

毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

努力办好广播，为全中国人民和全世界人民服务。

古为今用、洋为中用。

对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜，盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

目 录

1) 相位逐行对换正交平衡调幅制	[1]
2) 换相制与 <i>P A L</i> 制的比较	[15]
3) 换相信号的频谱及其通过 $64.000 \mu S$ 梳状滤波器	[35]
4) 换相副载波的形成	[42]

相位逐行对换正交平衡调幅制

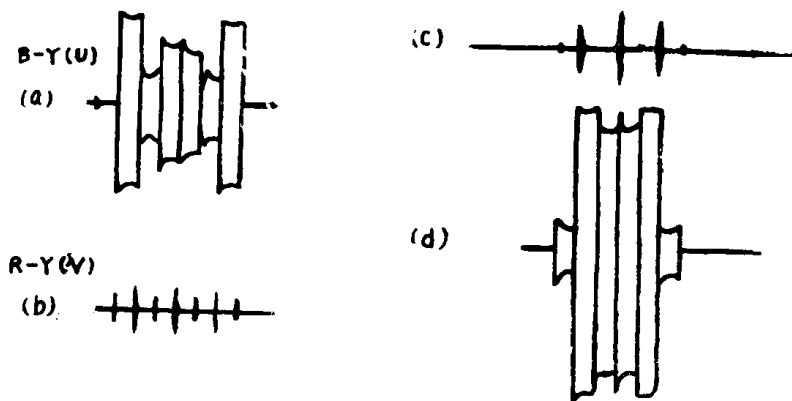
一、换相信号的提出

国外现有三种彩色广播电视制式[1]，其中PAL制是为克服NTSC制的相位敏感性而提出的，近年来开办彩色电视的国家选用较多。我们在毛主席“洋为中用”的教导下剖析了国外的三种制式，特别是在实验PAL制的过程中发现PAL制克服相位敏感性不彻底。为了克服PAL制的上述缺陷，我们提出了一种相位逐行对换的正交平衡调幅制（简称换相制）。换相制有优良的传输性能，它解决了PAL制在克服相位敏感性方面的不彻底性。换相制还改进了色同步信号的设置，便于发挥它的多种用途，特别是便于调整接收机。换相制与国外三种制式的转换很容易，换相制和SECAM制的转换比PAL制方便，质量也高。

PAL制克服NTSC制相位敏感性的办法在于两个正交平衡调幅的色度信号 U 和 V 中，通过将 V 信号逐行倒相，在接收端可以利用梳状滤波器在解调之前将它们分离。这样就克服了NTSC制中因传输相位误差而引起 U 和 V 的互串所造成的色调变化（即相位敏感性）的缺点。

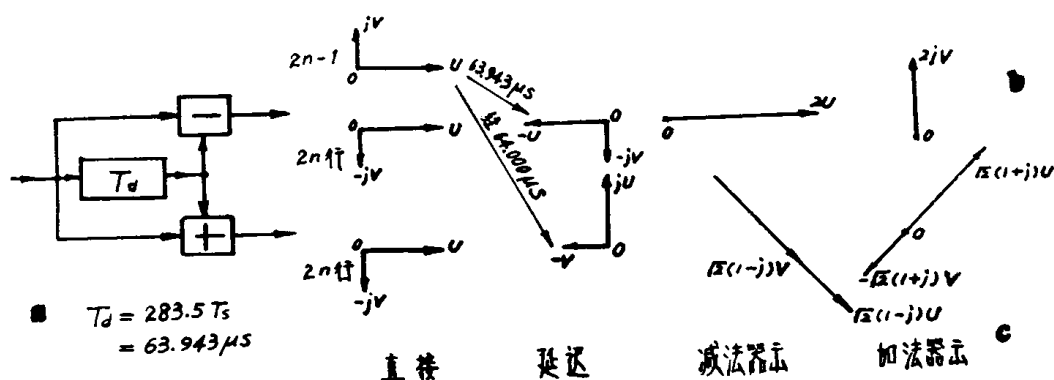
但是PAL梳状滤波器对 U 和 V 信号的分离是不彻底的。图一给出了西德进口的FM372彩色监视器的分离情况。从图中可看出，PAL彩条的过渡部分（即色信号的高频分量）有较大的串色。如彩条的平坦部分（即色信号的低频分量）的分离比可达20:1，而过渡部分的分离只有5:1到6:1左右。这一现象在我们接触到的PAL接收机和监视器中都可看到。

引起PAL制中色信号高频分量分离不好的原因是多方面的，如梳状滤波器直接和延迟两路的频幅特性不一致、经延迟线后信号的波形失真等，消除这些原因后色信号高频分量的分离比尚可改善，但在PAL_D解码器中存在一个原理上的、不易克服的原因。



图一 PAL_D 解码器中的分离情况

- (a) 减法器输出的有用信号 U (b) U 在 V 路中的串色量
(c) V 在 U 路中的串色量 (d) 加法器输出的有用信号 V



图二 (a) PAL梳状滤波器方框图
(b) $T_d = 63.943 \mu s$ 分离情况
(c) $T_d = 64.000 \mu s$ 输出情况

PAL制色度信号可写为 $U \pm jV$ 。副载频选用 $1/4$ 行间置, 即副载频 f_s 与行频 f_H 有如下关系:

$$f_s = \left(N - \frac{1}{4} \right) f_H = 283.75 f_H。$$

从周期来看, 则为 $T_H = 283.75 T_s$ ($T_H = \frac{1}{f_H}$ 为行周期, $T_s = \frac{1}{f_s}$ 为付载频周期)。

PALD 解码器中的梳状滤波器由一根延时线、一个相加器和一个相减器组成 (图一 (a))。延时线的延迟时间 T_d 应选为 $\left(N + \frac{1}{2} \right) T_s = 63.943 \mu s$ (N 选为 283) [1]。因为只有这样才能使色度信号经延迟后相位倒过来, 才能用与下一行直达信号相减和相加的办法来分离 U 、 V 信号 (见图一 (b))。但 $T_d = 63.943 \mu s$ 不等于行周期 $T_H = 64 \mu s$, T_d 与 T_H 有 $57 n s$ 的偏差。如果 PAL 制中的选 $T_d = T_H = 64 \mu s$, 则在 $1/4$ 行间置情况下, $T_H = 283 \frac{3}{4} T_s$, 延迟信号将再转 90° (见图一 (c)), 显然用相减和相加的办法就不能将 U 、 V 信号分开。因此, PAL 制中 T_d 和 T_H 有 $57 n s$ 的偏差, 这就引起以下两个问题。

第一、梳状滤波器不能完善地分离色信号的高次边频分量。电视色信号的频谱是由行频 f_H 的谐波 $M f_H$ 组成, 色信步带宽小于 1.5 兆赫, 在这带宽内 M 为 1 至 100, 即有 100 条谱线。在 PAL 制中色信号调制副载频 f_s 后频谱有变化, 如调制后的 U 信号频谱为 $f_s \pm M f_H$ 。

