

现代黑白电视机

原理、电路分析与 检修方法

●
刘新生 主编

北京科学技术出版社

现代黑白电视机原理、电路分析与检修方法

刘新生等 主编

北京科学技术出版社

(京)新登字 207 号

内 容 简 介

本书以近几年国内流行的黑白电视机新机种为对象,详细介绍了集成化黑白电视机的原理和电路,对 μ PC 系列、D(TA)系列集成化黑白电视机,以及 MC13007P、TDA4500 等大规模集成电路黑白电视机的整机电路进行分析,并给出了切实可行的检修方法。本书具有内容新颖、覆盖面宽、联系实际、图文并茂等特点。

本书适合初中以上文化程度的维修人员以及广大爱好者阅读,也可供各类中等职业学校师生和培训学员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代黑白电视机原理与检修/刘新生等编著. —北京:北京科学技术出版社,1995.4

ISBN 7-5304-1742-8

I. 现… I. 刘… III. ①黑白电视-电视接收机-基本知识②黑白电视-电视接收机-维修 N. TN949.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 16420 号

现代黑白电视机

原理、电路分析与检修方法

刘新生 主编

北京科学技术出版社出版

(北京西直门南大街 16 号)

邮政编码:100035

各地新华书店经销

北京兴民印刷厂印刷

开本:787×1092 毫米 16 开本 24.75 印张 550 千字

1995 年第 11 月第一版 1995 年 11 月第一次印刷

印数:1—5000

定价:25.00 元

前 言

我国的家用电视机早已进入彩色化时代。但是,集成化黑白电视机一直以其低廉的价格、日益改善的性能,以及不断更新的造型,受到我国城乡,特别是广大农村消费者的青睐。1991年我国生产黑白电视机1351万台,销售1206万台,不少新型产品还远销国外。

近10年来,国产集成化黑白电视机跨过了引进、模仿、选优几个阶段,目前已形成 μ PC(含 μ PC-AN)系列集成电路、D(TA)系列集成电路以及大规模集成电路(MC13007P/XP、TDA4500)三大类机芯的定型产品。这些产品技术成熟、工艺先进、性能优良、故障率低,显示出现代黑白电视机同早期分立件和低集成度黑白电视机迥然不同的风采。特别是,现代黑白电视机尽管型号千变万化,但只要使用的集成电路芯片相同,电路原理就一样,电路结构也大同小异,这就为维修人员和无线电爱好者全面掌握现代黑白电视机的原理、电路分析和检修,创造了极为有利的条件。

本书详细介绍了现代集成化黑白电视机的基本原理、功能方框电路和各类机芯的电路结构;深入浅出地说明了各集成功能电路的基本组成、工作过程,以及在不同集成芯片中的线路处理方法;较全面地分析了集成化机芯中所用到的分立元件电路和专用器件;同时,对每种机芯都选择了一种典型线路进行整机分析和检修举例,所有维修实例都来自于实践,并经过重复验证。

为了方便初学者阅读,本书编入了部分预备知识,如第一章的第二节。同时在电视原理和电路原理的分析中,增加了基本电子元器件和电工、电路方面的必备知识作为基础。这使得具有初中文化水平,初次涉足电视领域的读者,可以不必阅读较多的基础书籍,就能看懂黑白电视机的原理、电路分析和维修调试方法。已经具备相应基础知识,或者已经掌握分立元件黑白电视机的原理和维修的读者,可以跃过这些内容,把阅读重点放到集成化黑白机特殊的电路分析、调试和维修上,以达到更新知识的目的。书中插图使用的电气图形符号,采用原国家标准局1984年至1985年颁布的新国标,整机原理电路则仍使用厂家和一般图册中的画法。为了方便读者识别和查阅电路符号,特地在书后编入了新旧电气图形符号对照表。

本书由刘新生主编。第一章至第四章由刘新生编写;第五章由吴德华编写;第六章至第九章由徐震编写。最后由刘新生总纂。赵忠卫对全书进行了审阅。

由于编者水平有限,书中错误和遗漏在所难免,请读者和行家指正。

编 者

1994年10月

目 录

第一章 电视的基本知识	(1)
§ 1.1 引言	(1)
§ 1.2 电信号与信号传送	(3)
§ 1.3 人的视觉特性与图象信号形成	(22)
§ 1.4 全电视信号与高频电视信号	(29)
§ 1.5 黑白电视接收机的基本原理与组成	(35)
第二章 显象管与同步扫描电路	(46)
§ 2.1 黑白显象管	(46)
§ 2.2 偏转线圈与中心位置调节磁环	(59)
§ 2.3 行扫描电路	(67)
§ 2.4 场扫描电路	(89)
§ 2.5 同步电路	(103)
第三章 信号公共通道	(116)
§ 3.1 电视接收天线	(116)
§ 3.2 高频调谐器	(141)
§ 3.3 集成化图象中频通道	(158)
第四章 专用信号通道与直流稳压电源	(177)
§ 4.1 视放输出级电路	(177)
§ 4.2 伴音通道	(188)
§ 4.3 直流稳压电源	(198)
第五章 整机电路分析与调试	(216)
§ 5.1 如何分析集成化电视机的整机电路	(216)
§ 5.2 μ PC 系列三片机的整机电路分析	(227)
§ 5.3 D(TA)系列三片机的整机电路分析	(234)
§ 5.4 大规模集成电视整机电路分析	(241)
§ 5.5 集成化黑白电视机的调试	(249)
第六章 检修黑白电视机的常用方法	(263)
§ 6.1 直观检查法	(263)
§ 6.2 缩小故障范围的几种方法	(267)
§ 6.3 数值检测法	(271)
第七章 μPC 三片机的故障检修	(280)
§ 7.1 电源电路故障检修	(280)
§ 7.2 行扫描电路故障检修	(291)
§ 7.3 场扫描电路故障检修	(303)
§ 7.4 同步分离电路故障检修	(310)
§ 7.5 视放与显象管电路故障检修	(311)
§ 7.6 图象中频通道故障检修	(315)
§ 7.7 高频调谐器故障的检修	(323)
§ 7.8 伴音通道故障检修	(325)

