

电视新技术

—原理、器件、系统和设计

李桂苓 主编



电视新技术

——原理、器件、系统和设计

李桂苓 高嗣明 侯正信
野锦德 张浩 李华 李文元
编 著

顾德仁 邱绪环 冯世常 审

电子工业出版社

内容简介

本书以讲述目前研究得较为成熟、近年来已被采用或即将被采用的新型电视系统的工作原理、设计和应用为主。全书共分九章，分别涉及电视新技术的各个领域，彼此有相对的独立性。第一章数字电视技术是全书的基础。第二章专门讲述电视接收机的遥控与数字调谐技术。第三、四、五、六、七章分别讲述几种新型电视系统的原理、设计和应用。其中，第三章讲述双伴音/立体声伴音广播和图文电视广播技术；第四章讲述卫星电视广播技术；第五章讲述有线电视系统；第六章讲述高清晰度电视系统；第七章讲述立体电视系统。第八章讲述对摄像、显像方式已经或可能带来巨大变革的电荷耦合器件和液晶显示器件的原理和应用。第九章讲述电视设备的计算机辅助设计原理和方法。为便于读者深入研究有关问题，各章都列有参考资料目录。

本书可作为无线电技术专业高年级学生、研究生的教学参考书和继续工程教育用教材。也可作为工作在电视、电子领域中的广大科技人员扩展知识面或更新专业知识用的自学教材。此外，本书对研究电视、电子领域的发展趋势也有一定的参考价值。

电视新技术

——原理、器件、系统和设计

李桂苓 主编

责任编辑 王昌铭

*

电子工业出版社出版（北京市万寿路）

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

北京顺义李史山胶印厂印刷

*

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：33 字数：841 千字

1991年8月第1版 1991年8月第1次印刷

印数：8000册 定价：19.00元

书号：ISBN7-5053-1430-0/TN·413

前 言

随着数字技术的发展、大规模集成电路设计与生产技术的迅速提高、微处理器和计算机的普遍应用以及新型传输媒介的开发,在电视技术领域里出现了一系列崭新的器件、系统和技术手段。目前,社会对处理与传输电视图像和声音信息的要求,在量与质两方面都在不断增长,这些新技术为满足这一需求开拓了广阔的可能性。与此相适应,迫切需要一本系统讲述这些新技术的原理、设计和应用的书籍。为此作者以近年来在电视新技术领域所从事的科研和教学工作为基础,并将散见于多处的资料加以系统化而写成本书。

本书以讲述目前研究得较为成熟、近年来已被采用或即将被采用的新型电视系统的工作原理、设计和应用为主。对电视系统中的新器件,一般放在有关章节中加以讲述,但对可能影响电视系统发展面貌的新型器件则辟了专章。本书最后讲述了作为支持发展电视新技术之手段的计算机辅助设计方法。

全书共分九章,分别涉及电视新技术的各个领域,彼此有相对的独立性。但作为第一章的数字电视技术,则是全书的基础。为便于讲解数字电视技术的原理,该章也具体分析了几种常用数字电视设备,特别是数字电视接收机和数字式组合屏电视墙的工作原理。考虑到国内已大量生产带遥控装置的电视接收机并在开发相应的集成电路芯片,所以书中设第二章专门讲述电视接收机的遥控与数字调谐技术。第三、四、五、六、七章分别讲述几种新型电视系统的原理、设计和应用。其中,第三章讲述双伴音/立体声伴音广播和图文电视广播技术;第四章讲述卫星电视广播技术;第五章讲述有线电视系统;第六章讲述高清晰度电视系统;第七章讲述立体电视系统。由于这五章涉及的内容广泛,所以在选材上以我国已确定的系统或在我国今后确定新系统的制式时可能最有借鉴意义的国外系统为主。第八章讲述对摄像、显像方式已经或可能带来巨大变革的电荷耦合器件和液晶显示器件的原理和应用。第九章讲述电视设备的计算机辅助设计原理和方法。为便于读者深入研究有关问题,各章都列有参考资料目录。

本书虽以讲述电视新技术为主,但为了阅读方便,各章力求有系统性,并列入必需的基础性知识。对电视原理、数字电路等方面的一些未能收入的知识,请读者参阅相应的教科书。

本书可作为无线电技术专业高年级学生、研究生的教学参考书和继续工程教育用教材。也可作为工作在电视、电子领域中的广大科技人员扩展知识面或更新专业知识用的自学教材。此外,本书对研究电视、电子领域的发展趋势也有一定的参考价值。

本书由顾德仁、邱绪环、冯世常主审。

本书由侯正信编写第一章,李桂苓编写第二、五章和第9.2.4节,张浩编写第三章,野锦德编写第四章,李华编写第六章,高嗣明编写第七、八章,李文元编写第九章(除第9.2.4节),李桂苓统编全稿。由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1991年1月于天津大学