一个频率为 ω 的正弦波通过延时时间为 T_d 的延时线后, 相位滞后了 $\phi = \omega T_d = 2\pi f T_d$ 。在 PAL 制中为了完善地分离全部色信号频谱, 就要求对频率为 $f_s \pm M f_H$ 的各频率分量经延时线后相位都倒过来。但实际上经 $T_d = 283.5 T_s = 63.943 \mu s$ 延时线后的相位延为

$$2\pi (f_s \pm M f_H) T_d = 2\pi \left(283.5 \pm M \frac{283.5}{283.75} \right)$$

若不计 2π 整数倍, 上述相位延为 (见 [7])

$$\pi \pm M \times 0.319^\circ。$$

所以在理论上 PAL 制中频率为 $f_s \pm M f_H$ 的各边频分量经延时线后的相位延都偏离 π , 与 π 的差值 Φ_m 随 M 值而增加 (见表一)。由于各边频分量的相位延都偏离了 π , 所以

梳状滤波器就不能完善地分离 U 和 V 信号，分离后的 U 和 V 信号中就有串色，其串色量也列在表一中。由表一可知，在 0.6MHz 处就有十分之一的串色，在 1.5MHz 处就有十分之三的串色。虽然完全对称的上、下边频分量的串色可以通过无相位失真的同步检波加以消除（参见[7]），但在不对称边带失真时就会引起即使准确相位的同步检波仍不能消除的较大的串色。

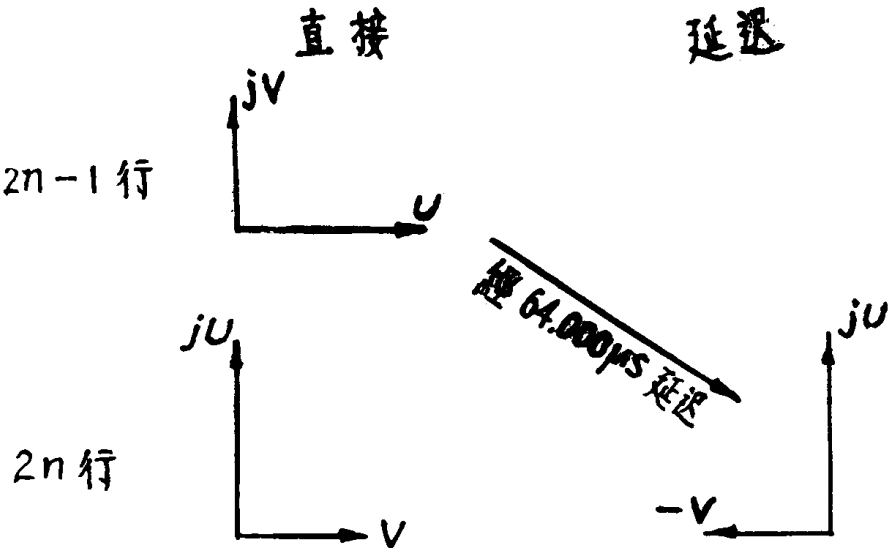
所以图一所示的 PAL_D 解码器中的彩条边缘分离不好的一个原因是由于 PAL 制中延时线用 $63.943\mu\text{S}$ 不等于行周期 $64\mu\text{S}$ 引起的。由于 PAL 制的逐行倒相使上述串色值也逐行改变极性，所以图一中所示的高频串色表现在画面上是彩条过渡处有爬行现象，其宽度约为过渡沿加 57ns 。

表一 PAL_D 中的混信失真

Mf_H (兆赫)	0.6	0.8	1.0	1.3	1.5
M	38	51	64	83	96
Φ_M (度)	12°	16°	20°	26°	30°
串色值 %	11	14	18	23	27

第二，延迟信号与下一行直达信号相加或相减时并不是正好对准，而是有 57ns 的偏差。这就引起色信号过渡沿（上升或下降时间）的增长。经计算[参见2]，对 1.5MHz 带宽的色信号过渡沿的时间偏差允许 133ns ，比 57ns 大一倍多点，上述过渡沿的增长不会影响图象的水平彩色清晰度。但对于经过一次校正的 PAL 信号就有影响了。因为 PAL 信号的校正也要用一根 $63.943\mu\text{S}$ 的延时线，也有延迟信号和直通信号相加相减的过程，这不仅引起垂直彩清晰度的累积平均，也引起色信号过渡沿的累积增长。若校正一次，色信号过渡沿就偏差 114ns ，和允许的 113ns 已在同一数量级上了。

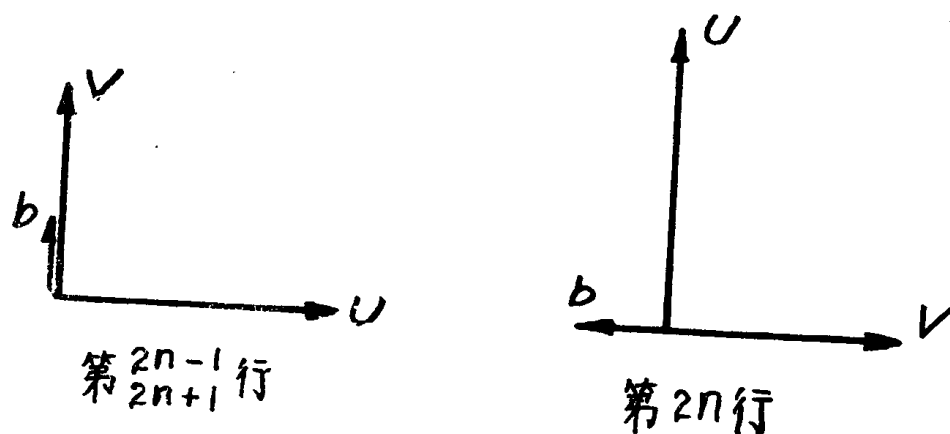
为了克服上述缺点，使色信号能用准确的 $64.000\mu\text{S}$ 延时线分离，我们采用了正交平衡调幅方式和 $1/4$ 行间置、但两个色信号的调制相位逐行对换的信号。已调色信号可表示为：
 $\begin{cases} U + jV \\ V + jU \end{cases}$ 。如图三所示：第 $2n-1$ 行（奇数行）为 $U + jV$ ；第 $2n$ 行（偶数行）为 $V + jU$ 。



图三 换相信号的相位关系

不难看出, 虽然采用 $\frac{1}{4}$ 间置使第 $2n-1$ 行 U 信号经 $64.000 \mu S$ 延时后相位比直接信号相位领先 90° (图三), 但由于编码端信号换相, 第 $2n$ 行的直接信号 U 相位也变动了 90° , 所以第 $2n$ 行的直接 U 信号和第 $2n-1$ 行的延时 U 信号就是同相位, 同理 V 信号正好为反相位, 因此可以用简单的相加相减来分离。这就直观地说明了换相制信号可以用 $64.000 \mu S$ 延时线组成的梳状滤波器来分离。由于逐行相位对换, 各种传输失真的影响也逐行相反, 所以换相制也具有和 PAL 制相同的优良传输性能。

换相制中色同步信号的设置也作了改进, 相邻两行的换相色同步信号 b 及其与色信号 U 和 V 之间的相位关系的如图四所示。相邻行的 b 信号相位差 90° , 所以换相色同步信号仍能起鉴相和识别的双重作用。由图四所示的色信号矢量关系又可见, 色同步信号的相位在偶数行和 V 反相, 奇数行与 V 同相; 而任一行的 b 信号和 U 信号都正交。由于 b 信号和 U 、 V 信号的上述关系, 使换相色同步信号的用途扩展。

