

数字媒体给我们带来了什么

引言

什么是数字媒体

主讲：王朔中

2012年9月

数字媒体



CG:
计算机
图形



动画



图像

视频



Remarks By U.S. President Bush At Tsinghua University

Feb 22, 2002

I'm so grateful for the hospitality, and honored for the reception at one of China's, and the world's great universities.

I know how important this place is to your Vice President. He not only received his degree here, but more importantly, he met his gracious wife here.

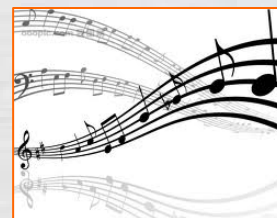
I want to thank the students for giving me the chance to meet with you, the chance to talk a little bit about my country and answer some of your questions.

The standard and reputation of this university are known around the world, and I know what an achievement it is to be here. So, congratulations. I don't know if you know this or not, but my wife and I have two daughters who are in college, just like you. One goes to the University of Texas. One goes to Yale. They're twins. And we are proud of our daughters, just like I'm sure your parents are proud of you.

My visit to China comes on an important anniversary, as the Vice President mentioned. Thirty years ago this week, an American President arrived in China on a trip designed to end decades of estrangements and confront centuries of suspicion. President Richard Nixon showed the world that two vastly different

