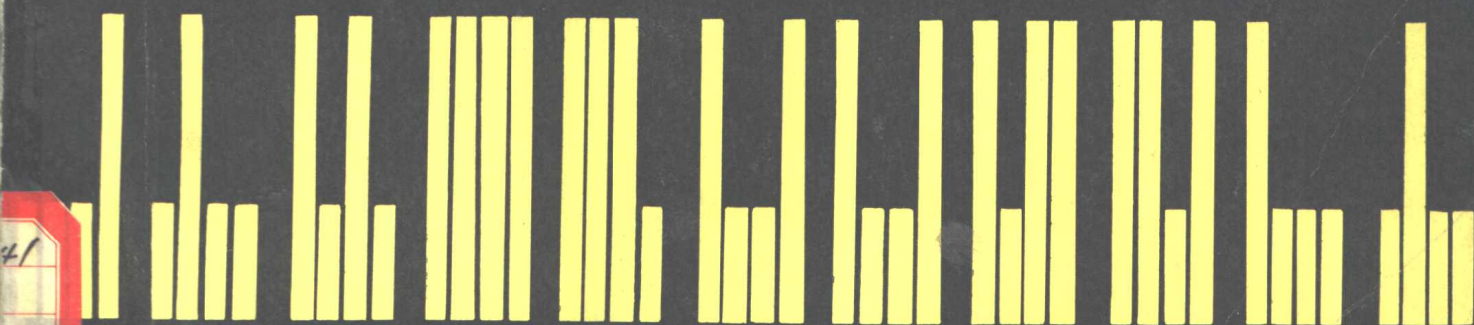
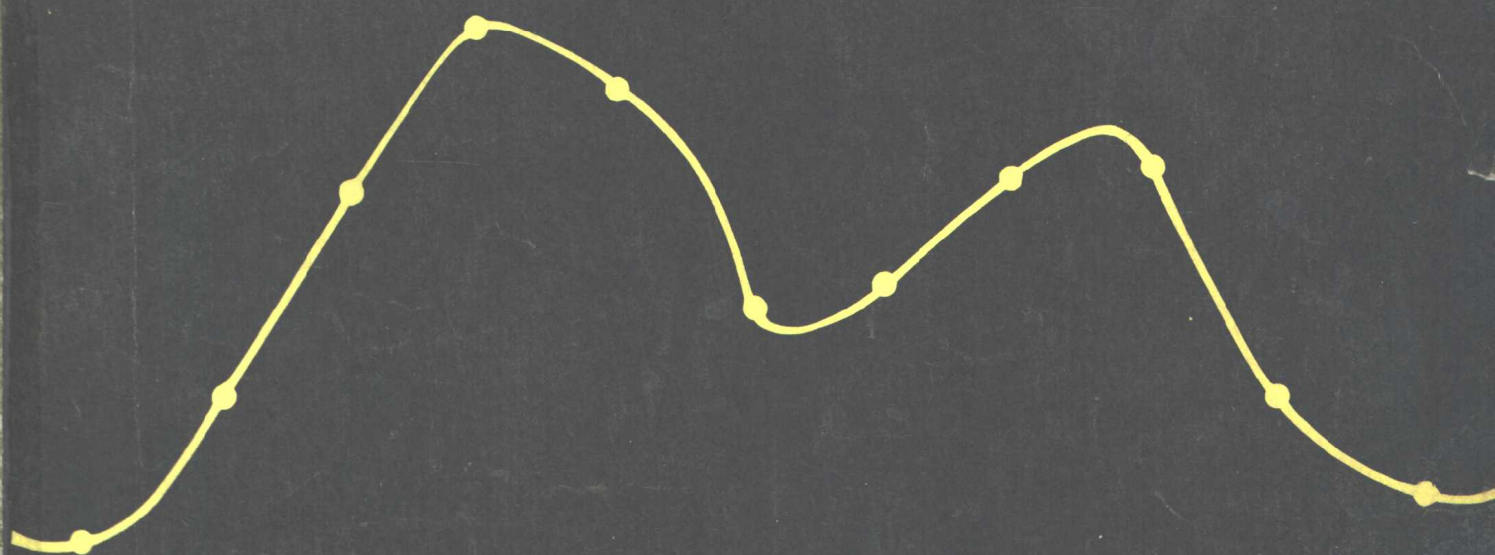


SMPTE

数字电视入门



数 字 电 视 入 门

王贻良 尤婉英 等 译

科 学 出 版 社

1982

内 容 简 介

本书由美国电影电视工程师协会会刊 (SMPTE Journal) 编辑部编辑出版的《数字电视》(Digital Video) 第一卷的全部和第二卷及 SMPTE 会刊中的部分文章组成。共 28 篇论文和报告。

本书介绍了数字电视的基本原理; 数字电视信号的特性及质量评定; 各种实际应用设备, 如电视标准转换设备、时基校正器、帧同步器、噪声减弱器、数字电视特技设备、电视图形及动画制作以及数字电视录象等。并提供了有关数字电视技术的参考文献和名词术语。

读者对象: 从事电视技术的研究人员和技术人员, 有关专业的大学生、研究生、教师。

数 字 电 视 人 门

王贻良 尤婉英 等 译

责任编辑 魏玲 李立

科学出版社 出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1982 年 9 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

1982 年 9 月第一次印刷 印张: 15 3/4

印数: 0001—3,000 字数: 368,000

统一书号: 15031 · 425

本社书号: 2693 · 15—7

定 价: 2.45 元

译者前言

数字电视技术在七十年代有了迅速的发展,发展之快大大超出人们的预见。它所取得的一系列重要成果,为广播电视技术开辟了一个崭新的领域。

美国贝尔电话实验室在可视电话方面所作的研究作为数字电视技术奠定了若干理论基础。六十年代末和七十年代初,英国广播公司(BBC)和英国独立广播公司(IBA)分别研究了PAL制彩色电视信号数字化的问题,并开始探索数字电视的应用。