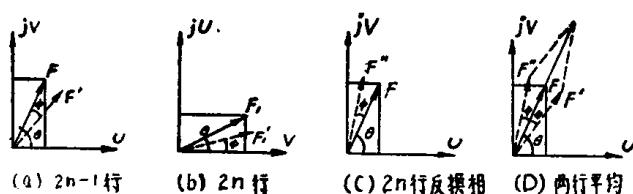


图四 换相信号与换相色同步信号

二、换相信号的性能

1. 可以抵消传输通道的各种失真 (相位失真、单边带失真、多径接收失真):

在采用正交平衡调幅的制式中, 副载波相位决定色调, 换相信号和 PAL 信号一样, 相邻行色度信号的彩色相位次序正好相反, 相邻行相位误差引起相反的色调变化, 可以用两行平均的方法来抵消掉传输通道的相位失真。



图五 在换相制中相位失真的补偿

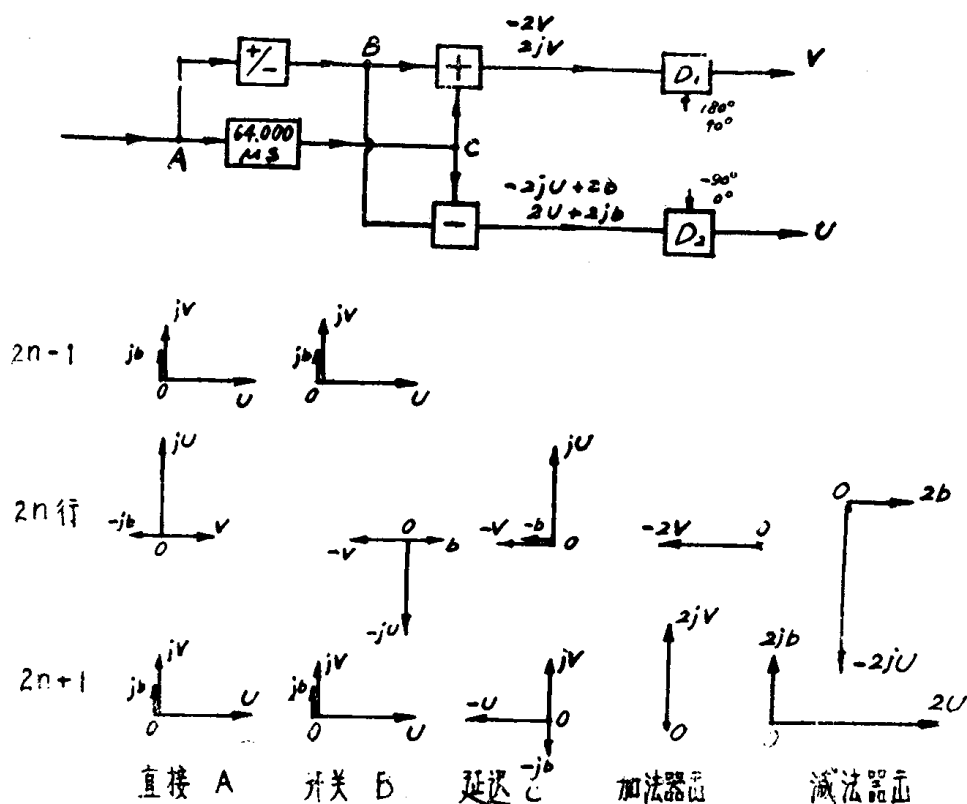
换相信号中相位失真抵消原理可由图四所示的色矢量图说明。图五 a 表示第 $(2n-1)$ 行的任一色信号 F , 由于有一个滞后的相位失真 ϕ 使矢量 F 向 U 转一个 ϕ 角变成 F' ; 而第 $2n$ 行由于编码端换相, 色信号矢量为图五 (b) F_1 所示, F_1 也有一个滞后的相位失真使

F_1 向 V 轴转了一个 ϕ 角变成 F_1' 。在解调端将第 $2n$ 行恢复得图五 C 所示的 F 及 F'' 。图五 (d) 所示为具有相位失真的相邻两行色矢量 F' 及 F'' ，它们分别以 $\pm \phi$ 的相位差分布在正确矢量 F 两边，其平均相位角不变，但矢量长度变短了。所以在换相制中相位失真只引起色饱和度下降，而色调不变。和 PAL 制抵消相位失真原理类同。

用类似的方法还可证明，换相信号对单边带失真和多径接收失真也是不敏感的，其性能比 PAL 制更好〔7〕。

2) 可用准确 $64.000 \mu S$ 超声延时线来分离色信号。

换相色信号可用图六所示的 $64.000 \mu S$ 延时线组成的梳状滤波器来分离，和 PAL 梳状滤波器不同的是多了一个半行频开关；其分离过程可由图六和表二说明。图六和表二给出了相邻三行的梳状滤波器各点的色信号矢量关系，其中奇数行第 $2n-1$ 行和 $2n+1$ 行开关置“+”，偶数行第 $2n$ 行置“-”。由于用 $1/4$ 间置，一行 $64 \mu S$ 内有 283.75 个付载波周期，所以色信号经 $64.000 \mu S$ 延时线后相位滞后 283.75 个周期，即超前 90° ，在复数运算中相当于乘 j 。由图六和表二可得，相邻行减法器输出 $-2jU$ 、 $2U$ ；加法器输出 $-2V$ 、 $2jV$ 。所以梳状滤波器分离出二个换相色信号 U 和 V ，只是在偶数行上的信号多了一个负号。



图六 换相梳状滤波器及其分离作用

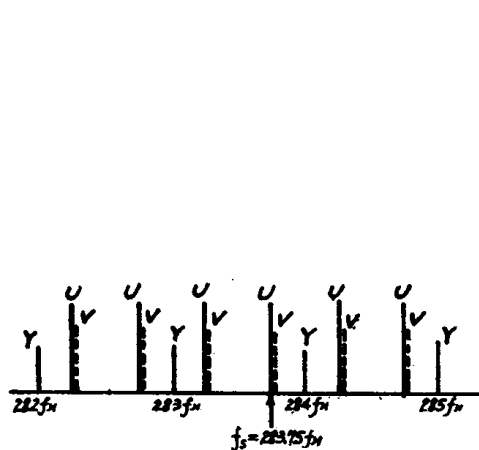
表二 换相信号的分离

行 数	直 接 A	开 关 B	延 迟 C	减法器出	加法器出
$2n-1$	$U + jV + jb$	$U + jV + jb$			
$2n$	$V + jU - b$	$-V - jU + b$	$jU - V - b$	$-2jU + 2b$	$-2V$
$2n+1$	$U + jV + jb$	$U + jV + jb$	$jV - U - jb$	$2U + 2jb$	$2jV$

