

电视差转机的原理与调试

欧阳振仕 尤巩圻 等 编著

電子工業出版社

内 容 提 要

本书是一本技术性较强的通俗读物。其内容包括：差转机的小信号高频放大器、高频功率放大器、正弦波振荡器、混频器、稳压电路、自动控制电路、天线及馈线系统、小型差转台的建设、差转机的使用与维修以及差转机主要技术指标的测试方法等。

本书语言通俗、简明易懂，具有中等文化水平的读者都能自学，适用于电视差转台和维修站的技术员和操作人员阅读，也可供大专院校师生和有关技术人员参考。

电视差转机的原理与调试

欧阳振仕 尤巩圻 等 编著

责任编辑：王小民

*

电子工业出版社出版（北京市万寿路）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

山东电子工业印刷厂印刷

*

开本：850×1168 1/32 印张：21.875 字数：568.4千字

1984年12月第1版 1984年12月第1次印刷

印数：30500册 定价：4.85元

统一书号：15290·75

前 言

随着电视广播事业的发展,电视差转台正在我国广大城乡、厂矿、部队和边远山区迅速建立。

为了适应广大电视差转台和维修站技术人员的实际工作需要,一九八一年三月,在电子工业部通信广播电视管理局的组织下开始编写本书。并于一九八一年七月在北京召开的全国第一次差转机质量评比会上,由到会的生产厂、研究所和高等院校的代表对本书的编写大纲进行了讨论。经过两年多的努力,编成本书。本书可作为各地电视差转台和维修站技术人员的主要参考书,也可供大专院校师生和有关技术人员参考。

在编写时,我们力求做到语言通俗、简明易懂。电路分析着重于讲清物理概念,一般只要具有中等文化水平的读者都能阅读。为了使本书能适合目前的实际情况,我们收集了全国主要生产工厂的差转机电路图、技术资料和实践经验,并征求了许多差转台工作人员的意见。在综合这些技术资料和意见的基础上,编写时重点放在晶体管差转机的电路分析上面。对目前还在大量使用的电子管差转机,也以一定的篇幅加以介绍。对各种电路的调试方法也做了详细的讨论。最后四章介绍了电视差转机的天线、建台以及机器的维修和主要指标的测试方法等。

绪论简单介绍了彩色电视信号的组成、差转机的方框原理以及差转机主要技术指标的含义,为以后各章的学习打下一定的基础。

调谐放大器和宽频带放大器是电视差转机的基本电路。第二章讨论小信号高频放大器,着重分析调谐回路的幅频特性和调试方法;对宽频带放大器和负反馈对管宽带放大器、滤波器、场效

应管放大器和增益控制电路也给予一定的注意；讨论了特性并介绍了实际电路。第三章分析了高频功率放大器。对电视用高频大功率晶体管和电子管作了一定的介绍。在调谐功率放大器部分，重点讨论了在大信号工作下的特性和它们的具体电路；对特性较好的传输线宽频带放大器以及功率合成方法都作了详细的分析，并列举了电路实例和介绍了调试方法；对金属陶瓷管功率放大器也在电路结构和调试方法方面作了一定的介绍。

第四章讨论正弦波振荡器和倍频器。从分析 LC 振荡电路入手，着重讨论石英晶体振荡器。对于常用的 LC 电路介绍了原理和振荡频率的检查方法。对于目前使用较多的丙类倍频器和参量倍频器也作了介绍。第五章首先介绍混频器的工作原理和差转机常用的混频电路（电子管混频、晶体三极管混频、平衡混频及环形混频等），对差转机中的变频干扰作了分析，最后对场效应管混频电路也作了简要介绍。第六章讨论差转机的电源，着重介绍晶体管串联稳压电路和过流过压保护电路的工作原理，对稳压电源的调试和修理也作了介绍。第七章讨论差转机的自动控制电路，对常用的自动开关机电路和自动增益控制电路作了介绍。

第八、九、十章是根据目前差转台的实际工作需要，介绍了天线和馈线系统，小型差转台的建设以及差转机的使用和维修。第八章讨论天线和馈线系统，在简单介绍传输线工作原理之后，分析了差转机常用的天线以及天线阵的匹配连接方法，并介绍了天线系统的简易测试方法。第九章讨论了小型差转台的建设，对差转台台址、发射功率等级、收发频道的选择，小型差转台的基本设施以及差转台的避雷问题都作了介绍。第十章介绍差转台常用的几种简单仪器的使用方法和注意事项，以及差转机的使用、常见故障和修理。并对差转台转播中存在的质量问题及处理方法作了分析。这三章的内容虽然不是很系统和全面的，但在差转台的实际工作中，还是有一定的参考价值。