文本

音乐

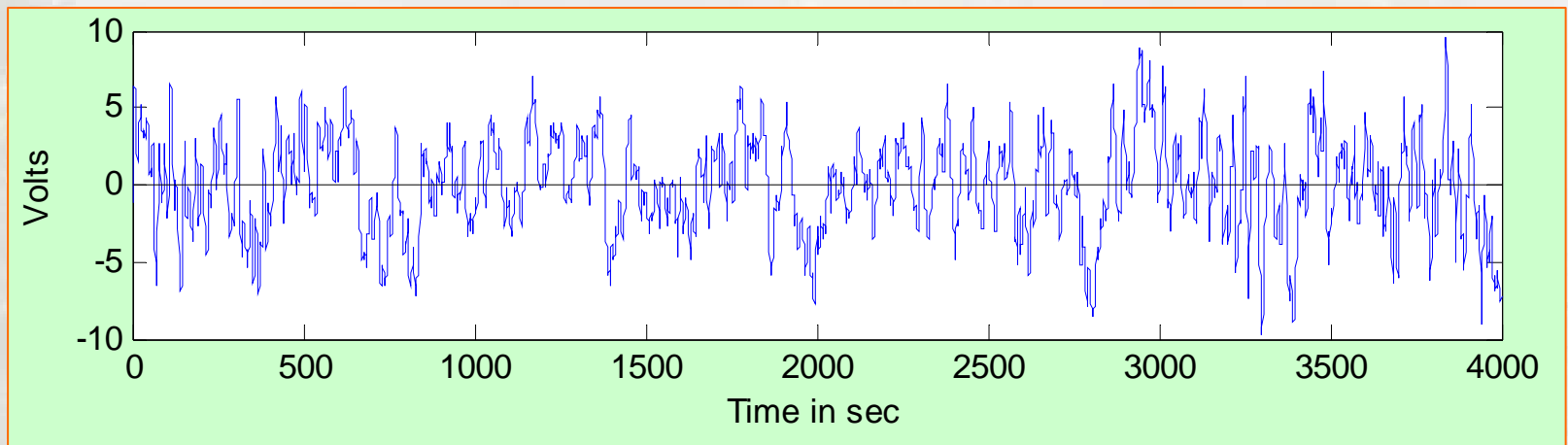


模拟信号 – Analog Signal

✿ 自然界的信号，或者用物理方法产生的信号：

- 如随时间连续变化的温度、压力、声、光、电，它们的取值也连续，称为**模拟信号**
- 信息的特征量可在**任意瞬间**取规定范围的**任意数值**

✿ 模拟信号可用模拟电路进行运算如放大、相加、相减等



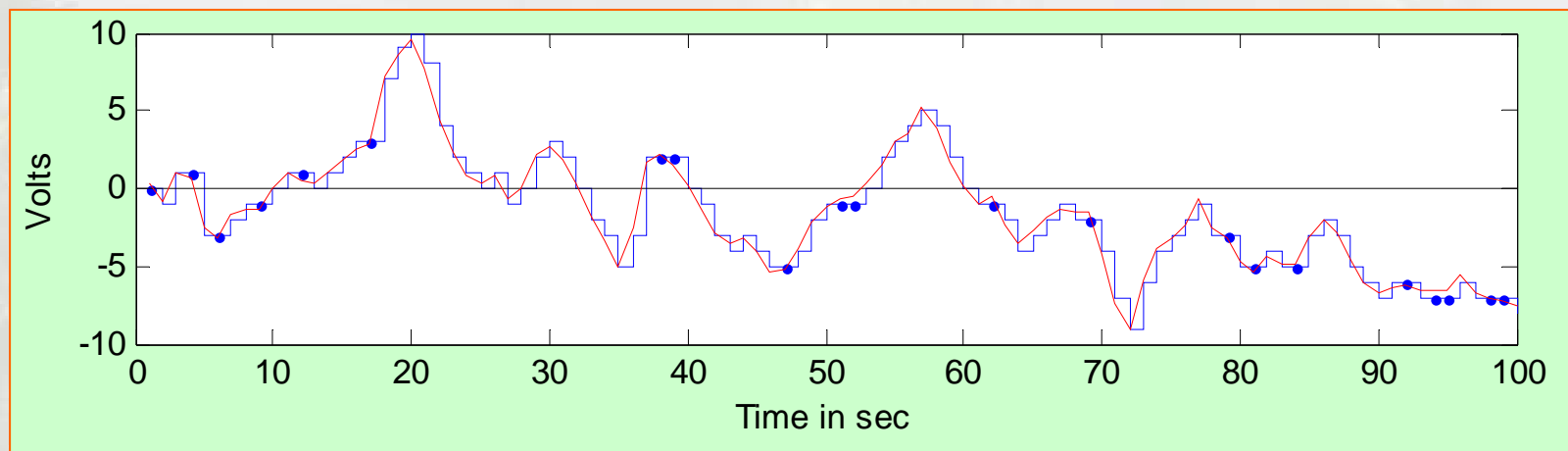
什么是数字信号 – Digital Signal

✿ 用计算机处理这些信号，必须将它们**数字化**：

– 在时间上按一定间隔抽取信号的样本：**采样**

– 对于样本的取值按一定间距进行舍入：**量化**

✿ 以二进制数表示量化的样本值，得到用**0**和**1**表示的序列，
这就是能在计算机中存储和运算的**数字信号**



二进制

- 生活中熟悉的数字是十进制的，用0~9这十个数表示
- 计算机和一切数字处理系统只能直接处理二进制数

0	0000	8	1000
1	0001	9	1001
2	0010	10	1010
3	0011	11	1011
4	0100	12	1100
5	0101	13	1101
6	0110	14	1110
7	0111	15	1111

数字媒体：从制作到输出



计算机和
通信网络



A/D：模拟→
数字转换

0010110...

处 理	编 码	传 输	解 码
--------	--------	--------	--------

0010110...

D/A：数字→
模拟转换



无论何种媒体信号，在计算机处理和传输中都以数字形态出现 — AD

人的感官只接受模拟信号，输出端必须进行数字到模拟的转换 — DA



数字媒体给我们带来了什么

第一讲

数字音频和MP3

主讲：王朔中

2012年2月



声波和声音

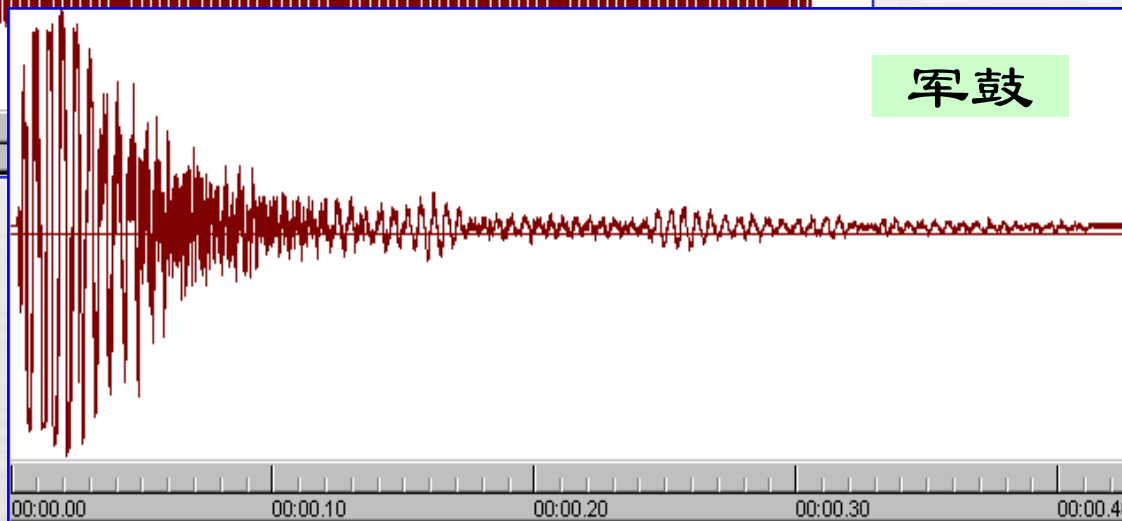
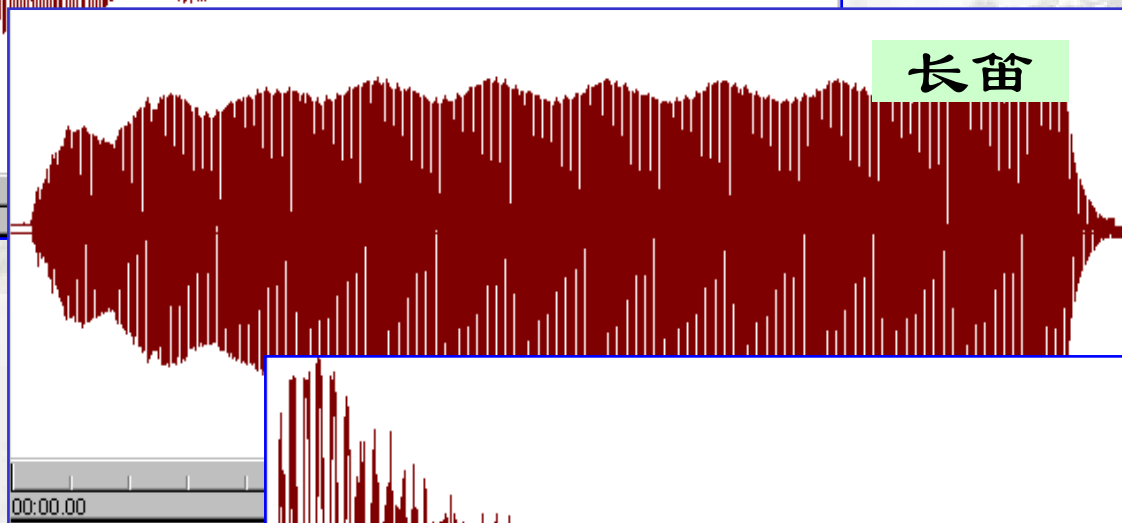
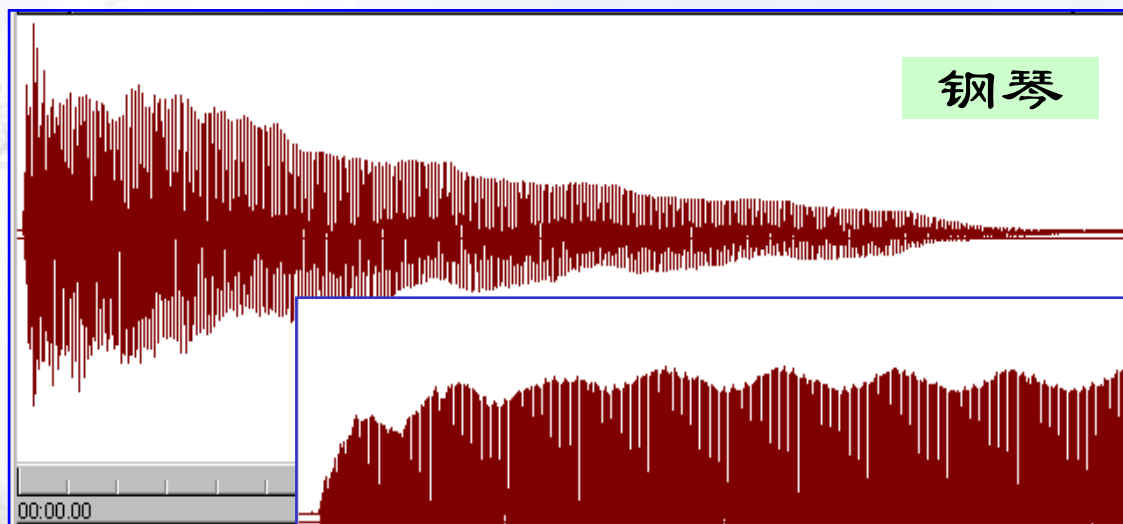
声音由振动产生