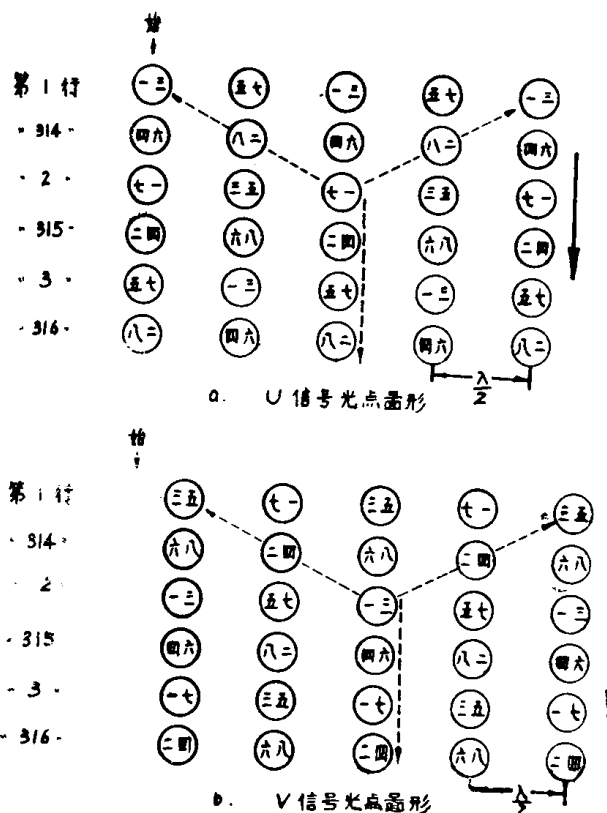
进一步研究表明, 用 $64.000 \mu s$ 延时线的标准换相信号分离电路对 PAL 信号也提供了解调的可能性, 但不如换相信号合理和完善。

值得注意的是, 换相梳状滤波器将色同步信号也分离了。加法器输出中没有色同步信号; 减法器输出二倍幅度的色同步信号, 其相邻行相位仍是正交的。所以换相信号解码器的色同步信号可在梳状滤波器减法器后取出, 这样色同步信号经过了梳状滤波器可改善信噪比 $3 db$ 。

3) 换相信号的频谱及兼容光点图形



图七 换相信号的频谱



图八 换相信号的兼容光点图形

换相信号的频谱如图七所示。亮度信号 Y 和 U 、 V 是分开的; U 和 V 虽在振幅频谱上重叠, 但由于其相位关系仍可以用换相梳状滤波器分离 (见图六与表二), 这点在理论上和实验上均已证实。换相信号的频谱及经过 $64.000 \mu s$ 梳状滤波器时的分离作用的数学分析见资料[3]。

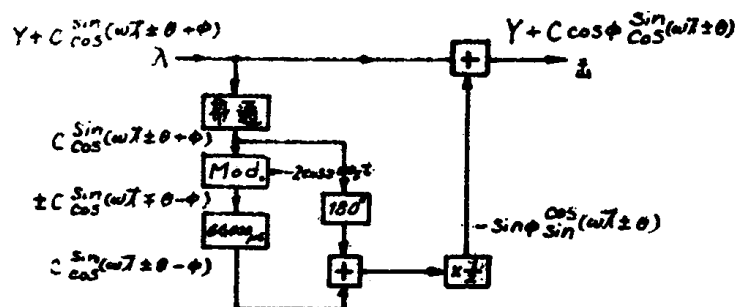
图八 (a) 给出了换相信号 U 的光点图形, 图八 (b) 为 V 的光点图形, 图中 $\bigcirc$ 表示亮点, 圈中的数字一、二、……表示场次。 U 、 V 的光点图形结构类同, 由于 U 和 V 间有 90° 相位差, 二组光点结构是相互错开的, 这和 $1/2$ 间置 $NTSC$ 制中 U 和 V 的光点结构相互错开类同。

由图八所示的光点结构可见, 单独的 U 、 V 光点在相邻行、场、帧之间都有抵消作用, 但全部光点还是四帧一循环。单独的 U 、 V 光点有一个每场三行的向下移动, 还有向左上角和右上角的运动, 但 U 和 V 合在一起有类似 PAL 信号的倾斜条纹和倾斜向下的爬动现象。

实验观察到的换相信号的兼容光点结构和理论分析是一致的, 不论是彩条和图象都和

PAL制差不多，在主观效果上很难区分出优劣来。

4) 换相信号的中转校正：



图九 换相信号相位失真校正器

换相信号可用图九所示的校正器来校正相位失真，校正过程的数学表示式已标在图九中各点上，不再详细推导〔参见2〕。要注意的是这个校正器是用一根 $64.000 \mu s$ 延时线，而原PAL信号校正器是用 $63.943 \mu s$ 延时线，所以PAL信号每校正一次会引起色信号高次边频分量的互串与色信号过渡沿的增长，而在用 $64.000 \mu s$ 延时线的换相信号校正器中不存在上述问题。

5) 换相色同步信号b的应用：

从图六和表二可看出，b信号只在减法器U路中有输出，加法器V路中无输出。减法器输出的b信号相邻行的相位差仍是 90° ；任一行的b与U信号相位始终正交。经换相梳状滤波器后换相色同步信号的上述性能，给编码和解码带来下列好处：

A、色同步信号可在减法器后取出，由于这儿取出的色同步信号幅度增大一倍，相邻行相位仍是正交的，所以仍可起鉴相和识别的双重作用，并由于梳状滤波器作用色同步的信杂比改善 $3dB$ 。

B、可用色同步信号来调整梳状滤波器。只要观察加法器输出端的波形，调整梳状滤波器的相位和幅度使无a输出，梳状滤波器即调好了。这个方法的长处还在于不必用彩条等规则测试信号，甚至在接受图象信号时也可以用这方法来调正延时线（因色同步信号始终存在）。

C、可以用b信号来调整同步检波器的起始相位。只要观察同步检波器 D_2 的输出端，无b信号脉冲解出时，起始相位最佳。当信号受微分相位影响时，上法仍可用，因为b同步是骑在黑色电平上，不受微分相位失真影响。用b信号是否解出来调整同步检波器的起始相位是很灵敏的，也是必要的。由于换相制和PAL制中都用梳状滤波器，在解调前已将U和V分开了，所以同步检波时相位不对只影响饱和度，一般难以觉察。而相位正确时不但解出的信号最大，并使解码器具有二次分离的作用（梳状滤波器分离一次，正交调制信号的同步检波又分离一次），制式的许多优良性能才得以保证（如垂直彩色过渡处的彩色闪烁，梳状滤波器的直接和延时二路幅度不等引起的爬行等）。特别在换相制中U和V两路换相付载波是同一电路形成的，用上述方法不只保证同步检波器 D_2 的另相位以解出最大U信号和二次分离作用，也保证同步检波器 D_1 的另相位以解出最大的V信号和二次分离作用。

D、可以不要消隐级，便于箝位。因梳状滤波器的两路输出中，加法器V路没有a输出，减法器U路虽有b输出，但与U相位始终正交，可以通过同步检波消除。由于b处在黑色电平上不受微分相位影响，在有相位失真对同步检波器 D_2 也解不出b信号来。所以在换

