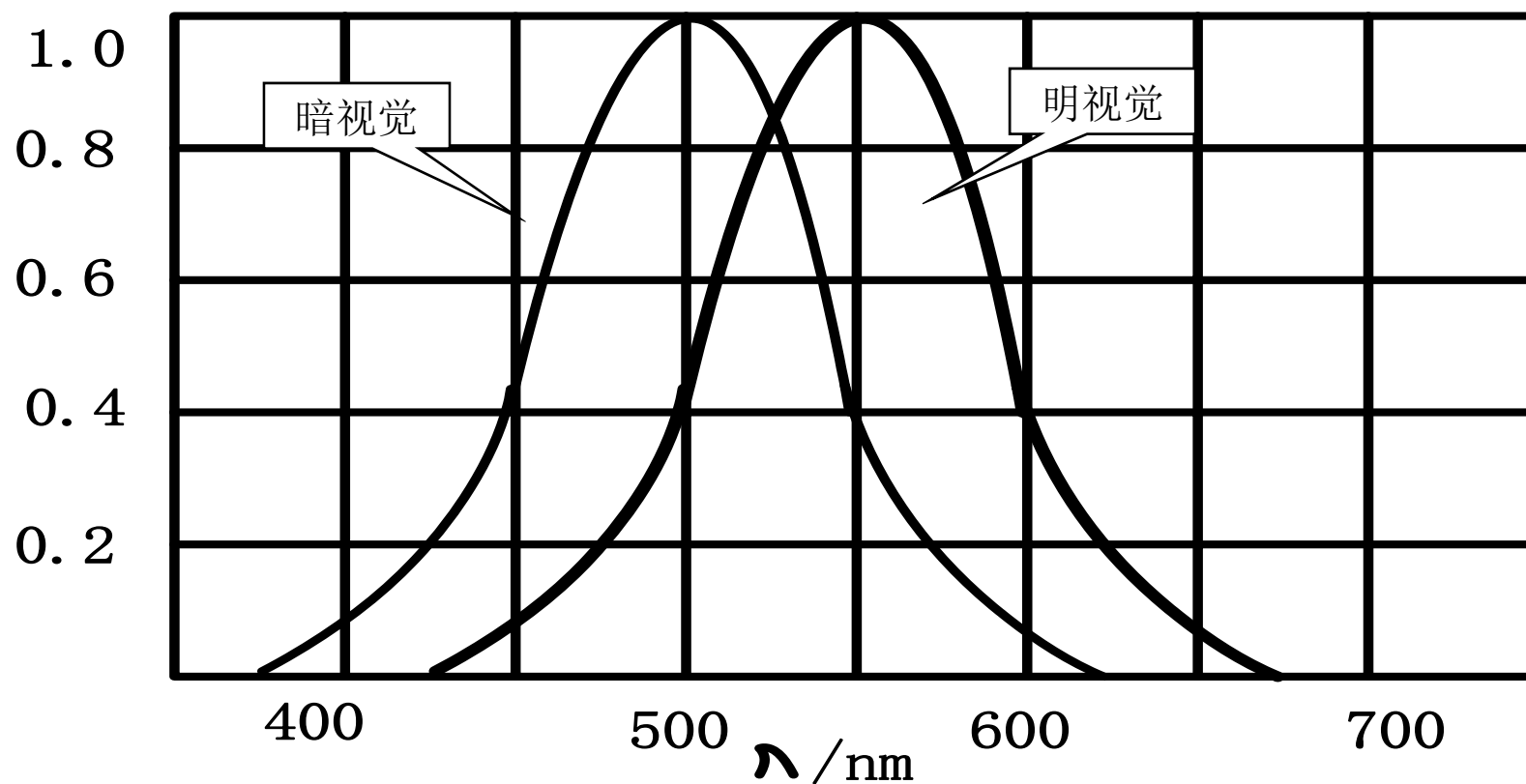
1.3.2 人眼的亮度感觉特性

■ 1.明暗视觉

- 亮环境下锥状细胞、杆状细胞共同起作用，分辨明暗、彩色，称为**明视觉**。
- 暗环境下只有杆状细胞起作用，只能分辨明暗，称为**暗视觉**。
- 暗视觉比明视觉相比，其相对视敏度曲线向左移，表现为对波长短的光敏感程度有所增大。

1.3.2 人眼的亮度感觉特性

相对视敏度

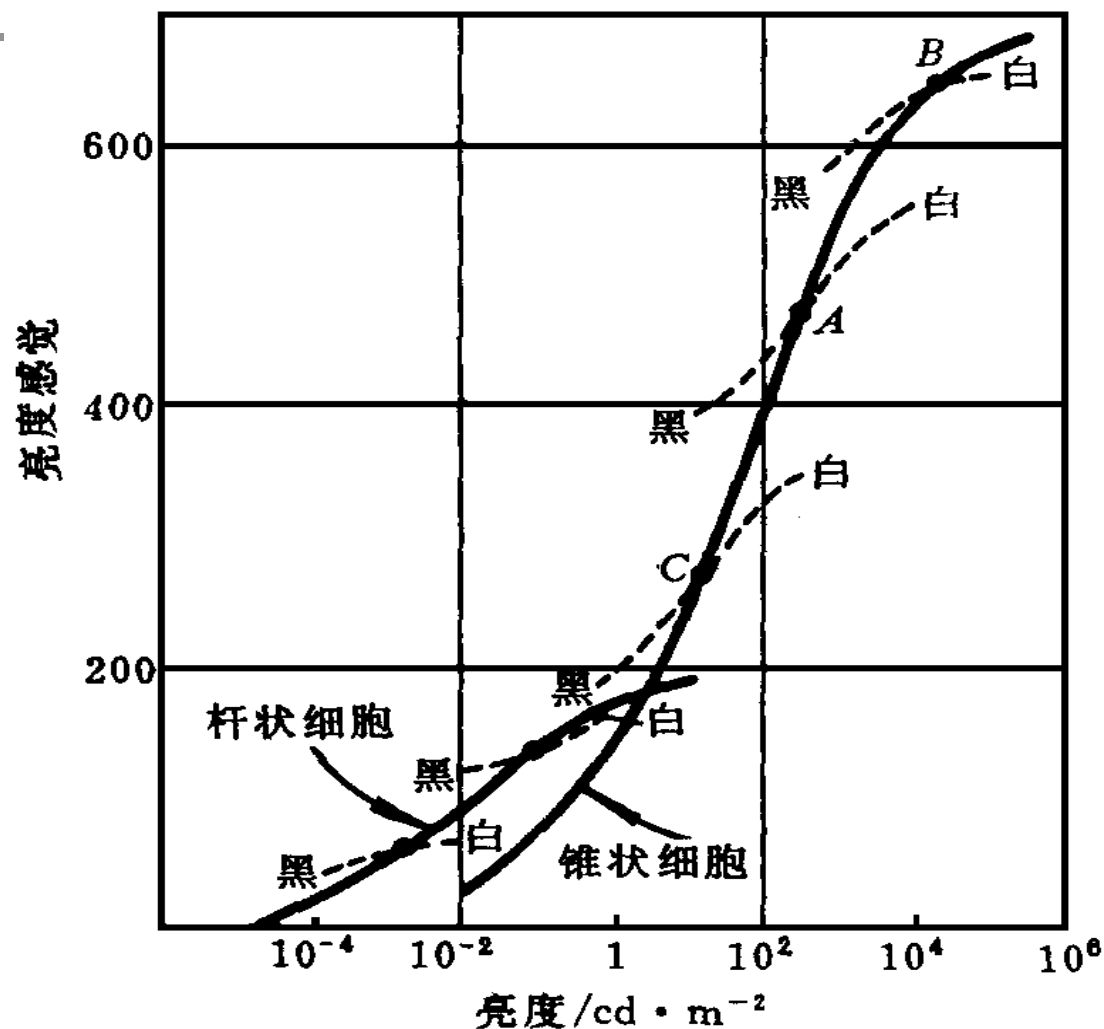


1933年CIE测得的明视觉与暗视觉的光谱光视效率曲线

1.3.2 人眼的亮度感觉特性

■ 2.亮度感觉

人在观察景物时所得到的**亮度感觉**并不直接由景物的亮度所决定，而且还与周围环境的背景亮度有关。



主观亮度感觉与亮度关系曲线

1.3.2 人眼的亮度感觉特性

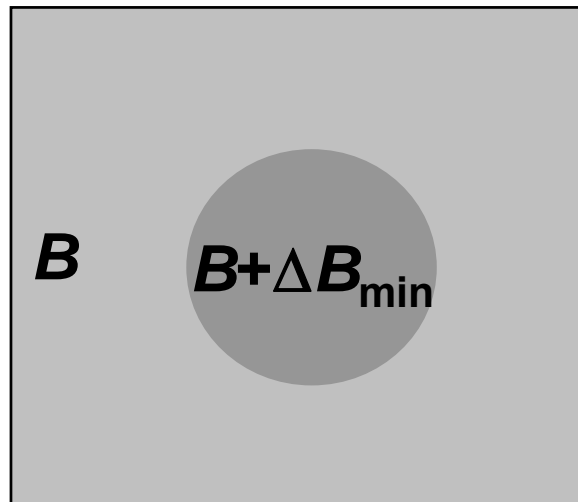
人眼察觉亮度变化的能力是有限的



要使人眼感觉到两个画面有亮度差别，必须使两者的亮度差达到 ΔB_{\min} ， ΔB_{\min} 称为可见度阈值。

1.3.2 人眼的亮度感觉特性

- 对于不同的背景亮度 B ，人眼可觉察的最小亮度差 ΔB_{\min} 也不同。
- 但在一个均匀亮度背景下， $\Delta B_{\min}/B$ 是在一定的亮度范围内近似不变，并等于一个常数 ξ 。



- $\xi = \Delta B_{\min}/B$ 称为韦伯-费涅尔系数。

1.3.2 人眼的亮度感觉特性



韦伯 (Ernst Heinrich Weber)
德国生理学家

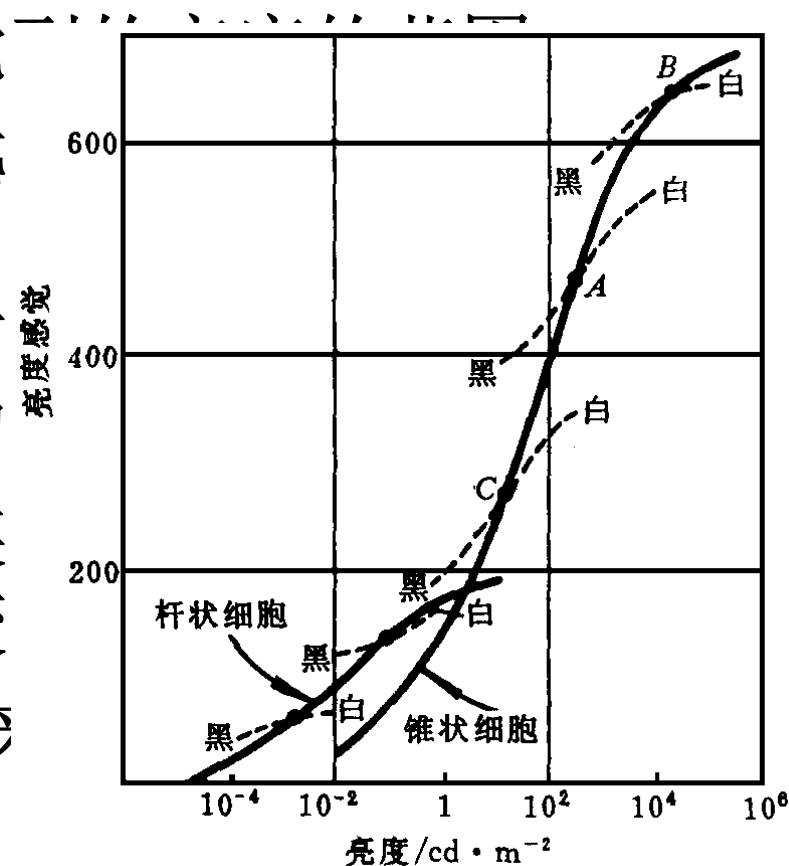


费涅尔 (Gustav Theodor Fechner)
德国物理学家、心理物理学

1.3.2 人眼的亮度感觉特性

■ 3. 视觉范围及明暗感觉的相对性

- **视觉范围**是指人眼所能感觉
- **视觉范围非常宽**。人眼能感千分之几直到几百万 cd/m^2 。随外界光的强弱而自动调节人眼不能同时感受这么宽的
- **分段感受**。当人眼适应了某，所能感觉的亮度范围将变
- 对于适应了**B**点亮度的眼睛，觉很暗。





1.3.2 人眼的亮度感觉特性

■ 3.视觉范围及明暗感觉的相对性

人眼的这种视觉特性具有很重要的实际意义。

- 重现图像的亮度不需要等于实际景象的亮度，只需要保持二者的最大亮度 B_{\max} 和最小亮度 B_{\min} 之比值 C 不变。此比值 $C=B_{\max}/B_{\min}$ 称为对比度。
- 对于人眼不能察觉的亮度差别，在重现图像时也不必精确复制出来，只要保证重现图像和原景物有相同的亮度层次。
- 人眼的明暗（黑白）感觉是相对的。正因为如此，电影和电视中的景物实际上并不反映实景亮度，却能给人以真实的亮度感觉。



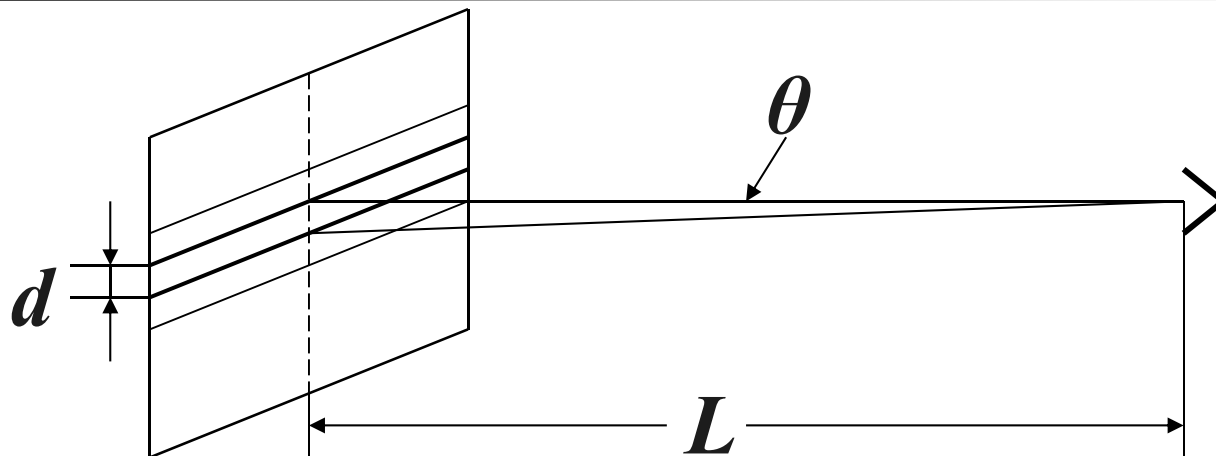
1.3 人眼的视觉特性

■ 1.3.3 人眼的分辨力与视觉惰性

■ 1. 人眼的分辨力

- 人眼的分辨力是指人在观看景物时人眼对景物细节的分辨能力。
- 人眼对被观察物体上刚能分辨的最紧邻两黑点或两白点的视角 θ 的倒数 $1/\theta$,称为人眼的分辨力或视觉锐度。

