

HUAZHONGHUACAISEDIANSHIJISHU

画中画彩色电视技术

杨秀华 杨恒 安永成

王群生 王静贤 编著



人民邮电出版社

画中画彩色电视技术

杨秀华 杨 恒 安永成 王群生 王静贤 编著

安永成 审校

人 民 邮 电 出 版 社

DT26/35-11
内 容 提 要

本书介绍了画中画彩色电视机的基本原理、构造、技术特点以及基本电路。在此基础上较详尽地介绍了 ITT 画中画彩色电视机、NEC、日立、三菱等画中画彩色电视机的电路组成、特点和技术参数。

该书内容丰富、通俗实用，可供电视机研制人员，修理人员阅读；也可作为大专院校相关专业师生教学参考。

画中画彩色电视技术

hua zhong hua cai se dian shi ji shu

杨秀华 杨 恒 安永成 王群生 王静贤 编著

安永成 审校

责任编辑 刘建章 孙中臣

*

人民邮电出版社出版发行

北京朝阳门内南竹杆胡同 111 号

北京印刷一厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本：787×1092 1/16 1995 年 11 月 第一版

印张：23 1995 年 11 月 北京第 1 次印刷

字数：576 千字 插页：8 印数：1—8 000 册

ISBN 7-115-05743-5/TN·915

定价：28.00 元

0700186

前言

画中画是彩色电视机新的附加功能,它利用数字技术在同一屏幕上显示两套电视节目,即在正常观看的主画面上,同时插入一个或多个经压缩的子画面,以便在欣赏主画面的同时,监视其他频道或其他信号源(家用录像机、激光视盘、摄像机等)的电视节目。为了不影响主画面的观看,通常选取的子画面为主画面的 $\frac{1}{9}$ 或 $\frac{1}{16}$,并将子画面置于主画面的四角。根据需要还可以实现主、子画面切换、子画面静止、子画面尺寸变换、子画面位置移动等。子画面信号源可以是AV输入的视频信号(视频画中画),也可以是天线接收的电视信号(高频画中画)。

由于画中画彩色电视机具有一机多用的特点,在目前广播频道节目源十分丰富的情况下,深受广大消费者欢迎。许多进口彩色电视机已具有画中画功能,国内不少电视机生产企业正在加紧试制这种新产品,以适应市场不同消费层次的需要。

为了配合国内画中画彩色电视机的研制、生产、维修,我们编写了这本《画中画彩色电视技术》一书。该书主要介绍国内、外画中画彩色电视机的原理、新技术、新电路设计。本书第一章介绍画中画彩色电视机的基本原理,包括信号的取样、量化、A/D变换、存储、控制、D/A变换、编码、译码等;第二章重点介绍德国ITT公司三种不同类型的画中画彩色电视机的组成、原理,并对双调谐画中画彩色电视机的组成、特点、控制原理及程序设计等作了说明;第三章至第五章分别介绍了日本NEC公司、日立公司、三菱公司画中画彩色电视机的组成、原理、典型电路等;第六章介绍画中画彩色电视机的基本参数和测量方法,主要介绍主、子画面基本参数的制订原则、测量原理等;附录介绍与画中画彩色电视有关的两个技术标准和国外一些画中画电视机电原理图。

本书的主要读者对象是具有一定彩色电视基本知识和数字电路基础知识,并从事彩色电视机研制、生产、检测、修理工作的专业技术人员。它也可作为大专院校相关专业师生的教学参考书;对具有一定基础知识的无线电爱好者也会有一定帮助。

本书第一章的1.2、1.3、1.4节和第二章的2.5节由华南理工大学的杨恒老师编写;第一章的1.1节和第二章2.1、2.2、2.3、2.4节由华南理工大学的王群生教授编写;第三章编写3.1、3.2、3.5节和第五章的5.1、5.2节由电子工业部电视电声研究所教授级高级工程师杨秀华、第三章3.3、3.4节和第五章5.3节由电子工业部电视电声研究所王静贤高级工程师编写;第四章、第六章及附录一、二由电子工业部电视电声研究所安永成教授级高级工程师编写;第二章的2.6节由电子工业部电视电声研究所陈颖工程师编写;全书由安永成教授级高级工程师统稿、审校。此书编写过程中得到电子工业部电视电声研究所、国家广播电视产品质量检测中心、华南理工大学领导和有关同志的大力支持和帮助,并提供了许多宝贵资料,在此一并表示感谢。

由于编著者水平有限,书中错误和不妥之处敬请同行和广大读者批评、指正。

编著者

一九九四年十月

目 录

第一章 画中画彩色电视机的基本原理	1
1.1 概述	1
1.1.1 画中画电视机的基本概念	1
1.1.2 画中画电视机的发展概况	1
1.1.3 画中画电视机的功能	2
1.2 画中画电视机的基本原理	3
1.2.1 画中画电视机的基本结构	3
1.2.2 画中画视频信号处理	6
1.3 视频信号的数字化	24
1.3.1 取样定理	24
1.3.2 信号的量化及量化误差	30
1.3.3 信号的编码	35
1.4 数字信号处理用的基本器件和电路	38
1.4.1 A/D 和 D/A 变换器	39
1.4.2 基本运算电路	52
1.4.3 存储器	63
1.4.4 数字滤波器	72
1.4.5 编码器和译码器	80
第二章 ITT 画中画彩色电视机	88
2.1 概述	88
2.2 ITT DIGIVISION3896 画中画彩色电视机	89
2.2.1 画中画处理电路的组成及特点	89
2.2.2 子画面输入信号的选择	91
2.2.3 子画面输入信号的处理	93
2.2.4 子画面信号的存储及其控制电路	99
2.2.5 子画面信号的 D/A 变换	106
2.2.6 子画面信号和主画面信号的混合	109
2.3 ITT/NOKIA 7180 画中画彩色电视机	109
2.3.1 画中画处理电路的组成及特点	109
2.3.2 子画面信号的中央控制电路	111