第八章 D(TA)三片机的故障检修	(332)
§ 8.1 公共通道故障检修	(332)
§ 8.2 扫描电路故障检修	(341)
§ 8.3 伴音通道故障检修	(359)
第九章 TDA4500 单片机故障检修	(366)
§ 9.1 光栅类故障检修	(367)
§ 9.2 图声类故障检修	(373)
§ 9.3 同步类故障检修	(378)
§ 9.4 TDA4500 外围元件故障索查	(381)
附录 黑白电视机常用晶体管参数	(384)
附图一 金星牌 B35-2U 型黑白电视机电原理图	
附图二 熊猫牌 DB35HI-Q 型黑白电视机电原理图	
附图三 莺歌牌 145(44-3)型黑白电视机电原理图	
附图四 牡丹牌 44HI 型黑白电视机电原理图	
附图五 黄山牌 AH4419 型黑白电视机电原理图	
附图六 凯歌牌 4D35U5 型黑白电视机电原理图	

第一章 电视的基本知识

§ 1.1 引言

晴空霹雳震撼着天庭,玉皇大帝急令“千里眼”向下界察看,只见横空出世的石猴正在丛林和石洞中奔跑跳跃……。这是神话电视剧《西游记》中的一段精彩镜头。“千里眼”,在古代只能是人们的一种美好幻想,而今天,这种幻想已经被电视变成了活生生的现实。随着卫星电视技术的发展,利用高悬在 36000 公里空中的地球同步卫星,不仅能将千里之外的画面重现,而且能使数万里之遥的情景顷刻间展现在我们眼前。90 年我国成功地利用“亚洲一号”卫星向全世界转播了第 11 届亚洲运动会的实况,就是一个实例。显然,现代电视技术已经将人的视力延伸到了古人连想都不敢想的地步。可以毫不夸张地说,电视已成为现代家庭不可缺少的学习、教育、欣赏和娱乐的帮手。

一、电视的发展简史

电视机诞生于 19 世纪的欧洲。1884 年,德国科学家尼普科夫发明了机械扫描圆盘,开创了机械扫描电视的时代。英国和当时的苏联都曾经进行过机械扫描电视的广播。1927 年美国工程师法恩斯沃茨设计出了第一个电子电视系统,1933 年佐利金又发明了光电摄像管。于是电视由机械时代进入电子时代。1936 年英国贝尔德电视公司和马可尼-EMI 公司竞相在伦敦亚历山大宫电视台播发了电子的黑白电视广播。尽管当时播出电视画面的清晰度(240 行)还不及现在的一半,毕竟拉开了现代电视广播的序幕。

彩色电视的研究和试验几乎是和黑白电视同时开始的,但真正实施广播却比黑白电视晚了近 20 年。这一方面是由于第二次世界大战的延误,另一方面是所谓“兼容”接收的缘故。彩色电视由于技术较复杂,电视接收机成本高,发展和普及速度都不如黑白电视快。在公众拥有大量黑白电视的情况下,如果彩色电视广播节目只能为彩色电视机收看,黑白电视只能望“台”兴叹,必定难以为公众接受。要求电视广播节目既能由彩色电视机收看,又能用黑白电视机收看,称为电视接收的“兼容”。当然,“兼容”的彩色电视广播节目在彩色电视机中重现的是彩色画面,在黑白电视机屏幕上只能显示黑白画面;反之,黑白电视广播节目在彩色电视机和黑白电视机中显示的都是黑白画面。实现“兼容”接收,要求彩色电视广播的信号中必须有一种能供黑白电视机接收的,能重现黑白图象的信号,而代表图象彩色部分信息的信号,又必须不影响黑白电视机重现的图象质量。这就大大增加了“制作”(即编码)彩色电视信号的技术难度,使彩电广播迟迟不能“出台”。

1953 年,美国利用第二次世界大战中发展起来的电子技术,首先攻破了“兼容”彩色电视制式这一难关。同年,正式开播了“兼容”式彩色电视。美国工业界把这种制式命名为“NTSC”,以纪念“国家电视制式委员会”(缩写 NTSC)在研制兼容彩电制式方面的功绩。NTSC 制彩电广播的兼容性能确实很好,很快被加拿大、日本等国家和我国台湾省采用。

NTSC制也有彩色失真较大的固有缺陷。针对这一缺陷,1967年德国研制并正式开播了PAL(帕尔)制彩色电视,同年法国和前苏联广播了SECAM(塞康)制彩色电视。PAL制又称为“正交平衡调幅逐行倒相”制;SECAM制又称为“行轮换调频”制。它们都是“兼容”制式。与NTSC制相比,它们牺牲了一定的兼容性能,获得了较小的彩色失真。进入70年代,工业化国家对电视广播体系进行了全面的彩色化改造,所有的电视台都播发兼容制式的彩色电视节目。彩色电视绚丽的图象激发了公众购置彩色电视机的热潮。到70年代末,美国彩色电视机的拥有量就达到人均0.7台,实现了彩电广播的普及。

70年代崛起的集成电路技术,又一次推动了电视的发展,使之趋向轻型化、多功能化、高画面质量和高可靠性。自动选台、红外遥控、卡拉OK、频道显示和自动开关机等功能越来越频繁地出现在新型电视机中。电视机的连续无故障工作时间已由初期的上千小时增加到数万小时以上。特别是由大规模和超大规模集成电路技术引出的数字化电视、高清晰度电视,已向人们展示出无与伦比、美妙逼真的彩色世界。