1972年英国独立广播公司研制出第一台数字式电视标准转换设备(DICE),1973年正式使用。同年由联合视频公司(Consolidated Video Systems)研制出第一台数字式时基校正器,随后,帧同步器、静止图象存贮、噪声抑制器、数字电视特技设备等相继问世。所有这些数字式视频处理设备的功能用模拟方法是根本无法实现的,因而受到了广大电视工作者的欢迎和重视。

自1972年以来,国际无线电通信委员会(CCIR)、国际电报电话咨询委员会(CCITT)都设立了专题,来讨论并审议数字电视信号的编码技术、标准规格及传送方式等问题。很多广播组织,如欧洲广播联盟(EBU)、美国电影电视工程师协会(SMPTE)等也先后成立了专门小组来讨论数字电视问题。

1977年2月美国电影电视工程师协会会刊(SMPTE Journal)编辑部编辑出版了《数字电视》(Digital Video)第一卷,1979年2月又编辑出版了第二卷。第一卷收集了在该会刊及该协会会议上发表的20篇有关数字电视的重要论文,其内容主要侧重于数字电视的基本原理。例如什么是数字电视,它是怎样工作的,它的优缺点是什么,如何评价它的性能,如何与现有的模拟系统接口等等。第二卷中汇编了SMPTE 1978年11月(纽约)及1979年2月(旧金山)两次会议上发表的关于数字电视的论文。这些论文主要介绍了数字电视技术的新发展,其中很重要的一个方面就是利用小型及微型计算机来实现多功能的视频处理:特技和动画制作。这类引入计算机的系统的重要特点是,只要改变系统中的软件就能适应新的处理要求。

本书包括了第一卷全部的二十篇文章以及第二卷中的“数字电视特技的广阔前景”、“用DPS-1对电视信号进行数字处理”、“在电视图形及动画制作中使用数字图象存贮器的一些实验”、“使用小型计算机的彩色图形和动画制作”、“关于数字录象的工作报告”等五篇文章。此外,还从SMPTE会刊中选择了“数字电视特技装置”、“数字特技的最新创举——CBS动作轨迹系统”和“关于数字电视标准的工作报告”等三篇文章。在数字电视技术中,压缩编码技术是一个十分重要的内容,但由于篇幅所限,原书只是简单地介绍了这方面的内容,加之这一课题已有专门文集介绍,因此在我们的译文集中没有更多地选入这方面的文章。本书中的文章顺序是按内容编排的,译文对原作做了少量删减。希望这本书能对我国数字电视技术的研究和应用有所帮助。书末附有第二卷目录,供参考。

主要参加编译工作的有王贻良、尤婉英、高荣坤、孙学敏、曹振宇、谭耀麟等同志。教研组的其他同志对编译工作也给予很多帮助。由于译者水平有限,译文中难免有错误及不妥之处,希望读者批评指正。

1980年2月

• i •

目 录

数字电视入门	1
数字电视基础	8
PCM 编码的 NTSC 制电视特性	19
SMPTE 数字电视研究组的报告	30
PCM 编码的 NTSC 制彩色电视的主观测试	37
数字电视信号的质量评定	47
数字视频信号的微分相位和增益量测	55
数字式电视图象增强	63
数字电视的压缩码率问题	78
准奈奎斯特编码的 PCM NTSC 彩色电视	84
数字技术在广播电视中的应用	95
视频信号模拟-数字转换器	100
时基校正技术及其应用	108
视频信号处理用的数字时基校正器	119
电视帧同步机	127
广播电视帧同步机的应用	136
数字电视标准转换	143
电子静止图象库——贮存和显示静止图象的数字系统	156
用于已编码 NTSC 电视信号的数字噪声减弱器	165
数字电视特技(DVE)装置	173
数字特技的最新创举——CBS“动作轨迹”系统	182
数字电视特技的广阔前景	188
用 DPS-1 对电视信号进行数字处理	199
在电视图形及动画制作中使用数字图象存贮器的一些实验	214
使用小型计算机的彩色图形和动画制作	222
关于数字电视标准的工作报告	230
关于数字录象的工作报告	234
数字电视名词汇编及文献目录	239

数字电视入门

D. A. Howell

一、引言

当一般人听到数字电视这一词时,他大概会倾向于这样的反应:我知道“数字”是指数字时钟或数字手表,但是电视怎么能够是数字式的?数字在哪里?回答是:数字电视的原理包括在产生、变换、记录和传送电视图象的过程中使用数字,但是它与数字时钟不同,并不显示实际的数。

考虑到本书读者的情况很不相同,因此本文的目的是用简单的方法论述数字电视的基本原理。在本文中,我们将对数字电视和普通的电视(我们称之为模拟电视)进行比较,并且探讨某些发展的可能性,以及数字电视系统研究人员所面临的最困难的某些问题。我们希望本文和下一篇文章给读者提供足够的资料,以便可以从今后更专门的论文中得到更大的收获。

二、了解数字电视所需要的一些基本概念

为了了解数字电视的原理,我们必须十分熟悉普通的电视,同时也应该知道某些术语的含义。这些术语有些是完全新的,或是在电子学方面有特殊的意思,这些术语包括:

模拟和数字

连续信号、离散信号

分辨率

非线性和相位失真

取样和量化

调制技术

编码

带宽

本文将扼要地提到这些概念。

用例证来说明模拟和数字之间的差别,是解释这些奥妙的最直接的方法。有几种模拟和数字式的仪表,现在几乎每个人都很熟悉。简单的水银温度计和普通的计算尺是模拟仪表的很好的例子,在温度计中,水银柱的高度是用一个合适的刻度来计量的,它的高度是正比于(或模拟)环境温度。计算尺是一种模拟计算器,其中刻度线的距离做成与数的对数值成比例,通过距离的相加来计算数的相乘。