2.3.3	子画面信号的处理	119
2.4	斯耐德 (Schneider) DTV2 画中画彩色电视机	160
2.4.1	DTV2 机子画面信号处理电路的组成及特点	160
2.4.2	DTV2 机子画面信号处理电路的控制	163
2.4.3	子画面信号的处理	166
2.5	双调谐器画中画彩色电视机	173
2.5.1	子画面信号处理电路的组成及特点	174
2.5.2	微机控制系统	176
2.5.3	子画面控制程序的设计	182
2.5.4	单微机控制的双调谐器画中画彩色电视机	189
2.6	ITT 画中画系列应用电路举例	191
2.6.1	联接与调试	191
2.6.2	几个常见的故障现象及维修	191
第三章	NEC 画中画彩色电视机电路	192
3.1	NEC 画中画系统的概况	192
3.1.1	NEC 画中画系统的组成	192
3.1.2	NEC 画中画系统的特点和功能	193
3.2	NEC 画中画系统工作原理	194
3.2.1	子画面图像信号输入电路	194
3.2.2	A/D 变换器	196
3.2.3	画中画信号处理器	200
3.2.4	D/A 变换器	205
3.2.5	RGB 变换器	207
3.2.6	主画面同步信号的产生	208
3.3	集成电路性能参数	210
3.3.1	画中画信号处理器 μ PD42272A	210
3.3.2	视频 A/D 变换器 μ PC661	213
3.3.3	视频 D/A 变换器 μ PD6901	217
3.3.4	视频 D/A 变换器 μ PC666	219
3.3.5	画中画系统的其它外围集成电路	222
3.4	NEC 画中画系统应用电路	227
3.5	NEC 新一代画中画电路	227
3.5.1	画中画控制器 μ PD6403	227
3.5.2	视频和色度信号处理电路 μ PC1830	227
第四章	日立画中画彩色电视机电路	233
4.1	概述	233
4.2	子画面图像信号处理原理	237
4.2.1	子画面压缩原理	237

4.2.2	存储器工作原理	243
4.2.3	PAL 制场识别	244
4.2.4	NTSC 制场识别	245
4.3	日立第二代画中画系统演示板	247
4.3.1	HA118088 切换开关	250
4.3.2	适用于 Y/C 分离方式的画中画开关电路 (HA118088、HA118070 和 HA118099)	252
4.3.3	色度信号处理集成电路 HA11567	253
4.3.4	PAL 制主画面图像 ACC、Y/C 混合和同步分离集成电路 HA11535	258
4.3.5	存储控制电路 HD49410	261
4.3.6	存储器 HM53461	268
4.3.7	日立第二代画中画系统演示模板图	268
4.4	日立画中画系统演示模板的遥控	270
4.5	TCPIP—4100 系列画中画系统模板	273
4.5.1	TCPIP—4100 系列画中画系统模板	273
4.5.2	采用 TCPIP—4103 型模板改装彩色电视机举例	275
4.6	日立第三代画中画 (NTSC 制) 系统简介	279
4.6.1	概述	279
4.6.2	子画面图像信号处理原理	280
4.6.3	画中画显示信号处理	281
4.6.4	存储器	283
4.6.5	场识别	284
4.7	日立第四代画中画 (NTSC 制) 系统简介	284
4.7.1	概述	284
4.7.2	画中画系统简述	285
4.7.3	子画面图像特性	286
4.7.4	画中画视频信号处理	288
4.7.5	存储器的使用	291
4.7.6	场识别	291
第五章	三菱画中画彩色电视机电路	293
5.1	三菱画中画系统的构成	293
5.1.1	画中画电路组成	293
5.1.2	画中画部件的功能	293
5.2	工作原理	295
5.2.1	存储器的读写操作	296
5.2.2	图像存储阵列的安排	296
5.2.3	子画面取样方式	297
5.2.4	子画面显示位置	298
5.2.5	子画面显示方式	299

5.3 集成电路的性能参数	299
5.3.1 画中画编码器 M51285BFP	299
5.3.2 画中画存储控制器 M50541FP	303
5.3.3 视频场存储器 M5M4C500L	305
5.3.4 视频 A/D 变换器 M52686AFP	308
5.3.5 视频 D/A 变换器 M52682FP	310
5.3.6 色度解码器 M51271FP	315
5.3.7 同步分离器 M52684AFP	316
5.3.8 数字电路 M74HC02FP 和 M74HCU04FP	321
第六章 画中画彩色电视机的基本参数和测量方法	322
6.1 概述	322
6.2 主画面图像通道噪波限制灵敏度	323
6.3 时钟脉冲对图像的干扰	325
6.4 主画面图像中央清晰度	327
6.5 扫描同步范围	327
6.6 电源消耗功率	328
6.7 子画面图像中央水平清晰度	328
6.8 子画面伴音通道最大有用电输出功率	329
6.9 子画面图像通道噪波限制灵敏度	329
6.10 主、子画面间的串扰	329
6.11 子画面的彩色灵敏度	332
6.12 子画面消色电路功能	333
6.13 子画面亮度通道直流分量失真	335
6.14 子画面色度通道直流分量失真	337
6.15 子画面彩色同步稳定性	339
6.16 主、子画面基准白的色度坐标误差	342
6.17 子画面白平衡误差的测量	343
附录一 彩色电视广播接收机通用技术条件 (GB/T 10239-94) (中华人民共和国国家标准摘要)	345
附录二 彩色电视广播数字接收机基本参数和测量方法 (中华人民共和国电子工业行业标准 (SJ/T 10381))	354
参考文献	358
附录三 斯耐德 (Schneider) DTV2 型画中画数字式彩色电视机电原理图	(插页)
附录四 ITT/NOKIA 6370/7180 型多制式画中画彩色电视机电原理图	(插页)
附录五 东芝 2939 型及长虹 C2919P 画中画彩色电视机电原理图	(插页)
附录六 索尼 KV-S29MH1 画中画彩色电视机电原理图	(插页)