- 声带
- 乐器的弦、簧、膜，管中的空气等
- 喇叭和耳机的振动元件

声音以波的形式在介质（空气、水、固体）中传播



声波波形举例



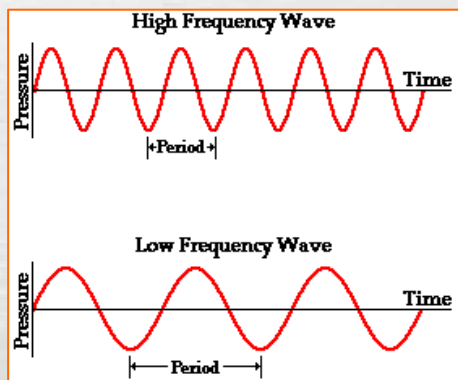
频率和音高

❁ 人耳能听到的声音：频率在20Hz~20,000Hz之间

- 频率 (frequency)：每秒的振动次数 (Hz, 赫兹)
- 音高 (pitch)：人耳感觉的音调高低

❁ 频率和音调高低的关系

- 每相隔八度音 (octave)，频率相差一倍
- 100Hz和150Hz的听觉差别与400Hz和600Hz的差别一样



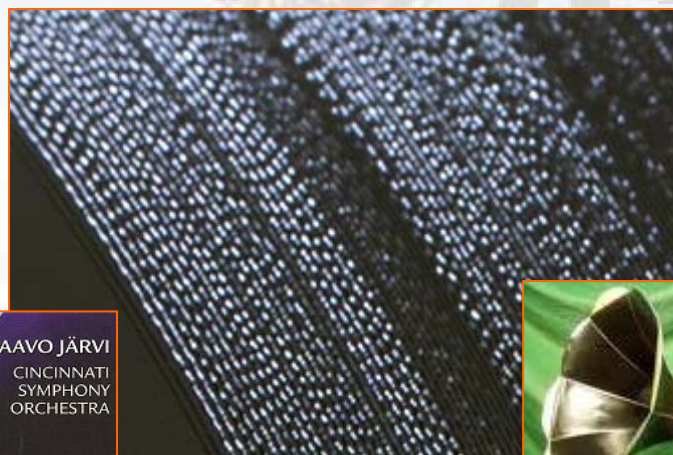
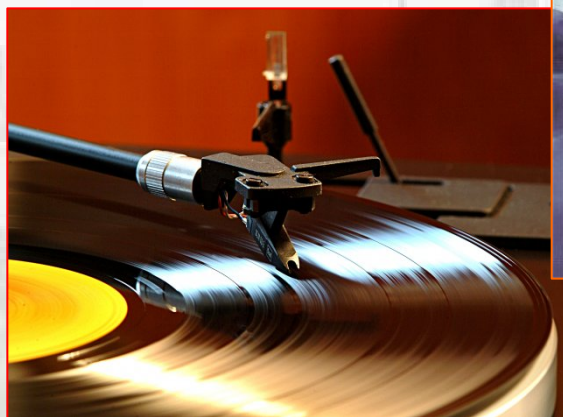
Adeste Fideles

Latin 18th Century JOHN F. WADE

The musical score is written in 4/4 time with a key signature of one sharp (F#). The lyrics are: A - des - te, fi - del - es, Lae - ti trium - phan - tes, Ven - Can - tet nunc hym - nos Cho - rus ang - el - or - um; Can - Er - go qui na - tus di - e ho - di - er - na le -