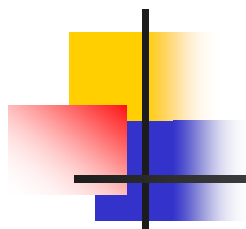
1.3.3 人眼的分辨力与视觉惰性



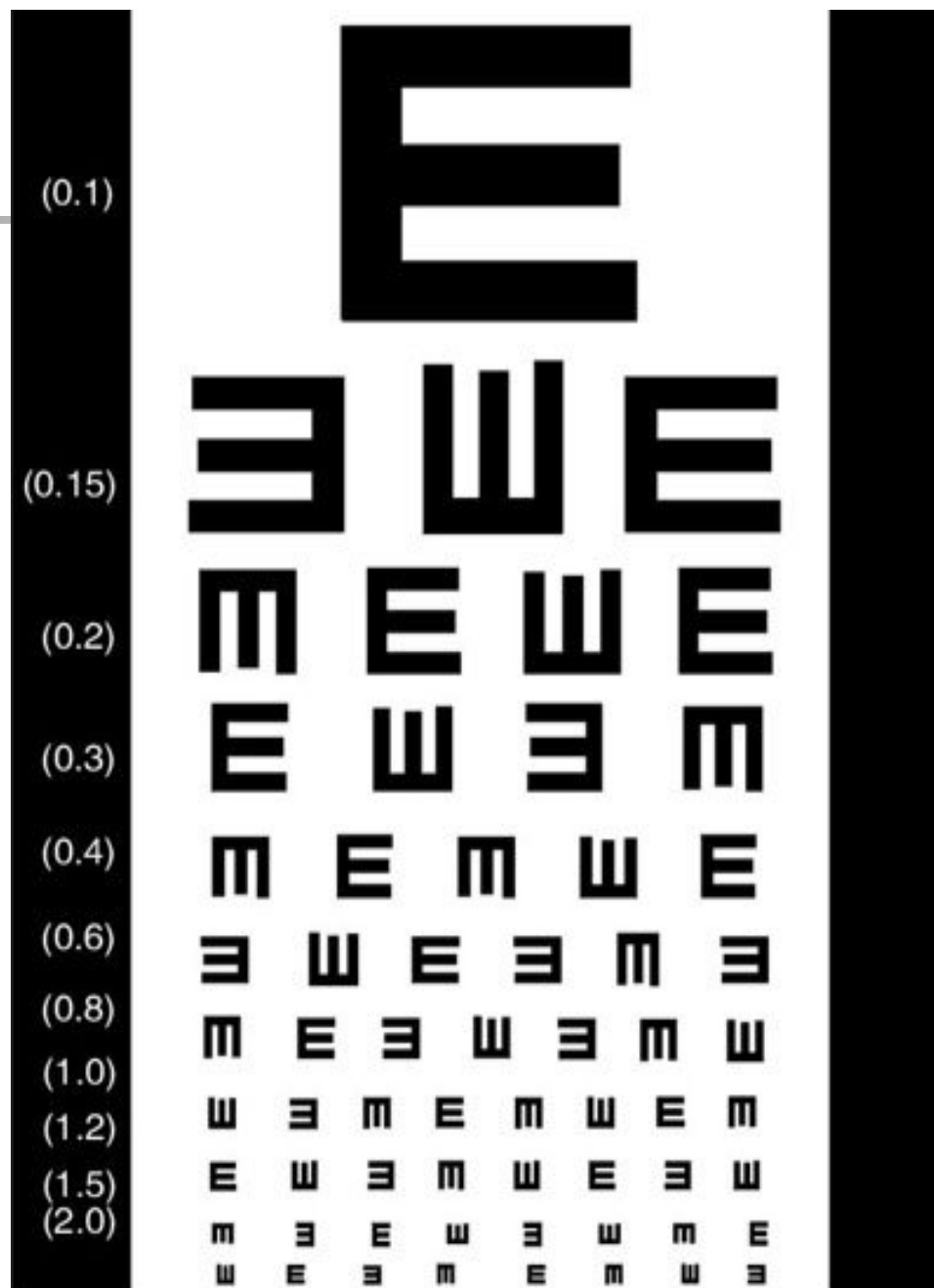
若 θ 以分为单位，则根据图示几何关系，得到：

$$\frac{d}{2\pi L} = \frac{\theta}{360 \times 60}$$

或
$$\theta = \frac{57.3 \times 60 \times d}{L} = 3438 \frac{d}{L}$$



查视力=
检测人眼分辨力？



测度距离 2.5米

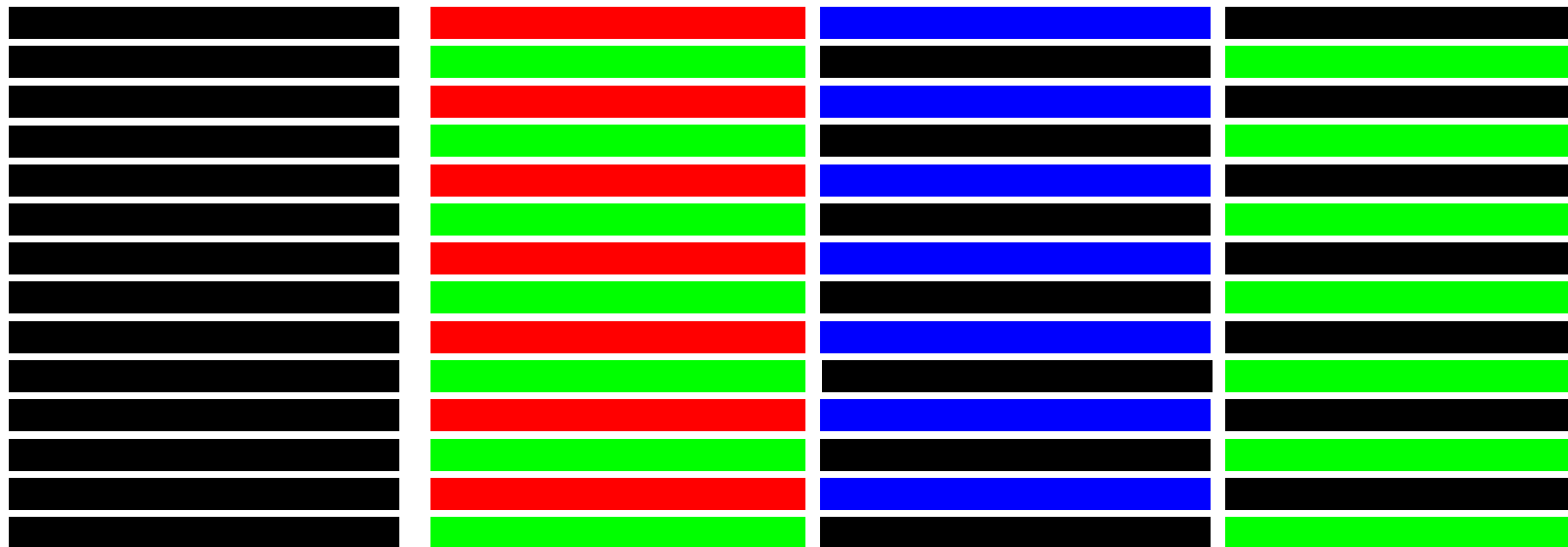
1.3.3 人眼的分辨力与视觉惰性

- ◆ 人眼对彩色细节的分辨力要低于对黑白细节的分辨力。

例如，若把人眼刚好能分辨的黑白相间的条纹换成不同颜色的相间条纹，则眼睛就不能再分辨出条纹。如果条纹红绿相间的，则我们感觉到的是一片黄色。

- ◆ 人眼对不同彩色的细节分辨力也不一样。

一般来说，人眼对红绿色的分辨力比对蓝色的分辨力要高。





1.3.3 人眼的分辨力与视觉惰性

■ 2. 彩色细节分辨力

- 人眼对彩色细节的分辨力远比对黑白细节的分辨力低。

细节色别	黑白	黑绿	黑红	黑蓝	绿红	红蓝	绿蓝
分辨力	100%	94%	90%	26%	40%	23%	19%



1.3.3 人眼的分辨力与视觉惰性

◆ **大面积着色原理：** 由于人眼对彩色细节的分辨力低，所以在彩色电视系统传送彩色图像时，对于图像的细节，可只传黑白的亮度信号，而不传彩色信息。这就是所谓的**彩色电视大面积着色原理**。

利用这个原理可以节省传输的频带。

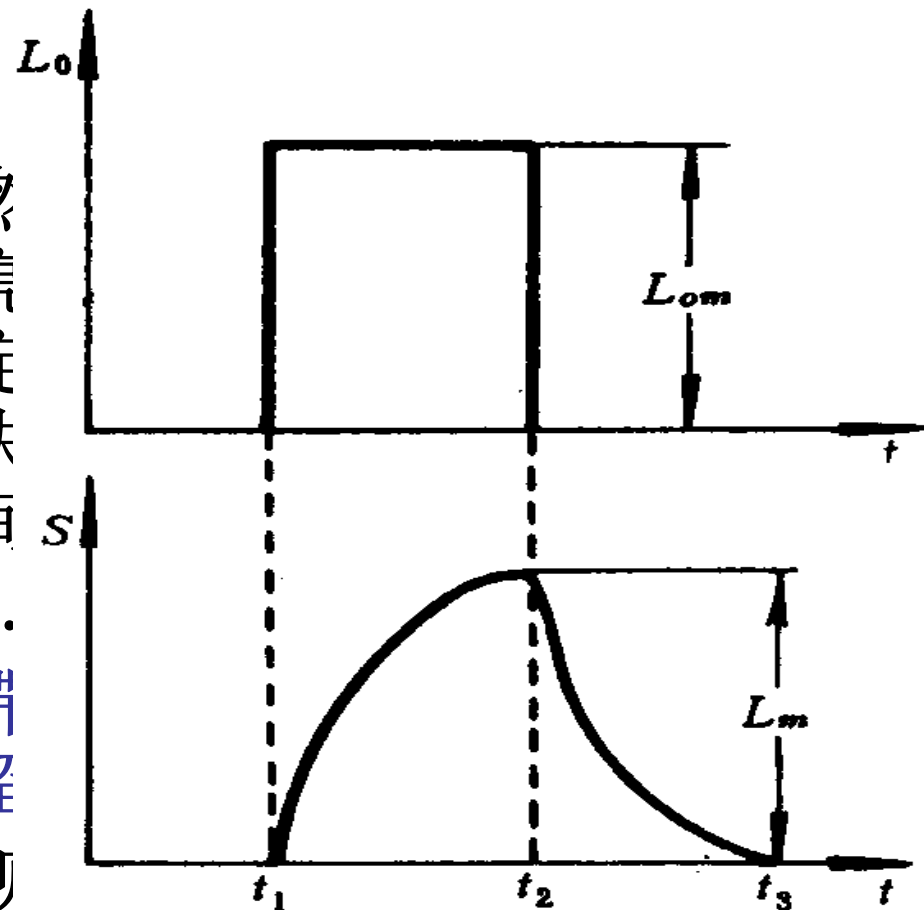
1.3.3 人眼的分辨力与视觉惰性

■ 3.视觉惰性

◆ 当一定强度的光突然不能立即产生稳定的亮暂过程后才会形成稳定用于人眼的光突然消失，也需经过一段时间留时间，在白天约为0.

◆ 人眼亮度感觉变化消光线消失后的视觉暂留

◆ 电视中利用人眼的初用以及电子束高速反复续的光亮，产生整个屏幕同时发光的效果。



L_0 —实际亮度； S —亮度感觉



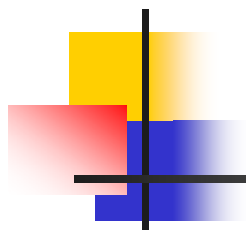
1.3.3 人眼的分辨力与视觉惰性

■ 4.临界闪烁频率

当人眼受周期性的光脉冲照射时，如果光脉冲频率不高，则会产生一明一暗的闪烁感觉。如果将光脉冲频率提高到某一定值以上，由于视觉惰性，眼睛便感觉不到闪烁，感到是一种均匀的光刺激。

刚好不引起闪烁感觉的光脉冲最低频率，称为**临界闪烁频率**，它主要与光脉冲的亮度有关。

为了不产生闪烁感觉，在电影中采用遮光的办法使每幅画面放映两次，实际上相当于每秒钟放映48格画面，其闪烁频率为48Hz。



第1章 数字视频基础知识

- 1.1 光的特性与光源
- 1.2 彩色三要素与三基色原理
- 1.3 人眼的视觉特性
- **1.4 图像信号的数字化**
- 1.5 彩色模拟电视制式
- 1.6 视频信号的数字化
- 1.7 MATLAB在数字图像与视频处理中的应用
- 1.8 小结



1.4 图像信号的数字化

1. 图像信号的表示

彩色图像信号一般表示为 $I = f(x, y, z, \lambda, t)$

式中， x 、 y 、 z 表示空间某个点的坐标； λ 为光的波长； t 为时间轴坐标。

- 当 $t=t_0$ （常数）时，则表示静态图像；
- 当 $z=z_0$ （常数）时，则表示二维图像；
- 当 $\lambda=\lambda_0$ （常数）时，则表示单色图像。

由三基色原理知，

$$I = I_R + I_G + I_B$$

其中

$$\begin{cases} I_R = f_R(x, y) \\ I_G = f_G(x, y) \\ I_B = f_B(x, y) \end{cases}$$



1.4 图像信号的数字化

2. 图像信号的采样

图像采样就是将二维空间上模拟的连续亮度（即灰度）或彩色信息，转化为一系列有限的离散数值来表示。由于图像是一种二维分布的信息，所以采样就是对图像在水平方向和垂直方向上进行等间隔的采样，每个采样点组成图像的基本单位，称为**像素**（**pixel**），如图1-8所示。被分割的图像若水平方向上有 N 个采样点，垂直方向上有 M 个采样点，则一幅图像画面就被表示成 $M \times N$ 个像素构成的离散像素点的集合， $M \times N$ 表示图像的空间分辨率。

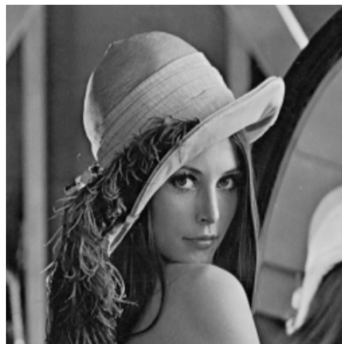
1.4 图像信号的数字化

在进行采样时，采样点间隔的选取是一个重要的问题，它决定了采样后的图像是否能真实地反映原图像的程度。

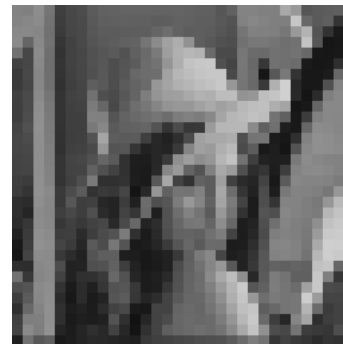
一般来说，采样间隔越大，所得图像像素数越少，空间分辨率低，图像质量差，严重时出现马赛克效应；
采样间隔越小，所得图像像素数越多，空间分辨率高，图像质量好，但数据量大。



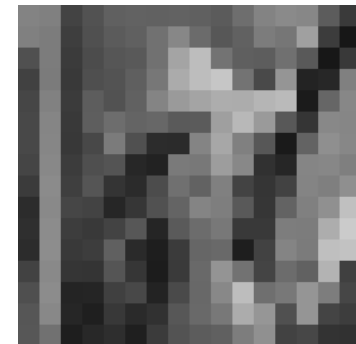
(a) 256×256



(b) 128×128



(c) 32×32



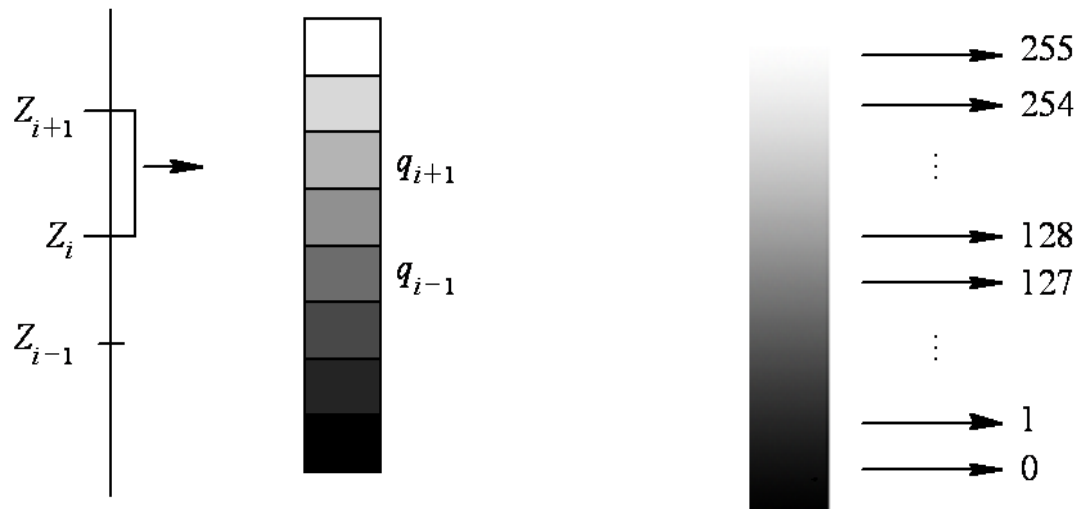
(d) 16×16

采样点数与图像质量之间的关系

1.4 图像信号的数字化

3. 图像信号的量化

- 模拟图像经过采样后，在时间和空间上离散化为像素。但采样所得的像素值（灰度级）仍是一个有无穷多个取值的连续量。
- 量化是指将具有无限多个取值的样值用有限个离散值来表示的过程。