目 录

第一章 数字电视技术	1
1.1 数字电视基础	1
1.1.1 概述	1
1.1.2 模/数转换与数/模转换	1
1.1.3 数字存储器	5
1.1.4 数字滤波器	8
1.2 电视信号的数字编码与数字传输	12
1.2.1 概述	12
1.2.2 电视信号数字化	13
1.2.3 频带压缩编码与传输	22
1.3 电视信号的数字处理	33
1.3.1 概述	33
1.3.2 数字式时基校正	34
1.3.3 数字式视频效果	41
1.4 数字电视接收机	55
1.4.1 概述	55
1.4.2 视频信号的数字处理	56
1.4.3 音频信号的数字处理	62
1.4.4 同步与偏转的数字处理	68
1.4.5 中央控制单元及其外围电路	72
1.4.6 主时钟发生器	76
1.4.7 数字电视机的新发展	77
1.5 数字式组合屏电视墙	81
1.5.1 概述	81
1.5.2 视频分割原理	82
1.5.3 图像显示时的滤波和内插	85
1.5.4 帧存储器的设计及性能分析	88
1.5.5 电视墙的视频特技效果	92
1.5.6 数字处理系统的时序控制	94
参考资料	94
第二章 电视接收机的遥控与数字调谐技术	96
2.1 电视接收机的遥控技术	96
2.1.1 概述	96

2.1.2 红外线遥控系统	98
2.1.3 红外线遥控技术	103
2.1.4 数字存储型红外线遥控系统	111
2.2 电视接收机的数字调谐技术	118
2.2.1 概述	118
2.2.2 电压合成方式数字调谐技术	119
2.2.3 频率合成方式数字调谐技术	122
2.2.4 功能显示与节目预约	128
2.3 微机在遥控及数字调谐接收机中的应用	131
2.3.1 概述	131
2.3.2 4bit 微机的应用	133
参考资料	135
第三章 电视多工广播技术	137
3.1 电视双伴音 / 立体声伴音广播技术	137
3.1.1 概述	137
3.1.2 双载波制电视双伴音 / 立体声伴音广播技术	147
3.1.3 双载波制电视双伴音接收机	154
3.2 图文电视广播技术	162
3.2.1 概述	162
3.2.2 固定格式图文电视广播	172
3.2.3 固定格式图文电视广播接收机	180
3.2.4 可变格式图文电视广播	183
3.2.5 可变格式图文电视广播接收机	188
参考资料	192
第四章 卫星电视广播技术	194
4.1 卫星电视广播系统	194
4.1.1 概述	194
4.1.2 卫星电视广播系统的组成	195
4.1.3 上行发射系统和卫星星体	196
4.1.4 广播卫星的轨道及接收指向角	197
4.2 卫星电视广播的技术特性	198
4.2.1 调制方式	198
4.2.2 使用频段和频道	208
4.2.3 波的极化	210
4.2.4 预加重和去加重	210
4.2.5 能量扩散	210
4.2.6 加权信噪比	212
4.2.7 服务方式和服务等级	212

4.2.8 卫星辐射功率和地面功率通量密度	213
4.2.9 接收设备的品质因数	214
4.2.10 载波信噪比	215
4.2.11 接收天线和卫星发射天线特性	215
4.2.12 卫星电视广播系统的计算方法	216
4.3 卫星电视接收设备	217
4.3.1 卫星电视接收设备的组成	217
4.3.2 接收天线	219
4.3.3 室外单元	221
4.3.4 室内单元	228
4.3.5 数字伴音信号的解调	234
4.4 门限扩展解调技术	239
4.4.1 调频信号的门限效应	239
4.4.2 调频负反馈解调器	242
4.4.3 跟踪滤波型解调器	243
4.4.4 注入锁相型解调器	244
4.4.5 锁相环门限扩展解调器	245
4.4.6 视频脉冲噪声抑制门限扩展器	248
4.5 卫星电视广播新制式—MAC 制	250
4.5.1 概述	250
4.5.2 MAC 制图像信号及其编码	251
4.5.3 MAC 制声音信号的编码与传输	253
4.5.4 D2-MAC 信号的集成解码器	258
4.5.5 MAC 制接收系统及其性能	261
参考资料	262
第五章 有线电视系统	264
5.1 有线电视广播系统	264
5.1.1 概述	264
5.1.2 系统的构成	264
5.1.3 传输线路	266
5.1.4 系统的性能	270
5.2 有线电视系统的设计	282
5.2.1 系统工程设计	282
5.2.2 干线设计	289
5.2.3 分配系统设计	293
5.2.4 接收系统设计	295
5.3 双向有线电视系统	298
5.4 光缆有线电视系统	301
5.5 有线电视系统的新形态	306

参考资料	307
第六章 高清晰度电视系统	309
6.1 高清晰度电视技术概述	309
6.1.1 现行电视系统的缺陷	309
6.1.2 新一代电视系统的特点	311
6.1.3 高清晰度电视技术的发展概况	314
6.2 数字滤波与图像质量	315
6.2.1 电视图像信号分析	315
6.2.2 数字滤波技术与图像质量	323
6.2.3 运动自适应信号处理	327
6.3 高清晰度电视系统	330
6.3.1 IDTV、EDTV	330
6.3.2 HDTV、MUSE	339
6.3.3 ACTV	348
参考资料	354
第七章 立体电视	356
7.1 概述	356
7.2 立体视觉	356
7.2.1 概述	356
7.2.2 人的立体视觉因素	357
7.3 立体电视系统	360
7.3.1 立体电视系统的分类	360
7.3.2 双目式立体电视系统	361
7.3.3 多目式立体电视系统	376
7.3.4 类立体电视	379
7.3.5 空间像显示立体电视	383
参考资料	388
第八章 固体摄像与液晶显示技术	390
8.1 固体摄像技术概述	390
8.2 CCD 的工作原理	390
8.2.1 MOS 电容器的电荷存储	391
8.2.2 电荷的转移	399
8.2.3 电荷转移的沟道	403
8.2.4 转移电极的结构	407
8.2.5 输入、输出结构	410
8.2.6 外围电路	415
8.3 CCD 的特性	416