记录音乐的模拟技术

唱片：记录声音的传统技术
局部放大图：用刻槽的形状记录连续变化的声音



盒式磁带录音机



模拟音频的特点

✿ 信号的产生、处理、回放过程

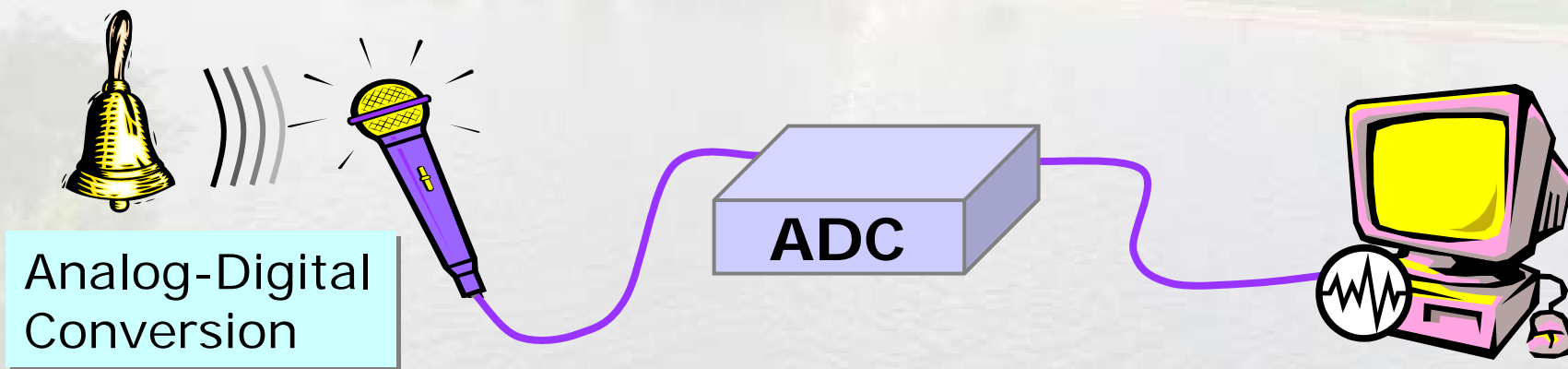
- 通过声 - 电转换得到接近于自然声音波形的电信号
- 用模拟技术处理电信号 (放大、记录、传输...)
- 驱动扬声器或耳机实现电 - 声转换, 回放声音

✿ 用唱片、磁带等载体记录和保存声信号的缺点

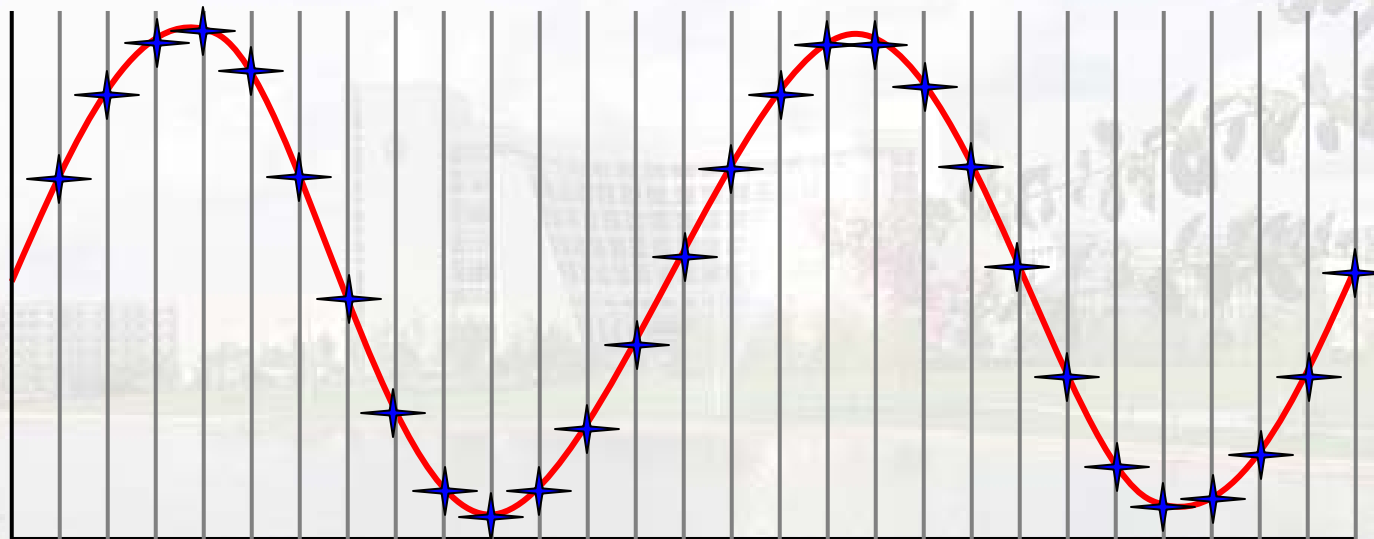
- 存储载体体积和重量大, 使用和保存均不方便
- 多次复制使音质明显下降
- 反复使用也使音质变差