1.4 图像信号的数字化

用有限个离散灰度值表示无穷多个连续灰度的量必然引起误差，称为量化误差，有时也称为量化噪声。量化分层越多，则量化误差越小。对于不同的图像，量化方法分为两种：

- 等间隔量化（均匀量化或线性量化）
- 非等间隔量化

等间隔量化就是简单地把采样值的灰度范围等间隔地分割并进行量化。

对于像素灰度级在黑-白范围分布较均匀的图像，这种量化方法可以得到较小的量化误差。



1.4 图像信号的数字化

4. 采样与量化精度对图像质量的影响

- 一幅图像在采样时，行、列的采样点与量化时每个像素量化的级数，既影响数字图像的质量，也影响到该数字图像数据量的大小。假定图像取 $M \times N$ 个采样点，每个像素量化后的灰度二进制位数为 Q ，一般 Q 总是取为2的整数幂，即 $Q=2^k$ ，则存储一幅数字图像所需的字节数 B 为

$$B = M \times N \times \frac{k}{8}$$

1.4 图像信号的数字化

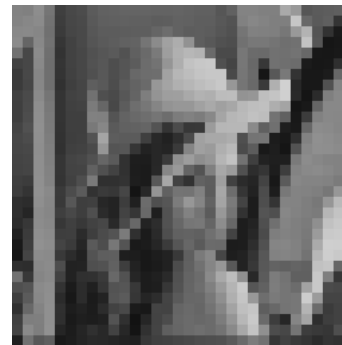
- 对一幅图像，当量化级数 Q 一定时，采样点数 $M \times N$ 对图像质量有着显著的影响。
- 采样点数越多，图像质量越好；
- 当采样点数减少时，图上的块状效应就逐渐明显。



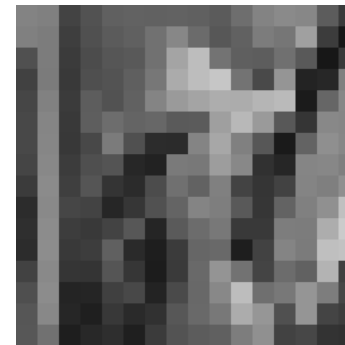
(a) 256×256



(b) 128×128



(c) 32×32



(d) 16×16

采样点数与图像质量之间的关系



1.4 图像信号的数字化

- 同理，当图像的采样点数一定时，采用不同量化级数的图像质量也不一样。
- 量化级数越多，所得图像层次越丰富，图像质量越好，但数据量大；
- 量化级数越少，图像层次欠丰富，图像质量越差，会出现假轮廓现象，但数据量小。
- 量化级数最小的极端情况就是二值图像（即非黑即白，灰度级没有中间过渡的图像）。



1.4 图像信号的数字化

5. 数字图像表示

从数字图像的获取过程可以知道，一幅采样图像由 M （行）、 N （列）个采样点组成，每个采样点（像素）是组成图像的基本单位。黑白图像的像素只有1个亮度值，彩色图像的像素是矢量，它由多个彩色分量组成，一般有3个分量： R （红）、 G （绿）、 B （蓝），因此，采样图像在计算机中的表示方法是：单色图像用一个矩阵来表示；彩色图像用一组（一般是3个）矩阵来表示，矩阵的行数称为图像的垂直分辨率，列数称为图像的水平分辨率，矩阵中的元素是像素颜色分量的亮度值，使用整数表示。



1.4 图像信号的数字化

5. 数字图像的表达

一幅 $M \times N$ 的数字图像可用矩阵表示为

$$F = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$

数字图像中的每个像素都对应于矩阵中相应的元素。把数字图像表示成矩阵的优点在于，能应用矩阵理论对图像进行分析处理。

1.4 图像信号的数字化



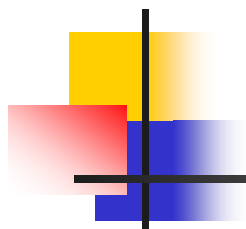
18	17	19	17	21	29	45	59	65	59	58	66	67	61	69	60
22	20	20	17	19	25	51	65	82	90	84	74	73	78	57	56
27	23	23	18	17	21	42	47	66	90	97	90	84	86	58	61
28	25	24	21	19	21	24	24	30	50	77	95	93	84	79	77
26	24	24	23	22	23	26	38	37	28	43	77	93	88	102	91
24	20	20	21	22	23	40	68	75	47	29	48	80	97	109	97
23	16	15	17	19	19	36	55	73	68	44	33	58	92	108	103
23	14	11	13	15	15	16	12	36	69	64	35	42	77	108	110
18	21	20	19	16	7	8	14	31	60	63	30	32	79	106	118
19	18	13	13	18	17	5	11	23	48	57	38	45	84	122	128
21	18	10	13	28	35	29	42	51	53	46	40	63	104	140	137
22	24	15	18	35	46	58	77	82	60	35	42	90	140	152	140
21	27	19	21	35	44	46	53	52	38	36	72	131	172	164	146
20	26	24	31	46	54	28	14	13	31	70	128	174	187	180	156
20	26	36	60	88	101	74	55	63	99	138	178	196	186	190	163
22	28	50	91	133	152	149	140	160	189	197	201	198	182	192	165

(a) 256级灰度图象

(b) 子图

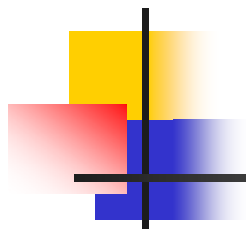
(c) 子图对应的量化数据

数字图像实例



第1章 数字视频基础知识

- 1.1 光的特性与光源
- 1.2 彩色三要素与三基色原理
- 1.3 人眼的视觉特性
- 1.4 图像信号的数字化
- **1.5 彩色模拟电视制式**
- 1.6 视频信号的数字化
- 1.7 MATLAB在数字图像与视频处理中的应用
- 1.8 小结



1.5 彩色模拟电视制式

黑白电视制式：扫描行数、场频、带宽、隔行扫描方式

例如：**625行制：**625行/帧，50场，6MHz，隔行扫描

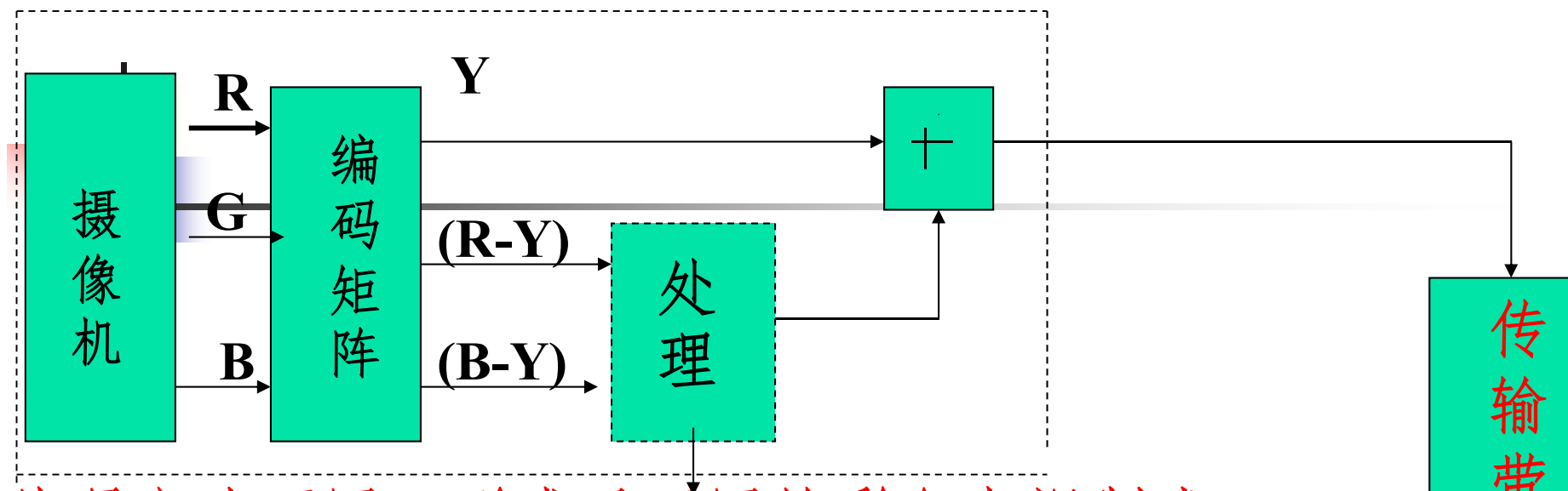
525行制：525行/帧，60场，4.2MHz，隔行扫描

彩色电视制式：除上述外，亮度和色差信号的处理方式

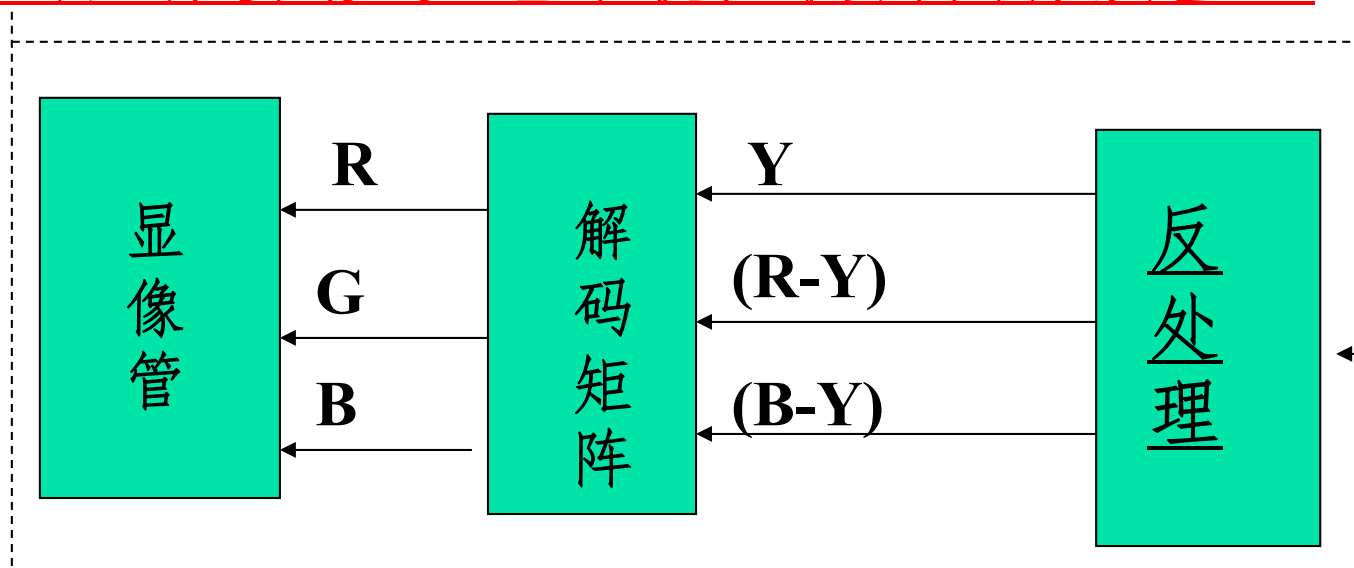
- **现行三大彩色电视制式：**

均为兼容制；区别在于色差信号是否同时传送，以及对副载波的调制方式上：

- **NTSC** ——同时制，正交平衡调幅。
- **PAL** ——同时制，逐行倒相正交平衡调幅。
- **SECAM** ——顺序-同时制，顺序传送彩色与存储。



处理方法不同，形成了不同的彩色电视制式
（目的是减少亮色干扰，提高图像质量）





1.5 彩色模拟电视制式

1.5.1 NTSC制

NTSC (National Television System Committee) 制是1953年由美国国家电视制式委员会指定的一种兼容制彩色电视制式，它对两个色差信号采用了正交平衡调幅技术，因此又称为正交平衡调幅制。



1.5 彩色模拟电视制式

■ 一般调幅波

调制信号: $u(t)$

载波信号: $u_c(t) = U_c \cos \omega t$

已调制信号: $u_{AM}(t) = [U_c + u(t)] \cos \omega t = u_c(t) + u(t) \cos \omega t$

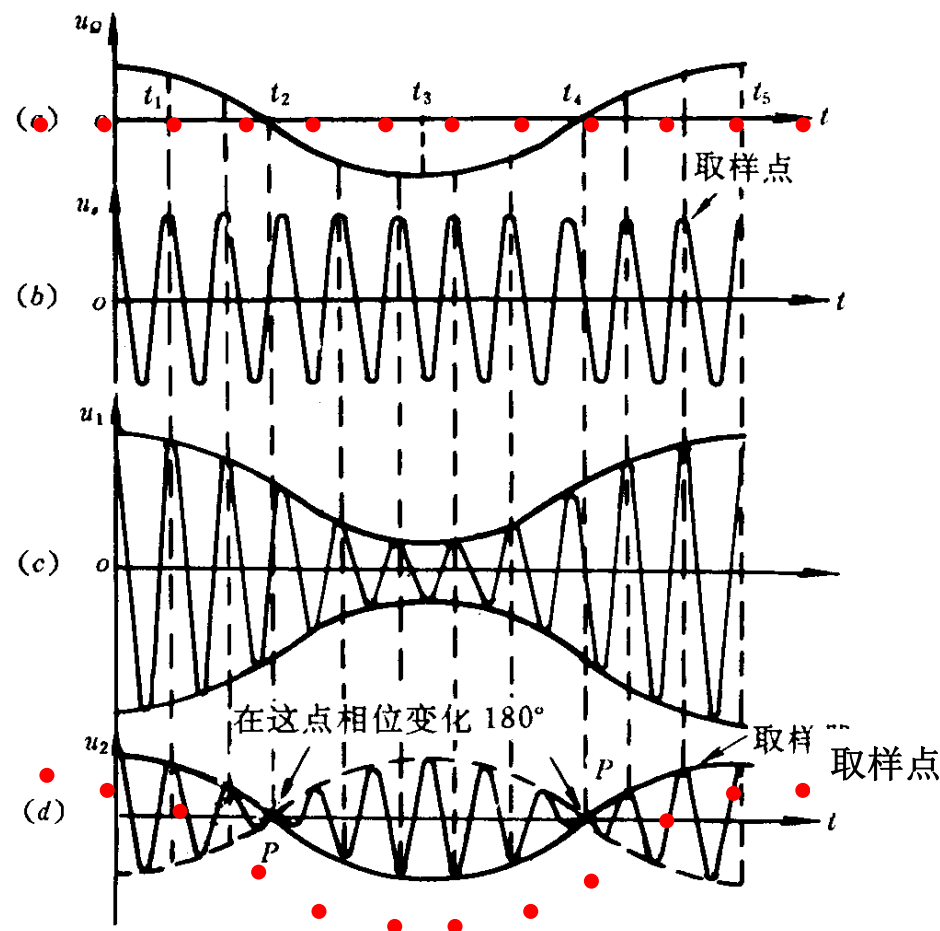
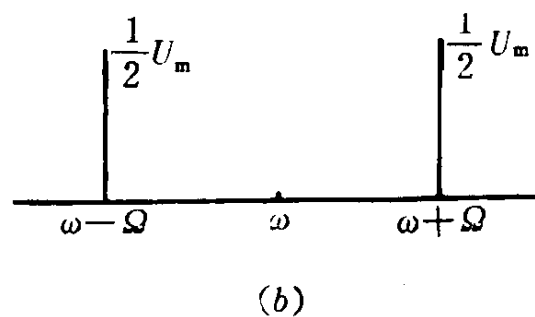
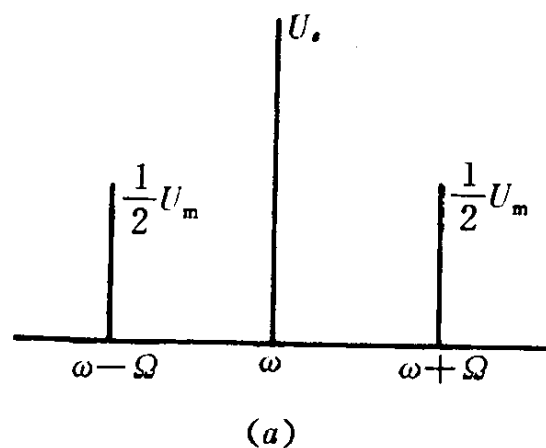
■ 平衡调幅波

滤除一般调幅波中的载波成份:

$$u_{BM}(t) = u(t) \cos \omega t$$

- 平衡调幅波是调制信号与单位幅度载波的乘积
- 可用乘法器实现平衡调幅

1.5 彩色模拟电视制式



一般调幅波与平衡调幅波频谱波形图（设 $u(t) = U_m \cos \Omega t$ ）



1.5 彩色模拟电视制式

■ 平衡调幅波的特点

- ①去掉载频，只发送边频
- ②调制信号为零，即 $u(t)=0$ 时，平衡调幅波 $u_{BM}(t)=0$
- ③调制信号 $u(t)$ 为正时，平衡调幅波 $u_{BM}(t)$ 与原载波同相；
调制信号 $u(t)$ 为负时，平衡调幅波 $u_{BM}(t)$ 与原载波反相

■ 正交平衡调幅

将两个调制信号分别对频率相等、相位相差 90° 的两个正交载波进行平衡调幅，然后再将这两个调幅信号进行相加（频带宽度没有增加），这一调制方式称**正交平衡调幅**。



1.5 彩色模拟电视制式

色度信号的形成:

色差信号 $(R-Y)$ 、 $(B-Y)$ 分别对两个频率相同、相位相差 90° 的副载波平衡调幅

红色度分量:

