

★ 图解电子技术要诀丛书

TUJIE DIANZIJISHU

YAOJUE CONGSHU

刘修文 编著

图解

数字电视技术要诀



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

▶ 图解电子技术要诀丛书

图解

数字电视技术要诀

刘修文 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

◎ 内 容 提 要

本书以口诀、说明和图解的形式向广大读者介绍数字电视传输与接收技术。全书内容共八章：第一章数字电视基础知识；第二章数字电视信源编码技术；第三章视频、音频编码国际标准；第四章数字电视信道编码与调制技术；第五章数字电视传输方案与标准；第六章数字电视有线传输网络技术；第七章数字交互式电视与IP电视技术；第八章数字电视接收技术。同时书中还对网络电视、流媒体技术做了相应的介绍。

本书是一本通俗、新颖、实用的科普读物，适合零起点的广播电视与通信从业人员、卫视发烧友、电子技术爱好者、中小學生及广大青少年阅读，也可作为电子技校、职业学校、中等专业学校的电子技术基础教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

图解数字电视技术要诀/刘修文编著. —北京：中国电力出版社，2006

(图解电子技术要诀丛书)

ISBN 7-5083-4256-9

I. 图... II. 刘... III. 数字电视—图解
IV. TN949.197-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 048896 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 10 月第一版 2006 年 10 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 7.75 印张 316 千字

印数 0001—4000 册 定价 15.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

电子技术是研究电子器件、电子电路及其应用的科学技术。电子技术现已日益渗透到人们生产生活的各个领域,广大电子爱好者迫切需要一套学习电子技术的入门丛书。如何引导广大青少年及电子爱好者轻松跨入电子技术世界,是众多科普工作者都十分关心和考虑的问题,也是作者多年的心愿。学习电子技术首先必须学会电子元器件的识别与检测;其次要从基本电路起步,学会识图、读图、绘图,学会分析基本电路工作原理;并做到边学边用,学用结合,动手制作,动手维修。作者曾组装过半导体与电子管收音机,维修过家用电器及广播电视设备,曾为初学者举办过各种类型培训班,他根据自己的亲身体验和多年从事各种培训班的教学经验,参考有关资料编写了这套初学者的入门读物——《图解电子技术要诀丛书》。

本丛书在编写时,力求将科学性、新颖性、实用性与通俗性融为一体,在内容选择上既有电子技术基础知识,又有专业电子技术。在写作上坚持以读者为本,采用人性化写作,将要诀与图文相结合,要诀与图文同页,把电子知识或电子技术编写成要诀形式,琅琅上口,易懂好记。

本丛书第一次出版了《图解电子元器件检测和选用要诀》、《图解电子电路要诀》、《图解电子电器维修技术要诀》、《图解电子制作技术要诀》、《图解影音技术要诀》、《图解有线电视技术要诀》、《图解无线电技术要诀》、《图解单片机应用技术要诀》和《图解数字电视技术要诀》九本。根据读者的需要,今后还将陆续出版。

本丛书适合零起点的电子技术爱好者、中小学生及广大青少年阅读,也可作为职业学校相应专业及业余技术培训班的教材,还可供广大电工、电器维修人员参考。

我们衷心希望广大电子科学技术工作者、专家、学者和电子技术爱好者,对这套丛书提出宝贵的意见和建议。

为适应我国电子技术的迅速发展和广大初级电子技术爱好者的需要,中国电力出版社最新出版了一套图解电子技术要诀丛书,《图解数字电视技术要诀》是该丛书之一。

数字电视是指包括节目摄制、编辑、发送、传输、存储、接收和显示等环节,全部采用数字处理的全新电视系统,它是继黑白电视和彩色电视之后的第三代电视。数字电视涉及到通信、计算机、网络工程、多媒体、流媒体和数据库等技术,内容涵盖着 HDTV、SDTV、交互式电视与数据广播。

据国家有关部门推出的我国有线电视向数字化过渡时间表显示:2005 年为数字电视发展元年;2006 年开展地面数字电视广播试验和开展卫星直播电视业务;2008 年将全面推广地面数字广播;2010 年县以上城市的有线电视基本完成向数字化过渡;2015 年关闭模拟电视播出。

随着数字电视技术的发展,为满足广播电视与通信从业人员及广大电子爱好者在新形势下学习数字电视技术的需求,作者采用人性化写作,尝试把数字电视技术编写成要诀形式,将要诀与图文相结合,要诀与图文同页,使读者通过念口诀来掌握数字电视技术。琅琅上口,易懂好记是本书的特点。

全书内容共八章:第一章数字电视基础知识;第二章数字电视信源编码技术;第三章视频、音频编码国际标准;第四章数字电视信道编码与调制技术;第五章数字电视传输方案与标准;第六章数字电视有线传输网络技术;第七章数字交互式电视与 IP 电视技术;第八章数字电视接收技术。

本书在编写过程中,为及时掌握国内数字电视技术的发展动态,作者查阅了近期出版的数字电视技术书刊,在此谨向参考文献的作者及出版者表示诚挚的谢意!

