

彩色电视 接收机原理

(修订本)

王明臣 编著

人民邮电出版社

彩色电视接收机原理

(修订本)

王明臣 编著



人民邮电出版社

9210149

内 容 提 要

本书比较通俗地介绍了彩色电视机的原理，书中首先简明地叙述了色度学和人们视觉的基本知识。然后讲彩色电视的传送过程和彩色电视机的组成。从第三章到第九章较详细地介绍彩色电视机各部分电路的原理，第十、十一、十二等三章讲述集成电路彩色电视机的基本原理。重点介绍我国现用的 PAL制，但对NTSC制也作了简要的介绍。

本书读者对象为从事电视机的制作和修理人员，有经验的无线电爱好者以及大专院校有关专业的学生。

彩色电视接收机原理

(修订本)

王 明 臣 编著

责任编辑：沈成衡

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本：850×1168 1/32 1983年8月第二版

印张：19 12/32 页数：310 1986年5月天津第3次印刷

字数：512千字 插页：5 印数：271,001—308,000 册

统一书号：15045·总2039-无609

定价：4.10元

修 订 本 前 言

拙著《彩色电视接收机原理》于一九七七年由人民邮电出版社出版后，受到广大读者的关注。但因为当时我国的彩色电视技术尚处于初创时期，制式尚未最后选定，国产的彩色电视机也还没有定型，使该书的编写工作受到一定的限制。这次根据广大读者的要求对本书进行修订，力图使内容适应新形势的要求。

这次修订主要是考虑以下几个方面：

一、在原理方面，增加了有关PAL制的内容，而相应压缩了关于NTSC制的有关章节。

二、在电路方面，全部删去电子管电路，而采用全晶体管电路。

三、充实了有代表性的典型电路分析实例。

四、增加了节目预置电路、电源电路等以及其他一些新型电路。

五、考虑到集成化彩色电视接收机的迅速发展，增编了三章专门介绍集成化原理，集成彩色电视接收机各单元电路工作原理以及集成彩色电视接收机的整机分析。

尽管笔者在编写过程中力图做到通俗易懂和深入浅出，由于水平有限，书中遗误或不当之处在所难免，敬请广大读者不吝指正，是幸。

在编写本书过程中，北京广播学院电视工程系蔡清、林正豹、周以刚等同志对全稿作了认真地校阅。在此表示深切的谢意。

王明臣 一九八二年八月于北京

目 录

概 论	1
第一章 彩色全电视信号的形成过程	14
1.1 彩色显象管荧光屏的构造	14
1.2 关于色的基本知识	15
1.3 色度图的概念	21
1.4 彩色显象管的色再现范围与色度图的关系	24
1.5 如何用交变电信号来产生彩色图象	25
1.6 色信号的传送过程	29
1.7 色信号的频谱和调制方式的分析	37
1.8 色同步信号的作用及其形成	53
1.9 关于色差信号的带宽限制	55
1.10 关于色副载波的频率选择	64
第二章 彩色电视机电路概述	71
2.1 高频调谐器	76
2.2 图象中频放大、检波及自动增益控制 (AGC)	77
2.3 视频(图象)放大电路	79
2.4 色带通放大电路	81
2.5 色度解调电路和矩阵变换电路	82
2.6 色同步电路	83
2.7 消色电路	84
2.8 荫罩式彩色显象管和它的附属电路	85
2.9 同步电路与偏转电路	87

2.10 高压整流电路	87
2.11 枕形失真校正电路	88
2.12 会聚电路	89
2.13 PAL制接收机的特有电路	90

第三章 彩色显象管.....94

3.1 彩色显象管的基本构造	94
3.2 电子枪	95
3.3 会聚	98
3.4 荧光粉.....	103
3.5 荫罩.....	105
3.6 单枪三束式彩色显象管.....	108
3.7 自会聚彩色显象管.....	119

第四章 彩色显象管的附属电路132

4.1 会聚电路.....	132
4.2 枕形失真校正电路.....	157
4.3 黑白平衡调整电路.....	166
4.4 自动消磁电路.....	172

第五章 色同步电路179

5.1 色同步电路分析.....	179
5.2 色同步选通放大电路.....	181
5.3 相位检波(鉴相)与行识别脉冲形成电路.....	185
5.4 色副载波振荡电路及其输出电路.....	198
5.5 实际色同步电路举例.....	216