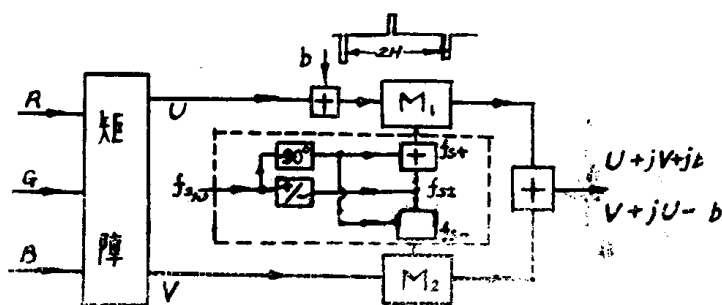
相解码器中色同步信号不用专门消隐级，可以自动抵消掉。这种方法的长处还在于抵消得很好很平，不会出尖刺（用消隐级时易出现）便于箝位。

E、易用新识别方式。在识别正确时，在减法器后可取出 b 信号，识别不正确时就取不出 b 信号，所以在换相制中易用开关错误时识别才起作用的新识别方法（参见〔4〕），这种识别方式可省去 7.8KC 振荡器，线路简单又可靠。并使接收机中副载波再生不一定用 PAL 制中的鉴相法，而用简单的晶滤法。

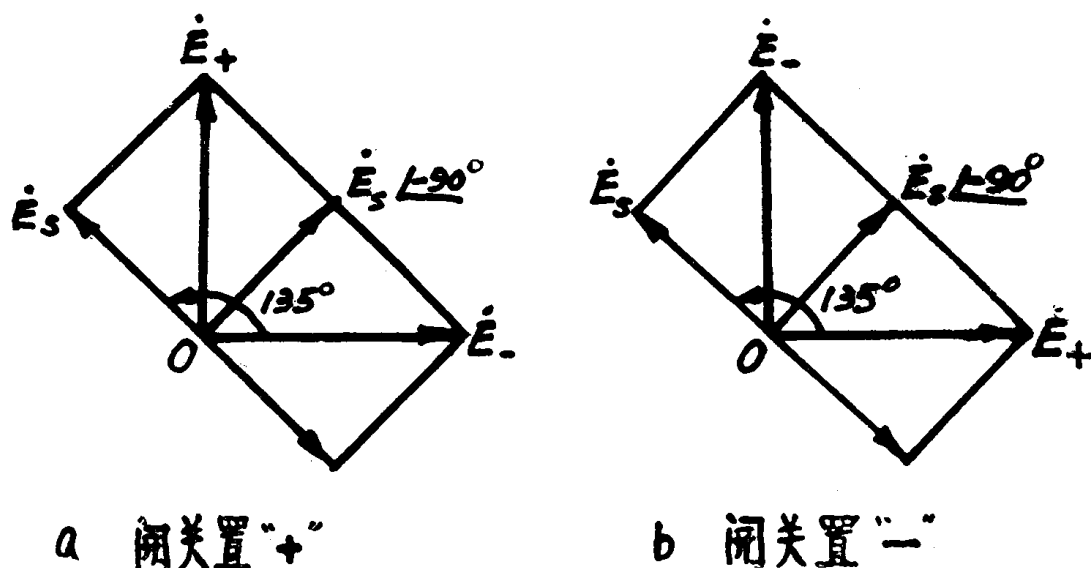
F、编码时 b 信号的相位易保证。由于换相制中 b 信号在偶数行 $2n$ 行与 V 反相，奇数行 $2n \pm 1$ 行与 V 同相（见图四），编码时只要在 V 信号中加入一个逐行反相的色同步脉冲一起平衡调制，即可产生所需相位的换相色同步信号，所以 b 信号的相位（与 U 、 V 之相位关系）易保证。而在 PAL 制中，要保证色同步信号 $\pm 135^\circ$ 的相位关系就要求 U 和 V 二路的色同步信号的幅度一致并保持不变，这点在编码端难以保证。

三、换相信号编码器

换相信号可以有多种编码方式，图十示出一种。主要问题是如何产生逐行相位为 0° 与 90° 的换相副载波。换相副载波用图十中虚线所示的方框图形成：即由一个 PAL 式副载波倒相开关，一个 -90° 移相器和一组加、减器来形成。其工作过程可由图十一的矢量图说明。



图十 换相信号编码器



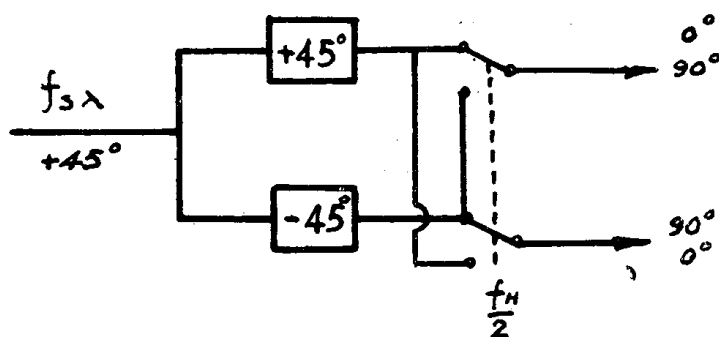
图十一 换相副载波的形成

若振荡器输出 $f_{s\lambda}$ 为 135° 相位，在图中用 $\dot{E}_s$ 表示，当开关置“+”时，经 -90° 移相器得 $\dot{E}_s - 90^\circ$ 矢量，则加法器得 $\dot{E}_+$ 在 90° 相位，减法器得 $\dot{E}_-$ 在 0° 相位。下一行当开关为“-”时，则加法器得 $\dot{E}_+$ 为 0° 相位，减法器得 $\dot{E}_-$ 为 90° 相位。所以加法器输出的副载波相位逐行轮换为 90° 、 0° ；减法器为 0° 、 90° ，分别调制矩阵输出的 U 、 V 信号，即得换相信号 $U + jV$ 、 $V + jU$ 。

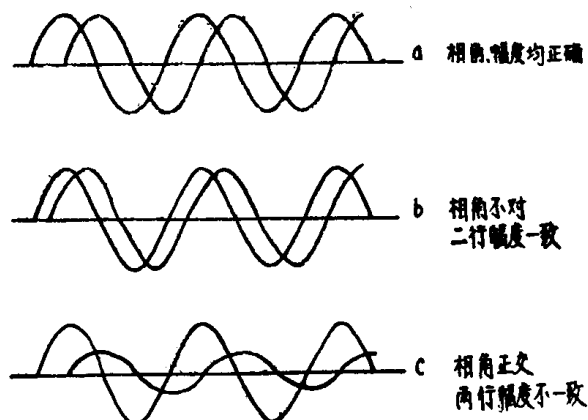
在 V 通道加入一个逐行反相的旗形脉冲，和 V 信号一起平衡调幅，即可得所需换相色同步信号： $U + jV + jb$ ， $V + jU - b$ 。

换相副载波也可用图十二的电路形成，一个初始相位为 $+45^\circ$ 的副载波，一路经一个 $+45^\circ$ 延相器，一路经 -45° 延相器，这两路经一个双刀双掷开关，输出的两路分别为 90° 、 0° ； 0° 、 90° 的换相付载波。