本丛书适合零起点的有线电视从业人员、卫视发烧友、电子技术爱好者、中小學生及广大青少年阅读,也可作为职业学校相应专业及业余技术培训班的教材,还可供广大电工、电器维修人员参考。

由于作者水平有限,在本书介绍的数字电视技术难免有错误及不妥之处,恳请专家和广大读者不吝赐教。

电子邮箱: hnyxkw@126.com

编著者

2006 年 4 月

丛书特色 本书采用图解和要诀相结合的形式, 将要诀与图文相结合, 要诀与图文同页, 使读者通过念口诀来掌握电子技术, 具有琅琅上口, 易懂好记的特点。

读者对象 本书是一套通俗、新颖、实用的科普读物, 适合零起点的电子技术爱好者、电子产品的生产技术人员、维修人员、应用人员阅读, 可作为电子技校、职业学校、中等专业学校的电子技术基础教材, 也可作为广大电子爱好者的学习参考书。

内容简介 本书共 9 本, 为满足广大电子技术初学者的入门需要, 本书作者结合亲身体验和多年从事各种培训班的教学经验, 参考有关资料编写了本丛书。

《图解电子元器件的检测与选用要诀》 定价: 12.00

电子产品中常用的电子元器件基本知识、主要技术指标及性能、技术参数及元器件质量的测试方法。

《图解数字电视技术要诀》 定价: 12.00

数字电视基础知识, 及编辑、发送、传输、存储、接收、显示等环节的实用技术。

《图解有线电视技术要诀》 定价: 12.00

有线电视基础知识、安装调试、设备维护及数字电视和宽带网络等技术问题。

《图解单片机应用技术要诀》 定价: 12.00

单片机硬件结构、工作原理、指令系统, 重点介绍程序设计方法、系统扩展、接口电路与应用系统设计。

《图解无线电技术要诀》 定价: 12.00

无线电基础知识、发送与接收技术、广播电视与通信设备以及数字广播电视新技术和无线电遥控实例。

《图解影音技术要诀》 定价: 15.00

音箱、影碟机与家庭影院等设备的电路、使用与制作。

《图解电子电路要诀》

定价: 12.00
模拟电路和数字电路的基本知识和原理。

《图解电子电器维修技术要诀》 定价: 13.00

电子元器件的检测与修理、电子电器的维修与调试, 维修常用仪器仪表。

《图解电子制作技术要诀》 定价: 11.00

电子元器件的选用、代用、制作与安装, 印制电路板的设计与制作, 手工焊接技术、电子产品的调试及 19 个作品的制作方法。

丛书前言

前言

第一章 数字电视基础知识 1

1.1 从模拟电视到数字电视 1

1.1.1 模拟信号与数字信号 1

1.1.2 模拟信号数字化 2

1.1.3 音频信号数字化 4

1.1.4 视频信号数字化 6

1.1.5 数字电视信号编码方式 7

1.1.6 数字电视优点 8

1.2 数字电视的有关概念 10

1.2.1 数字电视 10

1.2.2 高清晰度电视 11

1.2.3 数字电视的有关参数 13

1.2.4 数字电视的图像格式 15

1.3 数字电视广播系统 17

1.3.1 数字电视广播系统的组成 17

1.3.2 数字电视系统功能层次结构 19

1.3.3 数字电视前端的组成 21

1.4 数据与数据通信 22

1.4.1 数据的概念 22

1.4.2 数据通信系统的组成 24

1.4.3 数据传输模式 26

1.4.4 数据通信媒体 27

第二章 数字电视信源编码技术 30

2.1 视频压缩编码基本原理 30

2.1.1 视频压缩编码的必要性 30

2.1.2	利用空间冗余度进行压缩编码	31
2.1.3	利用时间冗余度进行压缩编码	32
2.1.4	利用视觉冗余度进行压缩编码	33
2.1.5	利用统计冗余度进行压缩编码	34
2.2	视频压缩常用编码技术	35
2.2.1	预测编码	35
2.2.2	变换编码	36
2.2.3	统计编码(熵编码)	38
2.2.4	具有运动补偿的帧间预测编码	39
2.3	音频压缩编码基本原理	41