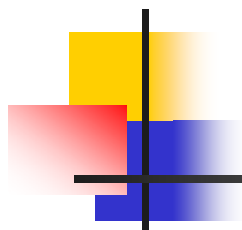
$$(R-Y) \cos \omega_{sc} t$$

蓝色度分量:

$$(B-Y) \cos (\omega_{sc} t - 90^\circ) = (B-Y) \sin \omega_{sc} t$$

色度信号:

$$C_F(t) = (R-Y) \cos \omega_{sc} t + (B-Y) \sin \omega_{sc} t$$



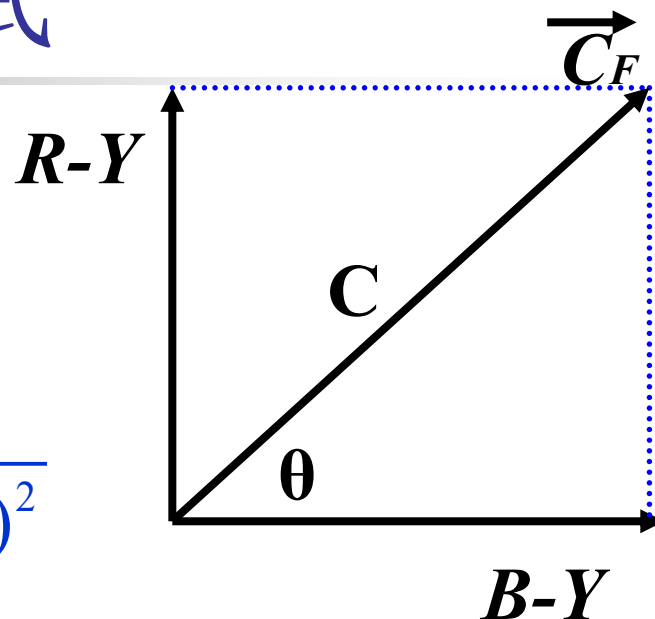
1.5 彩色模拟电视制式

色度信号矢量:

$$\vec{CF} = C \sin (\omega_{sc} t + \theta)$$

色度矢量模:

$$C = \sqrt{(R-Y)^2 + (B-Y)^2}$$



代表副载波的瞬时振幅，由色差信号的幅度决定。

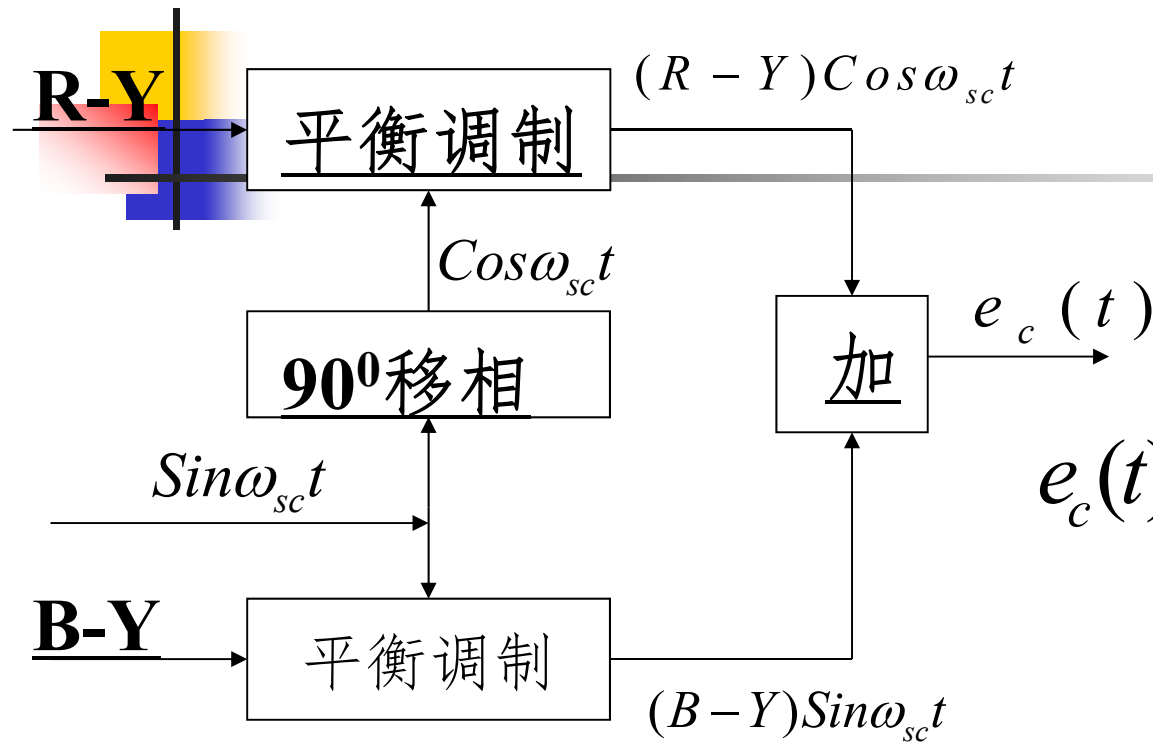
色度矢量的相角:

$$\theta = \operatorname{tg}^{-1} \frac{R-Y}{B-Y}$$

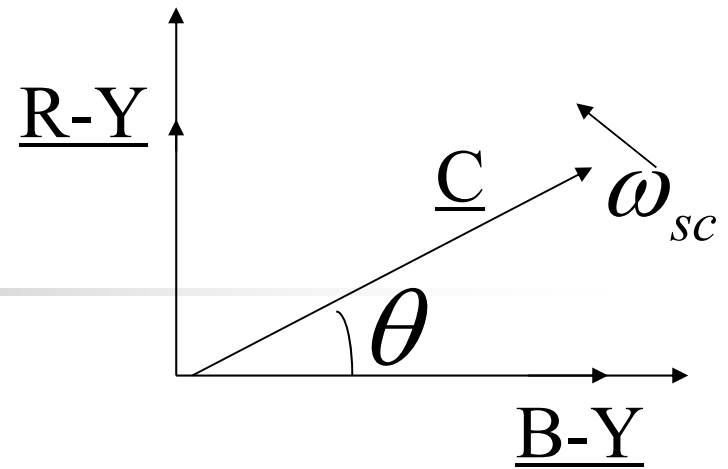
0~360度取值，由 $R-Y$ 和 $B-Y$ 的符号决定象限。

代表副载波的初相位，由色差信号的比例决定。

■ 正交平衡调幅



$$e_c(t) = (B-Y) \sin \omega_{sc}(t) + (R-Y) \cos \omega_{sc}(t) = C \sin[\omega_{sc}(t) + \theta]$$



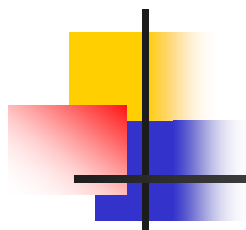
正交调幅的色度信号是调幅调相波

1. 其幅度主要反映彩色的饱和度。

2. 其相位主要反映彩色的色调。

$$\theta = \arctg \frac{R-Y}{B-Y}$$

$$C = \sqrt{(B-Y)^2 + (R-Y)^2}$$



1.5 彩色模拟电视制式

■ 正交平衡调幅优点

- 节省带宽：只用一个副载波实现对两个色差信号的传输，在解调端采用同步解调分离出红色差与蓝色差分量。
- 减少色度信号对亮度信号的干扰：去除了高频振荡的副载波。
- 传送黑白图像时色度信号为零，不存在对亮度信号的干扰。



1.5 彩色模拟电视制式

■ 同步检波

解调平衡调幅波采用同步检波技术。

方法：用与副载波同频同相的本振载波乘色度信号信号。

色度信号： $C_F(t) = (R-Y) \cos \omega_{sc} t + (B-Y) \sin \omega_{sc} t$

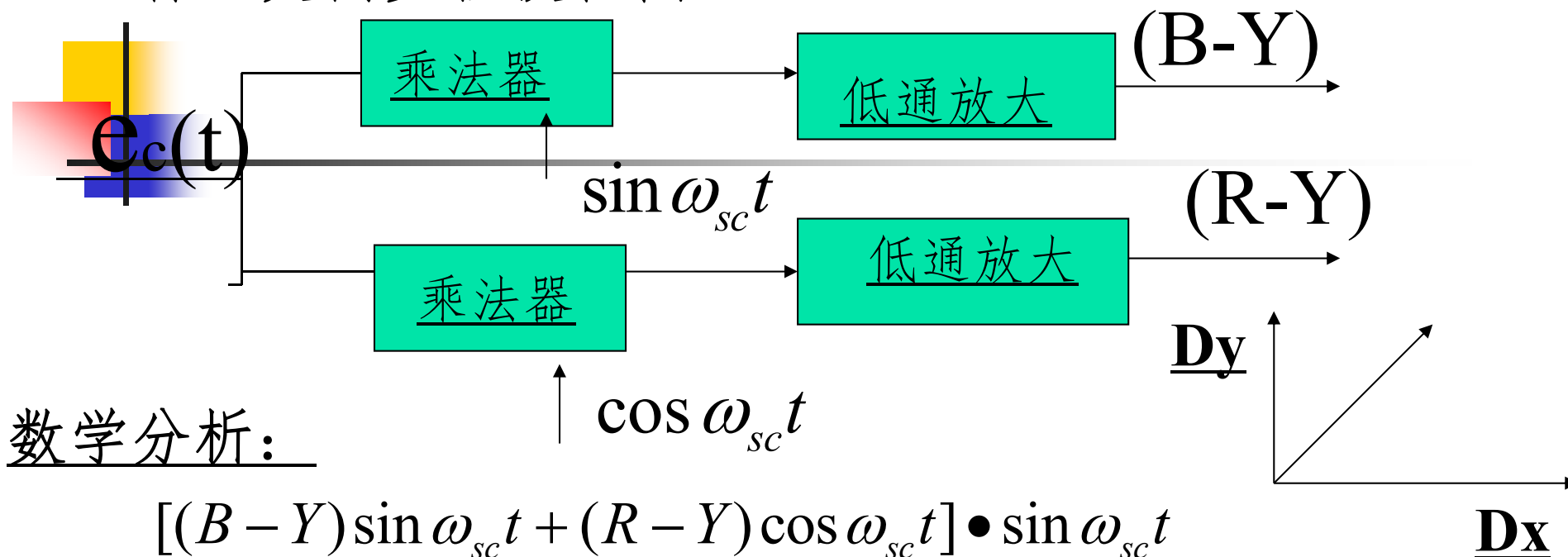
用 $2\cos \omega_{sc} t$ 相乘，解出 $(R-Y)$ 分量：

$$\begin{aligned} C_F(t) 2 \cos \omega_{sc} t &= 2(R-Y) \cos^2 \omega_{sc} t + 2(B-Y) \sin \omega_{sc} t \cos \omega_{sc} t \\ &= (R-Y) + (R-Y) \cos 2\omega_{sc} t + (B-Y) \sin 2\omega_{sc} t \end{aligned}$$

低通滤波：滤去二倍频副载波信号，得到 $(R-Y)$ 信号。

同理，用 $\sin \omega_{sc} t$ 去乘 $C_F(t)$ ，再经低通滤波后，可得到 $(B-Y)$ 信号

一种正交同步检波框图



数学分析:

$$[(B-Y) \sin \omega_{sc} t + (R-Y) \cos \omega_{sc} t] \bullet \sin \omega_{sc} t$$

$$= \frac{1}{2}(B-Y) - \frac{1}{2}(B-Y) \cos 2\omega_{sc} t + \frac{1}{2}(R-Y) \sin 2\omega_{sc} t$$

$$[(B-Y) \sin \omega_{sc} t + (R-Y) \cos \omega_{sc} t] \bullet \cos \omega_{sc} t$$

$$= \frac{1}{2}(R-Y) + \frac{1}{2}(R-Y) \cos 2\omega_{sc} t + \frac{1}{2}(B-Y) \sin 2\omega_{sc} t$$



1.5 彩色模拟电视制式

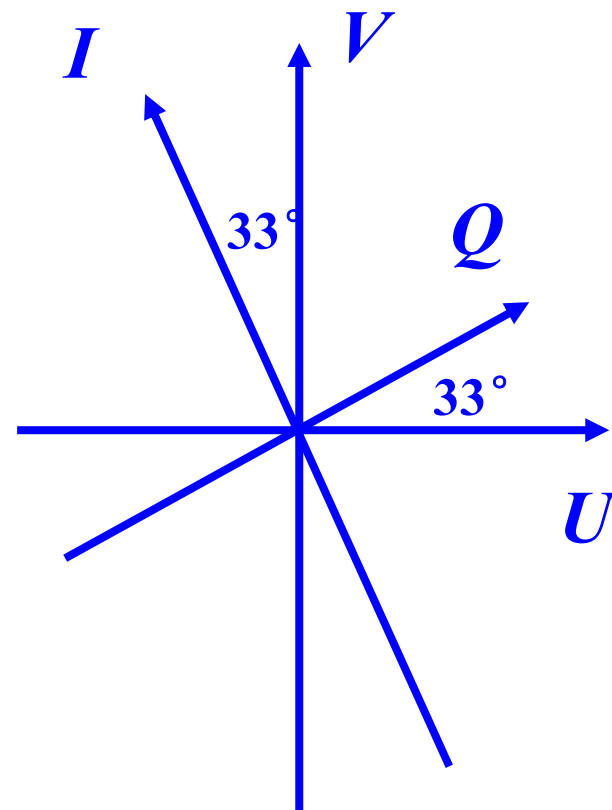
- **Q 、 I 色差信号**
- 兼容制彩色电视系统——亮度、色差信号在同一频带传输。
- 如色度信号以双边带传送，对于带宽为4.2MHz的制式来说，采用频谱交错，亮度、色差信号频带将重叠过宽，相互干扰将很严重。如色度信号以不对称边带传送，将在检波解调时引起串色。
- 解决办法——不传 U 、 V 信号，**传送 Q 、 I 信号**
- 人眼视觉特性——对红黄之间颜色的分辨力最强
对蓝品之间颜色的分辨力最弱
- 在色度图中：
以 **I 轴**表示人眼最敏感的色轴， **Q 轴**表示最不敏感的色轴

1.5 彩色模拟电视制式

Q 、 I 正交轴与 U 、 V 正交轴有 33° 夹角的关系，
 Q 、 I 正交轴与 U 、 V 正交轴关系：

$$\begin{bmatrix} Q \\ I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 33^\circ & \sin 33^\circ \\ -\sin 33^\circ & \cos 33^\circ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ V \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 33^\circ & -\sin 33^\circ \\ \sin 33^\circ & \cos 33^\circ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q \\ I \end{bmatrix}$$