8.3.1 信号处理能力	416
8.3.2 电荷转移效率	418
8.3.3 工作频率	420
8.3.4 暗电流	420
8.3.5 噪声	421
8.4 CCD 图像传感器	425
8.4.1 CCD 图像传感原理	425
8.4.2 线型 CCD 图像传感器	425
8.4.3 面型 CCD 图像传感器	427
8.5 CCD 摄像机	434
8.5.1 广播用 CCD 彩色摄像机	434
8.5.2 单片 CCD 彩色摄像机	435
8.5.3 CCD 摄像机的现状	437
8.6 液晶显示原理	439
8.6.1 液晶显示技术概述	439
8.6.2 液晶的物理特性	439
8.6.3 液晶的电光效应	450
8.7 液晶显示技术	455
8.7.1 液晶显示的分类	455
8.7.2 液晶显示的驱动方式	457
8.7.3 液晶电视接收机	462
8.7.4 液晶显示技术的现状	467
参考资料	469
第九章 电视设备的计算机辅助设计	471
9.1 计算机辅助设计基础	471
9.1.1 概述	471
9.1.2 电路方程的建立与表示	473
9.1.3 元器件模型的建立	478
9.2 电视设备的计算机辅助设计	484
9.2.1 常用的电路分析方法	484
9.2.2 电路的稳态分析	492
9.2.3 电路的瞬态分析	496
9.2.4 晶振、锁相电路的分析实例	502
9.3 印刷电路板的计算机辅助设计	510
9.3.1 PCB-CAD 的过程	510
9.3.2 布局布线中的几个数学方法	512
9.3.3 PCB-CAD 软件包的应用	516
参考资料	518

第一章 数字电视技术

1.1 数字电视基础

1.1.1 概述

数字电视是指将模拟电视信号转换为数字信号进行传输、接收、处理、存储、记录和控制

的系统。随着集成电路和数字信号处理技术的发展,电视系统数字化正在逐步成为现实。数字电视系统不但能够克服模拟电视系统的固有缺陷,而且具有许多模拟系统无法实现的新的功能。

电视信号用二进制数字编码以后,比原始模拟信号具有强得多的抗干扰能力,即使经过长距离的传输和反复的记录,通过均衡和再生也可以几乎无失真地复原。

数字电视信号易于存储在半导体器件中,能够进行一维、二维以至包括帧间在内的三维处理。利用行存储器或帧存储器可以对电视信号进行各种时基处理,例如对录像信号和卫星传输信号实现时基校正,在不同步信源之间实现同步切换,对电视画面实现压缩、扩大、冻结等各种视频效果,以及各种电视制式的转换等等。结构简单、性能良好的数字滤波器可以实现各种复杂的线性相频特性,能够进行诸如亮色的完善分离等各种提高电视图像质量的处理。数字电视为电视演播室的节目制作和电视接收机的高质量及多功能显示都提供了充分的发展余地。

在数字电视中采用二值电平的数字器件,使得数字电视设备比模拟设备易于调整,可靠性和稳定性也大幅度提高。大规模和超大规模集成电路的应用,使数字电视设备的体积小、成本低。微处理器和软件的引入,使生产的自动调试和运行的自动控制成为可能。数字电视设备和数字电视接收机能够作为计算机的终端而加入到现代信息网络中。

数字电视的主要缺点是对传输信道的带宽要求太高,一般为模拟信号带宽的 10 倍以上。因此,从六十年代末开始的数字电视的研究主要是从两方面展开的,一是研究电视演播室和电视接收机的数字化技术,二是研究以压缩码率为中心的各种高效编码方法。目前,这两方面的研究都已取得很大的进展。

本章的内容是讲述数字电视技术的基本原理以及近年来的若干研究成果。这里首先讲解研究数字电视所应具备的基础知识。

1.1.2 模/数转换与数/模转换

许多数字电视设备常被描述成数字“黑盒子”,其输入和输出都是模拟信号,可以与普通模拟设备一样插入到电视系统中,然而其内部信号却是数字式的,如图 1.1.1 所示。输入的模拟信号由模拟/数字(A/D)转换器转换成数字形式,经过特定的数字处理后,再由数字/模拟(D/A)转换器转换成模拟信号输出。A/D 转换包括取样、量化和编码,又称为编码器。D/A 转换包括解码和低通滤波,又称为解码器。A/D 与 D/A 合称编解码器