我国的电视广播起步于1958年。3年自然灾害和10年动乱严重影响了电视广播事业的发展。从60年代末期开始,我国组织科技人员对电视接收机进行了几次联合攻关,促进了黑白电视广播和黑白电视工业体系的建立。到80年代中期,城市基本普及了黑白电视机。我国选定的兼容彩电制式是PAL制,并于1973年在北京试播。由于技术和工业基础上的原因,国产彩色电视机直到1978年还不能大批量生产。十一届三中全会以后,我国彩色电视工业开始转向仿制和进口成套设备,通过引进国外技术再逐步走向元器件国产化的道路。这次历史性的转变,极大地推动了我国彩色电视的发展。1984年,我国生产彩电129万台,1985年达到200万台,目前已形成1200万台以上的年生产能力。现在我国彩电生产已自给有余,部分名牌产品还畅销国外,一跃成为世界上的电视机生产大国。

二、现代黑白电视机的特点

现代黑白电视机的显著特点之一是性能好、价格低,或称性能价格比高。尽管彩色电视机的出现使黑白电视机相形失色,但当代黑白电视机以其价格低廉(仅为相同屏幕尺寸彩色电视机的30%~40%)、性能和款式改善快的优势,在市场上仍占有重要地位。特别是我国农村对44cm大屏幕黑白电视机的需求,使近几年国产黑白电视机的销售量一直保持上升的势头。另一方面,由于“兼容”的关系,使得彩色电视机的新技术,十分容易移植到黑白电视机上。因此,当代黑白电视机除不能显示彩色外,其它性能都已经十分接近彩色电视机。在新一代数字电视和高清晰度电视普及之前,这种状况还会一直维持下去。这对当前有志于学习电视的业余爱好者来说恰好是一个契机,即可以先通过原理较简单的黑白电视机入门,再攀上彩色电视机的高度。这也是本书的编写目的。

现代黑白电视机的另一个显著的特点是集成化程度高。我国黑白电视机问世以来,前后经历了电子管电视机、晶体管电视机和集成电路(IC)电视机三个发展阶段。其中,电子管和晶体管电视机通常又称为分立元件电视机。从80年代初到现在的短短十年时间里,随着集成电路发展,我国集成化黑白电视机又跨过了小规模集成、中规模集成和大规模集成三个里程碑。一度在国内十分流行的仿日立P-24型电视机,是集成度较低的黑白电视机。它采用日本日立公司生产的六片集成电路,型号分别为HA1144、HA1166Z、HA1167、KC581、KC582和KC583。目前在市场上占主导地位的“ μ PC系列三片机”和“D系列三片机”,是中规模集成电路黑白电视机的典型代表。其中“ μ PC系列三片机”使用日本

电气有限公司生产的 $\mu\text{PC1366C}$ 、 $\mu\text{PC1353C}$ 和 $\mu\text{PC1031H2}$ 三片大规模集成电路(少数电视机将 $\mu\text{PC1353C}$ 换用日本松下公司生产的 AN355)。“D 系列三片机”使用引进东芝公司技术的国产集成电路,型号分别为 D7611、D7176 和 D7609(少数电视机使用 D7611、D7242 和 D7243)。采用大规模集成电路的黑白电视机有两种机芯,一种使用荷兰飞利浦公司生产的 TDA4500 型集成电路,另一种使用美国莫托罗拉公司生产的 MC13007P 型集成电路。

集成化使现代黑白电视机的结构简化、重量减轻、故障率越来越低。表 1-1 是几种集成化黑白电视机同晶体管分立元件黑白电视机主要元器件的数量比较。可以看出,单片集成电路黑白电视机使用的元器件数量几乎只有分立元件晶体管电视机的二分之一。因此,由于元器件损坏引起的电视机故障也几乎减少了 50%,因为焊点失效引起的电视机故障也几乎减少了一半。

表 1-1 集成化与分立元件黑白电视机主要元器件数量

	电阻 (只)	电容 (只)	电感 (只)	二极管 (只)	三极管 (只)	集成电路 (片)	合计
晶体管黑白电视机	138	112	21	26	26	0	323
P-24 黑白电视机	73	105	21	10	3	6	218
μPC 集成黑白电视机	75	86	17	16	9	3	206
单片集成黑白电视机	70	66	9	11	10	2	168

电视机集成化还给电视业爱好者带来一个意想不到的好处。大量原理复杂的功能电路被“装”进了集成电路内部,使得在分立元件电视机中经常出现的单元电路分析和检测,变得既不需要,实际也不可能进行。对现代电视机来说,重要的不是集成电路内部采用了什么电路形式,而是集成电路能完成什么功能,以及需要什么外围元件。这就大大简化了电视机的电路分析与检测。没有系统学习过模拟电子电路和数字电路的爱好者,只要掌握了电视接收机的方框原理,熟悉常用集成电路的功能和各引出脚的作用,以及集成电路主要外围元器件的作用,就可以对黑白电视机的线路进行分析和检修。这显然是初学者最希望的。本书就尝试用这种模式向读者介绍现代黑白电视机的原理、电路分析和修理,以期帮助爱好者达到事半功倍的效果。

§ 1.2 电信号与信号传送

电视之所以能在瞬间跨越千山万水,将各种图象画面传到人们眼前,主要利用了两项技术,一项是把图象中明暗不同的光变换成强度不同的电信号,这种技术称为光电转换;