第一章

画中画彩色电视机的基本原理

1.1 概 述

1.1.1 画中画电视机的基本概念

随着科学技术的不断发展和人们物质、文化生活水平的不断提高,近年来出现集录像机、卡拉 OK、视频光盘、双伴音/立体声、图文电视、画中画等功能于一身的新型大屏幕彩色电视机,这不仅给人们的生活增添了无穷的乐趣,也为人们的学习和工作带来了许多方便。

所谓画中画 (Picture-In-Picture 简称 PIP) 电视,就是在一般电视机 (模拟电视机或数字电视机) 屏幕上显示的主画面中再插入一个或数个子画面。插入一个子画面的大小可以是主画面面积的 $1/16$ 或 $1/9$, 这样在电视机的荧光屏上,除了显示一个大的主画面图像外,同时还能显示来自其它信号源的子画面图像。这种能在主画面的电视图像中,同时显示出来自其它信号源的子画面图像的电视称为画中画电视,具有这种显示功能的电视机称为画中画电视机。画中画电视机可以是模拟式的电视机,也可以是数字式的电视机。不管是模拟电视机还是数字电视机,接收到的都是电视台发射的经调制的模拟电视信号,在电视接收机中的高放、中放等公共通道以及伴音功放和视频放大都采用模拟信号的处理方式。虽然上述两种机器解调出的伴音基带信号和图像视频信号也都是模拟信号,但数字电视机和模拟电视机的主要区别就在于:数字电视机对伴音基带信号、图像视频信号以及行场扫描信号都采用数字信号处理方式。

对于画中画模拟电视机和画中画数字电视机来说,其子画面的处理和控制大都采用数字信号处理技术和微机控制技术,以完成对子画面信号的压缩、变换、存储和控制。

1.1.2 画中画电视机的发展概况

早在 70 年代德国的 INTERMETALL 公司就开始研究画中画电视机,该公司首先采用 TTL 器件装配成一个比较大的模拟装置,经过实验证明可以实现画中画的设计思想。后来当 MOS-BBD (Metal Oxide Semiconductor-Bucket Brigade Device 意为金属氧化物半导体——斗链器件) 存储器件问世之后,该公司重新设计了画中画装置,其体积大为缩小。在 1977 年 9 月 INTERMETALL 公司和 GRUNDIG 公司正式公开联合研制成功 26 英寸的画中画电视机,不过子画面仍是黑白的图像。后来 INTERMETALL 公司研制成功专用的画中画处理器

超大规模集成电路,使画中画电视机的开发有了新的进展,如欧洲的 NOKIA 公司、Schneider 公司都采用了 INTERMETALL 公司生产的画中画处理器开发出画中画电视机。此外,欧洲的 PHILIPS 公司也用该公司自己研制的画中画专用处理器,开发出画中画和多画面显示的电视机。

自 1977 年 9 月 INTERMETALL 公司和 GRUNDIG 公司联合研制成画中画电视机之后,日本的几家大电子公司对画中画电视机进行了大量的研究工作。1977 年 10 月日本的 SHARP 公司研制成功 NTSC 制的画中画电视机。1978 年 8 月日本的 NEC 公司、1978 年 12 月日本的 SANYO 公司相继研制成功了采用 LSI 数字存储器的画中画电视机,实现了子画面的“冻结”功能。1978 年 10 月 HITACHI 公司研制成功了一种全数字化的画中画系统,进一步实现了子画面的彩色化。后来 Panasonic 公司采用 CCD (Charge-Coupled Device 意为电荷耦合器件)垂直相关滤波器后大大地改善了子画面的画质。以后 SHARP 公司又研制出能在屏幕上同时显示 9 套电视节目或者显示同一个节目的 9 幅连续的“冻结”子画面的多画面电视机。近年来日本的一些公司如 HITACHI 和 NEC 公司,为适应不同用户的需要,又开发了比较廉价的画中画附加器。这种画中画附加器与一般的模拟电视机相配合,便可以组成画中画电视机。

在国内,80 年代初,天津大学已经开始研究电视机的画中画技术。1985 年上海工业大学和上海无线电十八厂合作,采用小规模集成电路完成对子画面的信号处理,研制出画中画模拟电视机。近年来,华南理工大学、电子工业部电视电声研究所、清华大学等单位先后研制出画中画的数字电视机。在画中画电视技术的不断推动之下,我国不少大的电视机生产厂家,如佛山市无线电五厂、天津通信广播公司、福日电视机厂、上海电视一厂、长虹机器厂、广州广播设备厂、电子工业部电科院等单位,也先后研制出画中画数字电视机、画中画模拟电视机和画中画附加器,有些产品已经小批量生产,投放市场。这些新的家电产品的开发和生产,为我国电视机工业的发展作出了贡献。

1.1.3 画中画电视机的功能

画中画电视技术于七十年代起源于欧洲,当时欧洲人在电视机上增加画中画功能,主要是想通过置于家庭门口和小孩子房间里的摄像机,来监视来访者和小孩子的生活情况。所以画中画电视机刚问世时,功能比较简单。随着科学技术的不断进步,广播电视事业的迅速发展,录像机、摄像机的不断普及以及人们对文化生活日益增长的需求,作为家电产品之一的电视机,增加功能,实现一机多用,不但是在现代科技条件下能够实现的,也是人们盼望已久的。

画中画电视机由开始的视频画中画电视机,子画面只能显示一个来自另一频视信号源的(如录像机或摄像机)固定不变的子画面图像,到现在出现的双高频调谐器画中画电视机,中间只经过短短的两三年时间,就可以使画中画电视机能同时在荧光屏上利用子画面显示出几个不同频道的电视节目。由于采用了数字信号处理技术和微处理机控制技术,对显示的子画面还可以作各种变换。一般来说画中画电视可实现如下的一些功能:

(1) 监视不同频道的电视节目

双高频调谐器画中画电视机一般都具有视频画中画的功能,所以当人们在利用主画面观看某个电视台的电视节目或者在观看自己录制的其它节目时,可利用子画面(一般不要影响观看主画面,将子画面设置在靠荧光屏的四角或两边的地方)来监视其它一个或几个电视台