(codec), 是数字电视中不可缺少的组成部分。

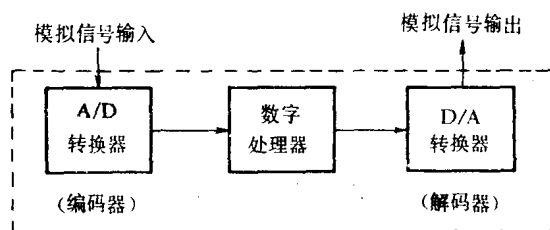


图 1.1.1 数字电视设备的简化框图

一、A/D 转换与 D/A 转换的原理

1. 取样

取样是将时域连续的模拟信号转变为时域离散信号的过程，它是由模拟信号对一个重复频率为 f_s 的取样脉冲序列进行脉冲幅度调制(PAM)实现的。在频域，取样过程是模拟信号的频谱与 f_s 及其各次谐波的卷积。根据取样定理，若模拟信号的最高频率为 f_c ，当取样频率满足 $f_s \geq 2f_c$ 时，从取样的离散信号可完全恢复原始模拟信号，这可由具有矩形频率响应的、截止频率为 f_c 的低通滤波器来实现。由于该低通滤波器完成的是信号内插的工作，所以又称为内插滤波器。 $2f_c$ 称为奈奎斯特频率，当 $f_s < 2f_c$ 时，如图 1.1.2 (a) 所示，调制在 f_s 上的频谱的下边带与基带频谱会有重叠而引起串扰，这种现象称为混叠失真。因此，在取样前须用前置低通滤波器将模拟信号的截止频率限制在 $f_s/2$ 以下。实际上，前置低通滤波器与内插滤波器都存在从通带到阻带之间的过渡带，并非理想的低通，因此用奈奎斯特频率取样也不能消除混叠失真。在数字电视中，取样频率至少取为 $2.2f_c$ ，以使失真在误差容限之内。

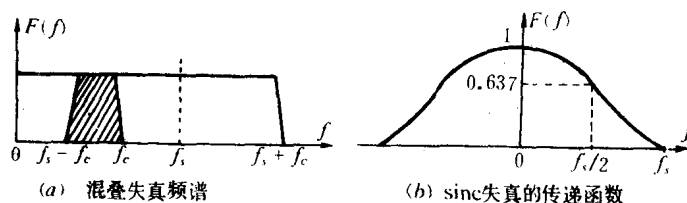


图 1.1.2 取样过程中的信号失真

为了便于编码，通常 PAM 信号是由宽度等于取样周期的平顶脉冲序列组成的。这种取样值的平顶化称为零阶保持，在频谱上相当于被一个 $\text{sinc}x = \sin x / x$ 的频率响应特性进行加权，其中 $x = \pi f / f_s$ ，在半取样频率处等效的传递函数值为 0.637，如图 1.1.2 (b) 所示。因此，通常需要用 RC 提升网络进行高频补偿，称为 sinc 校正。这种校正推荐在 A/D 变换的端口上完成。

2. 量化

量化是将模拟信号在幅度上离散化的过程，即将连续的幅度值四舍五入地转化成一组有限的量化电平。当所有量化间隔都相等时称为均匀量化，当量化间隔按照某种规律变化时称为非均匀量化。若用 n bit 的二进制码表示一个量化级，则所能表示的量化等级总数为 $M = 2^n$ 。设均匀量化时量化间隔为 q ，则信号的动态范围为 $A \leq Mq$ ，否则会发生过载，产生过载噪声。当模拟信号幅度处在任意两个量化电平之间时，所产生的量化误差在 $\pm q/2$

之间，它等效于叠加在信号上的随机噪声，称为量化噪声，如图 1.1.3 所示。容易证明，量化噪声的平均功率为 $N=q^2/12$ ，满幅度正弦波（常用于分析声音信号）的量化信噪比为

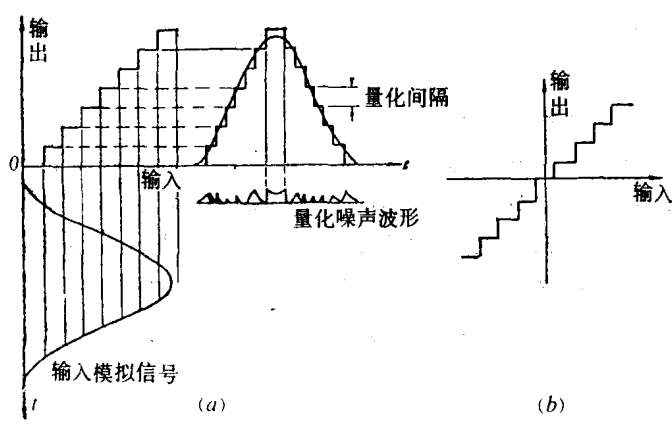


图 1.1.3 均匀量化及量化噪声

$$S/N = 1.8 + 6n \text{ [dB]} \tag{1.1.1}$$

满幅度单极性信号（常用于分析亮度信号等）的峰-峰值与量化噪声的均方根值所定义的信噪比为

$$S_{p-p}/N_{r.m.s} = 10.8 + 6n \text{ [dB]} \tag{1.1.2}$$

显然，量化 bit 数越多，量化信噪比就越大。声音信号的动态范围较大，对于演播室的高质量音响设备应取 16bit 量化，其信噪比约 98dB。图像信号的动态范围较小，一般取 8bit 量化，相应的信噪比约 60dB。

3. 编码与解码

编码是将已量化的 PAM 信号用二进制数码表示的过程。解码是其逆过程。编码后的信号称为脉冲编码调制(PCM) 信号。电视图像信号通常采用自然二进制码。设某十进制量化电平所对应的 n 位二进制为“ $C_nC_{n-1}\cdots C_1$ ”，则存在如下关系

$$M_{(10)} = C_n 2^{n-1} + C_{n-1} 2^{n-2} + \cdots + C_1 2^0 = \sum_{i=1}^n C_i 2^{i-1} \tag{1.1.3}$$