最后一章比较系统地介绍了差转机主要指标的测量方法，供

有关工厂和有条件的差转台参考。

附录收集了电视用高频大功率晶体管、电子管的主要参数和特性曲线以及电压(电流)比、功率比与分贝的关系表,供读者在工作中查阅。

为了方便读者阅读,本书在编排上考虑了各章的独立性,除第二、三章联系较紧外,其它各章均可单独阅读。

本书在电子工业部通信广播电视管理局的组织下,主要是由华中工学院的教师 and 北京广播器材厂的工程技术人员编写的。其中:第一、二、六章由欧阳振仕执笔;

第三章由尤巩圻、隋锡安、欧阳振仕执笔;

第四、五、九章由张培绩执笔;

第七、八章由张绍荣执笔;

第十章由欧阳振仕、张培绩执笔。

第十一章由尤巩圻、欧阳振仕执笔。

华中工学院张肃文教授和陆兆熊副教授对全书作了全面的审查,他们不但对内容作了认真审阅和详细修改,而且对大纲也提出了宝贵的意见。在此对他们致以衷心的感谢。

参加本书编写大纲讨论的有:北京广播器材厂、成都电视设备厂、鞍山广播器材厂、华中工学院电子设备厂、广西师范学院无线电厂、浙江淳安无线电厂、呼和浩特电视设备厂、山西运城无线电厂、福建尤溪无线电一厂、四川南充广播器材厂等十个单位的从事差转机研制多年的主要技术人员。以上这些单位都为本书编写提供了技术说明书和有关技术资料,特别是鞍山广播器材厂的王伟璋同志还专门书写了有关技术资料,辽阳晶体器件厂和北京电子管厂也为本书编写提供了资料,在此一并感谢。

由于我们业务水平有限,书中错误与不妥之处在所难免,诚恳希望国内专家与读者批评指正。

编 者

一九八三年十一月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 电视信号	1
一、 视频信号	2
二、 高频电视信号	11
三、 伴音信号	15
四、 我国电视频道的划分	16
第二节 电视差转机的基本原理	18
第三节 电视差转机的主要技术指标	25
第二章 小信号高频放大器	41
第一节 单调谐放大器	41
一、 单调谐回路的基本特性	42
二、 单调谐回路的幅频特性、通频带与选择性	47
三、 并联调谐回路的耦合联接	51
四、 晶体管单调谐放大器的电压放大倍数和通频带	56
五、 电路实例	60
第二节 双调谐放大器	62
一、 电容耦合双回路	63
二、 互感耦合双回路	66
三、 电感耦合双回路(T型回路)	68
四、 初、次级不相同的双回路	69
五、 晶体管双调谐放大器的电压放大倍数和通频带	70
六、 电路实例	75
第三节 参差调谐放大器	78
一、 双参差调谐放大器	78
二、 三参差调谐放大器	81
第四节 调谐放大器的调试方法	83

第五节	宽频带高频放大器	92
一、	共基极宽频带放大器	92
二、	负反馈对管宽带放大器	100
第六节	滤波器	107
一、	LC带通滤波器	110
二、	石英晶体滤波器	123
三、	声表面波滤波器	124
第七节	场效应管高频放大器	127
一、	场效应管	127
二、	场效应管高频放大器	130
第八节	高频放大器的增益控制电路	136
一、	直接控制放大管工作点的增益控制电路	137
二、	场效应管增益控制电路	140
三、	可变衰减器增益控制电路	140
第三章	高频功率放大器	145
第一节	概述	145
第二节	电视用高频大功率晶体管和电子管	148
一、	电视用高频大功率晶体管	148
二、	电视用高频功率电子管	157
第三节	调谐高频功率放大器	163
一、	调谐高频功率放大器的工作原理	164
二、	调谐高频功率放大器工作状态的选择	175
第四节	调谐高频功率放大器的电路	181
一、	直流馈电电路	182
二、	输入和输出匹配电路	188
三、	推挽功率放大电路	198
四、	电路实例	202
五、	集中参数调谐高频功率放大器的调试方法	205
第五节	宽频带高频功率放大器	211
一、	传输线变压器	211
二、	宽频带高频功率放大器	221
三、	电路实例	229