普遍使用的袖珍电子计算器、数字时钟显然是数字设备的例子。把计算尺和袖珍计算器进行比较,我们可以看到模拟与数字系统之间在本质上有两点区别。模拟设备以连

• 1 •

1116226

续数据工作。连续数据的意思是指在它们的工作范围内，任何所希望要的数字都能测定或读出。反之，数字设备是处理离散的或分级的数据。在任何情况下，最低有效位的数只能以一个完整的单位变化。这个特性与第二个本质区别——分辨率有关。分辨率在这里的意义是用它来衡量设备输出端可能变化的最小增量。任何模拟设备的分辨率取决于所采用的模拟方法的精确性，还取决于设备的刻度因数（使一个数值和用设备表示出的精确度相联系的因数），此外多少还取决于操作人员的判读技巧。而数字设备读出的分辨率仅仅取决于有效数字的位数。（四位数和六位数的计算器是很便宜的，十二位数的计算器比较贵，而且也高于大多数人所要求的精度。）由数字设备得到的精确度是与操作人员的估算绝对无关的。

在本文的最后，当我们了解了数字电视之后就会看到，增加数字位数是很重要的，但是代价也大，复杂性也要增加，同时还有带宽等问题。

三、普通电视的简介

普通的电视是模拟电视。这种电视在对景物扫描时，从电视摄像管阴极发射的电流随着落在景物上光的多少而增加。由这种变化的电流而形成的信号在演播室中处理成为广播信号。它从广播天线辐射出去，经过大气传播到接收天线，在接收天线上感应到一个微弱的场强，它只有每米几毫伏或更小些，在接收机中进行相反的处理：正极性增加的信号电压加到显象管的控制栅，使屏幕上某一点上亮度增加。这样，在电视摄像机中是用电信号去模拟一个光图案；而在接收机中则是产生一个光的图案来模拟电信号。对于彩色传输，在摄像机中，红、绿、蓝点的亮度变换成电流，而在接收机中，电流又反变换成细小的彩色光点。观察者的眼睛将三种彩色光点混合成全彩色的图象，而且因为图象是逐帧发送的，观察者由于视觉残留作用感到画面是连续平滑运动的，就好象活动图象一样。

模拟电视从三十年前那种小的、圆的、经常有干扰的黑白电视图象到今天变成大的、清晰的、全彩色的图象，原理上几乎没有变化。模拟电视虽然大大地改进了，可是它仍是模拟的。可以用计算尺与模拟电视再作一下类比：两者长时期以来都是基本上以其现有形式在使用，两者在调整和使用时都要有好的视力和好的判断力，两者都要克服分辨率或读数误差的问题，而且两者也都面临着数字设备（袖珍计算器和电视演播室的数字系统）的竞争。

四、关于普通电视的缺点

电子学这个词在1940年以前出版的任何词典中是不存在的。然而整个新的工业——电子数据处理和高速通信技术（特别是电视）——自那时起就是在电子学的基础上发展起来的。为了以更高的速度处理大量数据，工程师们要求迅速采用新技术：用真空管代替机电式继电器，而后者又依次让位于晶体管和集成电路。关于数据处理和信号处理技术，几年前在原理上就已经知道了。但是，只有电子系统发展到能有足够快的开关时，它们才能得到实际的应用。数字电视的原理和第二次世界大战时期军事上使用的数字式语音传输系统的一些原理基本相同，但直到现在才变成实际可行的。

在最近几年内,当数字电视被认为是一种有销售潜力的商品之后,人们才对研制能够完成图象处理和特技效果、图象存贮(如磁带录象)甚至发送和接收图象等功能的设备产生了浓厚的兴趣。

着手数字化的最明显的地方是普通电视摄像机所产生的容易失真的电压波形。电视机的图象质量归根到底是受这个波形的纯度、精确度以及稳定性所限制。然而,当信号从一站到下一站串接传输多次中转时,必然会造成信号和图象的质量损坏的积累。例如,随着每次重复,信号的非线性使对比度中间范围产生越来越大的损失。在影片生产中,这种非线性会明显增加多次复制时产生的寄生染色。在任何宽带通信系统中,特别是在高速数据和图象传输系统中,存在着相位失真的累积的问题。在电视中,相位失真的结果使对比度急剧变化的地方,也就是图象的边缘产生镶边,好象衍射环一样。这是由于信号内不同的频率分量有不相等的延时(相移)造成的,这就象它们通过了不同的阻抗元件——滤波器、放大器、不均匀的电离层等造成的相移一样。再以光学设备来类比;当白色光通过稜镜时就被分解成各种彩色光,这是由于红色光被延迟了或是说它比蓝光折射得多。

电视工程师们对这些问题研究了几十年。有时一个问题解决了而另一个问题却变得更复杂了。即使采用现代化的原理和设备,相位失真和调制所造成的损害仍然存在。然而,现在对电视信号进行数字处理提供了解决这些问题的可能性,而这些问题用普通的模拟电视系统来解决是有困难或不可能的。这些数字处理包括:(1)对从录象机来的信号及从有多普勒失真的卫星传输系统来的信号进行重新定时。(2)在传输通道中重新再生信号以使传输过程中产生的噪声和失真影响最小。

五、数字电视——取样和量化

在数字电视系统中,由摄像机产生的、代表象素亮度的电压波形,在每秒钟内要被测量或被取样数百万次,然后,把每个取样进行量化,也就是用系统能分辨的、与取样数值最接近的分层电平值来表示该取样值。这里必须考虑两种量化误差:(1)取样值恰好在两个量化层之间,可以量化为两个量化值之中的任一个。(2)超过分辨极限之外的所有的数字都会丢失。(在6位数字计算器中,这第二种误差是明显的。例如, $3\frac{1}{3}$ 这个数被量化成为 3.33333,而第6位以后的3都丢掉了)。