表 1.1.1 三种二进制编码的形式(3bit)

十进制数值	自然二进制	格雷码	折叠二进制
0	000	000	000
1	001	001	001
2	010	011	010
3	011	010	011
4	100	110	111
5	101	111	110
6	110	101	101
7	111	100	100

其中 C_i 只取“0”（低电平）或“1”（高电平）两个数值。编码后的信号便于用数字的方法进

行计算和处理，而且具有非常强的抗干扰能力，只要传输信道的非线性和噪声不至大到“1”和“0”不可正确区分即误码的程度，那么就可以无失真地复原编码前的信号。当然，误码也不是绝对不会发生的，有时希望因误码引起的相应量化电平的变化在统计平均上小一些，也可采用交替二进制（格雷码）或折叠二进制进行编码。表 1.1.1 示出了 $n=3\text{bit}$ 时，以上三种二进制码的形式。

二、A/D 转换与 D/A 转换的实现

图 1.1.4 示出了视频 A/D 转换与 D/A 转换的原理框图。电视信号的数字化需要很高的取样频率。当取样频率为四倍副载频时，对 NTSC 制为 14.3MHz，对 PAL 制为 17.7MHz。另一方面，对广播级的图像质量需要 8bit 的量化。因此视频 A/D 转换和 D/A 转换必须是高速和高精度的。A/D 转换与 D/A 转换的主要工作分别由模数转换器（ADC）和数模转换器（DAC）完成。这些器件已做成大规模或超大规模集成电路。

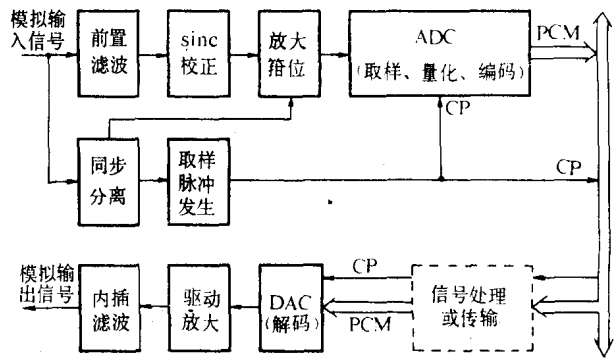


图 1.1.4 视频 A/D 转换与 D/A 转换

视频 ADC 一般是快速的并行转换器件，每个样值的 8bit 码是并行一次编出的。在使用并行 ADC 时，电视信号可以直接输入，不需要经过模拟的取样保持，但是要进行前述的前置低通滤波和 sinc 校正，以及进行增益和直流电平的调整。增益和直流电平调整的目的，一方面是使信号幅度尽量覆盖 ADC 的整个编码范围以减小量化噪声，另一方面又要使信号不超过 ADC 的编码范围，以免产生过载噪声。直流电平的调整一般通过行消隐后肩的箝位实现。此外，考虑到一般并行 ADC 的输入电容较大，模拟信号在最后进入 ADC 之前，通常要经过一个缓冲驱动级。

ADC 需要由外围电路为其内部的电压比较器提供精密的基准电压源。外围电路还负责提供取样时钟，这个时钟一般与彩色副载波或行同步有固定的相位关系。

视频 DAC 将接收到的 PCM 信号，通过 R-2R 型或电流相加型译码网络，转换成相应的模拟电压（或电流）输出。DAC 也由外围电路提供精密的基准电压。为减小电流开关切换时出现的输出波形的过冲，常在输出端接 75Ω 的匹配电阻。输出的 PAM 信号由驱动放大器调整成合适的幅度，并经后置内插低通滤波器复原为模拟视频信号。

目前已有多种适合于视频信号用的 ADC 和 DAC 芯片，例如 TRW 公司的 TDC 1048、TDC1007J、TDC1025 等型号的 ADC，转换速度分别为 20、30、50MSPS（MSPS 是指每秒能转换的以 10^6 计的取样数）。STC 公司的 SCA5008 型 ADC 转换速度更高达 170MSPS。RCA 公司的 CA3308 型 ADC 转换速度为 15MSPS，可用于一般的场合。另一

方面, TRW 公司的 TDC1016、TDC1318 等型号的 DAC, 转换速度分别为 20、200MSPS, VTC 公司的 VC108K 的转换速度更高达 300MSPS。索尼公司的一对 ADC 和 DAC——CX20052 和 CX20051A 是专为实现民用设备的数字化设计的具有较高精度和较低成本的器件。