第六章 色信号再生电路220

6.1 色信号再生电路分析.....	220
6.2 带通放大器.....	224

6.3	NTSC制色信号解调电路	230
6.4	PAL制色信号解调电路	250
6.5	矩阵变换电路	271
第七章 特殊电路与附属电路		277
7.1	自动消色电路	277
7.2	自动色饱和度控制 (ACC) 电路	281
7.3	自动清晰度控制 (ARC) 电路	286
7.4	图象轮廓校正电路	293
7.5	钳位电路与消隐电路	296
7.6	调谐指示电路	311
7.7	频道预置电路及遥控电路	320
7.8	电源电路	333
第八章 同步电路与偏转电路		352
8.1	同步电路	352
8.2	彩色电视机偏转组件的特点	366
8.3	场偏转电路	368
8.4	行偏转电路	384
8.5	行输出附属电路	404
第九章 亮度 (图象) 信号 (Y信号) 传输电路		415
9.1	高频头 (调谐器)	415
9.2	图象中频放大电路	425
9.3	图象 (视频) 检波电路与自动增益控制 (AGC) 电路	432
9.4	亮度信号处理电路	440
第十章 集成电路基础		448
10.1	从分立元件到集成电路	448

10.2	彩色电视机集成化概况·····	450
10.3	集成电路中基本单元电路简介·····	454
第十一章	彩色电视机的集成化 ·····	492
11.1	彩色电视机中频通道集成电路与声表面波滤波器 ·····	492
11.2	伴音通道的集成化·····	507
11.3	色度解码电路的集成化·····	518
11.4	行扫描电路的集成化·····	549
11.5	集成场扫描电路及逆程泵电源·····	559
11.6	数字集成电路在彩色电视机中的应用·····	574
第十二章	集成化彩色电视机整机分析 ·····	581
12.1	节目预选高频头·····	581
12.2	图象中频信号处理电路·····	586
12.3	伴音集成电路及其输出电路·····	587
12.4	色度解调电路与视频输出电路·····	591
12.5	偏转电路与高压电路·····	599
12.6	电源电路与保护电路·····	602
附录1	本书所用英文缩写字意义·····	608
附录2	不同制式中彩色电视信号的主要特性·····	609
附图	金星C47-112型彩色电视机电路	

概 论

彩色电视是用电信号来传送彩色景象的一种通信方式，是从黑白电视技术基础上发展起来的。大自然的各种物体，不但具有不同的明暗差别，而且更以五彩缤纷的颜色使客观世界更加生动和丰富多彩。黑白电视只传送景物的明暗信息形成黑白图象，而彩色电视，它不仅与黑白电视一样传送了物体的明暗变化，而且还传送了物体的颜色信息，或者说它传送了自然景物更多的信息，所以更加富有真实性和感染力，更加生动具体地反映了客观物体的特征，从而进一步扩大了电视的应用领域。

彩色电视与黑白电视相比虽然只多传送了物体的彩色信息，然而把彩色作为电视信号实现传送和复现要比只传送亮度信号困难得多。这是因为亮度信号只包含一个亮度变化的物理量，而彩色信号则除了亮度变化之外，还包含有反映彩色特征的色调变化与色饱和度变化的物理量。正因为这样，彩色电视的研究虽然几乎是与黑白电视同时开始的，但真正达到可供实用的水平也只有二十年左右的历史。

彩色电视的理论基础是建立在色度学与视觉生理学基础上的。色度学中“三基色原理”认为：自然界的一般颜色均可以分解成红、绿、蓝三种基色。相反，利用红、绿、蓝三种基色的不同组合又可以模拟出（仿造出）自然界中的各种不同颜色。这就是目前彩色电视中进行彩色分解与复现的理论依据。

按照上述原理，使我们有可能利用有限的三种彩色（红、绿、蓝）来传送和复现自然界的各种颜色。换句话说，就是彩色电视并不是把客观世界千差万别的物体颜色一种一种如实地加以传送，而是把足以能反映各种自然景色的三种基色之组成方式（强弱比例）告诉接收端，在接收端，利用能产生出三基色的装

置（电子枪与彩色荧光屏），使其严格按照接收到的信息（三基色组成情况）来重新进行三色混合，就可以等效地模拟出发送端的彩色。尽管这是一种等效模拟的结果，但是这个等效彩色对人眼引起的色感来说与实际彩色引起的色感是相同的。