的电视节目。当你喜欢某个电视台的节目时，可以通过遥控器将你要看的电视台的电视节目图像变为主画面，以利观看，这就是主、子画面切换功能。

(2) 子画面的显示和消匿

在荧光屏上显示的子画面虽然比较小，且一般又处在荧光屏的四角或两边，但子画面毕竟会占去主画面的一部分，所以当要观看宏伟的大场面图像时，可以用遥控器将子画面消匿掉。在需要时可再用遥控器使子画面重新显示出来，即子画面显示、消匿功能。

(3) 子画面的静止显示

根据需要，或者你对某个时刻子画面显示的图像感兴趣，要仔细观察它，这时你可以通过遥控器使子画面静止地显示在荧光屏上，或者说将子画面“冻结”在荧光屏上。当观察完后，又可通过遥控器恢复子画面的正常显示状态。

(4) 子画面的放大或缩小显示

一般来说子画面只用来起监视作用，不希望子画面太大，故通常将子画面取为主画面的 $1/9$ 或 $1/16$ 。根据需要，可将子画面缩小到正常时的 $1/4$ 或将子画面放大到正常时的4倍。

(5) 多个子画面显示

在扩大子画面存储容量的情况下，根据需要，有时可在荧光屏上同时显示三个、六个或者九个子画面。这些子画面可以是不同电视频道的图像，也可以是同一电视频道不同时刻的图像，即可以显示出某一动景的连续动作，使人看上去有动画的感觉，能将这一动景的过程逼真地显示在屏幕上。

(6) 子画面的移动

• 一般情况下，为了不妨碍观看主画面，通常都将子画面置于荧光屏的四角或两边。但有时根据需要，可利用遥控器将子画面移到荧光屏的任何位置上显示。

(7) 主、子画面的互相切换

前面已经提及，子画面主要用来监视其它电视频道的电视节目，当你从某个子画面上观察到你欲看的某个电视台的节目时，可以用遥控器将这个子画面变为主画面，而将原来的主画面变为某个子画面。

(8) 子画面边框颜色的选择

子画面的边框有多种颜色可供选择，边框的不同颜色代表子画面显示的图像来自什么信号源，如通过子画面的边框颜色，我们可以判断出子画面显示的图像是来自电视台、录像机和摄像机等不同的信号源。

目前画中画电视机已经开始进入家庭，这不仅给人们的生活带来许多方便和乐趣，而且也由于画中画电视机有上述特点和功能，从而可将这种技术用于交通管制、工厂的生产管理、海关、机场、车站、边防等部门。

1.2 画中画电视机的基本原理

1.2.1 画中画电视机的基本结构

不管是画中画模拟电视机还是画中画数字电视机，都是在原来普通电视机的基础上再加上子画面信号的处理系统而构成的。为了有效地、经济地、合理地构成画中画电视机，一般

子画面信号处理系统和主画面信号系统的结合采用两种方式：一种是单独处理方式（又称 STAND-ALONE 方式），另一种是数字插入方式。前者适合于构成画中画模拟电视机，后者则适合于构成画中画数字电视机。下面我们就上述两种画中画电视机的电路结构作一简要的分析。

图 1.2.1 所示的是一种画中画模拟电视机的电路框图。从图可以看出，在虚线的外面部分就是一般模拟电视机的电路结构，为了构成画中画模拟电视机，增加了虚线框内的子画面处理电路。

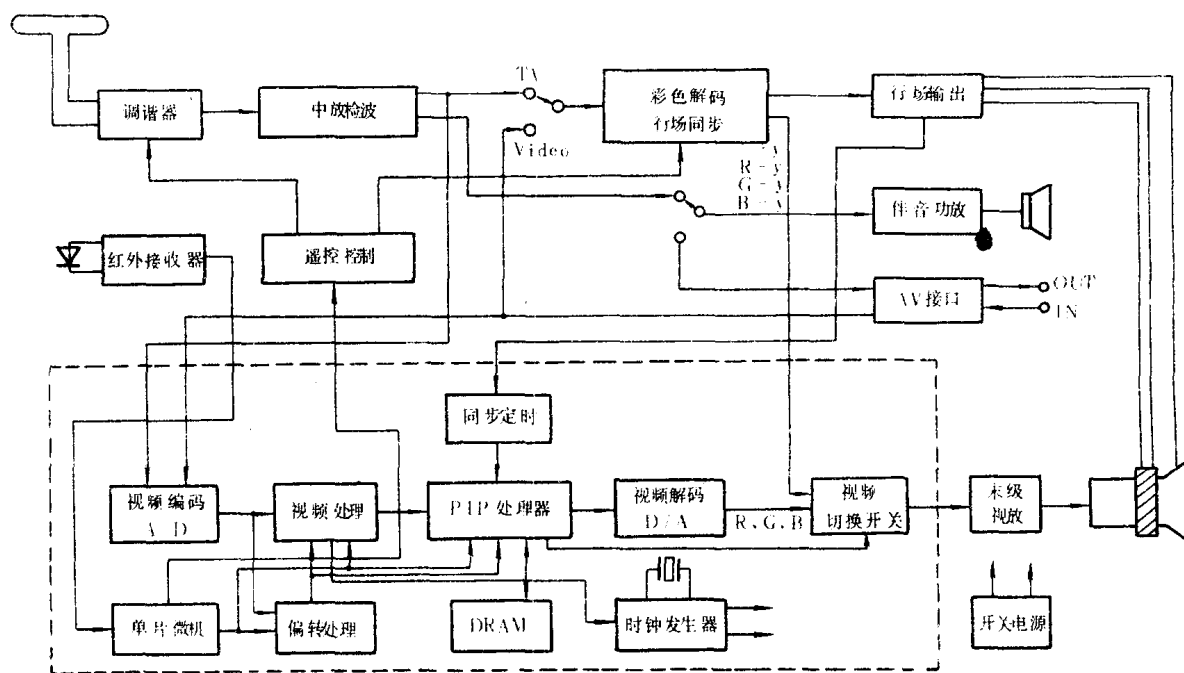


图 1.2.1 画中画模拟电视机电路框图

由天线接收到的电视信号，先经调谐器放大和变频，输出 38MHz 的中频信号，送到中频放大器放大，然后检波得到复合视频信号。再把复合视频信号送到彩色解码电路，完成彩色解码和视频处理后，就得到了亮度信号和三路色差信号。Y 信号和 R-Y、G-Y、B-Y 信号经视频切换开关、末级视放矩阵电路，最后将得到的 RGB 信号加到显像管的阴极，即可在荧光屏显示出主画面的图像。主画面信号可以是来自天线的信号，也可以是从 AV 接口输入的复合视频信号，如录像机信号或摄像机的信号。