1.1.3 数字存储器

数字存储器在数字电视的信号处理中占有重要的地位, 除了可用来存储控制程序和控制数据之外, 更主要的是用来存储数字电视信号, 以便进行数字处理。同一行上像素之间的处理要用数字寄存器, 行间、场间和帧间的处理则要用随机存取存储器 (RAM)。数字电视中的 RAM, 由于要实时地存储高速的大容量的数据流并且常需要同步地或异步地随机存取, 因此具有与其它应用场合不尽相同的特点。在许多电视设备中, 存储器方案的选择直接影响设备的成本、硬件体积、信号处理性能的优劣以及控制电路的复杂程度等。RAM 分为静态 RAM (SRAM) 和动态 RAM (DRAM) 两类。随着半导体工艺的发展, 目前这两种 RAM 芯片无论从集成度还是存取速度上都已发展到很高的水平。例如原来认为 SRAM 的集成度不易做得很高, 但目前 $2M \times 8\text{bit}$ 的芯片已经商品化。原来认为 DRAM 存取速度较慢, 但目前已达到 100ns 以下。适合于数字电视应用的视频 DRAM 也已问世, 例如 TMS44C251-10 是 $256K \times 4\text{bit}$ 、 100ns 的 DRAM, DPO3848 是 $384K \times 8\text{bit}$ 、 40ns 的 DRAM。在设计工作中, 应根据实际需要和市售芯片的情况, 综合考虑容量、速度、体积、功耗、价格、控制电路的复杂程度等性能指标适当选用。下面以两个存储器方案为例, 说明在设计中所应考虑的一些技术问题。

一、行延时存储器

数字电视中常要求将信号延时一行或数行以便进行行间的信号处理。行延时存储器对容量的要求不大, 用 $1K \times 8\text{bit}$ 或 $2K \times 8\text{bit}$ 的 SRAM 即可实现。另一方面, 在一个取样周期内, 既要存入当前行的像素, 又要取出上一行的像素, 也就是要完成读、写两个操作。然而一片 SRAM 是不能在同一时刻既写入又读出的, 通常采取两个办法解决同时读写的问题。第一个办法可称为“同时分体”, 即采用两片以行频轮换工作的 SRAM, 当其中的一片写入时另一片读出, 经过一行时间后二者交换读出与写入的状态, 如图 1.1.5 (a) 所示。第二个办法可称为“同体分时”, 只采用一片 SRAM, 而把一个取样周期分为前后两段, 前一段为写入时间、后一段为读出时间, 如图 1.1.5 (b) 所示。这两个办法, 前者的存储容量加倍, 后者的存取速度加倍, 各有利弊。其它电路基本相同, 都需要一个一行像素计数器为 SRAM 提供地址, 也都需要一个读出锁存器与外电路连接。此外, 使输入信号也经过一个锁存器, 目的是使延时与未延时的信号严格相差一行。

例如对于 $4f_{sc}$ 取样的 PAL 信号, 取样周期为 56ns , 每行像素数为 1135 个取样点。采用同时分体法实现一行延时存储时, 可采用两片 6116-45, 这是 $2K \times 8\text{bit}$ 、 45ns 的 SRAM。采用同体分时法时, 可采用一片 6116-20, 这是 $2K \times 8\text{bit}$ 、 20ns 的 SRAM。

二、帧存储器

1. 存储容量

在数字电视帧存储器中为了节省存储容量, 对屏幕上见不到的部分即位于行场消隐期间的部分数据可以不予存储, 这部分信号可在信号处理以后用模拟的办法复原。例如 13.5MHz 取样的 PAL 亮度信号每行 864 个样点, 可以只存储略大于行正程的相当于 $53.3\mu\text{s}$

的 720 个样点，另外，一帧 625 行中可以只存储大于场正程的 604 行。当然这仅是举例说明，实际所留的余量要根据具体问题而定。在本例中要求帧存储器的存储容量为 $720 \times 604 \times 8 \approx 3.5\text{Mbit}$ ，由于存储器容量较大，可采用 $64\text{K} \times 1\text{bit}$ 的 DRAM 组成存储器，例如至少用 54 片 4164 组成。考虑到必须用八片 DRAM 才能组成一个 $64\text{K} \times 8\text{bit}$ 的基本存储体，所以存储器所用的总的片数应是 8 的倍数以利于控制。因此本例中采用 56 片 4164，总的存储容量为 3.67Mbit ，可满足要求。这样整个存储器包含 7 组基本存储体。

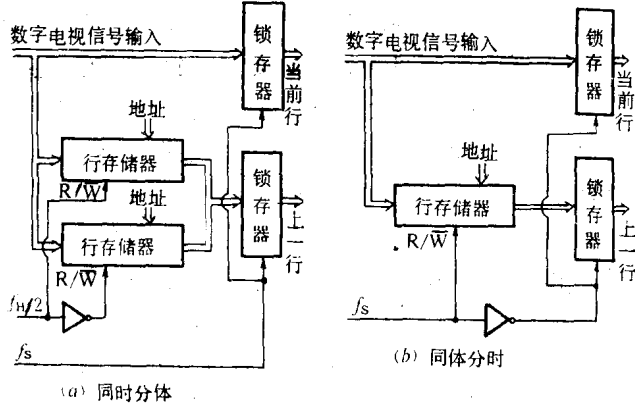


图 1.1.5 行延时存储器的两种实现方法

2. 缓冲存储

本例的取样周期为 74ns，一般的 4164DRAM 不能在此期间完成读写操作，因此，在写入时需要用串入并出的缓冲寄存器 (WBR) 使数据流降速，读出时再用并入串出的缓冲寄存器 (RBR) 使数据流恢复原来的速度。考虑到采用 7 组基本存储体以及下面将要说明的异步读写问题，采用 8 对 WBR 和 RBR，其中每一对 WBR 和 RBR 分别对应 8bit 数据中的一个 bit，如图 1.1.6 所示。从某一个 bit 来看，写入时数据先串行地输入到 WBR 中，每缓存 7 个 bit 就由锁存器锁存一次，然后以同一地址写入 7 组基本存储体。读出时与此相反，从 7 组基本存储体读出的数据，先并行装入 RBR 中，再以时钟频率串行地从 RBR 输出。其它 bit 也是这样的。显然，经过 WBR 和 RBR 的缓冲，使得对 DRAM 读写操作要求的时间放松到 $74 \times 7 = 518\text{ns}$ 。