模拟信号数字化：模拟－数字转换

- ✿ 以一定的频率对模拟音频信号波形进行采样
- ✿ 对音频信号样本进行量化，使样本幅度取值近似为量化间隔（步长）的整倍数
- ✿ 用二进制表示量化样本的值



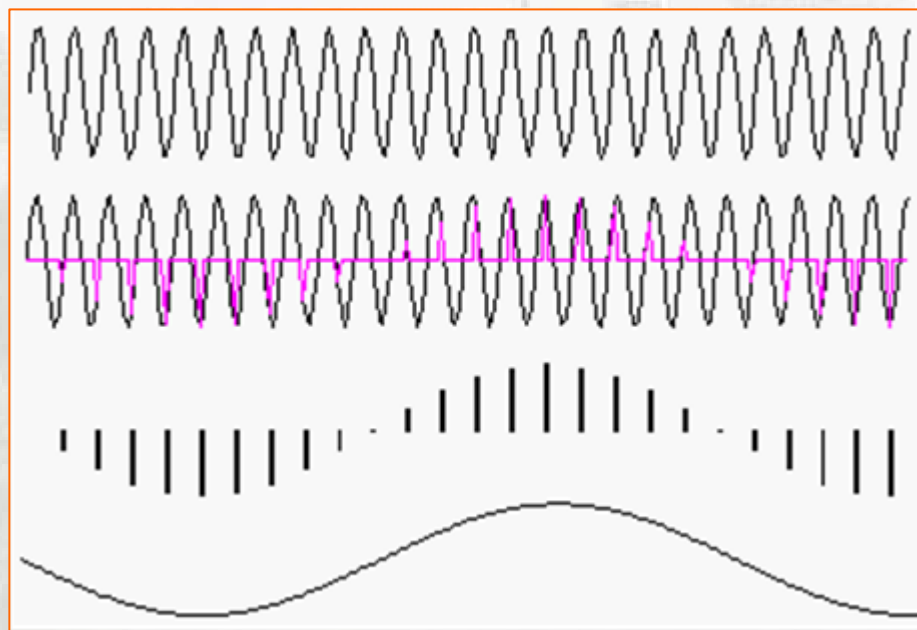
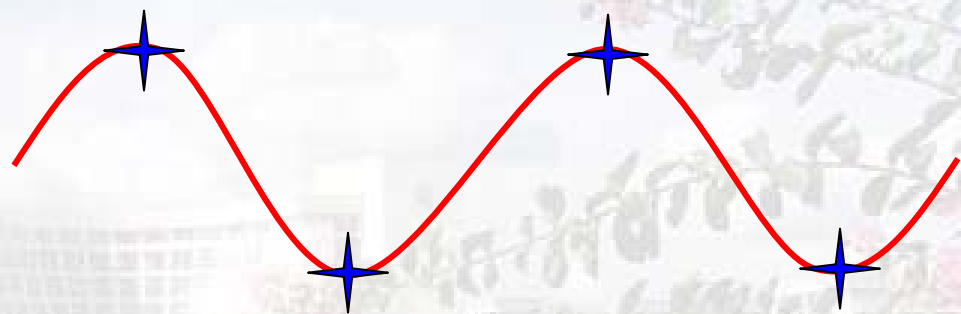
采样过程