为了把上述三种基色信息由发送端传送到接收端，最简单的办法是用三条通道（有线或无线）把摄像机输出的三种电信号直接送到接收机相应的三支电子枪上，组成所谓的三通道同时传送方式。然而这种方式需要三条通道和三套设备，故很不经济，已被否定。

行之有效的传输方式，则是采用单通道传送方式，即把三种基色信息，通过时分法（顺序制）或频分法（同时制）变换成单一的时间函数，而后利用单通道实现传送。这是因为在单通道传输过程中每个瞬间只能有一个确定的电压（或电流）值与之对应。

关于单通道的整个彩色传送过程可用图 1 的示意图来说明。在发射端把自然界的物体彩色利用彩色摄像机中的分光镜分解成红、绿、蓝三种基色的图象，进而由摄像管转换成相应的电信号。可见，彩色摄像机不仅与黑白电视摄像机一样具有光—电转换的作用，并且还具有分光（分成三基色）的功能。由摄像机送

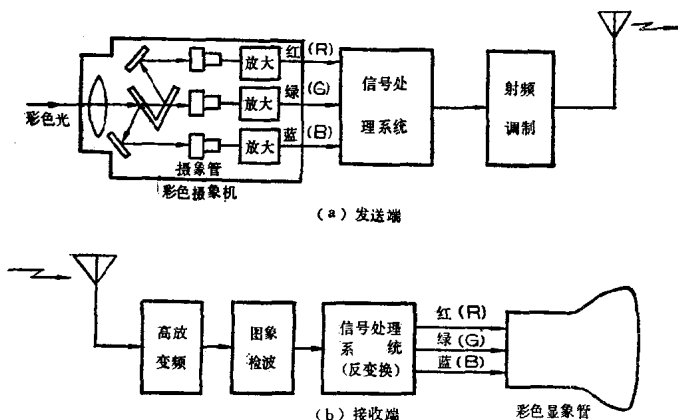


图 1 单通道彩色电视传送示意图

出的三基色电信号，再经过一系列的处理与变换之后形成单一时间函数的电信号，进而也与黑白电视一样被调制在高频载波上，最后由发射天线发射出去。在接收端收下这种包含有景物彩色信息的电信号，又经过一系列的处理与反变换，最后又复原为三个基色的电信号去分别控制彩色显象管三个相应的电子枪，在荧光屏上利用混色原理进行混合就可以重现发射端的彩色景象。

以上是单通道方式彩色电视实现过程的概括描述。三基色可以有不同的分解、传送和组合方式，这就构成了不同的彩色电视传送系统，即一般所谓的不同制式。按信号的传送方式来分类，彩色电视制式大体上可分为顺序制和同时制两大类。

顺序制的示意图如图 2 所示。它是先利用彩色摄像机得到红、绿、蓝三基色图象（电信号），然后以一定的先后顺序传送出去（因而又叫时分法）；在接收端以相同的顺序显示出来，利用人眼的视觉暂留特性就能看到一幅完整的彩色图象。在顺序传送方式中，可以以场为单位，按红、绿、蓝三基色轮流传送，也可以按行轮流传送，当然也可以以点（象素）轮换传送。因此，又把这种不同的顺序方式分别称为场顺序、行顺序和点顺序制式。

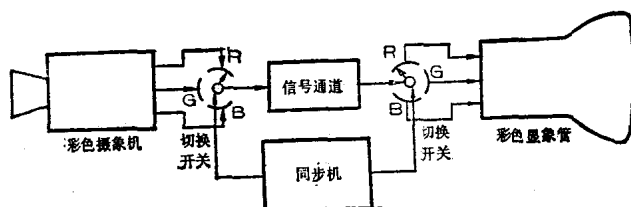


图 2 顺序制传送方式示意图

场顺序制的实现措施很简单，可在电视摄像机前和电视接收机前各装一个能同步旋转的具有红、绿、蓝三色滤色片的滤色转盘，当红色滤色片转到摄像机前时，摄像管拍摄的是图象的红色成分，这时，如果接收端也刚好是红色滤色片旋转到屏幕前，则观众看到的就是一幅红色图象。如此顺序传送红、绿、蓝三种基色图