二是借助无线电波作为“运载”电信号的工具,称为调制与解调技术。本节主要介绍电信号概念以及如何利用无线电波来传送电信号。

一、电信号

1. 什么是电信号

人类很早就会利用鼓点、号角、甚至烽火台上的烟火来传递命令和消息。这些命令、消息,以及语言、音乐、图象和数据等都是信息。从广义上讲,包含某种信息的声、光、电、磁以及动作,都属于信号。含有信息的电流和电压称为电信号^①。就目前技术而言,电信号是一种容易获得而且容易加工处理的信号。因此,在工业、国防和科研中,通常是将有关信息先变成电信号,再加以处理和传送。例如收音机、录音机、扩音机里,电信号携带的是语言和音乐信息;电视机、录象机和激光视盘里,电信号携带的则是图象和彩色信息;微型计算机里,电信号携带的则是数据信息。

利用某些器件,可以将信息转换成电信号,例如话筒能将声音信息变成相应的电信号,这种功能称为声-电转换;摄像机能将图象中不同亮度、不同彩色的光变成相应的电信号,这种功能称为光-电转换。利用某些器件也很容易将电信号携带的信息还原。例如扬声器(俗称喇叭)能将电信号中携带的语言和音乐优美地重放,显象管能将电信号中携带的图角信息逼真地重现出来。我们称前者具有电-声转换功能,后者具有电-光转换功能。它们分别同声-电转换和光-电转换过程相反。电视广播中,既要用到声电和电声转换(传送和重放电视伴音),又要用到光电和电光转换(传送和重现图象)。

2. 电信号的种类和表示方法

(1) 正弦周期信号

电信号有许多种类,最基本的是正弦周期信号。其它非正弦信号都可以看成是不同正弦周期信号的迭加。

正弦周期信号是一种周期性变化的电流或电压,这种变化符合正弦函数规律。图 1-1 是正弦信号的幅度随时间变化的规律,在电子技术中称为波形图。图中,坐标系的横轴表示时间 t ,纵轴表示正弦周期信号的幅度。不妨这样来理解该图形:假定有一个点 P ,不断地环绕原点 O 作顺时针的匀速圆周运动(见图左);与此同时,我们将 P 点每一时刻的高度,按时间顺序不断地描画到右边的直角坐标系中;就得到正弦周期信号的波形图。

显然,左图 P 点围绕原点 O 旋转的每圈(又称一周),都是完全重复前一圈的运动。这种特点,就是周期性,而且把 P 点绕原点 O 运行一圈的时间称为周期,通常用大写字母 T 表示,单位为秒(代号为 S)。假定转动是从 $t=0$ 开始的,此刻 P 点正好在横轴的正半轴上(见①点),那么一周后, P 点又会转回到①的位置。与此同时,我们在右图中能够逐点描出如粗实线所示的一段波形。它恰好是正弦信号的一个周期。利用这一周期波形,可以清楚地看出正弦信号的下述变化特点:当时间由零点开始流逝时,正弦信号的幅度由零逐渐向纵轴的正方向增加;时间流到周期 T 的 $1/4$ 时,信号幅度增加到正方向上的最大值 A 、之后开始减少;在周期 T 的 $1/2$ 时刻,信号幅度经过零,接着向负方向增长;时间流到周期 T 的 $3/4$ 时,信号幅度达到负方向上的最大值 A ,然后逐渐减少;时间经过一个完整周期 T 后,信号幅度又减少到零。

^① 电子技术中常将电信号简称为信号。在本节以后所提到的信号如无特别说明,都是指电信号。

在上述变化过程中, $t=0, t=T/4, t=T/2, t=3T/4$ 四个时刻是关键的。它们分别对应波形图上的①、④、⑦、⑩四点。。其中, ①、⑦点是正弦信号的过零点, 它们通常用来辨认正弦信号的周期, 因为周期等于相邻两个过零点之间时间间隔的两倍; ②、⑥点正弦信号具有最大值(尽管方向不同), 最大值又称为正弦信号的幅值, 正弦信号的幅度还可以用另一个物理量——有效值表示, 它同幅值的关系是

$$\text{正弦信号有效值} = \frac{\text{幅值}}{\sqrt{2}} \approx 0.707 \text{ 幅值}$$

(1-1)

例如某一正弦周期信号电压的幅值(最大值)为 1.2 伏, 代入式(1-1)得到它的电压有效值约为 0.85 伏。

正弦信号的周期反映着自身周期性变化的快慢, 或速度。周期时间越短, 变化速度越快。这个速度还可以用频率 f 表示, 它同周期的关系是

$$f = \frac{1}{T} \quad (1-2)$$

式中, 当周期 T 的单位用秒(s)时, 频率 f 的单位为赫兹, 赫兹的代号为 Hz。例如某一正弦周期信号的重复周期 $T=0.02$ 秒, 代入式(1-2)得该信号的频率为 $f = \frac{1}{0.02} = 50\text{Hz}$ 。又如另一正弦信号的重复周期 $T=1$ 毫秒(ms), 由于 $1\text{ms}=0.001\text{s}$, 所以它的频率 $f = \frac{1}{0.001} = 1000\text{Hz}$ 。我们称后一信号的频率比前一信号的频率高。

正弦信号的周期还可以用所谓的“相位角”表示。在图 1-1 中, 相位角就是 P 点转过的圆心角。如果连接 OP, P 点的旋转就变成线段 OP 绕端点 O 的旋转。当 P 点绕 O 点旋一周时, 线段 OP 绕过的圆心角正好为 2π 弧度, 即 360° 。 2π 弧度就是相位角表示的正弦信号周期。相应地, 图 1-1 中 ①至⑫点对应的相位角分别为 $0(0^\circ), \pi/6$