采样频率：每秒包含的样本数，单位Hz，
例如44,100Hz

采样率必须足够高

采样率至少应两倍于涉
及的最高频率：**Nyquist**
采样定理



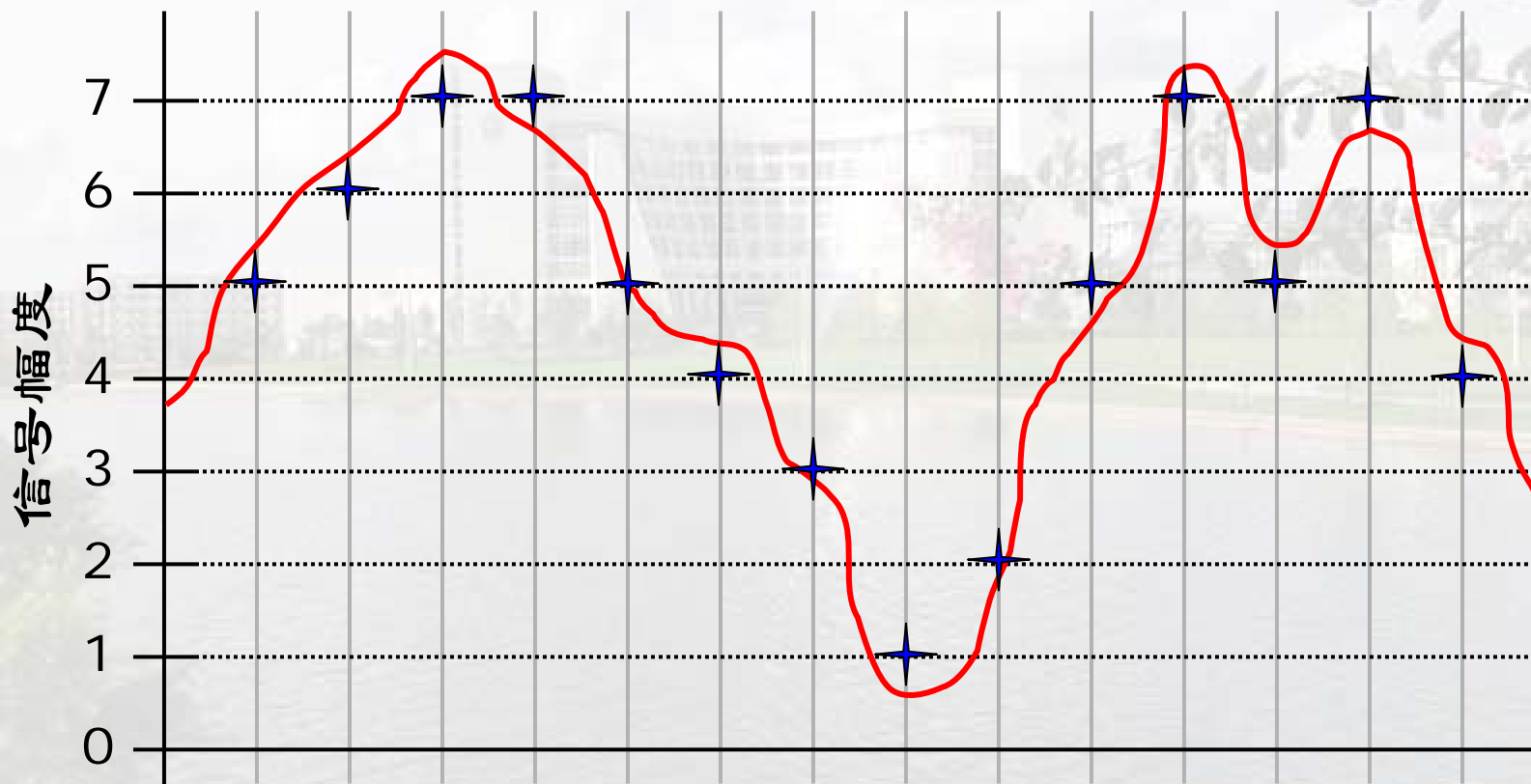
以过低的频率对高频信号
采样：导致信号被错误地
解读为低频信号

常用采样率

采样率	用途
44.1 kHz (44,100)	CD, DAT (数字音频磁带)
48 kHz (48,000)	DAT, 数字视频的伴音
96 kHz (96,000)	音频DVD
22.05 kHz (22,050)	早期采样装置