2.3.1	人耳听觉范围	41
2.3.2	听觉等响特性	43
2.3.3	听觉阈值特性	44
2.3.4	听觉掩蔽特性	45
2.3.5	音频压缩基本原理	46
2.4	音频压缩常用编码技术	47
2.4.1	MUSICAM 音频编码	47
2.4.2	AAC 音频编码	49
2.4.3	AC—3 音频编码	50
第三章 视频、音频编码国际标准		52

3.1	视频编码国际标准	52
3.1.1	JPEG 标准	52
3.1.2	JPEG2000 标准	53
3.1.3	H.261 标准	54
3.1.4	H.263 标准	57
3.1.5	H.264 标准	59
3.1.6	MPEG—1 标准	61
3.1.7	MPEG—2 标准	66
3.1.8	MPEG—4 标准	69
3.1.9	AVS 标准	72
3.2	音频编码国际标准	77
3.2.1	MPEG—1 音频标准	77
3.2.2	MPEG—2 音频标准	80

3.2.3 MPEG—4 音频标准	83
第四章 数字电视信道编码与调制技术	84
4.1 数字电视信道编码技术	84
4.1.1 信道编码概述	84
4.1.2 能量扩散	86
4.1.3 RS 编码	88
4.1.4 数据交织	89
4.1.5 卷积编码	91
4.2 数字电视调制技术	95
4.2.1 二进制数字调制基本方式	95
4.2.2 正交幅度调制 (QAM)	97
4.2.3 四相相移键控 (QPSK)	99
4.2.4 残留边带调制 (VSB)	101
4.2.5 正交频分复用调制 (OFDM)	103
第五章 数字电视传输方案与标准	105
5.1 数字电视传输方案	105
5.1.1 数字电视地面广播	105
5.1.2 数字电视卫星广播	106
5.1.3 数字电视有线广播	107
5.2 数字电视传输国际标准	109
5.2.1 美国 ATSC 标准	109
5.2.2 欧洲 DVB 标准	110
5.2.3 日本 ISDB—T 标准	112
5.3 中国数字电视传输标准	113
5.3.1 清华大学 DMB—T 方案	113
5.3.2 上海交大 ADTB—T 方案	115
5.3.3 广播科学研究院 CDTB—T 方案	117
第六章 数字电视有线传输网络技术	119
6.1 数据通信网的拓扑结构	119
6.1.1 星型结构	119
6.1.2 总线型结构	120

6.1.3	环型结构	121
6.1.4	网状结构与树状结构	122
6.1.5	网络体系结构标准化	123
6.2	数字电视宽带传输网	126
6.2.1	综合业务数字网	126
6.2.2	城域网广播信道结构	127
6.2.3	城域网交互信道结构	128
6.2.4	小型城域网两种信道合一结构	129
6.2.5	HFC 双向宽带网	130
6.2.6	网络协议	131
6.3	数字电视干线传输技术	133
6.3.1	SDH 技术	133
6.3.2	IP 技术	138
6.3.3	密集波分复用技术	140
6.4	宽带交换技术	141
6.4.1	数据交换概念	141
6.4.2	三种交换方式	142
6.4.3	ATM 交换技术	144
6.5	宽带接入技术	146
6.5.1	以太网接入的网络结构	146
6.5.2	单向 HFC 加以以太网接入的结构	148
6.5.3	无源光网络的结构	149
6.5.4	有源光网络的结构	150
6.5.5	ADSL 接入的结构	151
6.5.6	多址接入方式	152

第七章 数字交互式电视与 IP 电视技术

7.1	数字交互式电视	154
7.1.1	数字电视技术发展标志	154
7.1.2	交互式电视的主要实现形式	155
7.1.3	交互式电视系统的组成	157
7.1.4	交互式电视的体系结构	159
7.1.5	中央电视台交互式电视广播系统	161
7.2	视频点播与视频服务器	163