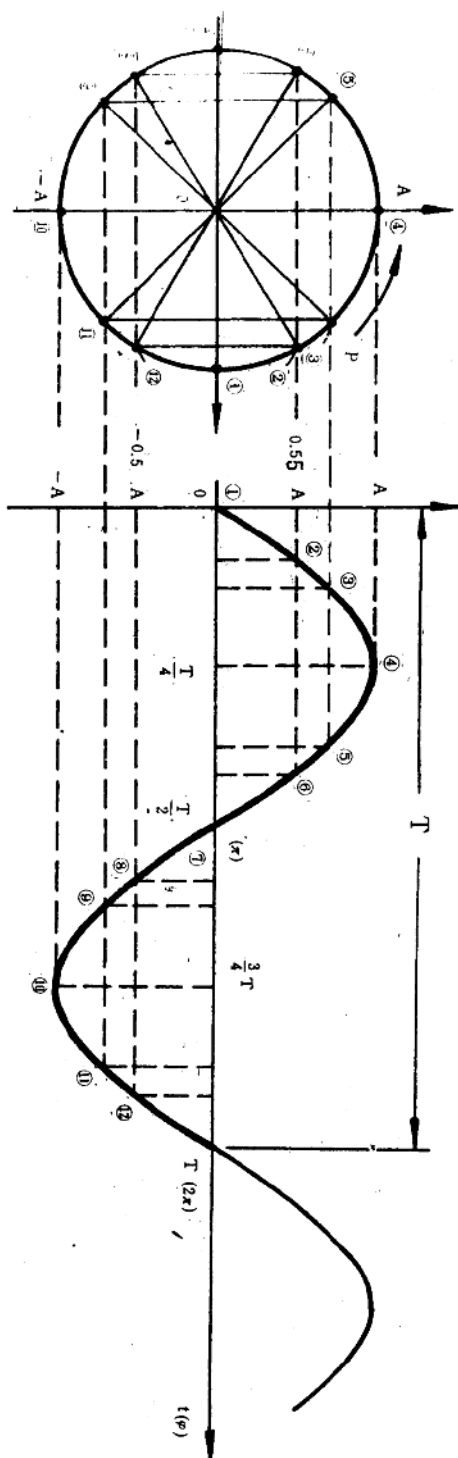


图 1-1 正弦周期信号的波形图

(30°) 、 $\pi/4(45^\circ)$ 、 $\pi/2(90^\circ)$ 、 $3\pi/4(135^\circ)$ 、 $5\pi/6(150^\circ)$ 、 $\pi(180^\circ)$ 、 $7\pi/6(210^\circ)$ 、 $5\pi/4(225^\circ)$ 、 $3\pi/2(270^\circ)$ 、 $7\pi/4(315^\circ)$ 和 $11\pi/6(330^\circ)$ 弧度。在电子技术中,将时间零点($t=0$)线段 OP 所处的相位角,称为 OP 所代表的正弦信号的初相位。虽然图 1-1 示出的正弦信号初相位为零,但并不是所有正弦信号的初相位都为零。例如两个正弦周期信号的初相位不同,当我们假定其中一个的初相位为零时,另一个的初相位就一定不为零。图 1-2 中的 OP_1 和 OP_2 , 分别代表两个频率相同的正弦周期信号。在时间零点, OP_1 的初相位为零, OP_2 初相位为 θ 。显然, θ 就是它们初相位的差,简称相位差。从图中可以看出, OP_2 的旋转起点比

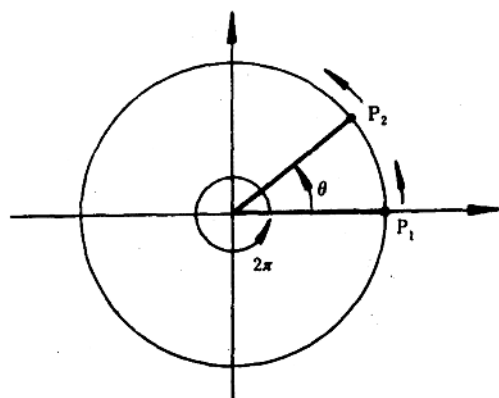


图 1-2 同频率正弦信号的相位比较

OP_1 靠前,只要 OP_1 与 OP_2 的旋转速度(即频率)相同, OP_2 就总转在 OP_1 的前面。于是,我们称 OP_2 的初相位比 OP_1 超前,反过来称 OP_1 的初相位比 OP_2 滞后。除非 OP_1 的旋转速度(即频率)加快,不可能减少与 OP_2 之间的相位差。由此,可以引出比较两个同频率正弦信号超前和滞后的方法——初相位较大的信号在相位上超前,初相位较小的信号在相位上滞后。

信号的相位超前或滞后,也可以用时间上的超前和落后表示。如果用 t 表示超前或滞后的时间,用 θ 表示两信号之间的相位差, T 表示正弦信号周期,那

末 t 和 θ 的关系如式(1-3)

$$t = \frac{\theta}{2\pi} T \text{ 或 } \frac{\theta}{360^\circ} T \quad (1-3)$$

假定图 1-2 中 OP_1 和 OP_2 的旋转周期为 1ms , $\theta = \frac{\pi}{4}$ (即 45°) 那么 OP_2 超前 OP_1 的时间为 $\frac{T}{8} = 0.125\text{ms}$ 。

上面简略讨论的幅度、频率(或周期)、初相位,是正弦周期信号的三要素。正弦周期信号之间的区别,都表现为这三个要素数值上的差异。如果某一正弦周期信号的要素发生了变化,那么这个信号也就变化了。图 1-3 分别表示三个要素对正弦周期信号的影响。图 1-3(a)是两个频率和初相位相同,但幅度不同的正弦信号波形,其中信号 1 的幅度大于信号 2。我们通常称信号 1 较强,信号 2 较弱。图 1-3(b)是两个幅度和初相位相同,但频率不同的正弦信号波形,其中信号 1 的周期比信号 2 短。我们通常称信号 1 的频率较高,信号 2 的频率较低。显然,频率高的信号波形密集,频率低的信号波形稀疏。图 1-3(c)是两个幅度的频率都相同,但初相位不同的正弦信号波形,其中信号 1 的初相位比信号 2 超前 θ 。可以看出,信号 1 的变化总是比信号 2 提前。