换相付载波的具体形成电路参见资料[6]。



图十二 换相副载波形成电路（二）



图十三 换相副载波波形图

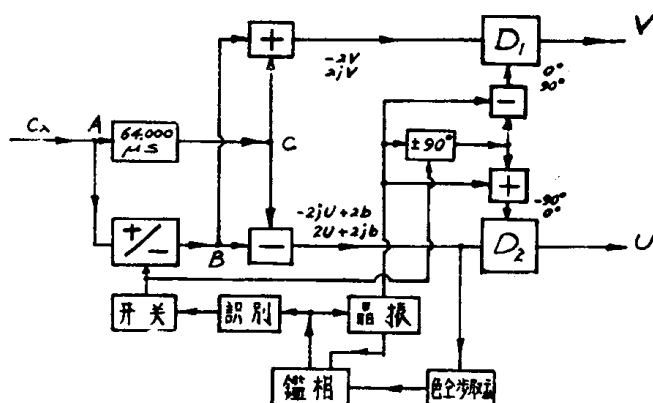
形成的换相副载波的正交性和幅度一致性可由示波器直接看出，此时示波器用副载波外触发，其波形图如图十三所示。其中（a）表示二行正交和幅度又一致的正确换相副载波，（b）表示二行副载波幅度一致但不正交，（c）表示二行副载波正交但幅度不一致。

四 换相信号解码器

换相信号有多种解码方式，和 PAL 信号的各种解码方式很类似。如不用延时线的简单换相解码器，用超声延时线的标准换相解码器，用视频延时线的解码器，用同步振荡器的解

码器，副载波先注入的包络检波解码器等。这里介绍其中的二种。

图十四所示的为用 $64.000 \mu s$ 延时线的标准换相解码器。这种解码器的大部分电路和 PAL_D 解码器相同，即晶振、鉴相、识别、同步检波、及矩阵电路等等。不同的只是梳状滤波器电路和副载波形成电路；就是这二部分电路中的大部分线路也和 PAL_D 一样，梳状滤波器部分多了一组开关，延时线换成 $64.000 \mu s$ ；副载波部分也是用一个 90° 移相电路和一个 PAL 开关电路，不同的是多了一次加减。还有一个不同之处是色同步信号是从梳状滤波器的减法器后取出（也可以和 PAL_D 一样在梳状滤波器取出）。



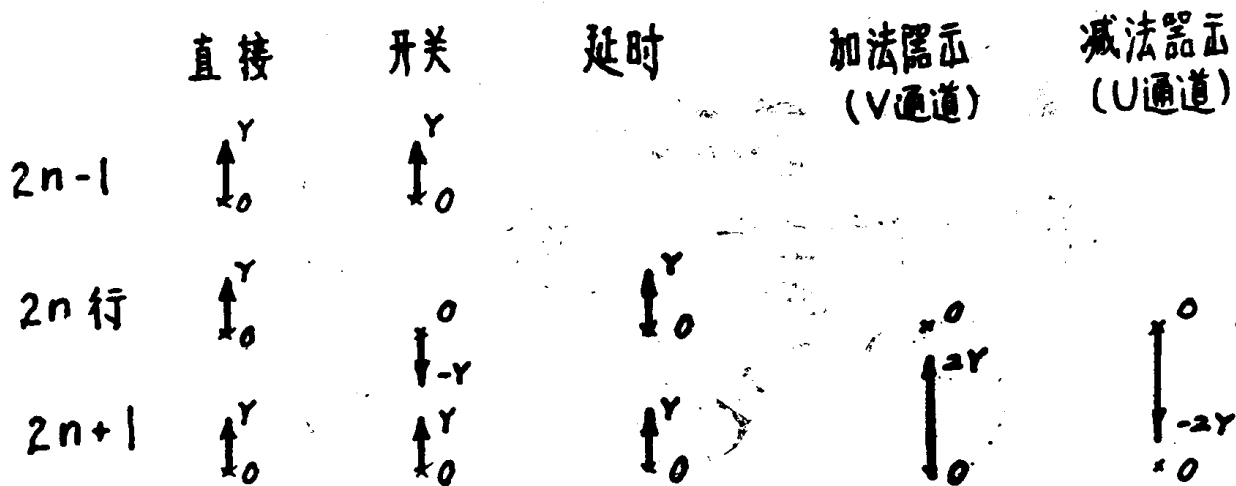
图十四 标准换相器解码器

其工作原理很简单。本文图六中已分析了图十四所示的换相梳状滤波器的分离作用，加法器第 $2n$ 行输出为 $-2V$ ，第 $2n+1$ 行为 jV ；减法器第 $2n$ 行为 $-2jU+2b$ ，第 $2n+1$ 行为 $2U+2jb$ 。注意，第 $2n$ 行开关置“ $-$ ”，第 $2n+1$ 行开关置“ $+$ ”。从梳状滤波器的减法器后取出的色同步信号相位轮换为 $2b$ 、 $-2jb$ ，其平均值在 $+45^\circ$ 相位，所以晶振鉴相输出的副载波相位为 $+135^\circ$ 。经换相副载波形成电路（和图十所示的编码器中换相副载波形成电路类同，其矢量关系也和图十一所示的类似，区别只是 -90° 延相器和倒相开关合在一路上），加法器第 $2n$ 行输出副载波相位为 -90° 、第 $2n+1$ 行为 0° ，正好解出梳状滤波器减法器输出的 $-2jU$ 、 $2U$ 中的 U 信号来。减法器第 $2n$ 行输出副载波相位为 0° ，第 $2n+1$ 行为 -90° ，正好去解梳状滤波器加法器输出的换相 V 信号。

这种解调方式的许多性能和 PAL_D 解调器相同，即彩色信息利用率、垂直彩色清晰度、彩色信噪比、同步检波时的二次分离作用、相位失真、对超声延时线的延时精度要求等等。但解决 PAL_D 中由于利用 $63.943 \mu s$ 延时线带来的二个问题。（用 $64.000 \mu s$ 分离换相色信号高频分量的实验结果另文介绍）。

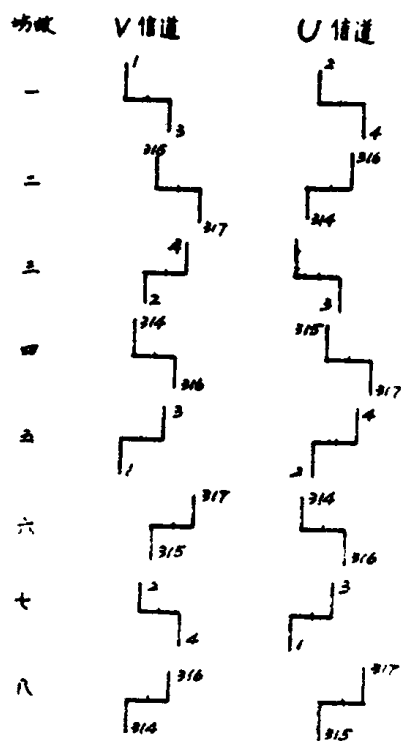
前已指出，由于这里的色同步信号是在梳状滤波器减法器后取出的，所以和 PAL_D 相比，色同步信号信噪比可改善 $3db$ 。当识别正确时，从减法器后可取出色同步信号，而识别不正确时就取不出，所以换相解码器很易使用文献〔4〕中介绍的新识别方式（当双稳态开关工作错误时识别才起作用），可以省略 $7.8Kc$ 振荡器，并提高识别稳定性。换相解码器采用这种识别后，副载波可以用简单稳定的晶体滤波器产生。