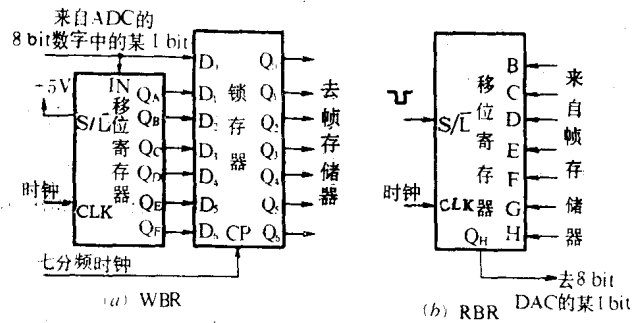


图 1.1.6 帧存储器中的数据缓冲寄存器

3.读写分时

在某些设备中，帧存储器的读出与写入有一致的相位关系，称为同步读写；而在另一些设备中，读写没有固定的相位关系，称为异步读写。以上两种情况都需要对 DRAM 的读写操作周期进行分时，但分时的方法有所不同。设取样周期为 T_s ，缓冲寄存器的长度为 n bit，DRAM 的最大存取时间为 τ ，则存储器的一个读、写操作周期为 nT_s 。在同步读写的场合只要使 $nT_s \geq 2\tau$ 就可保证稳定的读写操作，如图 1.1.7 (a) 所示。图 (a) 中一个读写操作周期由一个写周期和一个读周期组成，读写地址每 $nT_s/2$ 切换一次。

然而在异步读写的场合，如果仍像在同步读写时一样在经过 $nT_s/2$ 的写周期之后切换成读周期，那么在图 1.1.7 (b) 所示的相位关系时还能稳定地读写，可是在 (c) 所示的相位关系时便不行了，这时在读周期中会发生地址的变动。解决的办法是取 $nT_s \geq 3\tau$ ，并规定以写地址交替时刻为时间基准，读写周期的前 $1/3$ 为写周期，后 $2/3$ 为读周期，读写地址也依此切换；另外，从写地址交替时刻开始产生一个宽度为 2τ 的负脉冲，从读地址交替时刻开始产生一个宽度为 τ 的负脉冲，将 2τ 脉冲与 τ 脉冲的逻辑“与”作为读出缓冲寄存器的并入 LOAD 脉冲。由图 1.1.7 (d)、(e)、(f) 可见，在所有三种可能发生的相位关系的情况下，都能进行稳定的读写操作。本例中缓冲寄存器的长度 $n=7\text{bit}$ ，为实现异步读写，取写周期为 $2T_s=148\text{ns}$ ，读周期为 $5T_s=370\text{ns}$ 。据此，按 $\tau=2T_s$ 计算，所选用的 4164DRAM 的最大存取时间应小于 148ns 。

图 1.1.7 (a) 所示的同步读写操作，其 R/W 信号在写周期和读周期之间有明确的切换。读写地址在写周期和读周期中分别保持恒定，并在周期结束时切换。图 (b) 和 (c) 展示了异步读写的两种可能相位关系。在 (b) 中，读写地址的切换时刻与 R/W 信号的切换时刻不一致，导致在读周期中地址发生变动。在 (c) 中，读写地址的切换时刻与 R/W 信号的切换时刻不一致，导致在读周期中地址发生变动。图 (d)、(e) 和 (f) 展示了三种可能的相位关系，其中 R/W 信号在写周期和读周期之间有明确的切换。读写地址在写周期和读周期中分别保持恒定，并在周期结束时切换。图 (d) 和 (e) 展示了异步读写的两种可能相位关系。在 (d) 中，读写地址的切换时刻与 R/W 信号的切换时刻不一致，导致在读周期中地址发生变动。在 (e) 中，读写地址的切换时刻与 R/W 信号的切换时刻不一致，导致在读周期中地址发生变动。图 (f) 展示了第三种可能的相位关系，其中 R/W 信号在写周期和读周期之间有明确的切换。读写地址在写周期和读周期中分别保持恒定，并在周期结束时切换。