对于子画面信号的处理主要靠虚线框内的电路来完成。主画面的视频信号和经 AV 接口输入的视频信号同时加到视频编码电路，由单片微机控制其电路中的视频开关，选择其中一路视频信号进行 A/D 变换，得到的数字视频信号经视频处理电路，进行 Y/C 分离和解调，得到数字的 Y 信号和 C 信号。然后将数字的 Y、C 信号送到 PIP 处理器。PIP 处理器主要完成对数字 Y、C 信号的滤波、抽取和压缩，将压缩后的子画面信号存入数字随机存取存储器 DRAM 中。根据需要，如果要观看子画面，利用遥控器通过微机控制，在主画面行场同步信号的作用下，将子画面信号的数据从 DRAM 中读出，送到视频解码电路，把压缩后的数字 Y、C 信号经 D/A 变换成模拟的 Y、R-Y、B-Y 信号，再经 RGB 矩阵电路，最后变成子画面的 RGB 信号。子画面的 RGB 信号送到视频切换开关，在切换信号的作用下，实现和主画面信号的

“混合”，这样就可以在荧光屏的某个位置显示出子画面。偏转处理电路完成子画面通道的行场同步定时处理和钳位信号的产生。

时钟发生器在视频处理电路输出的 PLL 时钟和相位误差数据的作用下，产生频率和相位合适的时钟信号，去同步子画面处理系统的视频处理电路、PIP 处理器和偏转处理电路，使其协调工作。

子画面信号处理系统采用了通用的单片微机（如 8051），它通过总线对子画面信号处理系统的视频处理电路、PIP 处理器和偏转处理电路进行控制和数据传送。另外，单片微机还不停地检测红外遥控信号，对主画面和子画面进行控制。

近几年来生产的模拟电视机一般都具有遥控功能，在这种模拟电视机中增加画中画功能，而又不要对原来的模拟电视机改动太大，可以采用双微机控制系统，除保留原模拟电视机的微机控制系统外，可以在子画面信号处理系统中增加另一个微机控制系统。通过控制子画面系统的微机实现对原模拟电视机微机的控制。当电视机接收到遥控器发出的红外遥控信号，经红外接收器电路解调、整形后，送到子画面处理系统的微机，由其识别出指令码，再根据系统的状态，决定是控制主画面还是子画面。如果是控制主画面或者是选台，则子画面系统的微机模拟出主画面控制系统的遥控指令，将其送到主画面的控制系统，由主画面控制系统的微机对主画面进行控制；如果红外遥控指令经识别是要控制子画面，则子画面控制系统的微机将通过总线实现对子画面信号处理系统的视频处理电路、PIP 处理器和偏转处理电路的控制，以进行对子画面各种状态的控制。

对画中画数字电视机来说，其电路结构和画中画模拟电视机有类似之处，它也是在一般的数字电视机的基础上，增加了子画面信号处理系统，与画中画模拟电视机不同的是，在画中画数字电视机中，主画面和子画面信号的处理都采用了数字信号处理技术，正是由于这一点，子画面信号和主画面信号的“混合”可以采用数字插入方式（也可以采用单独处理方式）。图 1.2.2 所示的是一种画中画数字电视机的电路结构框图。从电路框图可以看出，虚线方框内子画面信号处理系统的电路结构和我们前面所讲的图 1.2.1 中的子画面信号处理系统的电路结构基本上是一样的。这里的所谓中央控制器是由单片微机加上其它电路组成的一个专用超大规模集成电路。子画面的各种参数，如色饱和度、亮度、对比度、边框尺寸等参数都存在电可擦除只读存储器（EEPROM）中。根据需要可通过遥控器对子画面的亮度、色饱和度和对比度等进行调整。

图 1.2.2 的上半部分是一般数字电视机的电路结构。从图中可以看出，数字电视机与一般模拟电视机的不同之处在于它的音频基带信号和视频信号及偏转扫描信号都采用了数字信号处理技术。子画面处理后的信号是在主画面的视频通道中和主画面的信号“混合”。同时由图还可以看出，子画面信号和主画面信号的“混合”是采用了单独处理方式。在主画面通道，同样设有一个中央控制器，它是由单片微机和一些外围电路组成的超大规模专用集成电路，各种功能的控制程序固化在它的内部只读存储器 ROM 中。中央控制器通过调谐器接口来控制调谐器，以达到改变频段和选台的目的。主画面的各种参数，如亮度、对比度、色饱和度、音量、频道表、维修参数等也存放在 EEPROM 中。当需要调整电视机的某些参数时，可将从 EEPROM 中读出并存放在中央控制器的 RAM 中的有关参数进行修改，然后送往有关部分的控制电路，以实现对电视机各种参数的控制。在主画面通道中，中央控制器也是通过总线实现对视频处理、偏转处理和音频处理等电路的控制的。