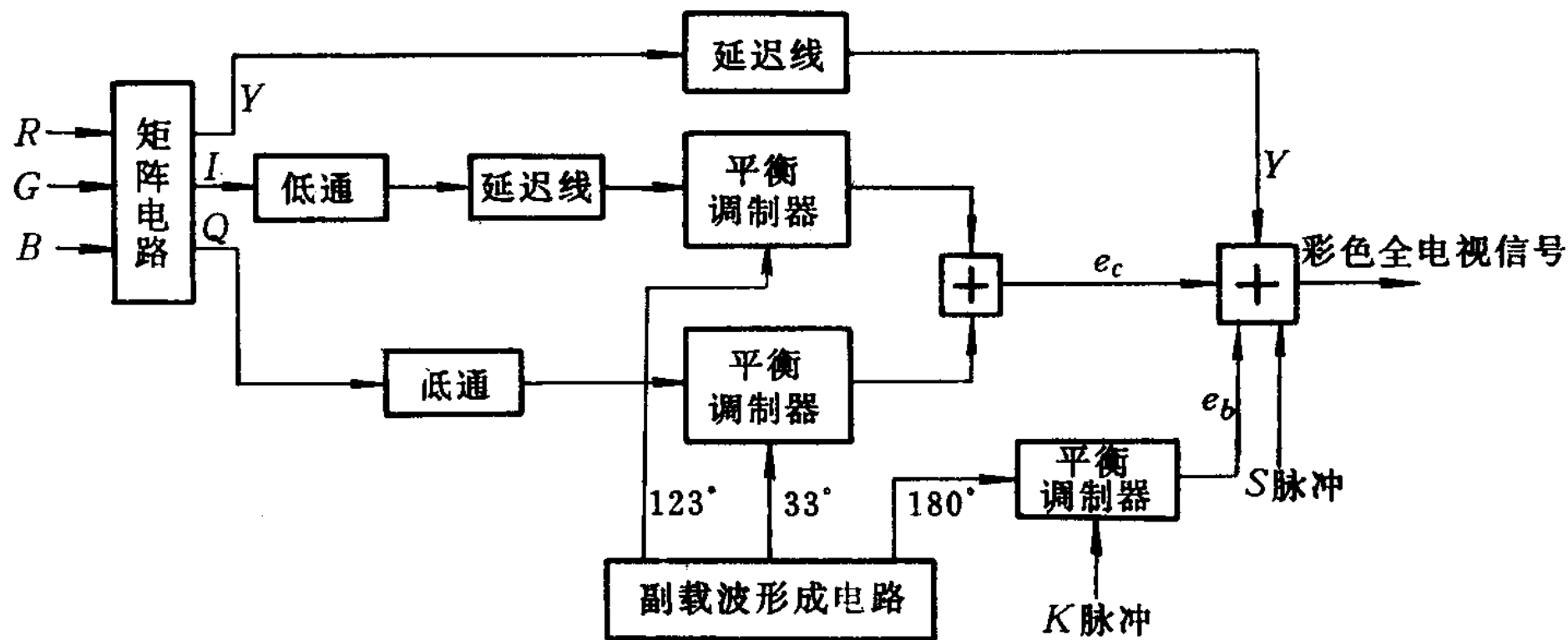


1.5 彩色模拟电视制式

■ NTSC制的主要技术

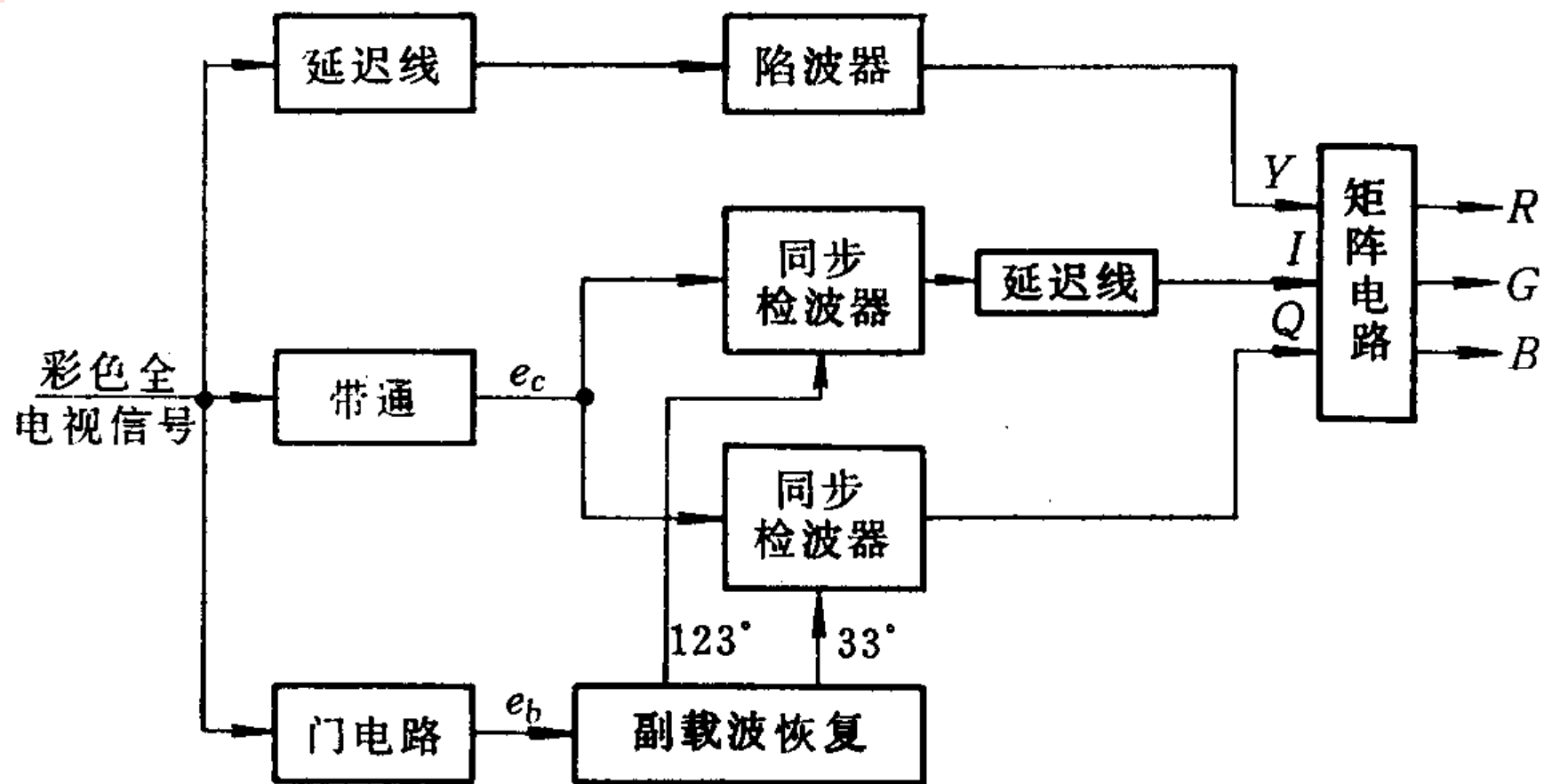
1. 采用正交平衡调幅方法,把色差信号的频谱搬移到亮度频谱的高端,减少亮色的干扰。
2. 充分利用人眼的视觉特性,采用I、Q色差信号,进一步压缩色差信号的带宽,减少亮色的干扰。
3. 精确选择副载频,实现亮色的频谱交错,减少亮色的干扰。

1.5 彩色模拟电视制式



NTSC编码方框图

1.5 彩色模拟电视制式



NTSC解码方框图



1.5 彩色模拟电视制式

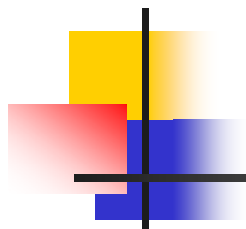
■ NTSC制的主要性能

优点：

- 1 信号处理方法简单，电路易集成化，接收机价格便宜。
- 2 无行顺序效应。
- 3 亮、色频谱以最大间隔错开，亮色干扰小，兼容性好。

缺点：

- 1 色度信号的幅度变化影响重现彩色的饱和度。（主要是微分增益失真的影响）。
- 2 色度信号相位变化影响重现彩色的色调。（相位敏感性）
 - （1）微分相位失真的影响；
 - （2）不对称边带的影响；
 - （3）多径接收的影响。



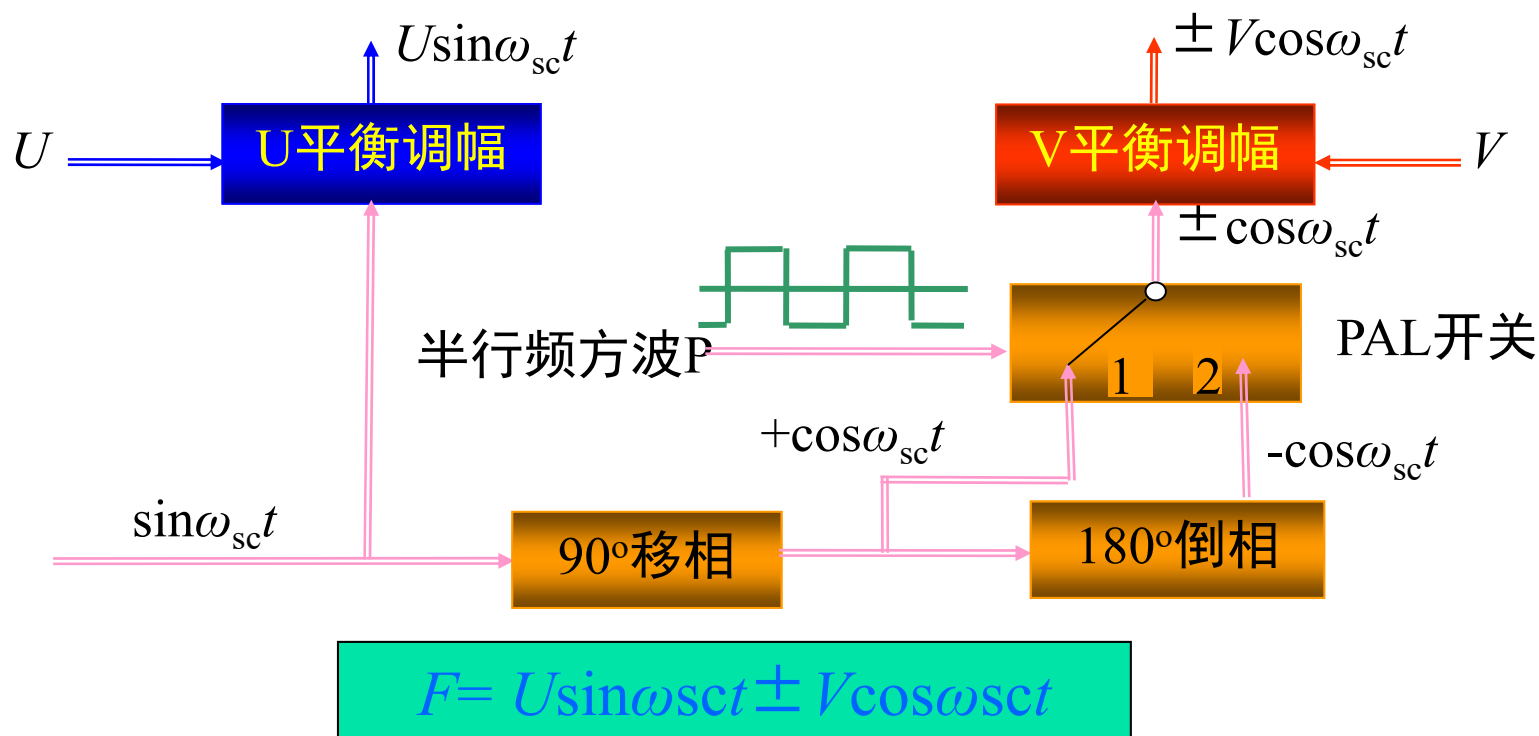
1.5 彩色模拟电视制式

1.5.2 PAL制

PAL（**Phase Alternation Line**，逐行倒相）制是1962年由前联邦德国德律风根（**Telefunken**）公司研制成功的一种兼容制彩色电视制式，它对色度信号**U**、**V**分量中的**V分量**逐行倒相后再采用正交平衡调幅的技术。

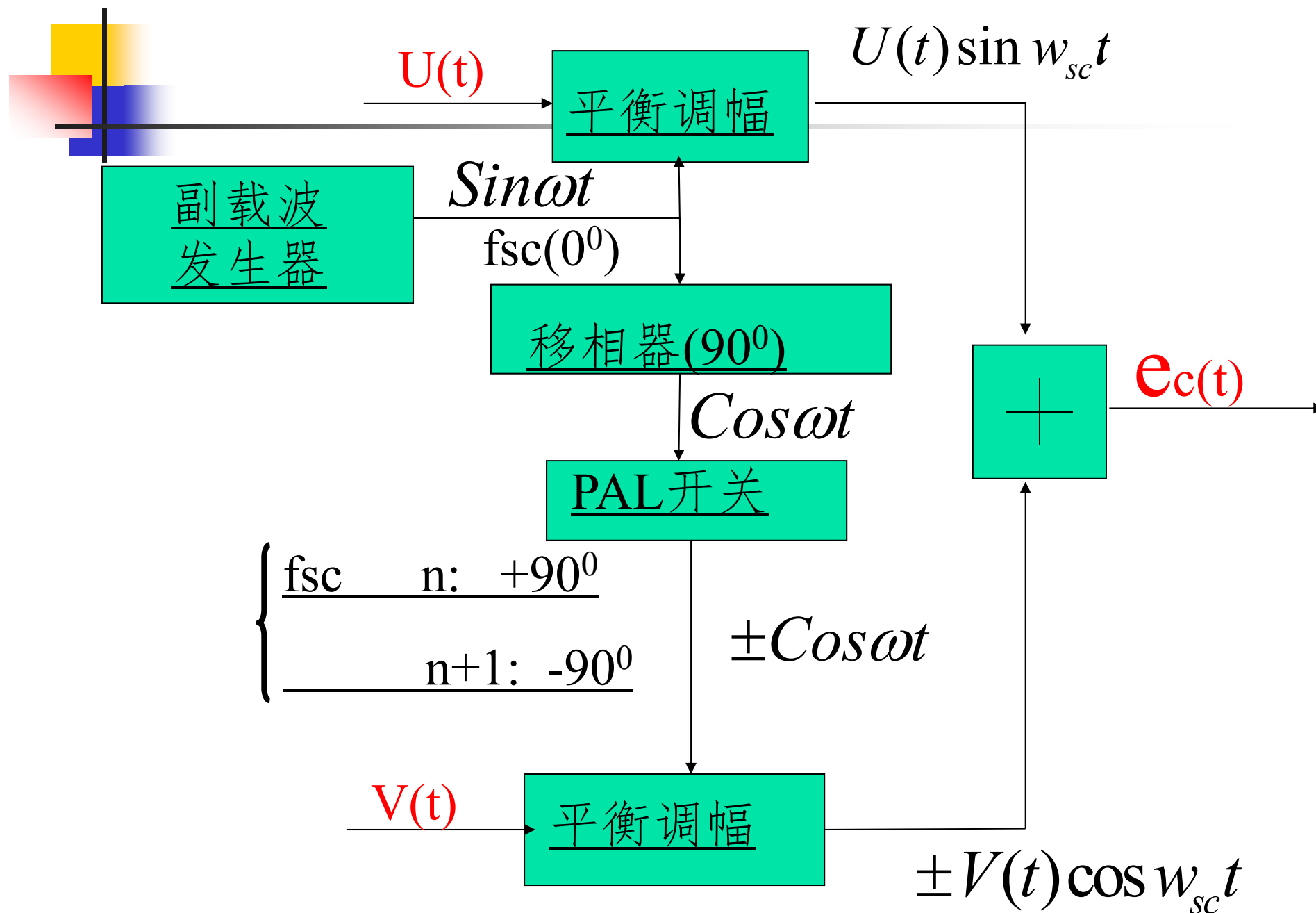
1.5 彩色模拟电视制式

红色差分量逐行倒相



PAL制色度信号的形成

逐行倒相正交平衡调幅框图:

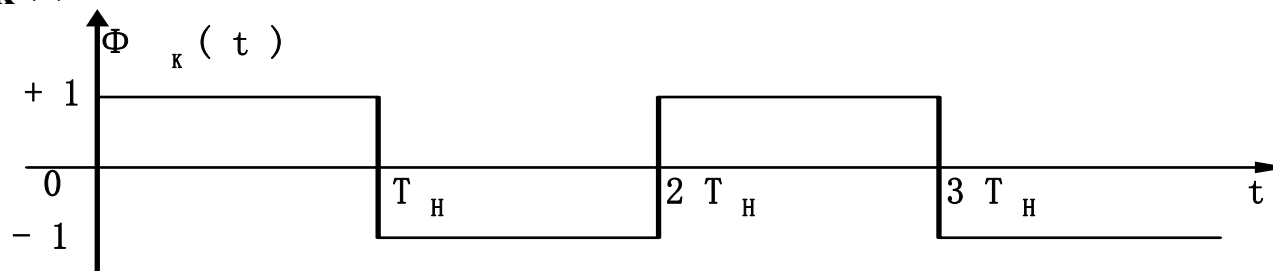


1.5 彩色模拟电视制式

■ PAL制色度信号的形成

$$\begin{cases} u(t) = U(t)\sin\omega_{sc}t \\ v(t) = \Phi_k(t)V(t)\cos\omega_{sc}t \end{cases}$$

$\Phi_k(t)$ 表示逐行取值为+1和-1的 $2H$ 为周期的开关函数



PAL色度信号:

$$\begin{aligned} e_c(t) &= u(t) + v(t) = U(t)\sin\omega_{sc}t + \Phi_k(t)V(t)\cos\omega_{sc}t \\ &= C(t)\sin[\omega_{sc}t + \theta(t)] \end{aligned}$$

其中:

$$C = \sqrt{U^2 + V^2}$$

$$\theta = \Phi_k(t)tg^{-1}\frac{V}{U}$$



1.5 彩色模拟电视制式

■ PAL色度信号频谱：

①U分量对副载波 $\sin \omega_{sc}t$ 平衡调幅，频谱仍以 f_H 为间隔，对称地分布在色副载波 f_{sc} 两旁。

②逐行倒相的V分量对副载波 $\cos \omega_{sc}t$ 平衡调幅，也可看成是V分量对逐行倒相的色副载波 $\Phi_K(t) \cos \omega_{sc}t$ 的平衡调幅。