7.2.1	视频点播系统的组成	163
7.2.2	视频服务器的功能	165
7.2.3	通用主机类型视频服务器	166
7.2.4	紧耦合多处理机类型视频服务器	167
7.2.5	多线程类型视频服务器	168
7.2.6	视频服务器数据存储结构	170
7.3	流媒体技术	172
7.3.1	流媒体基本概念	172
7.3.2	流媒体的系统结构	173
7.3.3	流媒体缓存技术	175
7.3.4	流媒体播放方式	176
7.3.5	流媒体传输与控制协议	179
7.3.6	流媒体的传输过程	181
7.4	IPTV (网络电视)	182
7.4.1	IPTV 概念	182
7.4.2	IPTV 与数字电视比较	183
7.4.3	IPTV 系统组成	185
7.4.4	IPTV 的技术结构	187
7.4.5	数字版权管理 (DRM)	189
7.4.6	内容分发网络 (CDN)	191
第八章 数字电视接收技术		192
8.1	数字电视机顶盒	192
8.1.1	数字电视机顶盒的功能	192
8.1.2	数字电视机顶盒的硬件结构	193
8.1.3	数字电视机顶盒的软件结构	195
8.1.4	卫星数字电视接收机的组成	197
8.1.5	卫星机顶盒一体化调谐解调器	199
8.1.6	有线数字电视机顶盒的组成	200
8.1.7	有线交互式数字电视机顶盒的组成	202
8.1.8	有线数字机顶盒一体化调谐解调器	204
8.1.9	单片式解复用与解码芯片	206
8.2	有条件接收	210
8.2.1	有条件接收系统的组成	210
8.2.2	有条件接收系统的工作原理	212

8.2.3 同密与多密技术	214
8.2.4 DVB 条件接收系统的公共接口	216
8.2.5 条件接收系统的机卡分离	218
8.3 数字电视接收机	220
8.3.1 地面数字电视接收机	220
8.3.2 HDTV 接收技术	222
8.3.3 等离子彩色电视接收机	224
8.3.4 液晶彩色电视接收机	226
8.3.5 背投彩色电视接收机	227
附录 数字电视常用缩略语中英文对照	229
参考文献	235

1.1 从模拟电视到数字电视

1.1.1 模拟信号与数字信号

模拟、数字不相同，连续、离散来分明，
模拟信号为连续，数信具有离散性。

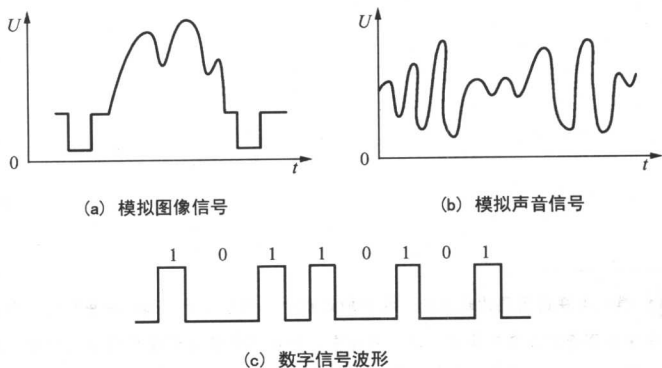


说明 任何信息的表示形式可分为两大类，这就是模拟信号和数字信号。

模拟信号的特点表现为连续性。在时间轴上是连续的，即每个时刻都存在一个信号幅值与之相对应（当然包括零幅值）；在幅度轴上也是连续的，即信号幅值在其动态范围（最小值到最大值的变化范围）之内的每个幅度水平上都可能存在。以电压模拟信号为例，图（a）为电视亮度电压模拟信号，图（b）所示为声音电压模拟信号。图中所示波形是用电压幅值的变化来模拟声音的强弱和景物的明暗。

数字信号包括数字视音频信号和数据。数字信号的特点则表现为离散性。在时间轴上是离散的，即单位时间内只存在着有限个样值；在幅度轴上也是离散的，即每个幅度只存在有限个量化级。数字信号通常是用一组脉冲序列来代表，例如，图（c）所示的脉冲序列可以代表数字信号 10110101，有脉冲的位为“1”，无脉冲的位为“0”。任何要传输的信息，经数字化的信号，统称为数字信号。

声音和图像信号原本是模拟的。人类的讲话、动物发出的声音以及自然界里的各种可以听见的声音都是模拟的，经过话筒收入转变成的音频电信号也是模拟的电信号。在电视图像系统中，光电转换器件首先将自然光图像转换为相应的电信号也是模拟的。