象，当滤色盘旋转速度很快时，由于人眼视觉残留特性，三种基色图象就溶合成为一幅彩色图象了。

这种场顺序制是彩色电视技术启蒙时期的一种考虑方案。最先运用三基色原理来分解和复现彩色图象，构成了现代彩色电视的雏型。在五十年代初曾用这种制式进行过试验性电视广播。

当彩色电视问世之初，黑白电视已经有一定程度的普及，所以大量备有黑白电视机的用户希望能收看彩色电视所播送的节目内容。当然，因为黑白电视机不具备色度通道和彩色显象管，故看到的依然是黑白图象。同时，备有彩色电视机的用户，也要求能收看黑白电视节目以丰富节目来源，尽管看到的是黑白图象。这种彩色与黑白的相互收看就叫做彩色电视与黑白电视的“兼容”。

为了使彩色电视与黑白电视实现良好的兼容，一方面是如何用彩色电视机收看黑白节目，这就要求它除了特有的色度处理电路之外，还具有与黑白电视机大致相同的通道频率特性，以及相同的行、场扫描方式，而且尽量减少色度电路对亮度信号的干扰。另一方面是如何用黑白电视机来收看彩色节目。为此要求发射的全彩色电视信号中包含有与黑白电视标准基本相同的亮度信号，即相同的带宽，相同的同步频率与隔行方式等，以便使黑白电视机不加任何改动就可收看彩色节目，而且保持尽可能低的彩色干扰度。

然而，各种顺序制的共同弱点正是不能实现与黑白电视的兼容，或兼容性很差。

以场顺序制而言，为了不产生闪烁，应当每秒钟传送约50组红、绿、蓝图象，即每秒传送150幅图象。这样，场频将为黑白电视的三倍。另外，由于场频提高到三倍，如果每场的像素数（决定清晰度）与黑白电视相同，则所需频带宽度就等于黑白电视的三倍。由于上述等原因，场顺序制不能与黑白电视实现兼容。因此，在广播电视中它很快就让位于同时制。不过，由于顺序制具有结构简单，彩色逼真等特点，所以在工业电视中尚具有

一定的地位。

如上所述，顺序制的致命缺点是不能与黑白电视实现兼容。为了满足兼容要求，首先应使被传送的整个视频信息中包含有能为黑白电视机正常收看的亮度信号，而且使整个信息的带宽不超过黑白电视信号的标准带宽（6MHz）。为此目的，就推动人们一方面去寻求压缩频带的方法，另一方面去深入研究人眼的彩色视觉特性。

通过大量的实验证明，人眼对颜色细节的分辨力远低于对亮度细节的分辨力，而且不同颜色的分辨力也有所不同。因此，当传送彩色图象时，如果象顺序制那样把三幅彩色图象的全部信息用通道的整个带宽来传送，显然是多余的，因为人眼本来对那些细小的颜色差别是分辨不出来的。所以，为了达到兼容的目的，从压缩频带的要求出发，可以把景物的明暗细节（亮度信号）用宽频带高清晰度方式传送；而对景物的颜色差别（色信号）用窄频带低清晰度方式传送，这叫做“大面积着色原理”。就象在一张清晰的黑白照片上大块、大块的着色一样，尽管没有把细小的颜色差别表示出来，然而我们仍能看到一幅比较满意的彩色图象。根据这一原理，我们可以在发送端从三基色中抽出亮度信息，单独用6MHz的宽带传输，留下的纯度度信息则用1~1.5MHz的窄带传送。而在接收端使亮度信息与色度信息合并，经过处理后又复原成三基色信号。这种频带压缩原理由于三基色信号的高频部分用相同的高频亮度信号来代替，故又叫高频混合原理。

这样，虽然比三路色信号同时以宽带传送的18MHz窄得多，但仍宽于黑白制式的6MHz，因之还需进一步压缩其带宽。下面，我们先来分析一下亮度信号的特点。

众所周知，黑白电视信号是由摄象机中电子束一行行扫描拾取产生的。由于一般图象画面在各点上的变化是缓慢的，加之一幅画面要分成625行拾取，故相邻行间具有很大的相似性（或周期性）。通过数学方法或实验方法都不难证明，这种以行频近似周期变化的信号之频谱具有很大的离散性，也即黑白电视信号