在电子学中,这样的量化器称为模拟-数字(A/D)转换器。许多模拟-数字转换器有足够的数字——我们称之为位或有效数字——能分辨到 $\frac{1}{256}$ (0.39%) 或更高些。在视频处理中,如果对1V峰-峰值的信号以这样的分辨率量化,则每个取样点的量化数值是3.9mV的整倍数。已制成的实验用的量化器的分辨率至少是 $\frac{1}{1024}$ 。

(照象师用放大器放大底片时,就常常用数字化或量化的原理。他可以做一系列曝光试验,如10秒、20秒、40秒和80秒,或是用阶梯灰度卡做一次曝光试验,无论用哪种方法试验,都可以得到非常接近他所要求的厚度和反差,从而可以选定放大器所需要的曝光量。在活动图象的试验中也用类似的方法,用阶梯灰度卡去量化洗印的曝光量。此外,照象师为了使非线性减到最小,采用H-D曲线的直线部分,或者创造性地应用其下端或上

端部分。)

从表面上来看,取样和量化似乎对我们不利。因为,我们仅仅取了一部分而不是象在普通电视中取的整个电压波形。而且,每当我们用最接近的量化层数值去代替实际的测量数值时,不可避免地产生量化误差和舍入误差。尽管如此,如果我们精确地和频繁地取样(奈奎斯特定理指出,相邻取样点之间的间隔应该等于或小于信号最高频率的周期的一半),然后用很小的分层间隔去量化,使得舍入误差减到最小,那么,就可以用这种已集合的和已量化的取样,恢复出一个与原始波形没有差别的波形。

那么,为什么这些离散取样的集合要比完整的连续波形更好呢?这是因为已被量化的取样可以编码而构成一个新的信号,这个新信号原则上是可以进行处理、记录和传输,并且最终还可以转换成模拟信号而重新显示。这些过程所带来的误差,要比对原始信号直接进行这些处理时所产生的类似的误差小得多。我们可以处理关于波形的信息来代替处理波形本身或它的某些特性——例如它的瞬时幅度——而这种信息最终可以用来重新复原所希望的波形。

六、调制和编码

为了弄清为什么是如此,我们必须研究调制技术和编码。通信方式有很多种,可是实质上它们都是把某种信息加在某种载波上,这种办法在技术上叫做调制。很多人都知道调幅和调频,但是真正了解这个词的含义,或是知道模拟信号调制只是其中一例的人也许是不太多的(见图1)。各种不连续信号(又称为脉冲信号、离散信号或取样信号)的传输也是可能的(见图2)。其中有脉冲幅度调制(PAM),脉冲宽度调制(PDM)和脉冲位置

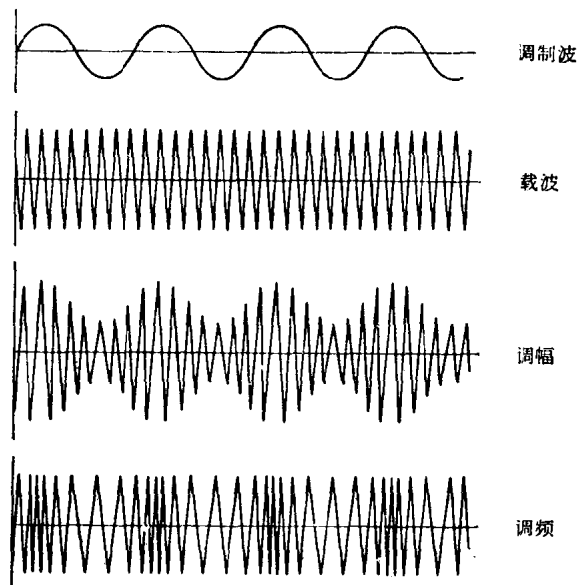


图1 用于连续波或模拟信号传输的调制
一种连续波(载波)的特性是随着另一种连续波(调制波)变化。在调幅时,调制信号(如和话筒输出的信号成正比的信号)变化的幅度加在载波上,使载波幅度变化。在调频时,调制信号引起载波频率的变化,而载波幅度不变

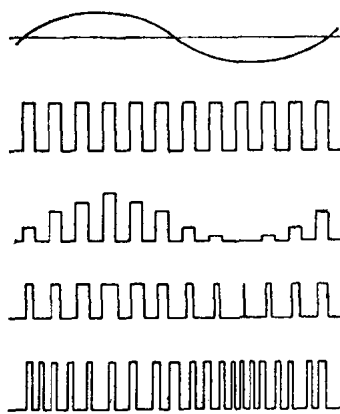


图2 用于通信工程的脉冲调制技术
【从上到下为(a),(b),(c),(d),(e)】
(a) 调制信号; (b) 载波; (c) 脉冲幅度调制(PAM); (d) 脉冲宽度调制(PDM或PWM、PLM); (e) 脉冲位置调制(PPM)

调制 (PPM).

在某些条件下, 对于某种调制方式的已调制的脉冲调制信号进行编码是很方便的. 例如, 如果对 PAM 信号编码就可以得到脉冲编码调制 (PCM) 信号. 英国的 Alec H. Reeves 在 1939 年发明了 PCM 方法, 并且发现 PCM 信号有非常高的抗干扰能力. 因此它很适合于数字电视这种通信工作方式¹⁾. 在这种情况下, 编码是把每个脉冲分成与幅度成比例的数(见图 2(c)), 然后用若干离散脉冲来表示这些离散的脉冲幅度数值(并不是脉冲幅度本身), 并以这种形式进行传输. 图 3 说明经过大大简化了的音频信号的抗干扰传输情况.