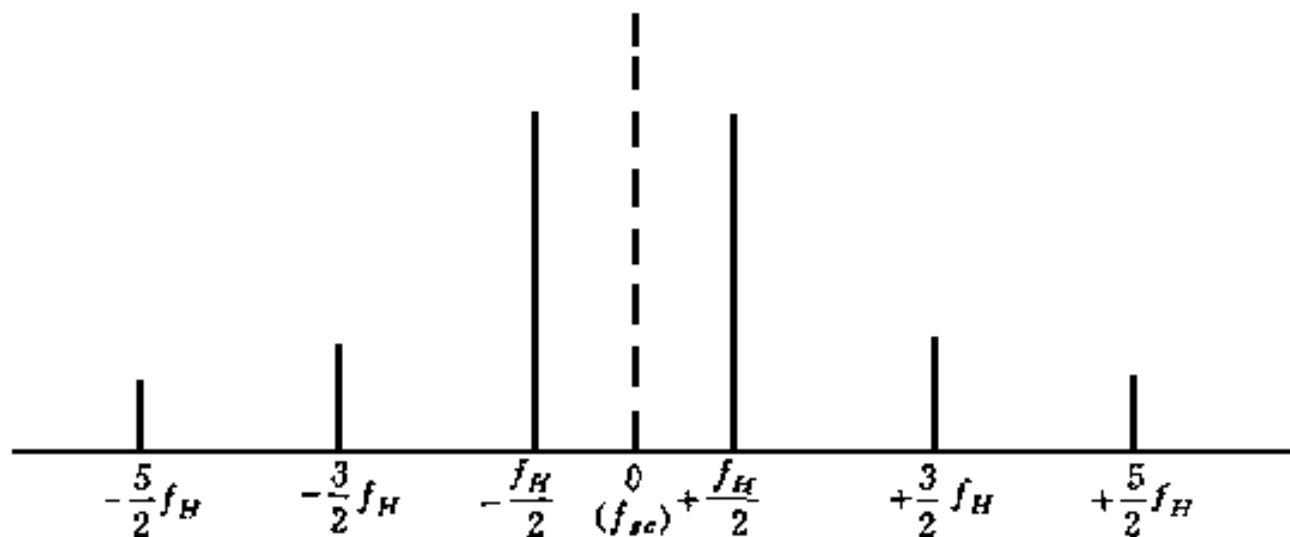
开关函数：
$$\Phi_k(t) = \frac{4}{\pi} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{2m+1} \sin(2m+1)\Omega t$$

基波角频率：
$$\Omega = 2\pi \frac{f_H}{2}$$

逐行倒相的色副载波的各频率分量为：

$$\Phi_k(t) \cos \omega_{sc}t = \frac{2}{\pi} \left[\sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{2m+1} \sin[2\pi(f_{sc} + (2m+1)f_H/2)t] - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{2m+1} \sin[2\pi(f_{sc} - (2m+1)f_H/2)t] \right]$$

1.5 彩色模拟电视制式

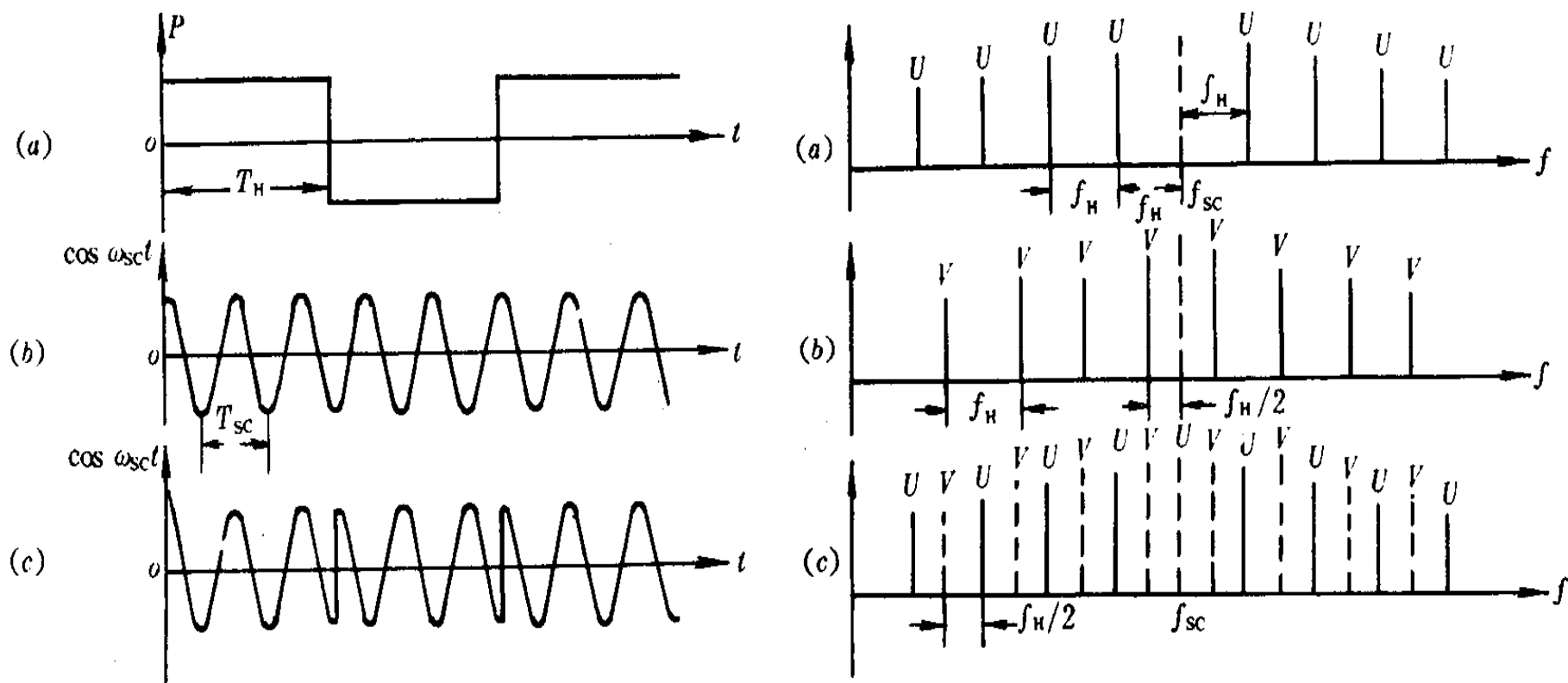


图中虚线为供**U**信号调制用的副载波，实线为供**V**信号调制用的副载波。

可以看出，调制**V**信号的副载波是谱线群，调制**U**信号的副载波是一根谱线。

1.5 彩色模拟电视制式

U分量与V分量的主谱线刚好错开1/2行频。

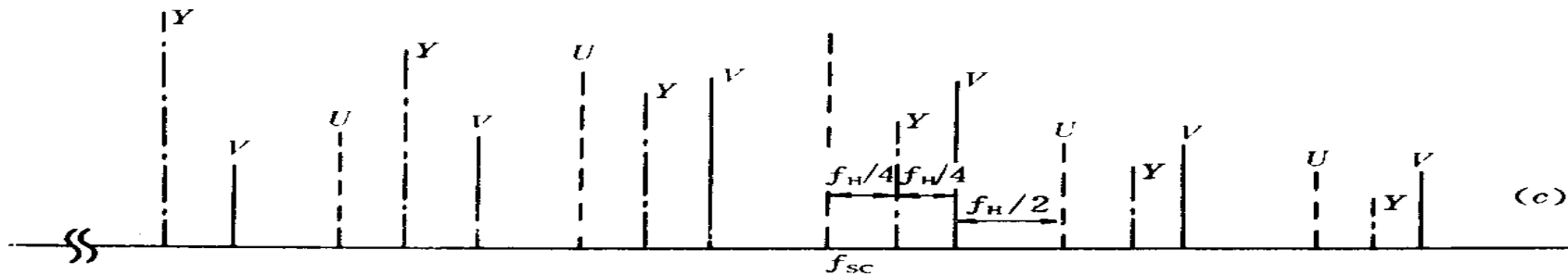
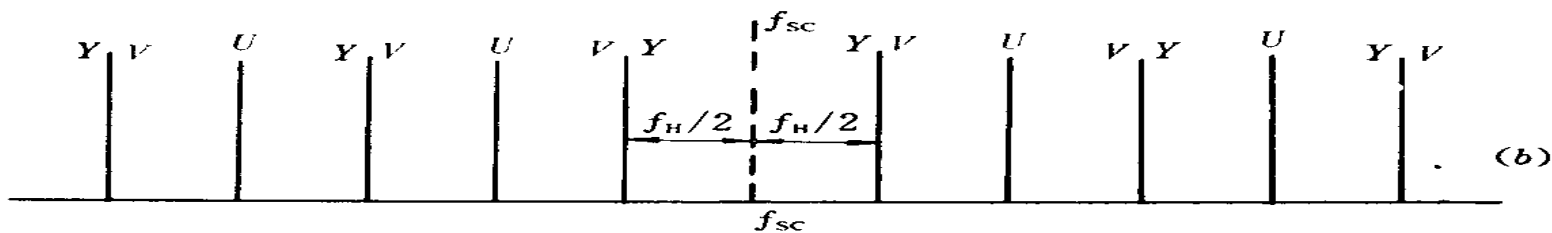
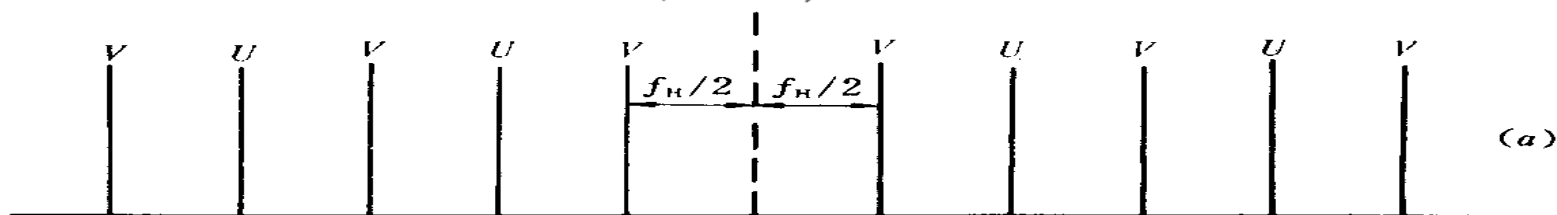


NTSC制U、V信号频谱是重合的，而**PAL**制色度信号本身完成了频谱交错。这也是**PAL**制色度不容易失真的原因。

1.5 彩色模拟电视制式

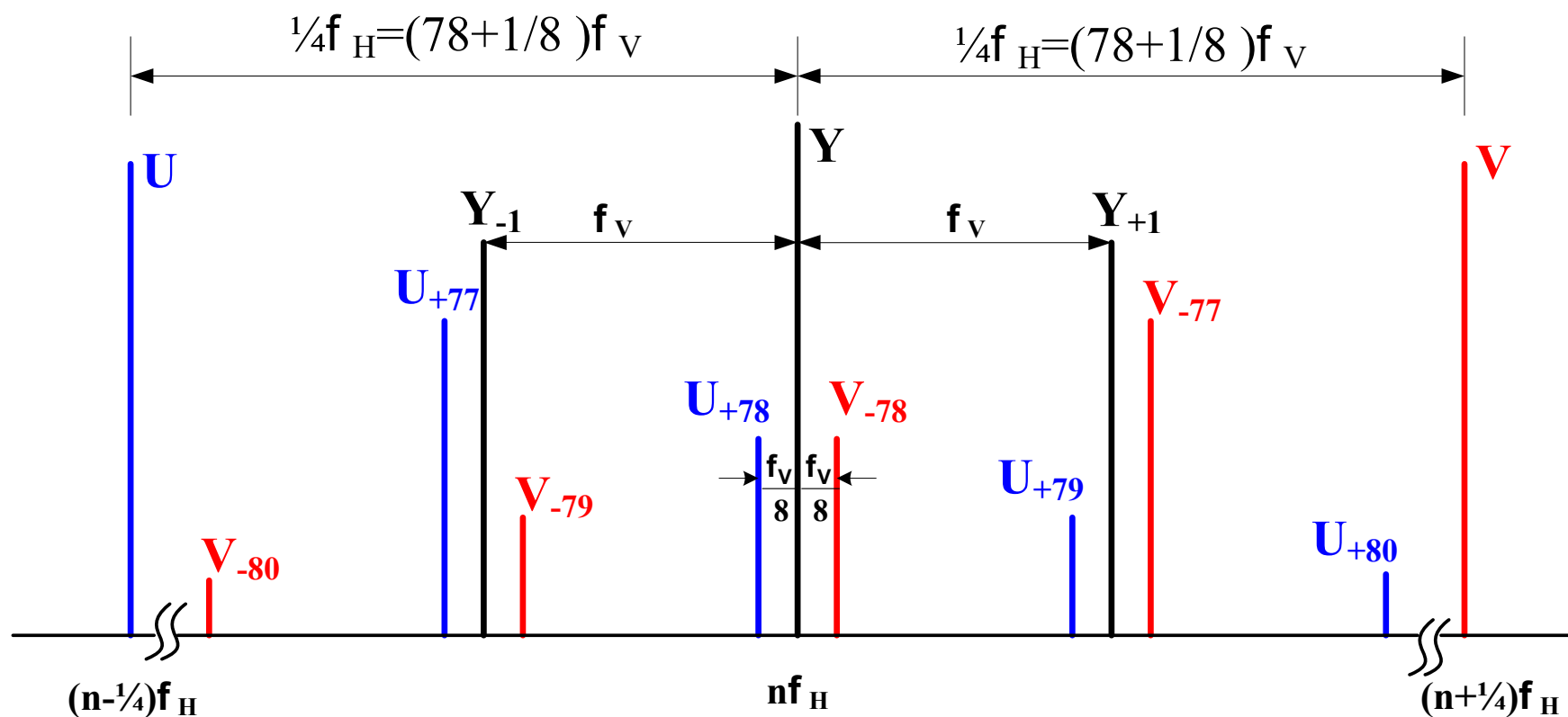
- 合理选择 f_{sc} ，使亮度Y信号与色度信号的主谱线相互错开。
- f_{sc} 要尽量的高，但其上边频不能超过规定的6MHz

① **1/4行频间置：**
$$f_{sc} = \left(n - \frac{1}{4}\right) f_H$$



1.5 彩色模拟电视制式

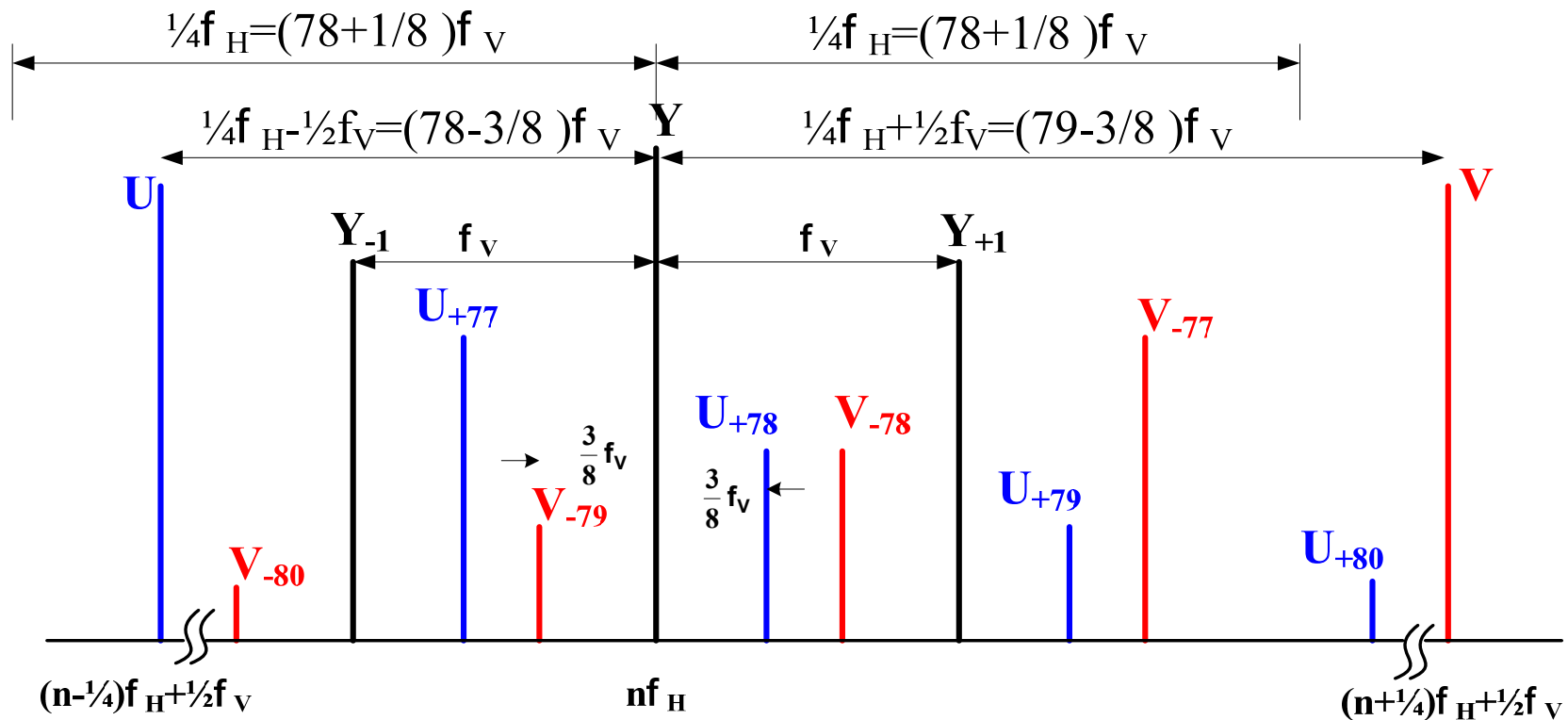
$$\frac{1}{4}f_H = \frac{1}{4}625 \times \frac{1}{2}f_V = (78 + \frac{1}{8})f_V$$