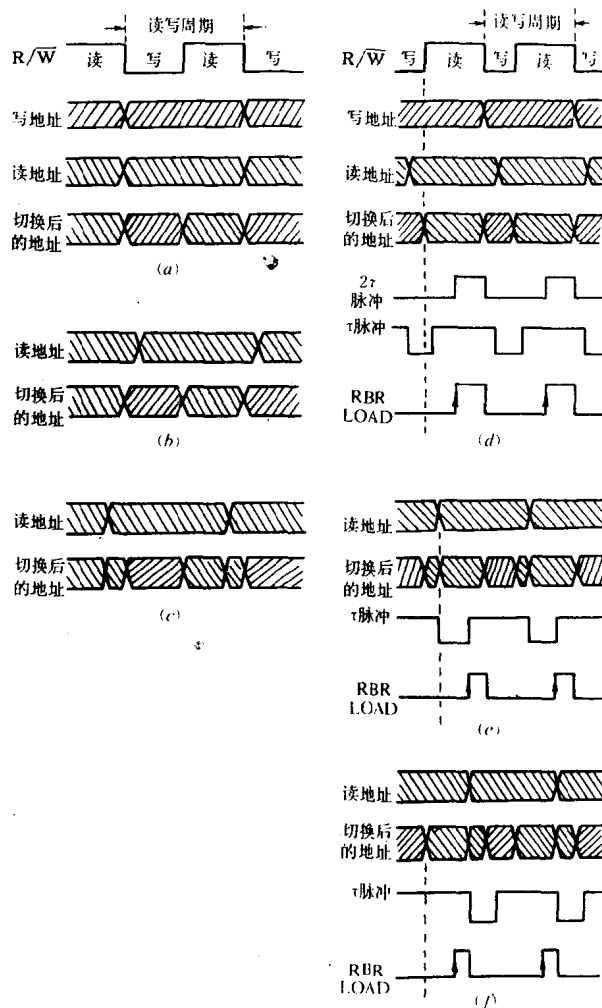


图 1.1.7 帧存储器中的读写分时

4.存储结构

为了对帧存储器有一个较完整的印象，图 1.1.8 示出了本节所述例子的原理框图。地址计数器分为两套，分别提供存储器的写入和读出地址，二者由数据选择器进行时分切换。控制电路产生 DRAM 所需要的行地址选通信号 $\overline{\text{RAS}}$ 、列地址选通信号 $\overline{\text{CAS}}$ 以及行列地址数据选择器的选通信号 $\overline{\text{LD}}$ ，此外还要产生读写信号 $\text{R}/\overline{\text{W}}$ 、WBR 的并入锁存信号 TP 、RBR 的并入串出控制信号 $\text{S}/\overline{\text{L}}$ 等。由于帧存储器是不停地读写的，故省去通常 DRAM 所需要的刷新电路。

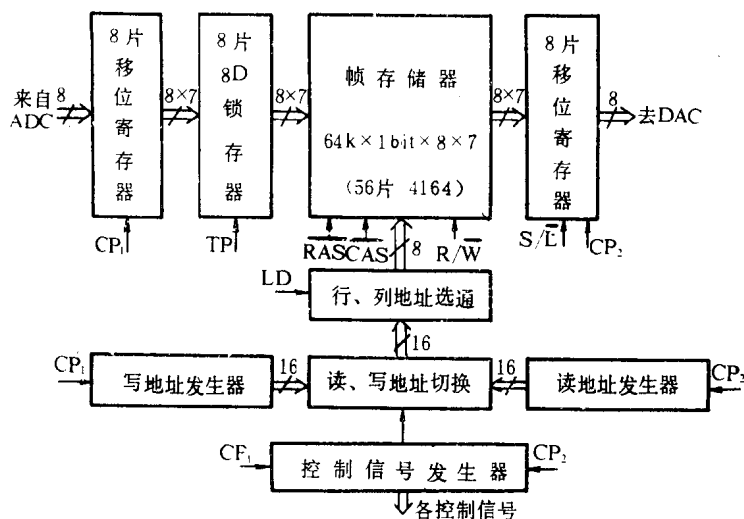


图 1.1.8 帧存储器原理框图

1.1.4 数字滤波器

在数字电视中广泛使用数字滤波器进行信号的频域处理，例如亮色分离、色度解码、信号内插、轮廓增强、噪声抑制、码率变换等等。数字滤波器的结构简单、易于调整，可以实现某些用模拟滤波器难于达到的滤波性能，并可具有良好的线性相位特性。对应用于数字电视的数字滤波器常要求具有高速的实时处理能力，因此，实际设计中在滤波性能的优化和硬件实现的简单方面一般需要折衷考虑。

一、数字滤波器的描述

数字滤波器是时域离散的线性非移变系统。图 1.1.9 示出了一个简单的数字滤波器，它是由移位寄存器、乘法器和加法器组成的，符号 Z^{-1} 代表延时一个取样周期。现使输入 $x(n)$ 等于单位脉冲 $\delta(n)$ ， $\delta(n)$ 在 $n=0$ 时为 1，其它时刻均为 0。不难看出，输出 $y(n)$ 的状况是： $y(0) = h(0)$ ， $y(1) = h(1)$ ， $y(2) = h(2)$ ，其它时刻均为 0。即输出 $y(n)$ 等于加权系数 $h(n)$ 。一般地，称输入为 $\delta(n)$ 时滤波器的输出为数字滤波器的单位脉冲响应，用 $h(n)$ 表示。对于任意的输入 $x(n)$ ，滤波器的输出 $y(n)$ 是 $x(n)$ 与 $h(n)$ 的卷积，即

$$y(n) = \sum_{m=0}^{\infty} h(m)x(n-m) \quad (1.1.4)$$

将上式两边进行 Z 变换可得

$$Y(z) = H(z) \cdot X(z) \quad (1.1.5)$$

其中 $H(z)$ 称为数字滤波器的系统函数，定义为

$$H(z) = \sum_{n=0}^{\infty} h(n)z^{-n} \quad (1.1.6)$$

将 $z = \exp(j\omega)$ 代入，可得数字滤波器的频率响应 $H[\exp(j\omega)]$ ，它是单位样本响应 $h(n)$ 的离散富里叶变换