四、	宽频带高频功率放大器的调试方法	231
第六节	高频功率放大器的功率合成方法	237
一、	功率合成的混合网络	238
二、	传输线变压器同相混合网络	239
三、	传输线变压器反相混合网络	244
四、	用耦合传输线段的 90° 混合网络	246
五、	环形器隔离混合网络	250
六、	用软电缆混合环做混合网络	251
七、	电路实例	253
第七节	金属陶瓷管高频功率放大器	255
一、	金属陶瓷管的特点	255
二、	陶瓷管高频功率放大器的电路结构	257
三、	金属陶瓷管功率放大器的调试方法	269
第四章	正弦波振荡器及倍频器	277
第一节	正弦波振荡器工作原理	278
第二节	差转机中的LC振荡电路	292
一、	电容反馈三点式振荡电路	293
二、	并联改进型电容反馈三点式振荡电路	297
三、	电子耦合振荡电路	300
四、	LC振荡器的调试	302
第三节	石英晶体振荡器	306
一、	石英晶体谐振器及其等效电路	306
二、	石英晶体振荡器电路	310
三、	泛音晶振电路	315
四、	恒温控制的高稳定度晶体振荡器	316
五、	恒温控制高稳定度晶体振荡器的调试	319
第四节	倍频器	321
一、	丙类倍频器	323
二、	参量倍频器	329
第五章	混频器	340
第一节	混频器的作用及工作原理	341
第二节	混频器的主要质量指标	347

第三节	采用有源器件的混频电路	350
一、	电子管单栅与双栅混频电路	351
二、	晶体三极管混频电路	356
三、	晶体三极管平衡混频电路	361
第四节	采用无源器件的混频电路	371
一、	二极管平衡混频器的工作原理	371
二、	环形混频器的工作原理	373
三、	环形混频器的实用电路	374
四、	环形混频器的调试	380
第五节	场效应管混频器	384
第六节	混频器的干扰	387
第六章	直流稳压电源	395
第一节	概述	395
第二节	整流与滤波电路	397
一、	整流电路	397
二、	滤波电路	404
第三节	稳压管稳压电路	408
一、	硅稳压管稳压电路	408
二、	电子稳压管稳压电路	471
第四节	串联型稳压电路	414
一、	串联型晶体管稳压电路的基本电路	415
二、	复合调整管和调整管并联	416
三、	具有辅助电源的稳压电路	417
第五节	串联型稳压电路的过流和过压保护电路	419
一、	反馈限流型过流保护电路	419
二、	反馈截止型过流保护电路	422
三、	过压保护电路	424
第六节	电路实例	425
第七节	稳压电路的调试和维修	432
一、	稳压电路的调试	432
二、	稳压电源主要指标的测试	435
三、	稳压电源的故障和修理	437

第八节	开关型稳压电路	440
一、	调宽型稳压电路	441
二、	变换型稳压电路	442
三、	可控硅电源	444
第七章	差转机的自动控制电路	447
第一节	自动开关机电路	447
一、	利用电视图象载频信号自动开关机电路	448
二、	利用同步脉冲信号的自动开关机电路	452
三、	定时搜索电视信号的自动开关机电路	456
四、	自动开关机电路的调试方法	457
五、	延迟开高压电路	461
第二节	自动增益控制电路	462
第八章	天线及馈线系统	467
第一节	馈线	467
一、	传输线的一般特性	467
二、	无损耗传输线	473
三、	同轴电缆	479
第二节	天线	484
一、	基本半波振子天线、天线的特性参数	485
二、	折合半波振子天线	492
三、	多单元振子天线(八木天线)	494
四、	十字形天线	499
五、	蝙蝠翼天线	501
六、	框形天线	505
七、	双环形天线	505
第三节	天线与馈线的连接	508
一、	折合半波振子天线与馈线的连接	509
二、	多副多单元天线与馈线的连接	510
三、	十字形天线与馈线的连接	519
四、	框形天线与馈线的连接	522
五、	蝙蝠翼天线与馈线的连接	523
六、	双环形天线与馈线的连接	525