只采用1/4行频间置，亮度信号 Y 的 f_V 场频副谱线与色度信号 U 、 V 的 f_V 场频副谱线的间距只有 $1/8f_V$ ，容易造成亮色串扰。

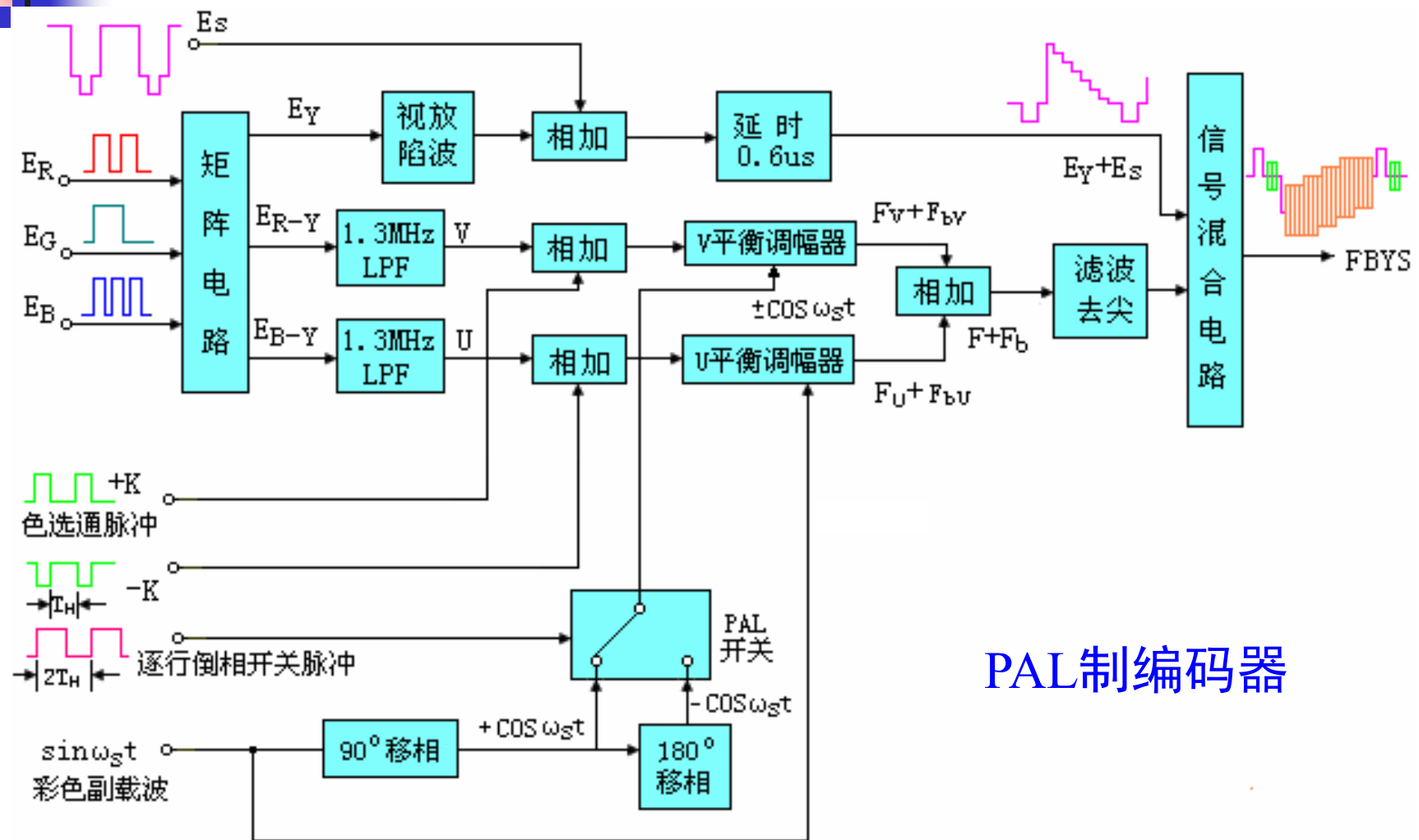
1.5 彩色模拟电视制式

② 1/2场频偏置: $f_{sc} = \left(n - \frac{1}{4}\right)f_H + \frac{1}{2}f_V = \left(284 - \frac{1}{4}\right)f_H + 25\text{Hz} = 4.43361875\text{MHz}$

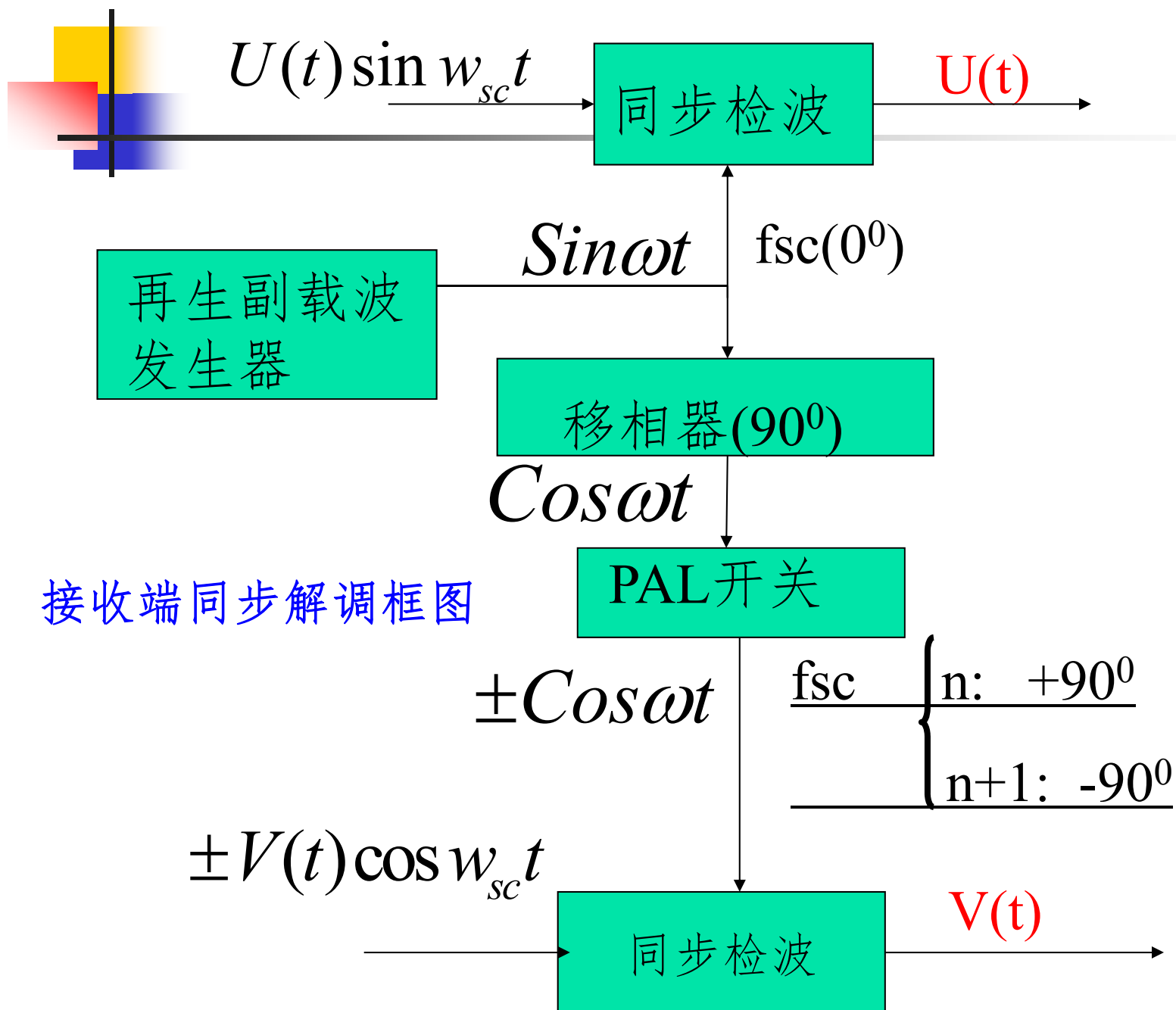


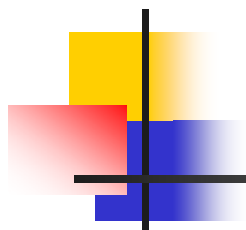
采用1/2场频偏置（25Hz偏置）后，使亮度信号Y与色度信号U、V的副谱线间距增加3倍，为 $3/8f_V$ ，进一步减少亮色串扰。

1.5 彩色模拟电视制式



PAL制编码器

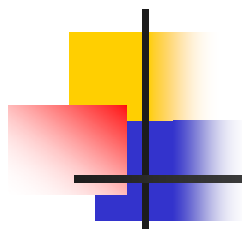




1.5 彩色模拟电视制式

■ PAL制克服NTSC制相位敏感性的主要技术:

1. 采用逐行倒相正交平衡调幅的色度信号，实现色度信号的频谱交错。(频分原则)
2. 接受端解调时，先经梳状滤波器分离再同步检波。
(先分离再检波)
(或先解调，由于相邻两行串色极性相反，利用基带延时将相邻两行平均，获得无失真的色调。)
3. 再利用视觉平均改善由于小幅度串色引起的彩色偏差。
(视觉平均)



1.5 彩色模拟电视制式

■ **PAL**制的特点

优点：

- 1.对相位失真不敏感，重现彩色受传输误差的影响小。
 - (1) 微分相位的影响小，容限： $+400$
 - (2) 不对称边带影响小
 - (3) 多径接受影响小
- 2.亮色频谱交错，相互干扰小

缺点：

- (1) 色信号处理较NTSC制复杂，接收机价格高一些。
- (2) 彩色的清晰度较NTSC制差。
- (3) 有行顺序效应。

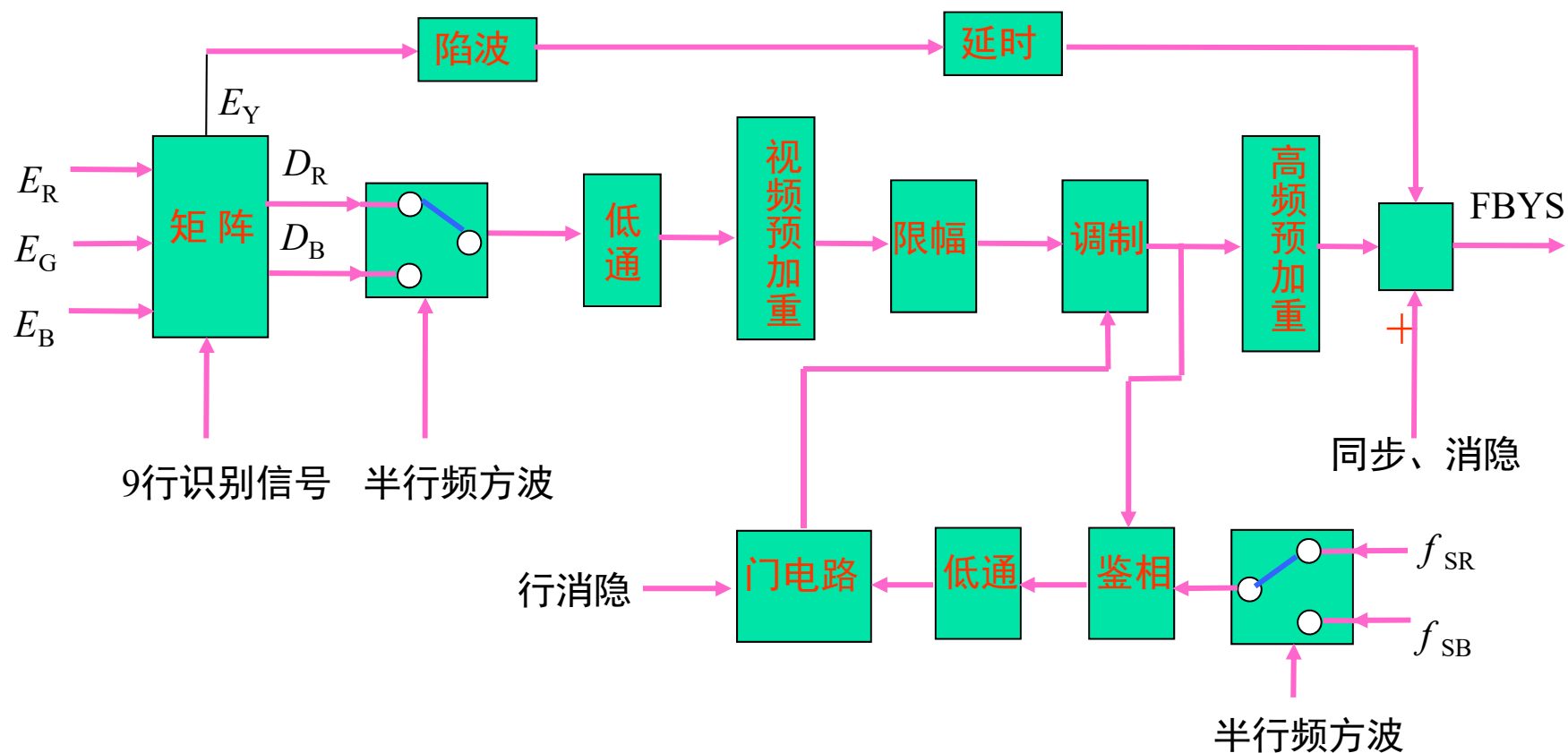


1.5 彩色模拟电视制式

1.5.3 SECAM制

SECAM是法文Séquential Couleur Avec Mémoire的缩写，意为顺序传送彩色信号与存储复用。SECAM制是由法国工程师亨利·弗朗斯提出，1967年制定的一种兼容制彩色电视制式。它也是为了克服NTSC制对相位失真敏感而设计的。

1.5 彩色模拟电视制式



SECAM制编码原理框图



1.5 彩色模拟电视制式

■ SECAM制传送特点

(1) 它是传送Y、R-Y、B-Y三种信号。每一行都传送亮度信号，而两色差信号逐行顺序传送，

(2) 色度信号的间置采用调频方式，即分别用两个不同频率的副载波传送两个色差信号。

E_{R-Y} 载波频率为： $f_{SR}=282f_H=282 \times 15625=4.40625\text{MHz}$

E_{B-Y} 副载波频率为： $f_{SB}=272f_H=272 \times 15625=4.25\text{MHz}$

(3) SECAM制不发送色同步信号，只传送识别信号。

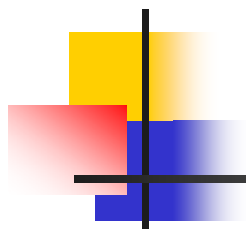
因此，SECAM制又称“轮换调频制”



1.5 彩色模拟电视制式

■ 三种彩色电视制式的比较

内容 \ 制式	调制方式	色副载波 (MHz)	色同步信号	兼容否
NTSC制	正交平衡调幅	3.58	有(180°)	兼容
PAL制	逐行倒相正交平衡调幅	4.43	有($\pm 135^\circ$)	兼容
SECAM制	轮换调频	4.40625 4.25	无(但有识别信号)	兼容

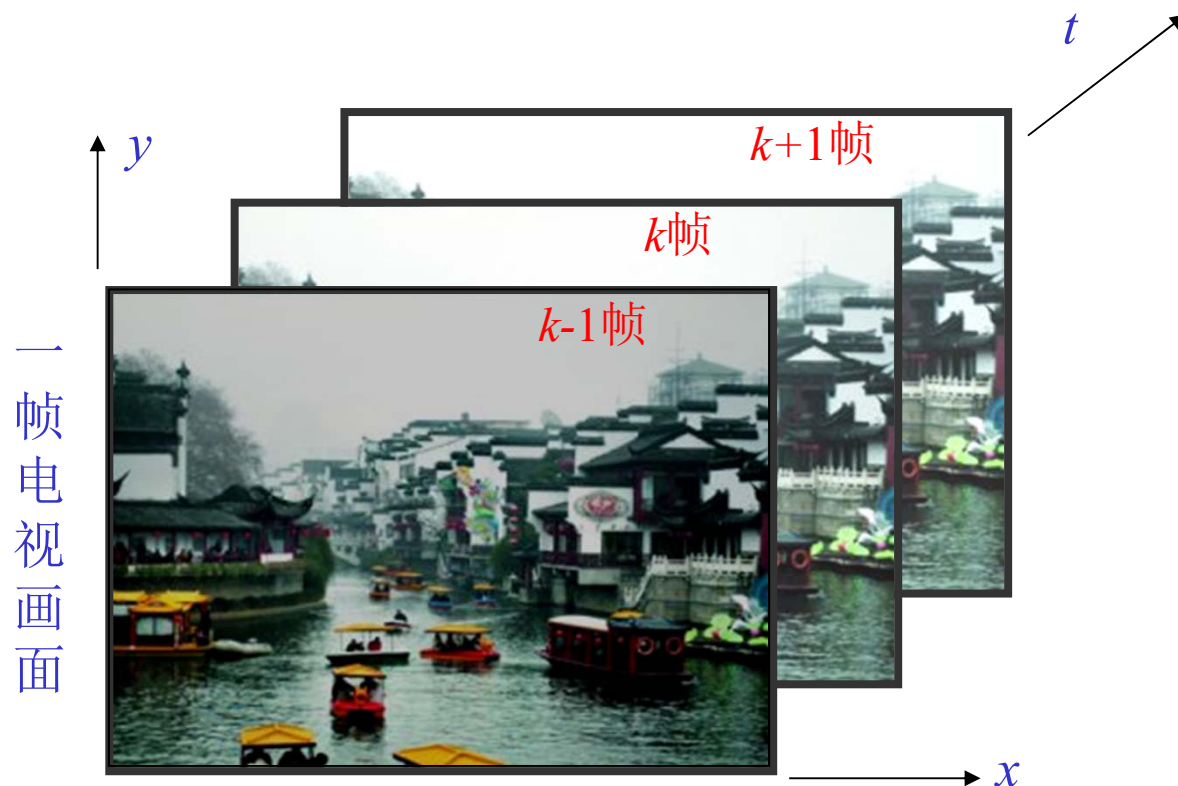


第1章 数字视频基础知识

- 1.1 光的特性与光源
- 1.2 彩色三要素与三基色原理
- 1.3 人眼的视觉特性
- 1.4 图像信号的数字化
- 1.5 彩色模拟电视制式
- **1.6 视频信号的数字化**
- 1.7 MATLAB在数字图像与视频处理中的应用
- 1.8 小结