如果已知三要素的数值,就可以用一种数学式来表示正弦周期信号,这个数学表达式是:

$$u(\text{或 } i) = A \sin(2\pi f t + \theta) \quad (1-4)$$

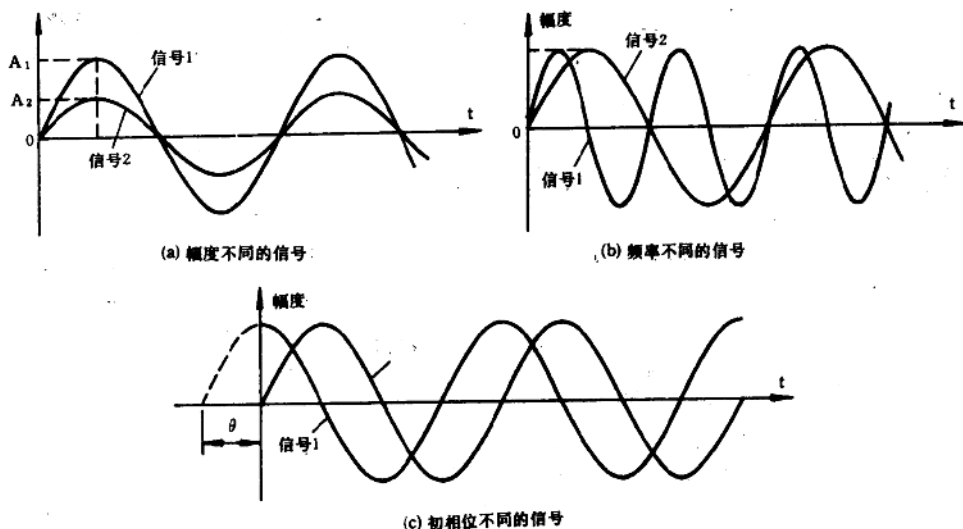


图 1-3 要素不同的正弦周期信号的比较

式中, u 或 i 表示正弦周期信号电压或电流, A 、 f 和 θ 分别为它的幅度、频率和初相位, t 是时间。

需要特别指出的是, 正弦周期信号的波形虽然可以表示电压信号, 也可以表示电流信号, 但它们幅度的正方向和负方向的含义完全不同。对电压信号来说, 如果某一时刻波形在幅度坐标的正方向(横轴上方), 表示这时电压的正负极同我们事先假定的极性相同; 如果另一时刻波形在幅度坐标的负方向(横轴下方), 则表示此刻电压的正负极性同假定的相反。对电流信号来说, 某一时刻波形在正方向上, 表示这时电流的流动方向同事先假定的方向相同; 另一时刻波形在负方向上, 则表示电流的流动方向同假定方向相反。由此可知, 正弦周期信号电压是大小和极性不断随时间发生周期变化的电压, 正弦周期信号电流是大小和流动方向不断周期变化的电流。为了同直流电压和电流相区别, 通常用小写字母 u 和 i 表示它们。只有正弦信号的有效值, 才用大写字母 U 和 I 来表示。

幅度、频率(或周期)和相位概念很重要。它们不仅适用于正弦周期信号, 也同样适用于其它信号, 所表示的意义大致相同。

(2) 电信号的分类

电信号通常按频率、传递的信息特点以及波形变化规律来命名和分类。

按频率分类时, 电信号可分为低频和高频信号两种。低频信号通常是指频率在 100kHz 以下的信号, 频率高于 100kHz 的信号称为高频信号。高频信号同低频信号有许多不同的性质, 随着频率的增高, 这些性质的变化越明显。需要指出的是, 在很多情况下, 高频和低频的称呼只具有相对意义。例如频率为 10kHz ①的信号, 对频率为 100Hz 的信号来说是高频的, 但它相对于频率为 1MHz 的信号来说, 又是低频的。特别是实际应用中的

① 电子技术中常用 k 、 M 来表示较大的数, 其中 $1k=1000$, $1M=1000000$, 也常写成 $1k=10^3$, $1M=10^6$ 。显然, $1M=1000k=10^3k$ 。

信号,多半都不是单一频率的,它们由许多不同频率的信号分量组成,占满了整整一个频率范围。通常把这个频率范围称为信号频带,简称信带。例如交响音乐信号的频带在 $16 \sim 20000\text{Hz}$ 之间。在信号频带内,一般将频率较高的信号部分称为信号的高频分量,而把频率较低的部分称为信号的低频分量,并把位于信号频带中部的部分称为信号的中频分量,如图 1-4。

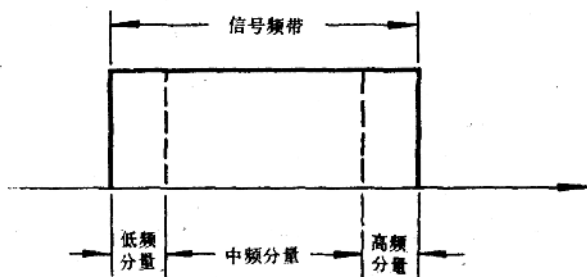


图 1-4 信号频带及其划分

按传递的信号特点来命名信号或分类,是应用电子技术中常用的方法。例如语言和音乐属于声音信息,所以传递语言和音乐的低频信号被称为音频信号。音频信号的频率范围同声波的频率范围相同,一般在 $18\text{Hz} \sim 18\text{kHz}$ 之间。又如各种图象是一种视觉信息,于是电视技术中把传递图象的电信号称为视频信号,或图象信号。视频信号的频率范围根据各国采用的电视标准而有所不同,我国电视标准中视频信号的频率范围为 $0 \sim 6\text{MHz}$,信号频带宽度 6MHz 。类似地,电视技术中还把传递同步信息的信号称为同步信号,把传递回扫消隐信息的信号称为消隐信号。专用于传送和处理这类信号的电路,也常用这些信号的名称来命名。象专用于传送和处理音频信号的电路称为音频电路,专用于传送和处理视频信号的电路称为视频电路等。