七、	采用 $\lambda/4$ 单环桥式双工器时的连接.....	526
第四节	天线系统的简易测试方法和调整.....	527
一、	天线系统的简易测试方法.....	529
二、	单副天线系统的简易调整.....	532
三、	阻抗变换器的调整.....	533
第九章	小型差转台的建设.....	533
第一节	差转台台址、发射功率及收发频道的选择.....	535
第二节	小型差转台的基本设施.....	543
第三节	差转台的避雷.....	548
第十章	差转机的使用与维修.....	559
第一节	检修差转机常用的测试仪器.....	559
一、	扫频仪.....	560
二、	功率计.....	566
三、	电视信号发生器.....	568
第二节	差转机的使用、维护和检查.....	570
一、	差转机的使用和维护.....	570
二、	差转机的检查方法.....	571
第三节	差转机的常见故障和修理.....	584
第四节	差转台转播中的问题及处理.....	597
第十一章	电视差转机主要指标的测试.....	612
第一节	概述.....	612
第二节	测试信号和测试条件.....	613
一、	测试信号.....	613
二、	测试连接方法.....	617
三、	一般测试条件.....	620
第三节	主要指标的测量方法.....	621
一、	反射损耗的测量.....	621
二、	输入电压和输出功率的测量.....	625
三、	自动增益控制范围及其时间常数的测量.....	630
四、	频率偏差容限的测试.....	631
五、	波形稳定性和同步压缩的测量.....	632

六、	场时间波形失真和行时间波形失真的测量.....	633
七、	振幅-频率特性的测量	634
八、	群时延-频率(射频)特性的测量	637
九、	微分增益和微分相位的测量.....	638
十、	噪声系数、视频信杂比和电源干扰信噪比的测量.....	641
十一、	互调的测量.....	645
十二、	无用发射的测量.....	648
十三、	交叉调制的测量.....	650
附录一 电视用高频大功率晶体管和电子管的		
	主要参数和特性曲线.....	652
附录二 电压(电流)比、功率比与分贝的关系..... 682		

第一章 绪 论

电视广播从诞生到现在已有五十多年的历史了。在这期间,它对于人类的生产和生活活动起着非常深刻的作用和影响。目前,人们不仅在文化娱乐和文化教育中离不开电视,而且现代的医学和工业生产也广泛采用了电视技术。

由于电视广播工作在超短波波段,因此它在空间的传播是沿直线进行的。如何使电视信号比较有效地传送,是近二十年来研究的主要对象。目前除了加大电视台的发射功率之外,电视卫星转播和微波接力站也被许多国家所采用。对于多山的国家,采用电视差转台来扩大复盖面积,也是一种既经济又简单的方法。本书主要介绍电视差转机单元电路的工作原理、典型线路和差转机的调试、使用以及维修方法。在介绍这些内容之前,先扼要地介绍一下电视信号的组成、电视差转机的基本原理和差转机的主要技术指标。

第一节 电 视 信 号

电视差转机所接收和转发的电视信号是一个高频无线电波。它包括高频图象信号和伴音信号两个部分。高频图象信号是一个调幅信号,其包络则是视频信号。如图 1.1 所示。伴

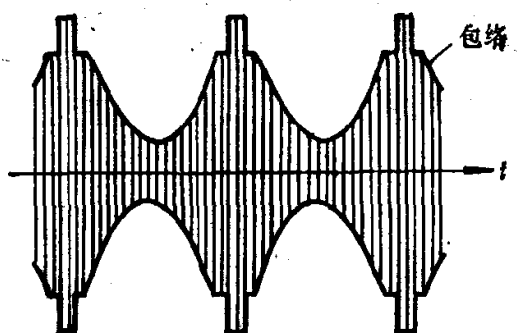


图 1.1 高频图象信号

音信号则是一个由声音信号对伴音载频进行调频的信号。

一、视 频 信 号

视频信号即全电视信号。它由亮度信号(黑白图象信号)、色度信号(彩色信号)、消隐信号和同步信号组成。

1. 亮度信号

亮度信号即黑白图象信号。这个信号是电视发射台利用摄像管将图象的光信号转换成的电信号。摄像管是一个光电转换器件,当黑白亮度不同的光信号反射到摄像管的屏幕上时,摄像管将输出电压高低不同的电信号。为了说明摄像管将图象的光信号变成电信号的过程,我们先举一个简单例子。

图 1.2(a)所示为两条黑白垂直条纹。如果我们要发送这样的图象,则将摄像管对着图象,这时两条黑白条纹就会照到摄像管屏幕上。摄像管在控制电路的作用下,电子束将沿着由左至右、由上而下的顺序进行运动,即电子束是从屏幕左上方起,先打到第一行的 $1a$ 、 $1b$ 、 $1c$ 、 $1d$ …… $1l$,再回到第二行的 $2a$ 、 $2b$ 、 $2c$ …… $2l$,然后再打到第三行、第四行……,当电子束经过屏幕最下面的一行后又重新返回屏幕最上面的第一行、第二行……,一直这样循环的运动。当电子束扫到有黑条纹的地方,摄像管输出电压较高,在没有黑条纹的地方(明亮的地方),摄像管输出的电压较低。因此,就可以得到如图 1.2(b)所示的电压波形。