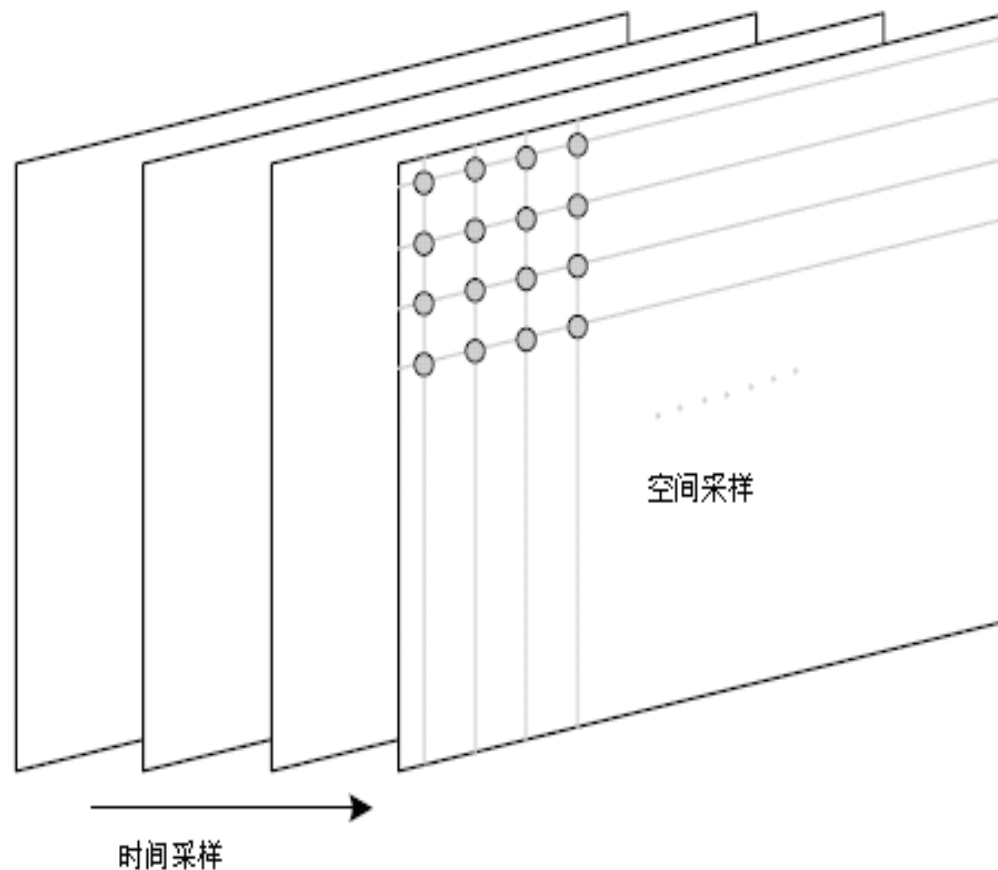
1.6 视频信号的数字化

- 视频是动态的序列图像



1.6 视频信号的数字化

- ▶ 在时间轴上(t 轴)分为一系列离散的帧。
- ▶ 每帧图像在垂直方向(y 轴)上离散为一条一条的扫描行。
- ▶ 每行在水平方向(x 轴)上采样, 得到一个像素。



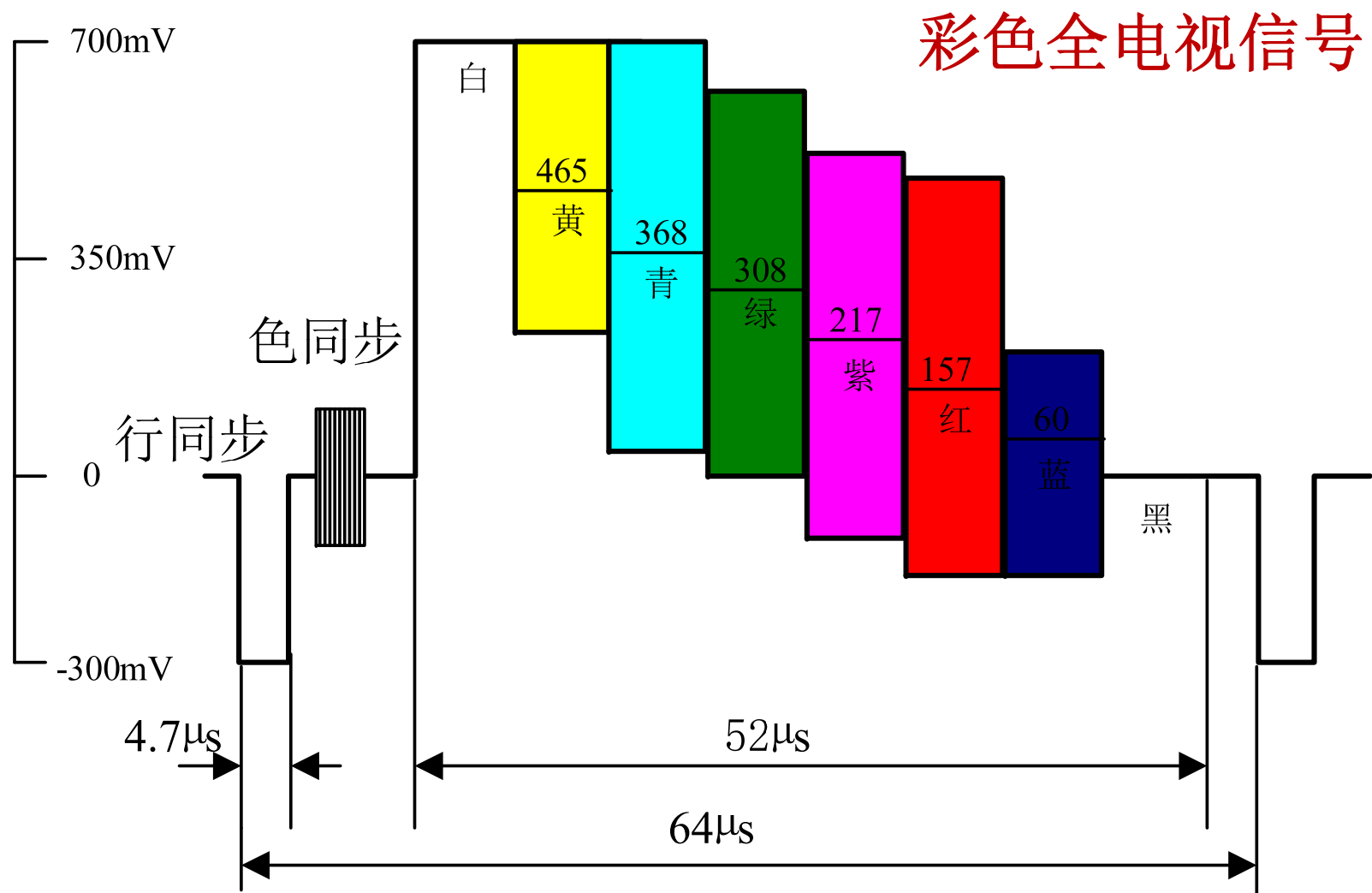


1.6 视频信号的数字化

对彩色电视信号的数字化处理主要有分量数字编码和复合数字编码两种方式。

- 复合数字编码：首先用一个高速A/D转换器对彩色全电视信号进行数字化，然后在数字域中进行亮、色分离，以获得所希望的 YC_bC_r ，或RGB分量数据。
- 分量数字编码：首先把模拟的彩色全电视信号分离成YUV、YIQ或RGB彩色空间中的分量信号，然后用三个A/D转换器分别对它们进行数字化。

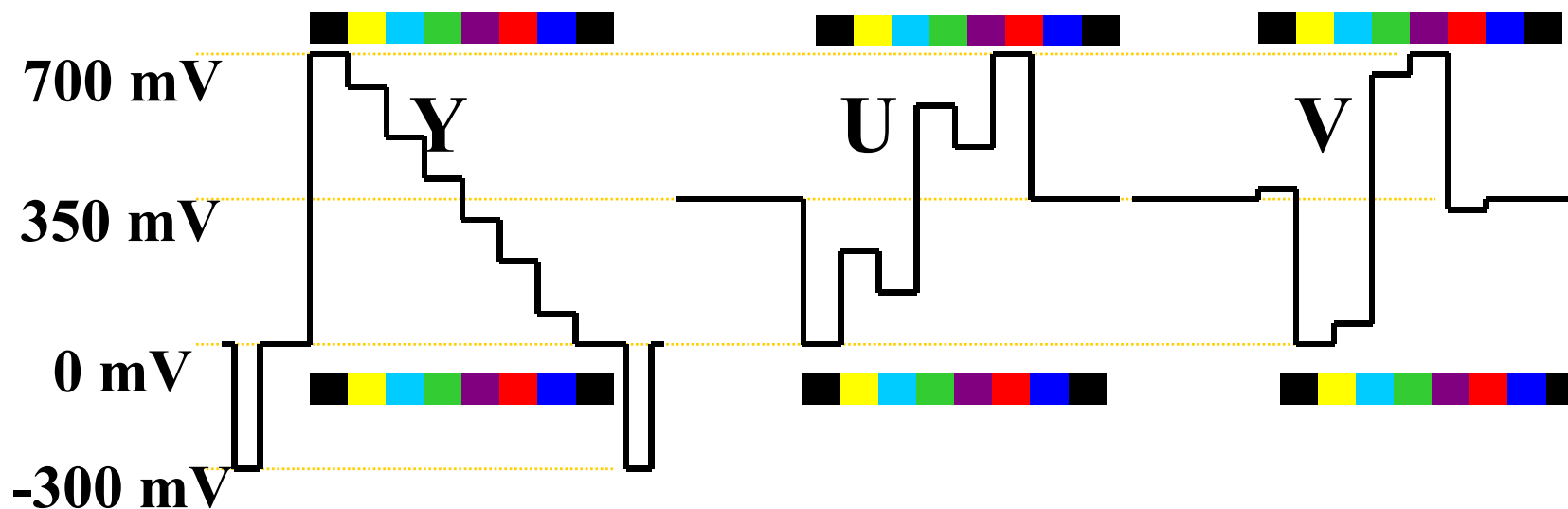
1.6 视频信号的数字化



1.6 视频信号的数字化

■ 分量视频 (Component Video)

- 视频分配采用独立的 Y U V 分量
- 对于视频黑白信号，Y 信号为 700 mV
- Y 在 -300mV 处携带同步信息
- U & V 信号的峰-峰值是 700 mV_{pk-pk}，0 在 350 mV





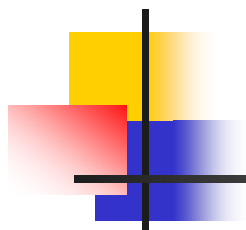
1.6 视频信号的数字化

■ 分量数字编码优点

- ❧ 避免了复合数字编码时因反复解码所引起的质量损伤和器件的浪费，而且编码几乎与电视制式无关。
- ❧ 后期制作的处理方便。
- ❧ 时分复用方式，不会像复合数字编码那样因频分复用带来亮、色串扰，可获得高质量的图像。
- ❧ 亮度信号和色度信号的带宽根据需要取不同值。

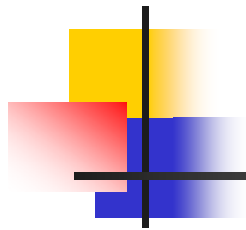
1.6.1 ITU-R BT.601建议

参数		625行/50场	525行/60场
有效扫描行数		576	480
编码信号		Y, C_B, C_R	
每行样点数	亮度信号	864	858
	色差信号	432	429
每行有效样点数	亮度信号	720	
	色差信号	360	
采样结构		正交，按行、场、帧重复，每行中的 C_R, C_B 的样点同位置，并与每行第奇数个亮度的样点同位置	
采样频率	亮度信号	13.5 MHz	
	色差信号	6.75 MHz	
编码方式		亮度和色差信号的每个样值为8bit均匀量化	
量化级	亮度信号	共220个量化级，消隐电平对应于第16量化级，峰值白电平对应于第235量化级	
	色差信号	共224个量化级，色差信号的零电平对应于第128量化级	



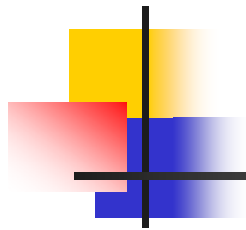
第1章 数字视频基础知识

- 1.1 光的特性与光源
- 1.2 彩色三要素与三基色原理
- 1.3 人眼的视觉特性
- 1.4 图像信号的数字化
- 1.5 彩色模拟电视制式
- 1.6 视频信号的数字化
- **1.7 MATLAB在数字图像与视频处理中的应用**
- 1.8 小结



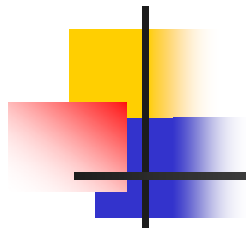
1.7 MATLAB在数字图像与视频处理中的应用

Matlab是**Matrix Laboratory**的缩写，是当今很流行的科学计算软件。信息技术、计算机技术发展到今天，科学计算在各个领域得到了广泛的应用，在诸如控制论、时间序列分析、系统仿真、图像信号处理等方面产生了大量的矩阵及其他计算问题，**Matlab**软件适时推出，为人们提供了一个方便的数值计算平台。



1.7 MATLAB在数字图像与视频处理中的应用

Matlab为用户提供了特殊的函数，用于从图像格式的文件中读写图像数据。其中，读取图形文件格式的图像需要用**imread**函数，写入一个图形文件格式的图像需要调用**imwrite**函数；而获取图形文件格式的图像的信息需要调用**imfinfo \ ind2rgb**函数，以**Mat**文件加载或保存矩阵数据用**load \ save**函数，显示加载到**Matlab**中的图像用**image \ imagesc**。



1.7 MATLAB在数字图像与视频处理中的应用

1. 图形图像文件的读取

利用函数**imread**可以完成图形图像文件的读取操作，其语法如下：

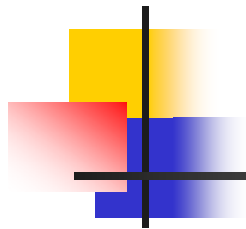
A=imread(filename, fmt)

[X, map] =imread(filename, fmt)

[...] =imread(filename)

[...] =imread(filename, idx) （只对**TIF**格式的文件）

[...] =imread(filename, ref) （只对**HDF**格式的文件）



1.7 MATLAB在数字图像与视频处理中的应用

2. 图像文件的显示

在Matlab中，显示一幅图像可以用**image**函数，这个函数将创建一个图形对象句柄，语法格式为：

image(C)

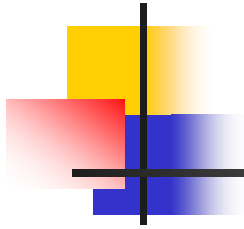
image(x, y, C)

image('PropertyName', Property Value,

image('PropertyName', Property Value, ...)

handle=image(...)

其中，**x, y**分别表示图像显示位置的左上角坐标，**C**表示所需显示的图像。



1.7 MATLAB在数字图像与视频处理中的应用

Matlab图像处理工具箱提供了一个高级的图像显示函数**imshow**。其语法格式为

imshow(I, n)

imshow(I, [low high])

imshow(BW)

imshow(X, map)

imshow(RGB)

imshow(...,display_option)

imshow(x,y,A,...)

imshow filename

h=imshow(...)



Question?