有关数字电视机的详细工作原理，请读者参阅罗惠明、黄仕机等编著的《数字式彩色电

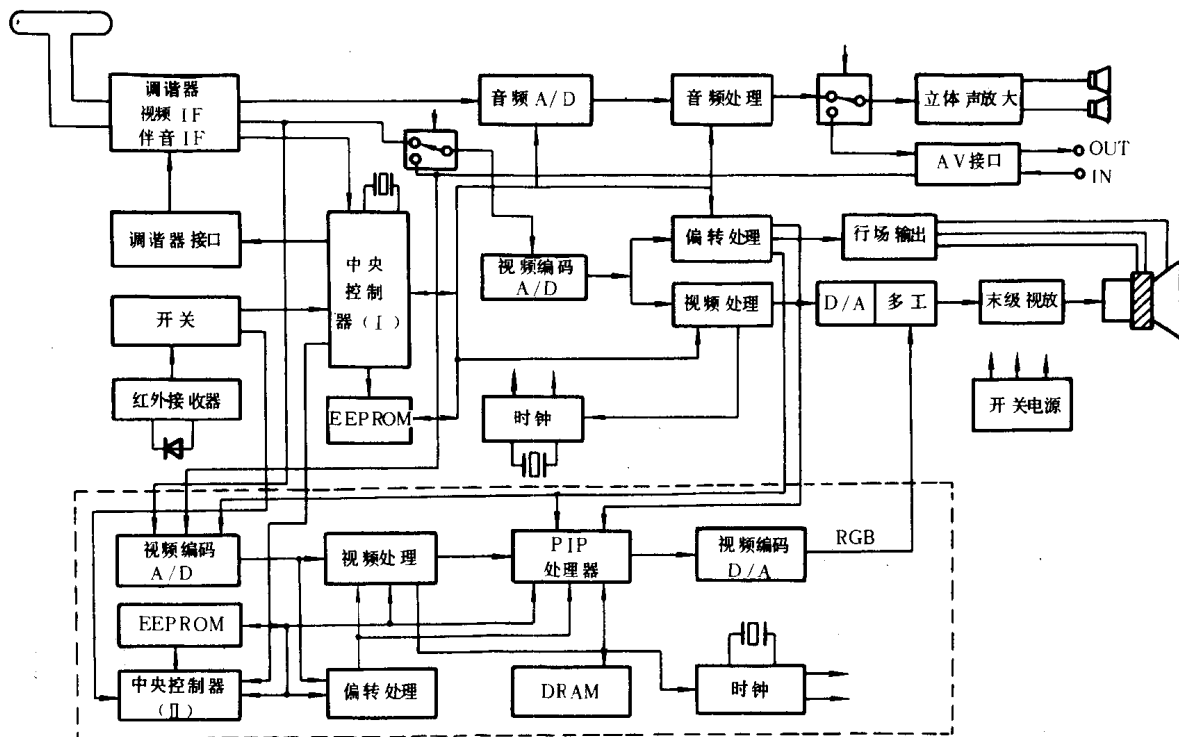


图 1.2.2 画中画数字电视机电路框图

视接收机》一书。

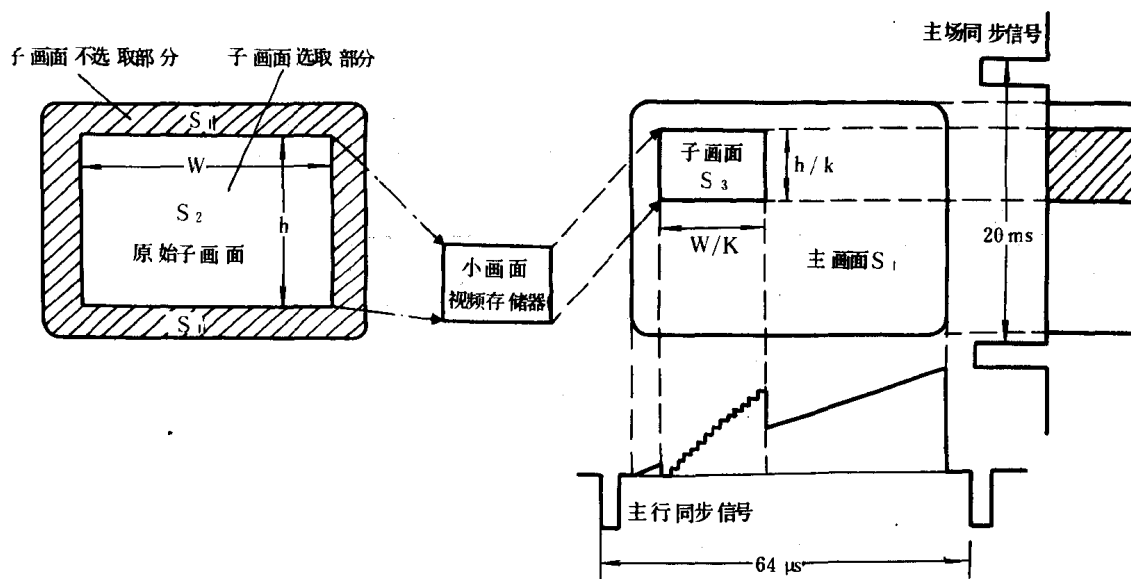
1.2.2 画中画视频信号处理

上面已经介绍了画中画电视机的基本原理和电路结构。下面将就子画面的选取、子画面信号的处理以及子画面信号的存储与控制问题进行深入讨论。

1. 子画面的选取

子画面的面积虽然比较小，但从它显示的内容来看基本上是一幅完整的画面。也就是说显示的子画面是在水平方向和垂直方向将原始的子画面压缩了，所以这里就有一个压缩比问题。目前常规电视画面的宽高比是 4:3，为使压缩后的子画面仍然保持这样的宽高比，通常把子画面在水平方向和垂直方向都取同样的压缩比。设 K 为压缩比，为使子画面不致于过大或过小，通常压缩比 K 取 3 或 4。一般来说主画面和原始的子画面信号都有相同的扫描周期，而两者的扫描相位却是随机的，因此要在荧光屏的某个位置上显示一个完整的子画面，就必须对子画面在时轴上进行压缩和移相。要实现这一目的就必须采用场或帧存储器。假如在原始子画面的水平方向每 K 个像素取一个像素，在垂直方向每 K 行取一行，然后将这些像素按照原始子画面的同步信号有规律地写入存储器，显示时按照主画面的同步信号有规律地又从存储器读出来，就可以实现画中画显示。从上述分析可以明显看出，压缩后的子画面其水平和垂直分解力都下降为原始子画面的 $1/K$ ，但由于子画面的尺寸相对减小，所以子画面图像的清晰度仍能基本满足人们视觉特性的要求。从这里我们可以再一次看出， K 的选取不但影响到子画面的清晰度而且也影响到子画面所需存储器容量的大小。这牵涉到对子画面信号处理的复杂程度，影响到机器的性能价格比。