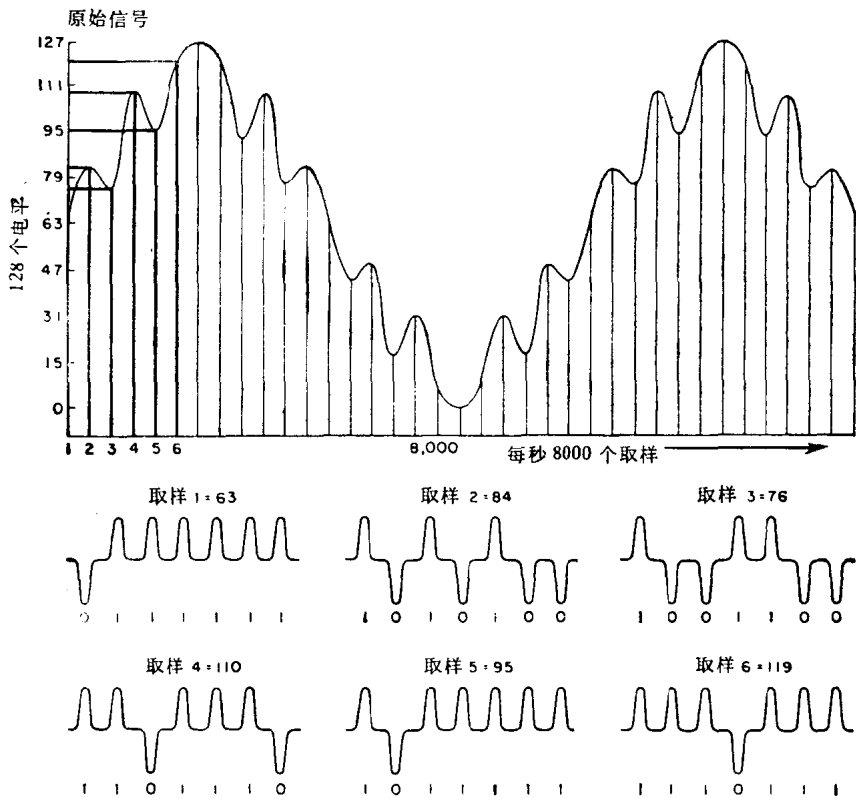


图 3 当用 PCM 方式传输语言信号时, 对原始波形的幅度的取样为每秒 8000 次, 然后将取样值转换成由“1”和“0”(正脉冲和负脉冲)组成的二进制码组. 码组由 7 位二进制数组成, 可使原始波形瞬时幅度的量测精确到 $1/128$. 通常在每一组 7 位码中再加一位数字作为符号位或其它功能, 这样就使得码率为每秒 64000 (即 8000×8). 在接收端, 脉冲序列被解码从而得到原始信号

七、二进制记数法的应用

因为最简单的电子开关只有两个状态: “通”和“断”, 所以通常用二进制码表示已取样的振幅电平是很方便的. 二进制码只用两个数字: 0 和 1, 而这些二进制数字(称为比特)

1) 相位调制 PCM 也是很流行的一种调制方式, 它可以由脉位调制 (PPM) 中得到, 但是在本文的讨论中我们只研究 PCM 的形式, 它本质上是已编码的 PAM.

用负脉冲和正脉冲能够很容易地表示(如图3)。在某些系统中,没有脉冲存在表示“0”,而有脉冲存在表示“1”,实现二进制编码可以有很多种方法。

说明二进制记数法的原理是很简单的。在十进制记数法中,每一位向左移要乘以10,而在二进制记数中,移动每一位要乘以2,因此,二进制中的“10”在十进制中是“2”,二进制的“101”在十进制中是“5”,而二进制的“1110111”在十进制中是119(图3中的第6个取样点)。

一个给定的二进制编码的位数限定了能够表示的最大的二进制数,也限定了这种二进制编码的分辨率。 n 个比特能表示的最大二进制数目是 2^n-1 ,而分辨率限制为 $\frac{1}{2^n}$ 。这

样,4比特得到的分辨率是 $1/16$,5比特是 $1/32$,6比特是 $1/64$,7比特是 $1/128$,而8比特是 $1/256$ 。(与此相对比,三位十进制数字最大值为999,而允许的分辨率是 $1/1000$,因为0也是一种可能性。)看来至少要用8比特(即用8比特表示每个取样值),它的分辨率才能满足广播电视的需要。

八、脉冲编码调制和相关技术

当脉冲编码调制用于计算机的相关技术时,可以很好地说明它的效用,然而还没有人提出在电视系统中使用这种技术。如果采用图3表示的那种脉冲编码调制,我们预先知道信号可能是正脉冲也可能是负脉冲,因而计算机相关技术能用在接收部分以确定信号是与正脉冲或与负脉冲相关。在相关检测时,信号与内部产生的基准信号逐个比较,这个检测器的输出反映了输入信号相对于基准信号的近似程度。用计算机总可以使基准信号对当时的输入信号有一个最佳推测。由于随机噪声是没有相关性的(噪声可以比信号大得多),因而采用相关技术时可以消除噪声。

脉冲编码调制和计算机相关检测非常有效地用于空间技术,如绘制金星的雷达图片。虽然发射信号的功率有几千瓦,但返回的信号只有 10^{-6} 瓦量级,而且深深地埋没在噪声之中。然而,PCM信号的计算机相关检测不仅能指明信号的存在而且能从中得到有用的信息。

九、数字电视的局限性和展望

到目前为止我们只谈到了关于数字电视的各个肯定方面。然而,细心的读者一定会问:它的问题是什么?目前,数字电视最大的问题可以概括成两个字:带宽。带宽是上限频率与下限频率之差(经常以兆赫计量)。奈奎斯特取样定理以及为达到足够的分辨率而必须采用8位二进制码的要求使信号频带变得更宽了,这在电视中本来就是令人讨厌的问题。因为普通的彩色电视信号大约有4.5MHz的带宽,而且每个单独的周期都是重要的,因此必须每秒取样 11×10^6 次(与此相对照,在前面所考虑的音频例子中,每秒钟仅仅取样8000次)。由于是用8比特二进制数字来描述每个取样值,因此显然必须每秒处理大约88 Mbit。