(亮度信号)的频谱分布是不连续的,而是以行频及其谐波为中心,两边分布有场频的谐波群。每两个谐波群之间存在有空隙,而且频率越高空隙越大。黑白电视信号这种离散式的频谱结构,使我们有隙可乘,即可把两个色差信号以某种方式安插在这些空隙中来传送,这就叫“频谱间置”。因为窄带的视频色信号在低频段具有与视频亮度信号大致相同的频谱结构,如果直接相混合,不仅产生严重干扰,尤其在接收端无法进行分离和恢复原信号。为了除此弊病,人们把两个视频色信号以某种方式调制到一个较高的频率上(叫色副载波),而后再与亮度信号混合。由于已调波的频谱结构(即边带能量分布规律)取决于载波之频率,所以只要我们合理地选择色副载波之频率,就可以使已调的高频色信号之边带能量正好落在视频(宽带)亮度信号的频谱之间,以减少其相互影响。在接收端利用带通滤波器就可以把色信号从合成信号中分离出来,故这种方式为频率分离方式。利用上述频谱间置的方法,可以把信号总带宽进一步压缩到与黑白电视相同的6MHz带宽之内,实现了兼容的要求。由于亮度信号与色度信号是以不同的频率范围同时被传送的,这就是“同时制”名称的由来。

关于同时制的传送过程,大致如图3所示。

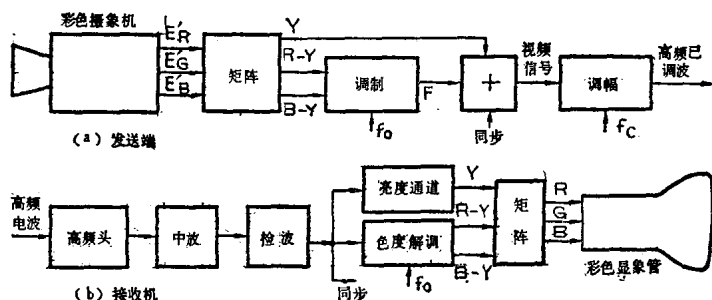


图3 同时制传送方式示意图

由图3中可以看出,彩色摄像机把彩色画面分为红、绿、蓝三色图象电信号R、G、B,经过各种补偿与校正之后,得到 E_R 、

E'_G 、 E'_B 再送入线性矩阵电路。由矩阵电路产生一个亮度信号(Y)和两个色差信号(R-Y)、(B-Y)。这两个色差信号以某种方式调制到一个色副载波上,然后再与亮度信号相混合,成为兼容性的彩色全电视信号。最后通过与黑白电视技术条件大致相同的高频调制而被发射出去。黑白电视机收到这个信号,只有亮度信号起作用,可呈现黑白图象;而彩色电视机收到这个信号,如图中所示,可把色度信号从亮度信号中分离出来,通过同步检波等恢复成原色差信号,最后与亮度信号一齐送入矩阵电路,得到三基色信号,从而重现彩色图象。从三基色校正,到变成一个兼容彩色全电视信号的过程叫做“编码”;而把兼容的彩色全电视信号,经过分解、变换,恢复成三基色信号的过程叫做“解码”。

高频混合原理和频谱间置方式,成了现代各种同时制彩色电视的共同基础。但是,怎样实现把两个色信号插入亮度信号之中,并与亮度信号互不干扰,或者说怎样来传送两个色差信号,则成为各种同时制的主要区别所在。

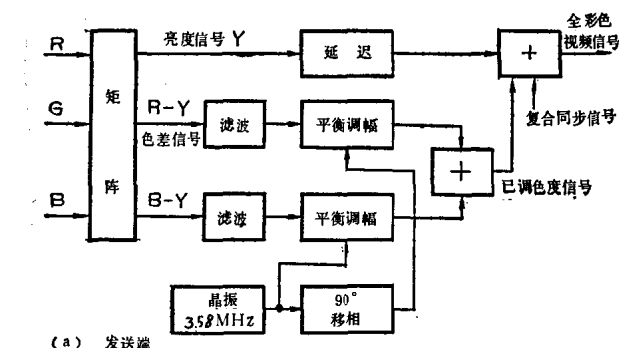
目前,世界上广泛采用的同时制有“平衡正交调制”(NTSC)制、“顺序—同时制”(SECAM)制和“逐行倒相(PAL)制”三种。此外,还有一些其他同时制,但未普及。