量化精度

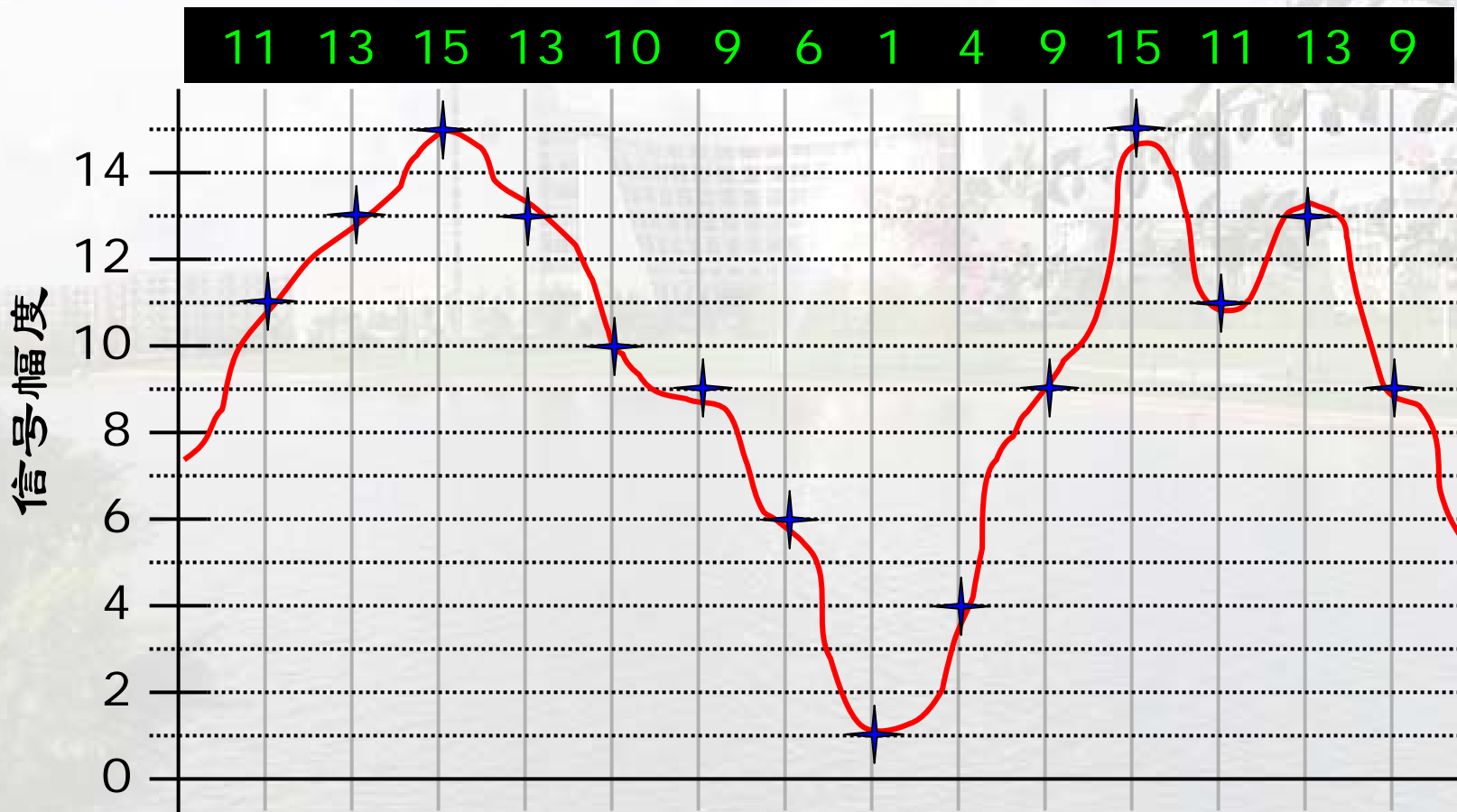
✿ 以3比特量化为例，有 $2^3=8$ 个级别，得到波形的粗略近似



时间：在每一个采样时刻测量信号幅度

4比特量化

✿ 量化比特数提高到4，有 $2^4=16$ 个级别，精度提高了



时间：在每一个采样时刻测量信号幅度

PCM码

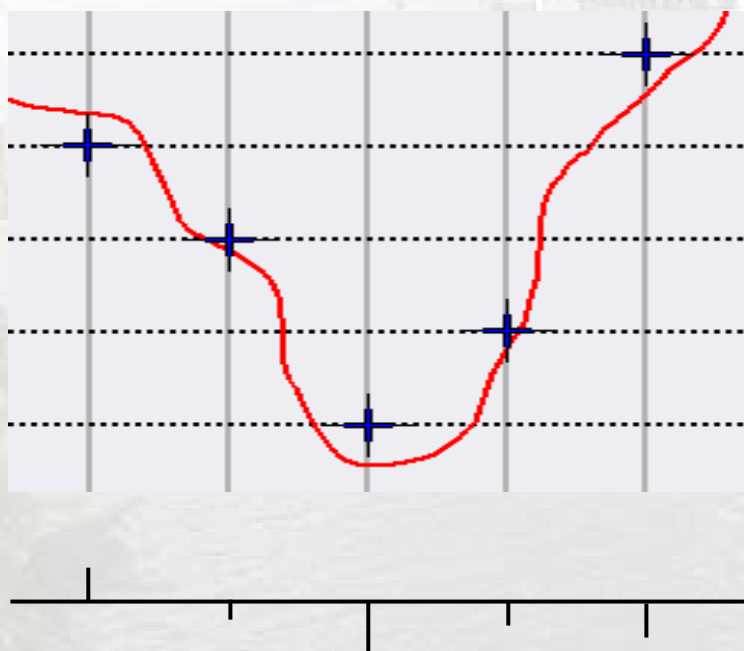
- ✿ 以4比特量化为例，用二进制表示量化后的样本值，得到代表模拟信号的0-1序列，称为脉冲编码调制
- ✿ 脉冲编码调制：PCM – pulse code modulation

11 13 15 13 10 9 6 1 4 9 15 ...

1011 1100 1111 1100 1010 1001 0110 0001 0100 1001 1111 ...

量化误差

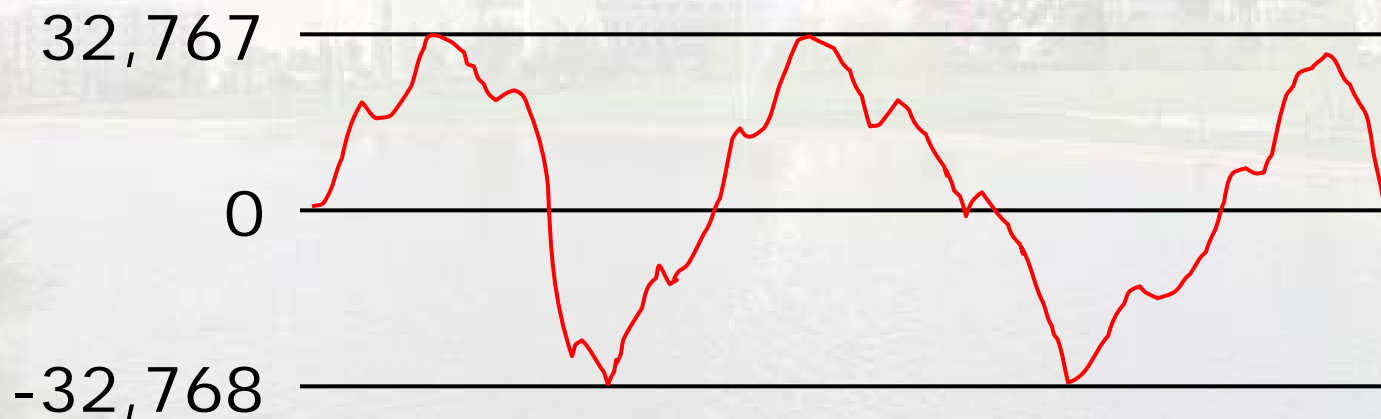
- ❁ 又称为量化噪声，是真实值与量化值之间的差别
- ❁ 比特数越多，误差越小，精度越高