为了弄明白这个数的大小,可以认为传输这种信息量相当于在一秒钟内传送十本以

上的圣经(旧约和新约的圣经书)。而且这还是用了理论上可得到的最高效能的编码。要以这样高的速度传送信息,就需要一条特殊的信息通道,这条“管道”的“直径”要比至今为止的各种电视系统中所用的任何“管道”的“直径”都大。而且这还不仅是技术问题,因为无线电频道是有限的,这种信息“管道”侵占了其他用户也要使用的频道。

这种特殊的带宽问题使得目前没有人考虑去广播这样的数据流,而仅在模拟摄像机和发射机之间使用这种数字方式(欧洲广播联盟的成员国想从人造卫星向地面站发射数字化的电视图象,但是仅仅采用密集波束方式和6比特的分辨率)。可是人们还是在继续努力——采用各种可能的方法和以尽可能达到的水平——去满足这样大的带宽要求。

在这样的困难面前,通信工程师为什么能如此乐观地看待数字电视系统的未来呢?因为它们还是要随技术而发展的,将来会不断地研究出来更为有效的编码技术;应用激光和光导纤维技术在原则上可以容许在一根光导纤维上同时传输几千路电视节目;集成电路技术正在飞速发展而成本不断下降。

最后,促使发展数字电视的推动因素一定是存在的,这不仅是在荧光屏上得到更清楚的图象,主要的目的还是将数字信号处理设备用到演播室中。用这样的设备可以很容易实现特技、图象增强和许多其他功能,而且很多功能甚至还可实现自动化。

当然,大家都有兴趣地注视着今后十年数字电视的发展,希望本文能帮助读者了解这些发展情况。

参 考 文 献

- [1] J. R. Pierce, *Symbols, Signals and Noise*, Harper & Row, New York, 1961.
- [2] Henri Busignies, "Communications channels," *Scientific American*, **227**: 99—113, Sept. 1972.
- [3] W. M. Goodall, "Television by pulse code modulation," *Bell Syst. Tech. Jour.*, **30**: 33—49, Jan. 1951.
- [4] A. A. Goldberg, "PCM-encoded NTSC color television subjective tests," *Jour. SMPTE*, **82**: 649—654, Aug. 1973.
- [5] Woodrow W. Everett, Jr., *Topics in Intersystem Electromagnetic Compatibility*, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1972.
- [6] Clyde F. Coombs, Jr., Ed., *Basic Electronic Instrument Handbook*, McGraw-Hill Book Co., New York, 1972.
- [7] Ray Ryan, *Basic Digital Electronics*, Tab Books, Blue Ridge Summit, Pa., 1975.
- [8] Albert Rose, *Vision—Human and Electronics*, Plenum Press, New York, 1973.
- [9] Pierre Mertz, "Long-haul television signal transmission," *Jour. SMPTE*, **75**: 850—855, Sept. 1966.
- [10] C. W. B. Reis, "Tutorial—Anyone for digits?" *The BKSTS Jour.* **57**: 110—115, April 1975.

数字电视基础

F. Davidoff

一、引言

当前,电视广播事业中最主要的改革之一就是采用了数字视频设备。很多美国广播人员在演播室、节目制作室及远距离操纵中都使用了这样的数字设备。一个突出的例子就是数字时基校正器,它使实用的便携式磁带录象能用于广播中,并且使电子新闻采访获得了成功。可以预料,数字视频设备将要更多地应用于广播事业。

在讨论数字电视的基础时,本文重点放在对使用人员有重要意义的那些问题上。本文将说明已被采用的数字设备的特性及其设计和使用上的考虑。应该强调指出:本文所用的数字电视这一名词是指视频信号的数字化。数字技术现在已渗透到电子设备和电子设计的全部领域。在广播设备中的自动系统、遥控、图形产生等方面都使用了数字逻辑部件。而这里所用的数字电视一词不是指这些应用。

二、典型的数字设备

图1表示的是一个典型的数字设备的方框图。这个图可以代表现在广播上实际使用的任意一个数字设备。输入是普通的模拟电视信号,它加到一个模拟-数字转换器上(A/D),将视频信号转换成数字形式。这个方块叫做编码器。

然后,数字化了的信号通过一个数字处理器,这个处理器的功能可以随设计者的希望而定。在时基校正器中,这个方块要以数字形式完成时基校正的功能,对于录象机来说,这个处理器是以数字形式进行记录和重放。

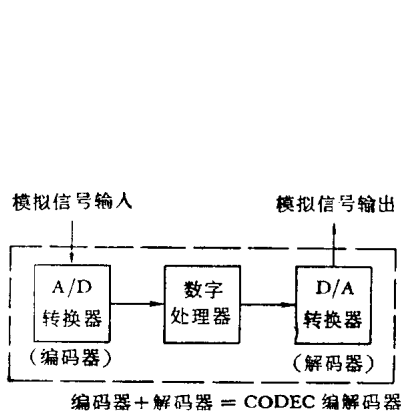


图1 典型的数字设备框图

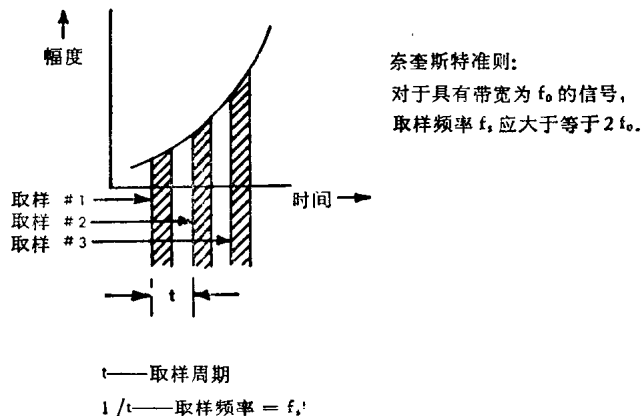


图2 取样模拟信号

处理后的数字信号再加入到数字-模拟转换器(D/A),这个方块叫做解 码器,它使设备的输出再转换成一般的模拟形式。可以把这样一种有模拟输入和输出的数字式的“黑盒子”插到一般的电视系统中,而操作人员不需要知道在它的内部信号是以数字形式进行处理的。