NTSC制是第一个正式用于彩色电视广播的兼容性同时制。在NTSC制中采用了频谱间置技术,它利用一个副载波把代表颜色的两个色信号插在亮度信号的空隙中同时传送。为了让一个色副载波同时携带两种信息而且互不干扰,又采用了“平衡正交调制”技术。在接收端利用“同步检波”方式解出两个色信号。

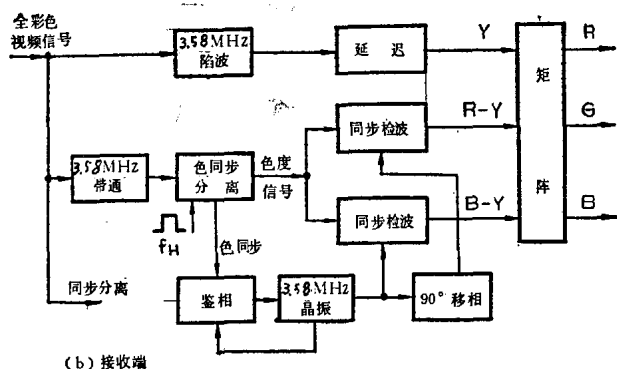
平衡正交调制和同步检波虽然实现了在一个副载波上同时传送两个色信号之目的,但也带来了不稳定的因素。因为,如果两个已调色信号的相位关系发生变化(相位畸变),就会发生串色,或者说颜色失真。NTSC制的主要优点是接收机较简单(与其后的SECAM制、PAL制相比),而主要缺点是颜色稳定度差。为保证颜色稳定,就必须对发射机及中间传送设备(如微波

传输线路，录象机等）提出更高的要求。

在图 4 中表示了 NTSC 制的彩色视频信号传送过程。



(a) 发送端编码过程



(b) 接收端解码过程

图 4 NTSC 制传送过程

虽然 NTSC 制中存在一些不足之处（相位敏感），但它的创造成功，是为后来的各种兼容同时制奠定了一个极为重要的基础，以后的改进不仅从理论上与实现手法上都继承了 NTSC 制的基本方式，而且就图象质量指标上，只不过从某个局部有些改进和提高而已，这就是 NTSC 制至今仍作为一个较好制式而存在的原因。

SECAM 制是针对 NTSC 制的缺点加以改进的一种方案。

从原理上分析，在NTSC制中利用人眼对色细节分辨力低于明暗细节分辨力的特点，对色信号的带宽实现了大幅度的压缩，这时尽管水平彩色分解力有所降低，但并不影响人眼所看到的彩色图象质量。然而，因为它是逐行的传送彩色信息，所以其垂直分解力并没有改变。这不仅使彩色的垂直分解力高于水平分解力，而更重要的是由于在一个频带里同时传送三个信号（一个亮度信号，两个色差信号），就必然存在信号之间相互影响的可能性，因而容易产生颜色失真。SECAM制正是从保持垂直和水平彩色分解力之间的正确关系的前提下，索性每行只传送一个色信号（逐行轮流传送两个色信号），因为每行只传一个色信号，当然就克服了两个色信号互串的危险。不过在接收端必须每行同时有两个色信号与亮度信号混合才能重现原来的彩色。这可以把前一行所传的另一色信号贮存一行时间再取出来加以利用。SECAM制全名的意思是“顺序贮存与记忆”，这正是反映了它的这种特征。虽然是由相继两行的两个色信号来合成彩色，但根据上述大面积着色原理，相继两行间色信号可视为大致相同，所以由不是同一行的两个色信号复合时对彩色质量并无显著影响。从两个色信号传送方式上看，是先后轮流传送的，而亮度信号与色信号又是同时传送的，为此，又把这种制式叫做“顺序—同时制”。

另外，由于SECAM制是每行只传送一个色信号，也就是说，色副载波在任何时间内只有一个色信号调制，因此不需要采用象NTSC制中的所谓平衡正交调制，这就可以克服正交调制带来的各种弊病而获得简单调制的一切优点。例如，实行调幅时则无需担心寄生调相，而实行调频时副载波的寄生调幅又是完全可以克服的。为了提高信号的抗干扰能力，在SECAM制中色信号是对副载波进行调频的。

在SECAM制中，为了把信号延迟一行时间（在行频为15625赫时约为 $64\mu\text{S}$ ）。这样长的时间显然用一般的集中参数或分布参数延迟线是难以实现的，通常使用特制的玻璃超声延迟