电信号按波形变化规律不同可分为正弦信号、非正弦信号和脉冲信号三种。非正弦信号泛指一切不按正弦规律变化的连续信号。例如图 1-5 就是一种非正弦信号的波形。电视

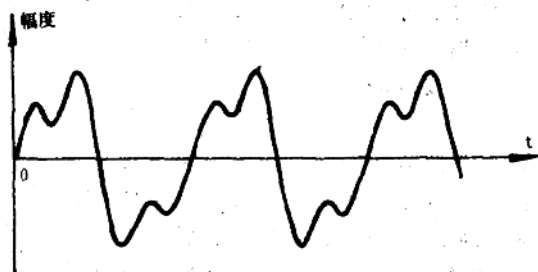


图 1-5 一种非正弦信号波形

中的视频图象信号和伴音信号,严格地说,都是非正弦信号。脉冲信号是指在时间上断续出现,或波形有突发性跳变的信号。图 1-6 给出了几种常见脉冲信号的波形,从图(a)至图(c)依次为矩形波、锯齿波和尖峰波(又称针状波)。电视广播中的同步信号和消隐信号采

用的就是矩形脉冲波,而扫描则采用锯齿波。脉冲信号的幅度常常用峰峰值来表示。峰峰值的代号为 PP 或 P-P,它等于脉冲信号正方向上的最大值(也称峰值)和负方向上的最大值之和。电压峰峰值的单位为伏,常写成 V_{pp} ;电流峰峰值的单位为安,常写成 A_{pp} 。

有趣的是,非正弦信号和脉冲信号是可以用正弦信号合成的;同时,任何一个非正弦信号或脉冲信号也可以分解成若干个正弦周期信号分量。例如图 1-5 所示的非正弦信号,就可以看成是由图 1-7 中①~③三个正弦周期信号迭加合成的。其中,正弦信号①的频率与非正弦信号的频率相同,称为基波;信号②和③的频率各是非正弦信号频率的 2 倍和 3 倍,分别称为二次谐波和三次谐波。读者不妨将三个正弦周期信号每一时刻的幅度相迭加(同向相加,反向相减),尝试得到图中粗实线所示的非正弦信号波形。

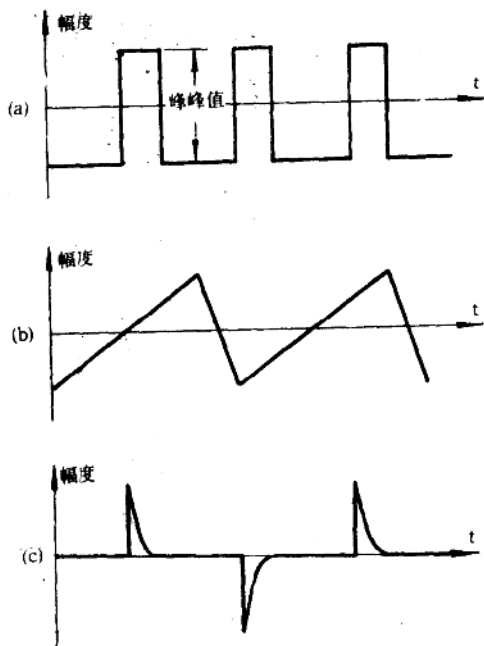


图 1-6 几种常见脉冲信号波形

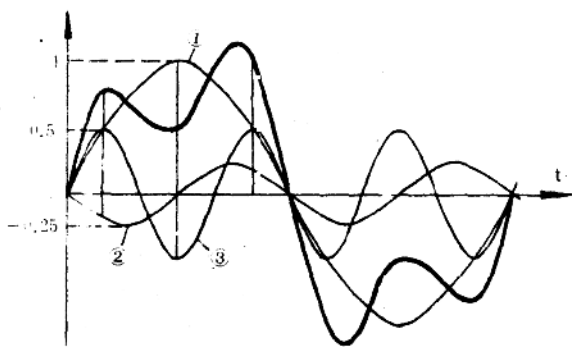


图 1-7 非正弦信号的合成与分解

(3)信号的直观表示法

直观表示电信号的方法有两种,一种是波形法,一种是频谱法。

波形法是按时间的顺序,表示出电信号在每一瞬间的幅度,相应的图形称为信号的波形图。本章的图 1-1、1-3、1-5~1-7 都是信号的波形图。从波形图上能够直观地看出任一时刻电信号的大小和极性(或流动方向),有利于分析信号的变化规律、进行信号间的比较。波形法是最常见的信号直观表示法。

频谱法是在频率坐标系中表示信号的方法。它将电信号先分解成频率不同的正弦分量,包括基波和谐波,然后按频率的高低顺序,把这些分量的幅度用线段长度标在频率横

轴上。这样得到的图形称为信号的频谱图,代表信号分量的线段叫频谱。图 1-1 所示的正弦周期信号,只有一个正弦分量,就是信号本身。因此它的频谱图最简单,只有一根频谱线