在如图所表示的每一个“黑盒子”中都包括一个编码器和一个解码器。把这两个设备合起来取一个名称叫编解码器(codec),这个词现在是通用的。在广播系统中使用的每一个这样的数字式的“黑盒子”里,信号都要通过一个编解码器。

我们对图 1 中的 A/D 转换器要多讨论一些,因为这里面包含了很多数字电视的基本概念。把一个模拟视频信号数字化所需要的三个步骤都是在 A/D 转换器中完成的。这些步骤是:(1) 取样;(2) 量化;(3) 编码。下面对每一步骤分别进行详细的讨论。

三、取 样

图 2 说明取样过程。输入的模拟信号可以用幅度对时间的关系图来表示。输入信号的幅度被周期性取样,图中表示三个那样的取样。用 t_s 表示取样的时间间隔。由于取样是以重复的间隔进行的,所以取样频率为

$$f_s = \frac{1}{t_s}$$

在数字电视设计的讨论中常常听到一个重要的规则,就是奈奎斯特准则。这个规则说:对于具有带宽为 f_0 的信号,取样频率必须大于或等于 $2f_0$,或是说要以 2 倍的信号带宽进行取样。奈奎斯特准则的意义可以用取样信号的边带来得到很好的说明,如图 3 所示。

图 3(a) 表示具有 f_0 带宽的基带信号的理想频谱。基带信号的取样可等效于幅度调制。这个幅度调制通常展开成上边带和下边带,如图所示。其中每一个的带宽都和基带信号的带宽相等。在如图 3(a) 表示的情况下,取样频率是这个带宽的两倍,每个边带都等于 f_0 ,而且下边带紧靠在基带信号的上面。上边带扩展到 $3f_0$ 。这种理想的频谱说明在基带和下边带之间没有间隔。

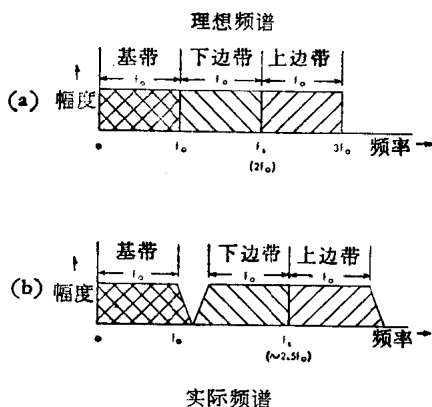


图 3 用边带说明奈奎斯特准则

在实际设备中,用一个滤波器来控制基带信号的带宽。由于实际的滤波器具有有限的衰减特性,下边带和基带信号会有重叠,并引起互相串扰,这种现象称之为混淆失真(aliasing distortion)。因此,实际上取样频率不能用 $2f_0$ 。如图 3(b) 中所表示那样,实际上取样频率大约是 $2.5f_0$ 。这样即使滤波器只具有有限衰减斜率,下边带也不会伸展到基带频谱中去。在很多美国的设备中,这个取样频率选择为 3 倍彩色副载波频率(10.7MHz),这大约是 4.2MHz 带宽的 2.5 倍。

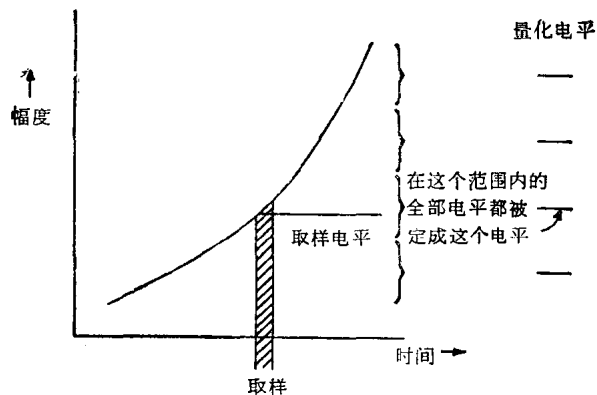


图 4 量化过程

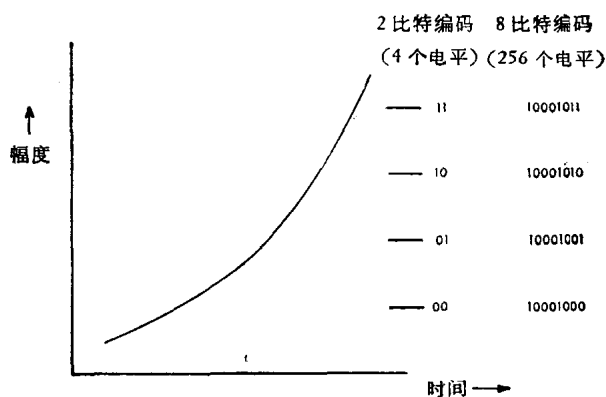


图 5 用二进制数编码

四、量 化

把模拟信号数字化的第二步是量化。图 4 表示模拟信号随时间的变化。信号只由一个取样表示，取样把模拟信号确定为某一个电平值。

量化是将连续变化的模拟信号的全部幅度值转换成一组已选定的数值。换句话说，在某一个幅度范围内的所有的信号(如图中用括号表示的)都被转变成某一特定的量化电平。

在数字设备的设计中要考虑的一个问题是：应该采用多少个不同的量化电平。因为以后要用二进制数将这些量化电平编码，所以通常使量化电平数等于 2 的乘幂。例如，根据不同的研究单位所进行的各种主观测试表明：把电视信号正确地数字化需要 256 个量化电平（等于 2^8 ）^[1,2]。在特殊情况下取其他的电平数目也是可以的。