图解

1.1.2 模拟信号数字化

模拟信号数字化，取样、量化加编码，
时取幅值模变数，数字电平二进制。

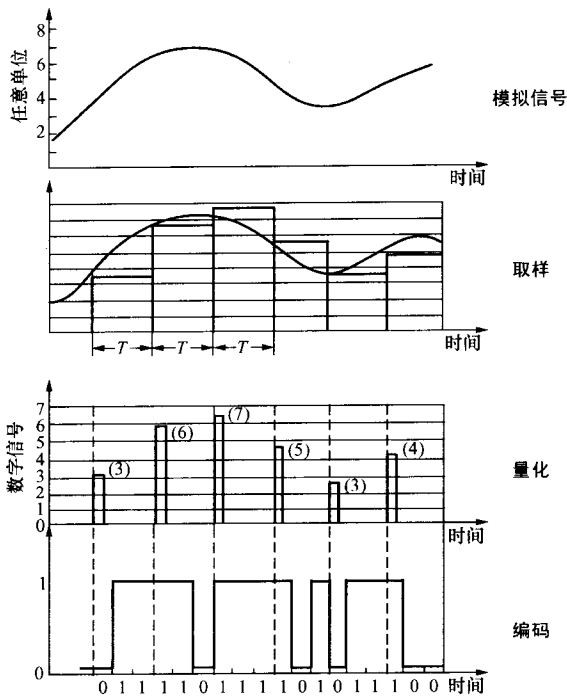


说明 模拟信号数字化需要经过取样、量化、编码三个步骤，形成二进制数字信号，这三个步骤总称为脉冲编码调制（PCM）。

①取样。取样是在时间上将模拟信号离散化。其方法是采用脉冲幅度调制，即用模拟信号对一串等幅脉冲进行幅度调制，将模拟信号变成幅度与其相似的一系列脉冲，两脉冲的间隔称为取样时间间隔 T_s ，脉冲的重复频率称为取样频率。为了保证取样精度，通常取样脉冲宽度 τ 应远小于取样间隔 T_s ，取样频率应大于或等于 2 倍模拟信号的最高频率，这就是通常所说的取样定理（即奈奎斯特定理）。②量化。量化是在幅度上将模拟信号变为离散值的数字信号，通常将一组连续的幅度值四舍五入转化为一组有限的量化电平。量化电平一般用一个二进制来表示。由于量化时把某一幅值范围的信号都用某一中间电平表示，显然量化输出电平与原取样值存在误差，这个误差电压会在接收端恢复图像的画面上出现颗粒状的细斑，称为颗粒噪声或量化噪声。量化噪声是量化过程中带来的，但量化分级越密，即量化比特数越高，量化误差越小，恢复图像的信噪比越高。③编码。将模拟信号数字化的第三步是编码。经过取样、量化后，模拟信号已经变成了离散的脉冲序列，但量化输出的信号是用十进制表示的离散量化电平，为了发挥数字通信的优点，必须将要传输十进制量化电平转换成二进制量化电平，即用 n 比特二进制码表示已经量化电平值。例如，一个二进制码“110”，是 3 比特的二进制码，代表十进制量化电平 6。

MEMO 模拟电视最明显的缺点是，在传输过程中，图像质量的损伤是积累的，即信号的非线性积累使图像对比度产生越来越大的畸变，长距离传输后图像的信噪比下降，图像清晰度越来越低，相位失真的累积使图像产生彩色失真、镶边和重影。模拟电视容易产生亮、色信号互串，行蠕动，半帧频闪烁等现象。模拟电视还有稳定度差、可靠性低、调整不便、集成与自动控制困难等缺点。

图解



模拟信号数字化的过程

1.1.3 音频信号数字化

音频信号数字化，三个指标鉴别它，
取样、量化、声道数，传输还需压缩码。



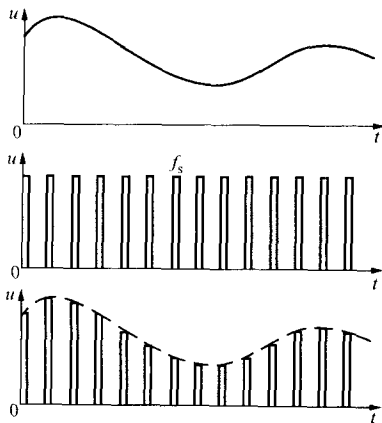
说明 人耳能听到频率在 20Hz~20kHz 之间的声波，这种声波称为音频信号。对模拟音频信号进行数字化可得到数字声音波形，衡量数字声音波形的质量即衡量数字音频信号的质量可以用以下三个指标来鉴别。