子画面的选取是以整个原始子画面来考虑呢？还是以原始子画面中间的大部分画面来考虑呢？答案是肯定的。大家都知道，电视图像在拍摄时，都是将图像的主要内容集中在荧光屏的中间部位，而图像四周的内容对观众来说基本上是无紧要的。所以原始子画面的选取一般采用如图 1.2.3 (a) 所示的方法，这样重显的子画面既能反映原始子画面的主要内容，又能节省一定的存储器容量。假设定义 α 为覆盖率，即原始子画面选取部分的图像范围面积 S_2 与正常显示的图像范围面积 S_1 之比，又定义插入的子画面图像范围面积 S_3 与主画面的整个屏幕面积 S_1 之比为屏幕占有率 β ，则有如下的关系： $\alpha = S_2/S_1$ ， $\beta = S_3/S_1$ ；由于 $S_2/S_3 = K^2$ ，则又有 $\beta = \frac{\alpha}{K^2}$ 。



(a) 子画面的选取

(b) 子画面的插入位置

图 1.2.3 子画面的选取和子画面的插入位置图

综上所述，子画面的选取要考虑多种因素。要保证子画面有一定的清晰度， K 就不宜选得过大；若 K 选得过小，就会影响主画面或子画面应有的显示范围。所以在权衡各因素的情况下，通常对每帧扫描 525 行的 NTSC 制 K 取 3，对每帧扫描 625 行的 PAL 制 K 取 4。覆盖率 α 通常选为 70%~80%。这样选择参数，可使子画面获得比较满意的视觉效果。

子画面插入主画面的位置如图 1.2.3 (b) 所示。根据需要，可以在荧光屏上显示出多个子画面，每个子画面的选取仍遵循上述的原则，不过多画面信号的存储量要比显示一个子画面时多 $(n-1)$ 倍 (n 为多画面正常显示时的子画面个数)，而且多画面显示时的控制系统也要比显示一个子画面时复杂一些。图 1.2.4 是多画面的显示情况。图 1.2.4 (a) 是显示 4 个子画面的情况，从图中可以看出，为了将 4 个子画面同时显示在荧光屏的四个角，在行、场方向都要形成如图所示的行、场窗口信号，以便在适当的窗口位置插入不同的子画面。图 1.2.4 (b) 是显示 9 个子画面的情况，在这种情况下除了产生如图所示的行、场窗口信号外，为使 9 个子画面之外有明显的界限，还要产生如图所示的相应的行、场边框信号。以上这些行、场边框信号和行、场窗口信号和主画面的行、场同步信号都有稳定、严格的同步关系，只有这样才能显示出稳定的多个子画面图像。

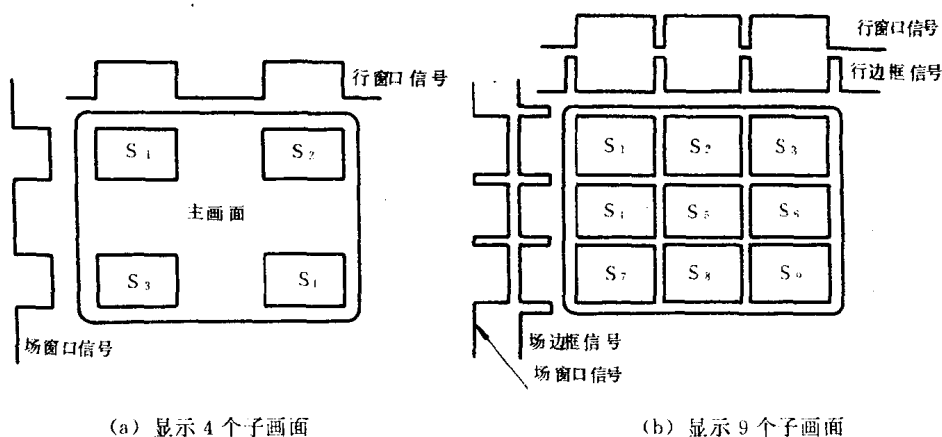


图 1.2.4 多画面显示图

2. 子画面信号的处理

(1) 子画面的取样方式

为了实现对子画面的压缩，就要在原始子画面选定的范围内，在水平方向和垂直方向对子画面图像进行取样。假如在水平方向每隔 300ns 取一点，将信号量化变成数字信号存入存储器，然后用每个点 100ns 的速度将信息从存储器读出，这样由于信息读出速度是取样速度的 3 倍，所以重显的子画面图像在水平方向就压缩为原来的 1/3。

在垂直方向采取每隔几行取一行的方法进行压缩。如果采用每隔 3 行取 1 行，则在垂直方向的信息就只有原来的 1/3。而在读出时采用逐行读出的方式，这样在垂直方向也达到了压缩为原来 1/3 的目的。

根据上述的取样原则我们可以粗略地计算一下压缩后的子画面的像素数。由于覆盖率 α 等于 70%~80%，故可假设在原始子画面选定的范围内在垂直方向每场有 192 行，若取 $K=3$ ，则子画面每场可取 64 行，每帧取 128 行。在水平方向若原始子画面选取的范围用时间表示为 $40\mu s$ ，取样频率选用 2.4MHz，则在 $40\mu s$ 内可取样 96 次。这样经取样后子画面的每帧像素数为 $96 \times 128 = 12288$ 个。至于子画面的存储量要多大，还要取决于每个像素需要量化的比特数以及具体电路的设计。

要实现显示彩色的子画面，同样需要 Y、R-Y、B-Y 或 R、G、B 三种信号。对于子画面图像来说，得到这三种信号有多种方法，下面对可能采用的几种取样方法进行分析。

图 1.2.5 (a) 是基色逐行取样方式，由于基色信号的带宽与亮度信号的带宽相同，所以要求三组存储器的容量相同，增加了总的存储器容量，造成机器成本增加，故这种方式目前已基本不再采用。