如果采用的电平数目很少，就会出现两种形式的失真。在电平变化缓慢的区域，图象监视器上明显地出现轮廓失真。信号幅度很轻微的变化就使得这块区域呈现在某一量化电平或下一个量化电平上。而这种幅度上急剧的变化比原来连续的模拟变化要明显得多。（这种类型的失真仅仅只是在量化电平很少时才出现。）

另一种失真是当量化电平数目较少时才变得明显，称做量化噪声。模拟信号的一个

特定的取样转换成一个稍有差别的值,这就意味着在幅度上产生了误差,这种幅度误差是随机产生的,在图象中表现得好象噪声一样。

通常,量化电平是均匀间隔的,但是在特殊应用中也可采用非均匀量化,即量化电平的间隔是按照某种指定的规律变化。

五、编 码

把模拟信号数字化的第三步是编码。图 5 给出了一个示模拟信号,并且为了简单起见,在图右侧仅标了 4 个量化电平。编码就是对每个选定的量化电平给一个二进制码。对于所表示的四个量化电平的情况,用 2 比特编码就可唯一地确定每一个电平。如果图中表示的电平是一般采用的 256 个电平中的一部分,那么对于这四个电平应该用 8 比特编码来表示。

对于取样和量化信号用二进制码表示的过程叫做脉码调制(PCM)。在高效率的数字通信中,有时需要比简单二进制编码复杂得多的编码,而数字系统设计中最为困难的问题之一就是选择合适的编码。

六、典 型 计 算

任何数字电视系统的两个基本参数是取样频率和对每个取样进行编码的比特数。可以从如图 6 表示的典型的码率计算中看出这两种参数的影响。这个例子中所用的取样频率是 $3f_{sc}$ (10.7MHz), 每个取样 8 比特。如果数字化的信号是以串行的方式在单一的导线上传输,那么,码率将是 $10.7 \times 8 = 85.6 \text{ Mbit/s}$ (兆比特/秒)。

取样频率=10.7MHz
每取样比特数=8bit
串行比特率=10.7×8=85.6Mbit/s
包括奇偶检验码和管理码的实际码率约为 100Mbit/s
带宽≅50MHz
实际的并行比特率≅12Mbit/s
带宽≅6MHz

图 6 典型码率计算

此外在基本码组上还要加上一些附加的码,如用于误差检测的奇偶码以及管理码等。按照经验估算,对于 525 行/60 场的 NTSC 彩色电视制度,总的码率是 100 Mbit/s。如果假设码流是一些“0”和“1”交替的码,那么相应的频率是 50MHz。从这样的计算可以看到:串行的数字信号的带宽比模拟信号的带宽要大得多。

正如前面已谈到过的,在各个“黑盒子”设备中,8 比特中的每一个比特都是由单独导

线传送的,所以,在并行传送方式下,所需的码率大约是12Mbit/s,其相应的带宽约为 6MHz.

七、设备统计

由于各种原因,数字设备的制造商们对于取样频率和比特数都有不同的选择. 在1976年3月美国广播工作者协会(NAB)会议上对数字设备的调查表明: 在展出的12种数字时基校正器中,取样频率为 $3f_{sc}$ 的有9种,取样频率为 $4f_{sc}$ 的有3种. 有10种设备采用每取样8比特;有一种是采用每取样6比特;还有另外一种采用每取样9比特. 欧洲广播联盟对625行/50场电视制度的数字设备也进行了类似的调查,其结果也说明数字参数也有各种不同的选择.

根据这些调查可以得到以下三点结论:

a. 数字设备的使用者应该知道要从正反两方面来考虑不同的参数值,从而确定在其应用中这些参数值的意义.

b. 对于数字视频设备需要确定工业标准.

c. 现代数字设备具有某些共同的特性,使它们适合于广播工作的需要.

下面对这三点作更进一步的讨论.

(一) 数字参数的选择

商用数字设备开始是采用 $3f_{sc}$ 的取样频率,这个频率的选择是满足奈奎斯特准则的. 可是对很多应用来说不允许把码率定的过高. 现在已提出了对于采用更低些或更高些的频率的论证. 对于那些需要使带宽保持最小值的设备来说,采取较低的取样频率是很重要的,如数字信号的传输以及在磁带或其他介质上的数字记录等. 但是对于通用的“黑盒子”数字设备来说,这些理由是不恰当的,而且也不选用低的取样频率.(用所谓准奈奎斯特取样技术是可以选用较低的取样频率的,这点将在后面讨论.)

由于各种原因,某些工程人员赞成选用较高的取样频率,如 $4f_{sc}$. 较高的取样频率可以降低对数字设备中滤波器的要求,可以提供较好的频率响应并且容易进行数字信号的处理. 因为通常“黑盒子”设备中都是并行码,并且是容易对所增加的带宽进行处理的,所以认为码率的增加是不重要的. 在设计具有较高取样频率的A/D转换器时可以通过采用现代设计技术使困难减到最小.

已经做了许多这样的实验:使视频信号通过一个编解码器,同时改变每取样比特数,并在图象监视器上进行观察. 对于每取样6、7或8个比特的图象,要指出它们的区别通常是困难的. 这是因为彩色副载波在图象上的作用类似于颤抖信号,通常认为它和增加一个比特具有同样效果的. 颤抖信号是一个特殊的信号,它的频率是取样频率的一半,幅度是两个量化电平之差的一半. 当颤抖信号叠加在模拟图象信号上时,它会使这个信号在相邻的量化电平之间摆动,从而可以起到减小量化噪声的作用.

如果在一个模拟系统中只有唯一的一个数字设备时,7比特的编码就足够了. 然而为了使多级串联的编解码器或“黑盒子”数字设备的影响最小,几乎所有的设计人员都是采用8比特编码.