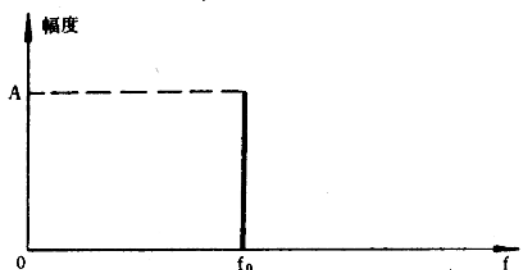


图 1-8 正弦周期信号的频谱

段,如图 1-8 所示。图中,频谱线段的长度 A 表示正弦信号的幅度,它在横轴上的坐标 f 就是正弦信号的频率。图 1-7 所示的非正弦信号有三个正弦分量。如果设基波的频率为 f_0 ,二次和三次谐波的频率分别为 $2f_0$ 和 $3f_0$ 。由图 1-7 还可以看出,当基波幅度为 1 时,二次和三次谐波的幅度分别为 0.5 和 0.25。于是可以画出该信号的频谱图如图 1-9 所示。

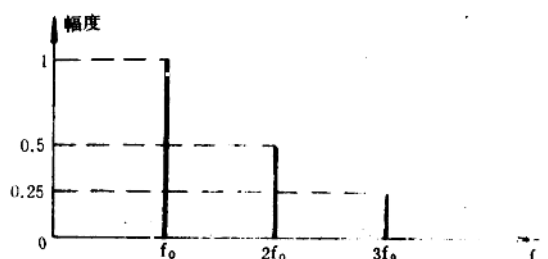


图 1-9 1-5 图信号的频谱

一些复杂的电信号,常常包含着非常丰富的正弦分量,很难用频谱线段精确地画出。对这些信号的频谱图,常常用简化的方法表示,就是在频率轴上用方框标出所有有效频率分量所处的频带。例如音频信号各频率分量占据 $18\sim 18\text{kHz}$ 频带,因此它的频谱图可以用图 1-10(a)简化表示。又如电视视频信号各分量占据 $0\sim 6\text{MHz}$ 频带,因此它的频谱图可以用图 1-10(b)简化表示。显然,图 1-4 也是这种简化频谱图。

3. 电信号的产生、放大和选择

我们已经知道,电视广播中需要携带伴音信息的音频电信号,还需要携带图象信息的视频电信号,以及同步信号和消隐信号等。这些信号必须要由有关电路来产生。初产生的电信号,幅度一般都比较小,只有将它们的幅度增大,才能满足负载的要求,例如推动扬声器发声和调制显象管重现图象。增大信号幅度的过程称为放大。以增加信号的电压幅度为主时,称为电压放大,以增加信号电流幅度为主时,称为电流放大或功率放大。为了简化电路结构,电子技术中常采用一条信号通道(即电路)传递和放大多种电信号。这种通道称为公共通道。经过公共通道传输和处理后的电信号,必须设法分离开来,分离电信号的过程称为信号的选择(或分离)。

(1) 电信号的产生

产生电信号的方法主要有两种。具有明显周期性的信号一般由振荡器产生；携带复杂信息，例如声、光、图、色等的电信号，通常由能量转换器件产生。

振荡器是一种不需要输入任何信号就能自动输出电信号的装置。图 1-11 是振荡器的电路框图，其中图(a)为正弦波振荡器，图(b)为矩形波振荡器，图(c)为锯齿波振荡器，它们分别输出正弦信号、矩形波信号和锯齿波信号。黑白电视机在扫描电路中设置有矩形波和锯齿波振荡器，有的资料又称为矩形波和锯齿波发生器；在高频调谐器中则设置有正弦波振荡器。

产生信号的能量转换器件有两类。一类是将信息能量转换成电阻的变化，再通过电路将电阻的变化转变成电信号；另一类能直

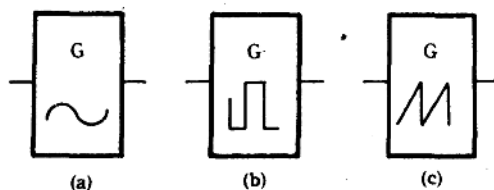


图 1-11 振荡器的方框图表示

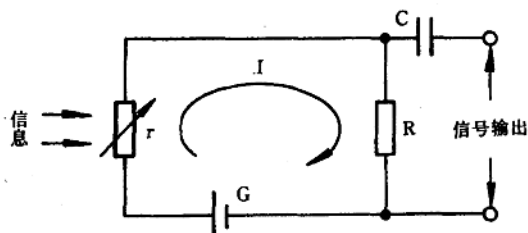


图 1-12 电阻型转换器件的工作原理

接将信息能量转变成电压或电流信号。属于前一类的器件有光敏、热敏和压敏电阻，碳粒式话筒以及光敏二极管和三极管等。属于后一类的器件有动圈式和压电式话筒、光敏电池、热电偶等。

图 1-12 是电阻型转换器件的工作原理图，图中可变电阻 r 代表转换器件，箭头表示信息对转换器件的作用， R 为

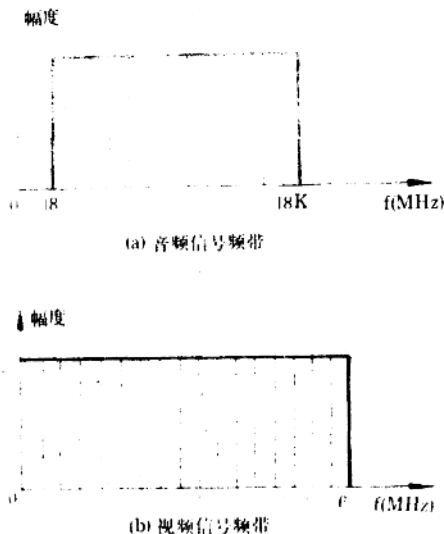


图 1-10 简化的频谱图

接将信息能量转变成电压或电流信号。属于前一类的器件有光敏、热敏和压敏电阻，碳粒式话筒以及光敏二极管和三极管等。属于后一类的器件有动圈式和压电式话筒、光敏电池、热电偶等。

图 1-12 是电阻型转换器件的工作原理图，图中可变电阻 r 代表转换器件，箭头表示信息对转换器件的作用， R 为