图 1.2.5 (b) 是子画面的色差逐行取样方式，由于色差信号的带宽只有亮度信号带宽的 1/4 左右，这样可以大大减少存储器的容量。图 1.2.5 (b) 这种取样方式是利用了图像的垂直方向的相关性，虽然对 Y、R-Y、B-Y 逐行取样，但可降低对多路开关速度的要求，其工作频率就是 f_H 。同时可以看出，采取这样的取样方式可以减少 R-Y 和 B-Y 色差信号的存储器容量。图 1.2.5 (c) 是色差隔行取样方式，假如在 n 行对 Y 信号取样，则在 $n+2$ 行以对 Y 信号的 1/2 取样频率依次对 R-Y 和 B-Y 色差信号取样，这样 R-Y 和 B-Y 色差信号的取样频率

只有 Y 信号取样频率的 1/4，也就是说 R-Y 和 B-Y 色差信号存储器的容量只有 Y 信号存储器容量的 1/4，这很明显地节省存储容量。这种取样方式还可以简单地将 4 位 R-Y 和 B-Y 色差信号组合成一个 8 位的信号，一次写入 8 位的存储器中，但是写入 4 位的存储器就不方便了。图 1.2.5 (d) 是另一种隔行取样方式，这种取样方式是利用了图像的水平相关性，取样时在同一行依次对 Y、R-Y 和 B-Y 取样，这样取样的结果使 R-Y 和 B-Y 色差信号所需存储量只是 Y 信号存储量的 1/2。这种取样方式要求多路开关有比较高的开关速度，故实现起来比较困难。图 1.2.5 (e) 是奇偶场交错隔行取样方式。为了简化画中画电视机的设计，根据人眼对图像频谱混迭不大敏感的特点，常对子画面信号采用亚奈奎斯特取样，即在取样之前对视频通道的带宽加以限制，以便对频谱混迭有所抑制。所以将 Y 信号的视频带宽限制在彩色副载波频率以下，可避免色差信号对亮度信号的干扰。另外有些设计者为了简化取样，也采取如图 1.2.5 (e) 所示的奇偶 1/2 交错的取样方式。从二维频谱分析的角度来看，这实质上是将原频谱与混迭频谱沿对角线方向拉开，减轻了频谱的混迭干扰。

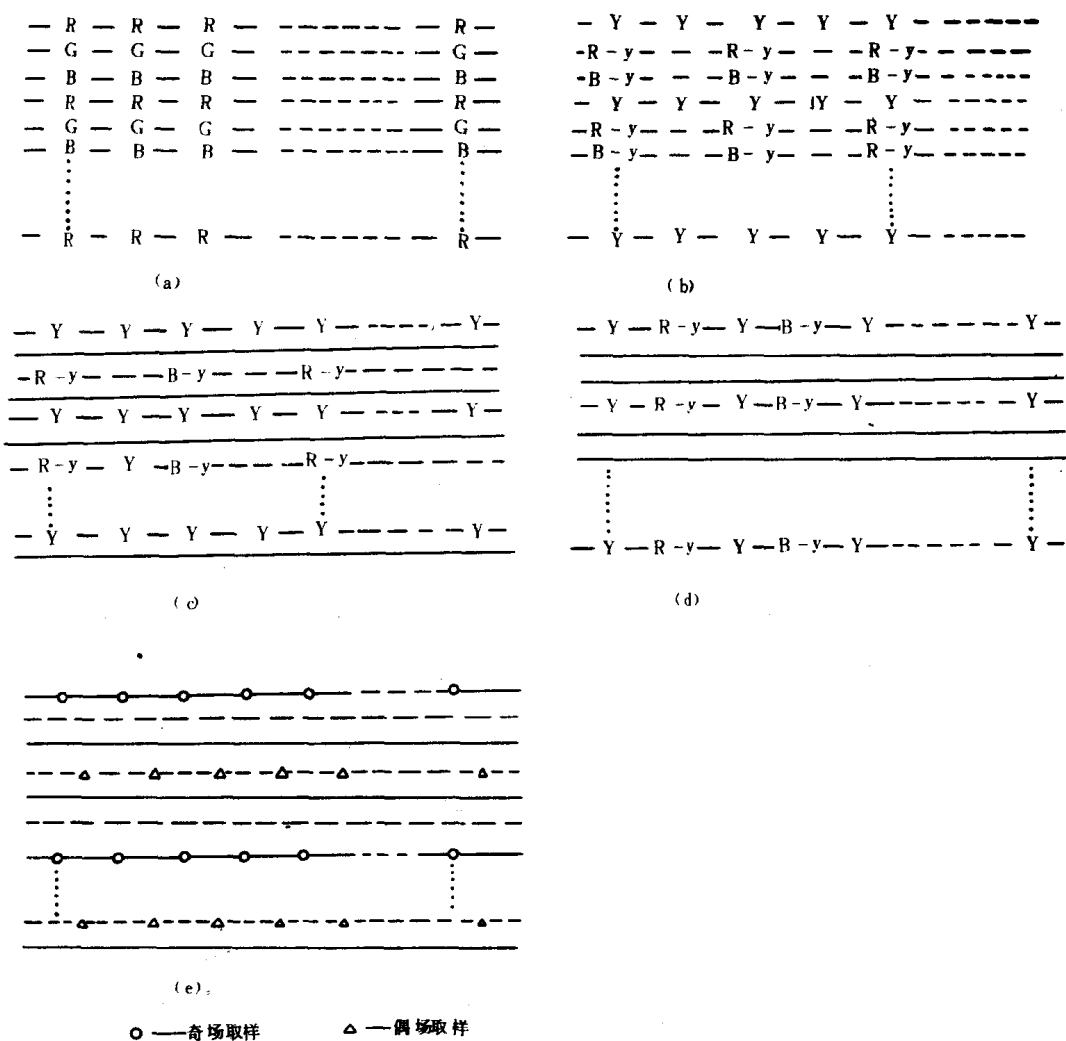


图 1.2.5 子画面的取样方式

(2) 子画面信号处理系统