(1) 取样频率。为把来自声音的模拟信号变成数字信号，首先要对音频信号进行取样，取样的作用是把时间上连续的信号即模拟音频信号变成时间上不连续的信号即数字信号，这个过程就实现了从模拟到数字的转换，即 A/D 转换。A/D 转换是将声音波形信号用周期性的脉冲取样，即可得到一系列等间隔的高度等于取样瞬间原声音波形信号幅值的脉冲串，如下图所示。

确定时间间隔内所采集的脉冲串数称为取样频率，又称取样速率。取样频率越高，即时间间隔划分越小，单位时间内获取的声音脉冲串数越多，数字化后的音频信号的音质就越好，但同时所需要的存储量也就越大。目前声卡所用的取样频率从 4~44.1kHz，基本能包容音频的范围。

(2) 量化位数。在模数转换过程中，人们还需要用某种数字化的方法来反映某一瞬间声波幅度的电压值的大小，这个电压值的大小影响音箱喇叭的音量的高低。通常把对声音波形幅度的数字化表称为“量化”。量化的过程是先将取样后的信号按整个声波的幅度划分成有限个区段的集合，将落入某个区段内的样值归为一类，并赋予相同的量化值。人们采用二进制的方式分割取样信号的幅度，以 8 位 (bit) 或 16 位 (bit) 的方式来划分声波幅度的大小，即一个 8bit 为记录模式的音效中，其幅度将会被划分为 $2^8 = 256$ 个量化级，而一个以 16bit 为取样模式的音效中，将以 $2^{16} = 65536$ 个量化级来反映声波幅度的大小。显然，量化级愈多，反映的声波幅度值愈精确。

图解



模拟信号脉冲取样

通常把量化时采用的二进制位数（8 位或 16 位）称为量化位数（比特数），量化位数的多少决定了取样值的精度，因此，量化位数又称为取样精度、取样分辨率或量化分辨率。在相同的取样频率之下，量化分辨率愈高，声音效果愈好。对一个取样而言，使用的比特数越多，则得到的数字波形与原来的模拟波形越接近，同时需存储的信息量也越多，数字音频的音质也就越好。

（3）声道数。声道数是指一次取样所记录产生的声音波形的个数。如果是单声道，则只产生一个声音波形，而双声道立体声产生两个声音波形。立体声不仅音色与音质比单声道好，而且更能反映人们的听觉效果。但随着声道数的增加，将使所耗用的存储容量成倍增长。

数字化的声音文件在没压缩的情况下一般都很大，对于音频来说，不压缩的原始数据量也是很大的：人正常说话的频率在 20Hz~3.4kHz 之间，带宽为 4kHz，按照取样规律，数字化精度为 8 位，则 1s 讲话的数据量为 64kbit；数字化精度为 16 位时则需 128kbit/s。这样算来，10min 演说的数据量，按照数字化精度 8 位计算，则需要 4800kbit/s，这个数据量在记录较长时间的音频时也是很大的。因此，传输或存储数字音频信号一般采用压缩编码。

图解

三类声音信号基本参数

类 别	频率范围 (Hz)	取样频率 (kHz)	量化精度 (bit)	PCM 码率 (kbit/s)
电话语音	300 ~ 3400	8	8	64
宽带语音	50 ~ 7000	16	14	224
宽带音频	10 ~ 20000	48	16	768
双声道立体声	10 ~ 20000	48	16	1536

MEMO 声音是人类传播信息的主要媒体，是人们用来交流感情最方便、最熟悉的方式之一。

声音主要有以下几种类型：①波形声音：从声音是振动波的角度来说，波形声音实际上已经包含了所有的声音形式。它可以成为理解声音的最一般形态，就好像可以把各种类型图像都理解成点阵位图一样。②语音：人的说话声不仅是一种波形声音，更重要的是它还包含有丰富的语言内涵。它可以经过抽象，提取其特定的成分，达到对其意义的理解，所以常把它作为一种特殊的媒体。③音乐：音乐与语音相比形式更为规范些，事实上音乐就是符号化了的的声音，也就是人们所说的乐曲。乐谱就是乐曲的规范表达形式。

测量和描述一个随时间连续变化的模拟音频信号的指标主要有振幅、周期（频率）和相位等物理量。从人耳的听觉特性而言，声音信号的基本特征主要表现在音强、音调 and 音色等几个方面，而正常人的听觉范围是 20~20000Hz。不同声源发出的声音均有一定的频率范围。不同的使用条件和听音环境对重放声音信号的频率宽度要求也不一样，即声音的质量与其频率范围有密切关系。一般来说，对声音质量要求越高，其频带宽度要求也越宽。