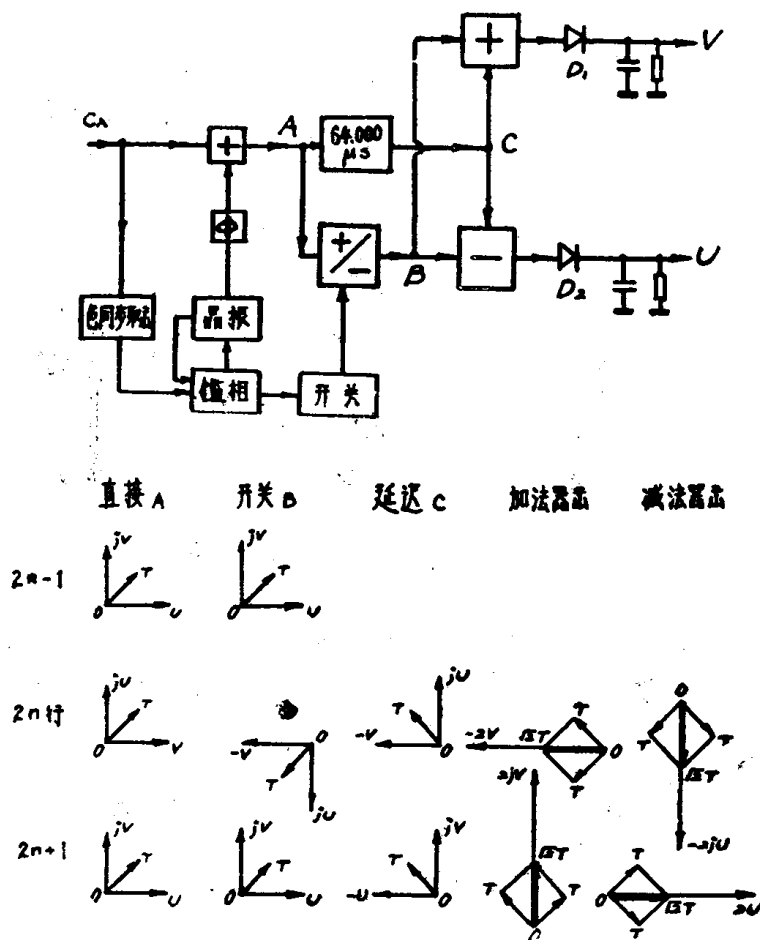
标准换相解码器的亮度串色也和 PAL_D 中的不同， Y 是经过换相梳状滤波器各点的矢量图如图十五所示。由于亮度频谱为 f_H 的整数倍，所以经 $64.000 \mu s$ 延迟线后 Y 相位不变。从图十五可见，二路同步检波输出中，轮换地一行是全部通过，一行是全部抑制，和 PAL_D 中亮度串色每行均下降 $1/\sqrt{2}$ 倍不同。



所以在标准换相解调器中，偶数行 U 通道出现串色，奇数行 V 通道出现串色。其八场串色图形由图十六所示，其作图方法可参见〔5〕。由图十六可见，相邻场间的亮度串色在 U 、 V 信通都有抵消作用。

图十七下面还示出上述解码电路各点的色信号和付载波矢量关系图，从图十七可见，当注入起始相位为 $+45^\circ$ 的副载波时，任一行加、减法器输出中形成的副载波相位和色信号的相位始终一致，用包络检波正好解出 U 、 V 信号来。





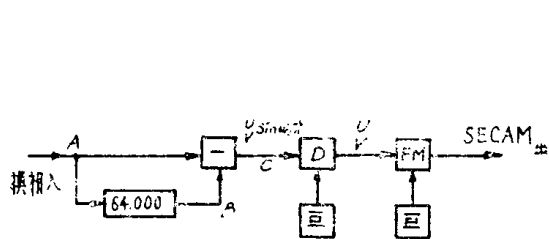
图十七 包络检波换相解码器的方框图和矢量图

经分析, 这种解码器的主要性能, 如相位失真、垂直彩色过渡处的彩色闪烁等和用同步检波的解码器基本上是一样的, 但要求副载波幅度比色信号幅度大四、五倍。

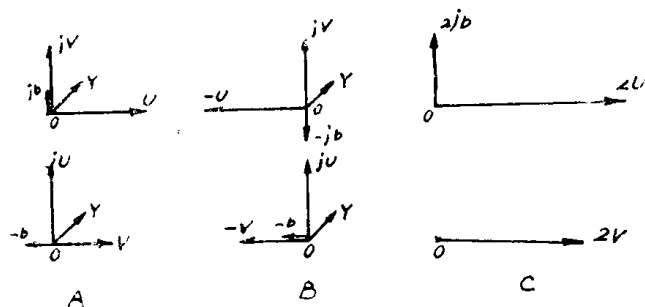
五、换相制与 SECAM 制、PAL 制的转换

换相制对 U 、 V 信号实行调制相位逐行对换正交平衡调制, 用三角函数表示, 相邻行的换相信号可写为 $\frac{U}{V} \sin \omega_s t + \frac{V}{U} \cos \omega_s t$ 。所以对一个调制相位而言 (如 $\sin \omega_s t$), U 和 V 信号是逐行轮换传送的。换相信号的这一个性质使换相制和 *secam* 制的转换比 *PAL* 制和 *s cam* 制的转换图象质量要好, 转换装置也简易。

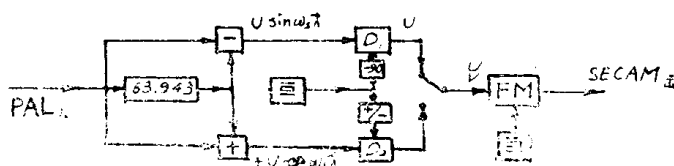
将换相信号转换成 *s cam* 信号的方框图如图十八所示。换相信号经一个 $64.000 \mu s$ 延时线延时后, 与直通信号相减。相减后的输出可由图十九矢量图所示, 图中 Y 表示任一亮度信号, b 表示色同步信号。由于换相制采用四分之一间置, U 、 V 和 b 经 $64 \mu s$ 延时线相位均超前 90° , 而亮度信号 Y 的频谱是 f_H 的整数倍, 经 $64 \mu s$ 延迟线后 Y 相位不变。由图十九可见, 减法器输出中奇数行只有 $2U \sin \omega_s t + 2b \cos \omega_s t$, 而偶数行输出只有 $2V \sin \omega_s t$ 。亮度串色全部抑制, 用一个色同步信号控制的晶振产生一个 4.43 兆赫的 $\sin \omega_s t$ 副载波, 注入同步检波器 D 后可解得行轮换信号 $\frac{U}{V}$ 。注意在奇数行中的色同步信号 b 同步检波器解不出来, 因 b 与