电子束在荧光屏上有规律的运动叫做扫描。水平方向的扫描通常称为行扫描,垂直方向的扫描则称为帧扫描(或场扫描)。

为了说明方便,我们只将图 1.2(a)的图象在垂直方向分为 9 格,水平方向分为 12 格。实际上为了使图象清晰,图象在垂直方向上划分的行数是很多的。我国采用 625 行制,即在垂直方向上将一幅图象分成 625 行来传送。

由于所传送的图象是活动的,也就是说,图象上各部分的内容连续不断地在变动,因此,只要每秒钟传送出一定数量的画面,

由于人眼的惰性作用，在接收端就能看到连续的活动图象了。我国规定每一秒钟将图象由上而下地传送25遍。传送一遍叫做一帧，因此帧频是25赫兹。但是，每秒钟传送25次，人们会感觉到图象有闪烁现象。为了消除闪烁现象又不提高帧频，我们采用了隔行扫描的方法来进行传送。这种方法是将原来在一帧中传送的625行分成两次来传送，每次传送312.5行(叫做一场)，一场中的第一场传送奇数行(第1、3、5……行)，第二场传送偶数行(第2、4、6……行)。这样一来，每秒钟由上而下地传送次数就由25次变为50次，即场频为50赫兹，从而消除了闪烁现象。

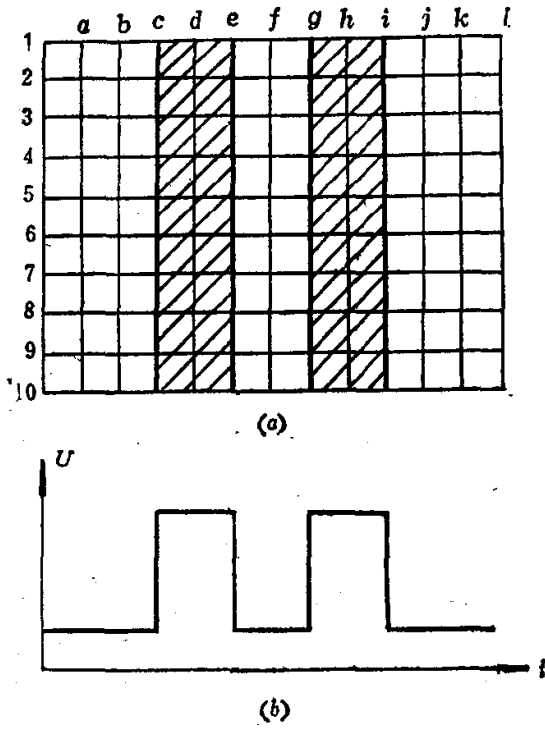


图 1.2 图象传送过程

由于每帧分625行扫描，而一秒钟又为25帧，所以行频为 $25 \times 625 = 15625$ 赫。行扫描周期为 $T_H = 1/15625\text{Hz} = 64$ 微秒。

在摄像管电子束扫描时，由左向右的运动称为行扫描正程。当扫描一次之后，还要从右端回到左端再进行第二次扫描，这种运动称为行回扫。显然回扫也需要一定的时间(回扫时间)。图1.3表示一个行周期内黑白电视亮度信号的波形。图中从 t_1 至 t_3 是一个行扫描周期，从 t_1 至 t_2 是传送图象信息的时间，约占52微秒。在此期间，图象信号电压高低不同，对应着传送图象的黑白明暗程度。 t_2 至 t_3 是回扫时间，约占12微秒，在此期间不传送

图象。

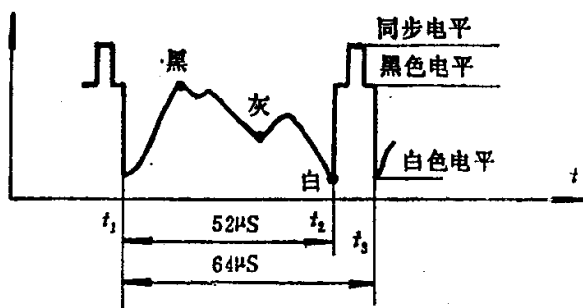


图 1.3 一个行周期的视频信号

图象信号的频率决定于图象的内容，细节越细，其信号的频率越高。因此图象信号的最高频率决定于图象可以划分到最细的程度。由于扫描行

数是 625 行，其中场回扫占 50 行不传送图象，有效的扫描行数为 $625 - 50 = 575$ 行，所以垂直方向可以划分的格数等于扫描行数 ($n = 575$)。因标准荧光屏的宽、高比为 4 : 3，故水平方向可以划分的格数应是 $4n/3$ 。这样一来，一幅画面上最多可划分成 $n \times 4n/3 = 4n^2/3$ 个黑白相同的小方格。如果每个小方格的信号电平均不相同，则每幅画面将有 $\frac{1}{2} \times 4n^2/3$ 变化次数。如果采用隔行扫描，每秒有 25 帧图象，则图象信号的最高频率 $F_{\max}$ 为：

$$F_{\max} = \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} n^2 \times 25 \approx 6 \text{ (兆赫)}$$

可见采用隔行扫描后，亮度信号的最高频率为 6 兆赫。

亮度信号的最低频率很低。例如播送一幅两条黑白水平的图象，它的频率则等于场频。如果考虑到画面背景缓慢地变化，则需要的频率还要更低一些。所以一般认为亮度电视信号的频带宽度为 0 至 6 兆赫。

2. 消隐信号和同步信号

图 1.4 是一幅由八条从白到黑宽度相等的垂直条纹组成的灰度信号的波形。

从 t_1 至 t_2 期间为一个八阶梯的波形。从 t_2 至 t_3 期间，由于不播送图象信息，如果让回扫线保持白色或灰色电平，则在电视

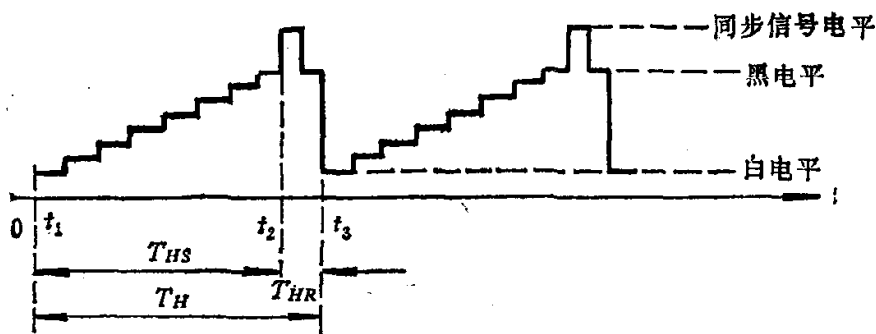


图 1.4 灰度信号的电视信号波形

接收机荧光屏上将会出现一根亮线或灰线。为了消除这种干扰,最方便的方法是在扫描逆程期间播送一个黑色信号。这个信号叫做消隐信号。根据我国电视标准规定行逆程时间为11.8微秒,所以行消隐信号的宽度为11.8微秒。同样在场扫描逆程期间,也要加入消隐信号,此信号称为场消隐信号。场消隐信号的宽度为25个行周期加上一个行消隐信号宽度,即为1611.8微秒。

当电子束水平扫描正程结束之后,例如在到达 t_2 点以后,为了使电视机和摄像机的行扫描相同步,还应该向电视机发出一个信号,表示一行已经结束。电视机在收到这个信号以后也立刻开始回扫,这样就能保持电视机和发射机的扫描同步。这个信号叫做行同步信号。由于这个信号只做同步用,故是一个窄脉冲,如图1.5所示。显然同步信号应该在每一行结束之后立刻发出,而

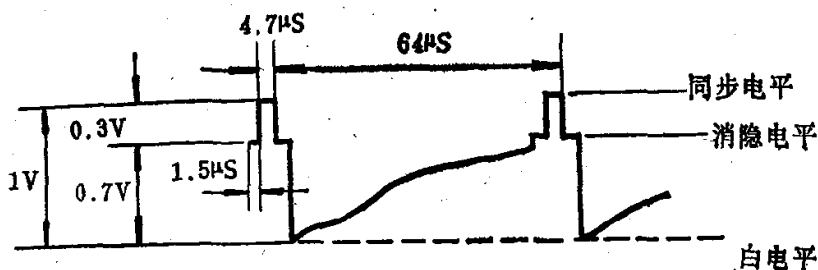


图 1.5 一个行周期的电视信号波形

这个信号只供电视机同步用,不需要在屏幕上显示出来,所以行同步信号的电平要比消隐电平高一点,以便与行消隐信号相区别。