图十八 换相—secam 转换方框图



图十九 换相—secam 转换矢量图



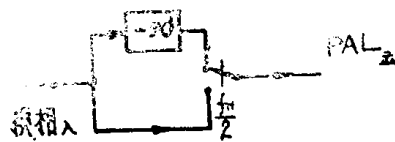
图二十 PAL—secam 转换方框图

U 正交，所以用 b 解不出来可以调整同步检波器 D_1 的初始相位。将同步检波器解得的行轮换色差信号 $\frac{U}{V}$ 经一个调频器 FM 调频后即得 $secam$ 信号。

而将 PAL 信号转换成 $secam$ 信号的方框图如图二十所示，它由一个 PAL 信号解码器和一个 $secam$ 信号编码器组合成。 PAL 信号先用一个 $63.943\mu s$ 的延时线梳状滤波器将 U 和 V 分开，再用同步检波器分别解出 U 和 V 色差信号，然后用一个 $secam$ 视频开关产生行轮换信号 $\frac{U}{V}$ ，经调频后才得一个 $secam$ 信号。

比较图十八与图二十可见， PAL — $secam$ 转换装置中要用 PAL 式副载波开关和 $secam$ 式视频开关，设备复杂。从转换质量而言， PAL — $secam$ 转换装置中用 $63.943\mu s$ 延时线，存在前面所述的过渡沿增长和高次过频互串问题，亮度串色也只下降 $1/\sqrt{2}$ 。而在换相— $secam$ 转换中，是用 $64.000\mu s$ 延时线，不存在 $63.943\mu s$ 的二项误差，亮度串色可以全部抑制。换相色同步信号也可以在电路中自动抵消掉，而且可以作为同步检波器的初始相位标准，所以换相制— $secam$ 制的转换质量要好些。相反 $secam$ —换相制的转换也一样。

换相信号和 PAL 信号的转换更简单，如图二十一所示，换相信号一行直接通过，下一行经一个 -90° 延相器，输出即得 PAL 信号。



图二十一 换相信号和 PAL 信号的转换

六、小 结

1) 换相信号是 PAL 信号的一个改进，这二种信号的外形完全相同，不同的只是调制副载波的相位角。换相信号的下列性质与 PAL 制是相同的：色信号低频部分的相位失真、单边带失真、多径接收的影响，信号的中转校正，标准解码方式的双重分离作用，彩色信噪比，彩色信息利用率，垂直彩色清晰度，图象切换和特技操作，与 $NTSC$ 制的转换等。

2) 换相信号可用 $64.000\mu s$ 延时线组成的梳状滤波器来分离和校正, 没有 PAL_D 中由于用 $63.943\mu s$ 延时线带来的色信号高次边频分量的互串和色信号过渡沿的增加等缺陷, 色信号高频部分的相位失真、单边带失真和多径接收性能比 PAL 制好。

3) 换相色同步信号也在 PAL 色同步信号基础上作了改进, 它不但能起鉴相和识别的双重作用, 而且还可用来调整梳状滤波器和同步检波的起始相位。换相色同步信号在起完作用后不必消除而自动消失。

4) 换相制和 *secam* 制、 PAL 制、 $NTSC$ 制的转换很容易, 特别是换相制和 *secam* 制的转换比 PAL 制和 *secam* 制的转换质量好, 设备简单。

换相制、 PAL 制和 $NTSC$ 制都采用正交平衡调幅, 所以它们之间的转换是十分容易的, 换相制接收机和 PAL 、 $NTSC$ 制接收机差别也不大, 各国生产 PAL 、 $NTSC$ 接收机的经验和先进技术都可以为换相制所利用。

参 考 文 献

- [1] 三种彩色电视制式及其比较
天津大学学报 1974年 第1期 P20
- [2] *P. S. Carnt and G. B. Townsend*
Colour Television II 1969年 P52
- [3] 换相信号的频谱及其通过 $64.000\mu s$ 梳状滤波器
天津大学学报 1974年 第1期 P15
- [4] 同[2] P141—153
- [5] PAL 制中副载波加25赫的作用及其形成 彩色电视技术交流资料 第一期
1973年5月 天津大学无线电系彩电组
- [6] 换相副载波的形成 本期 P.42
- [7] 换相制与 PAL 制的比较 本期 P.15

换相制与PAL制的比较

一、前言

NTSC制式的色度信号采用正交平衡调幅方式组成。在接收机中利用解调副载波互为正交的两个同步检波器分别解出 $B'-Y'$ 分量和 $R'-Y'$ 分量。但是在色度信号和解调副载波之间存在相位误差时,将发生 $B'-Y'$ 和 $R'-Y'$ 之间的相互串色,因而引起色调误差。这就是所谓相位敏感性。NTSC制的这种缺点还在单边带传输和多经接收等情况下表现出来。

为了克服NTSC制存在相位敏感性的缺点,PAL制通过逐行倒换色度信号中一个分量的极性,使彩色相序逐行倒换。这样,在接收机中就可以采用将相邻行信号平均的办法,使得由于相位失真和单边带失真等传输误差造成的色调失真得到补偿。这种平均过程可以在副载频范围内进行,也可以在视频范围内进行(参看资料[1]第18—24页)。但是目前能够实际采用的是第一种平均法。这种利用超声波延时线来实现平均过程的解码器叫做PALD(标准PAL)解码器(参看资料[3])。事实上,现在国外大量生产并得到广泛使用的PAL接收机都用这种解码方式。因此,本文讨论PAL制时就以这一实际情况为依据。图2示出PALD的原理方框图。以后将分析说明,其中包含延时线 T_d 和相加器、相减器的组成部分实际上是一种信号分离电路,它可以把色度信号中逐行不变极性的分量和逐行倒换极性的分量在同步检波之前就分离开,因而可以消除由于传输误差而造成的相互串色。

可惜,由于PAL制副载频是从改善兼容性和减少亮度串扰选定的,结果使接收机中延时线的延迟时间不能正好等于一行时间。因而两行信号的平均过程或色度信号两个分量的分离过程是不够完善的。在原理上,PALD接收机难以克服图象水平方向上的彩色细节部分和彩色突变处由于串色而造成的爬行现象。

换相制通过逐行对换色度信号中互为正交的两个分量的相位,来实现彩色相序的逐行倒换,因而在接收机中也可以用平均法使色调失真得到补偿。由于换相制色度信号的特点,使标准换相接收机中延时线的延迟时间等于 $64.000\mu s$ 。这样,两行信号能够精确地平均;色度信号的两个分量能够完善地分离。PALD原理上的不足就得到克服。换相制还改进了色同步信号的设置,给调整接收机带来了方便。此外,换相制容易和SECAM制转换并且质量高。

本文着重于对两种制式的不同点进行分析比较。为了便于数学论证而又避免高深的数学工具,采用时域分析法。

二、PALD原理上的缺陷

PAL制的色度信号 $e_c(t)$ 按逐行倒相正交平衡调幅方式组成,即其两个分量 $u(t)$ 和 $v(t)$ 的副载波相位相差 90° ,而且 $v(t)$ 逐行倒极性。它们的表示式如下:

$$e_c(t) = u(t) + v(t), \quad (1)$$

$$u(t) = U(t) \sin \omega_s t, \quad (2)$$