量化引入的误差类似于在幅度上叠加的随机噪声

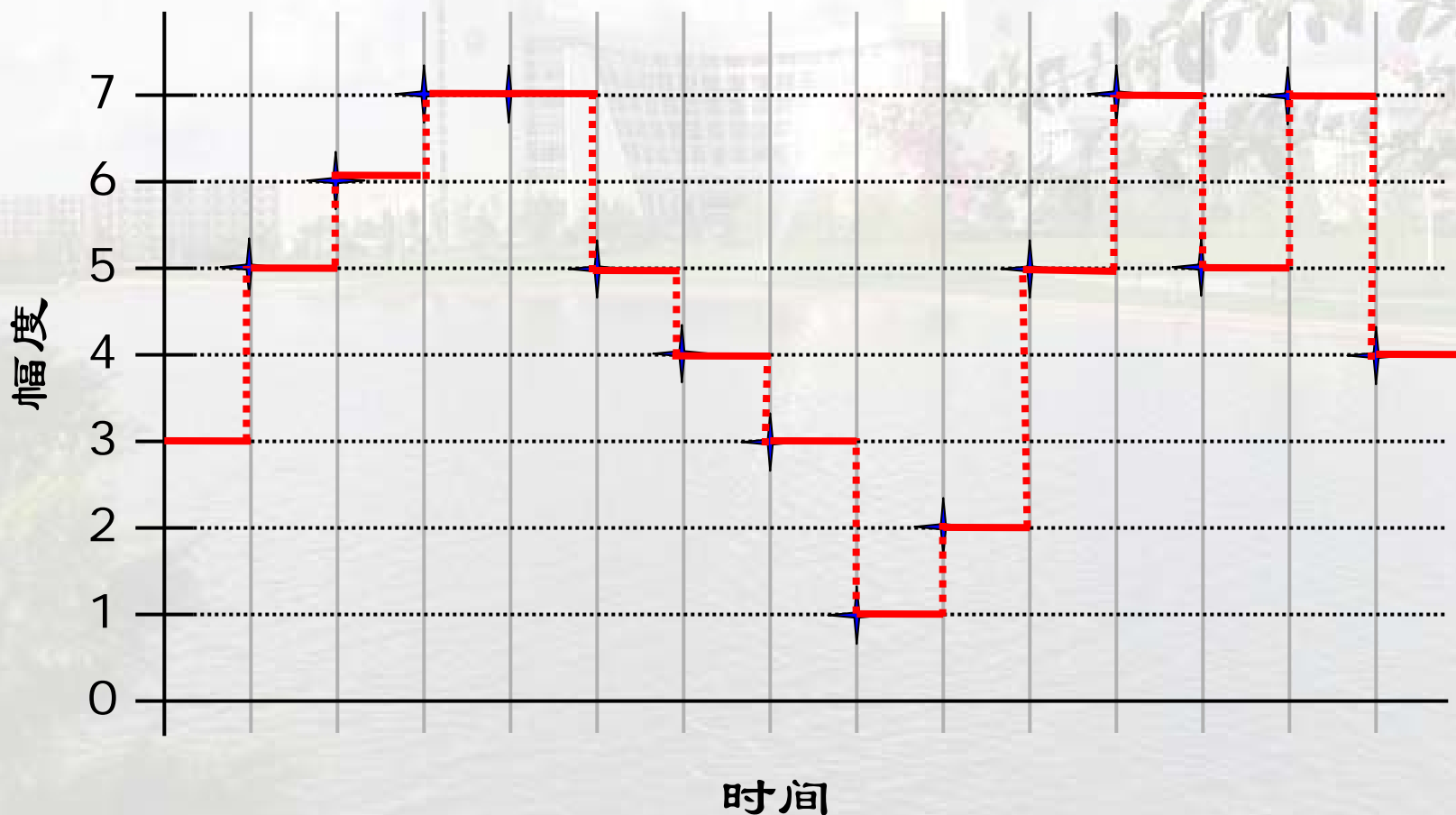
16比特量化

- ✿ 高保真音乐要求**16比特量化**，有 $2^{16} = 65,536$ 个不同的幅度值，正负双向可表示： **$-32,768 \sim 32,767$**



重建模拟波形：数字—模拟转换

- 为了重建模拟波形，将每个样本值保持一个采样间隔，得到阶梯电压波形



平滑滤波

- 对阶梯波形进行平滑滤波，重新得到模拟电压波形，用于驱动扬声器或耳机



数字音频压缩编码

Compression Coding of Digital Audio



数字音频文件大小

✿ 若要得到CD质量的音乐：

- 采样率**44,100Hz**，即每秒抽取**44,100**个样本
- **16**比特量化，即每个样本用**2**个字节表示
- 立体声，包括左右两个声道

✿ 5分钟音乐包含的字节数：

- 每秒有 **$44,100 \times 2 \times 2 = 176,400$** 字节
- 5分钟： **$176,400 \times 5 \times 60 = 52,920,000$** 字节 (**50.5 MB**)

✿ 每张CD的容量为**700MB**，约可容纳**1**小时未经压缩的音乐

数字音频压缩编码

- ✿ **必要性**：代表模拟音频信号的**PCM**数据量巨大，对于存储和传输都是沉重负担
- ✿ **可能性**：数据中存在冗余，一部分空间是“浪费”的
 - **统计冗余**：相近的样本往往很接近，利用统计冗余性可进行无损压缩
 - **感知冗余（听觉掩蔽效应）**：听觉对某些音频成分不敏感，可利用这一特性实现有损压缩

无损压缩和有损压缩

❁ 无损压缩

- 不产生误差，解码后可完全恢复原始信号
- 压缩倍率低：压缩到原数据量的**50~60%**
- 实用意义有限

❁ 有损压缩

- 允许一定的损伤，解码后不能完全恢复原始信号
- 利用听觉掩蔽，舍弃不能感知成分，保持优良音质
- 压缩率高，可压缩到原数据量的**5~20%**
- 实用意义大

听觉阈值和掩蔽效应

✿ 人耳的听觉阈值

- 绝对听觉阈值：安静环境下能被感知的纯音最小值

✿ 听觉掩蔽效应是心理声学的重要性质，反映听觉系统对频率和时间分辨力的局限性

- 两个声音在时间上相同、频率不同时，称为频域掩蔽或同时掩蔽
- 两个声音时间上不同时，称为时域掩蔽或非同时掩蔽

MPEG音频编码 – 从Layer I 到Layer III

✿ Layer I

kbps: kilo-bits per second

- 最简单，适合于128 kbps
- 应用举例： Philips Digital Compact Cassette

✿ Layer II

- 中等复杂程度， 128 kbps
- 数字音频广播（DAB），可在CD-ROM上同步视音频

✿ Layer III（MP3）

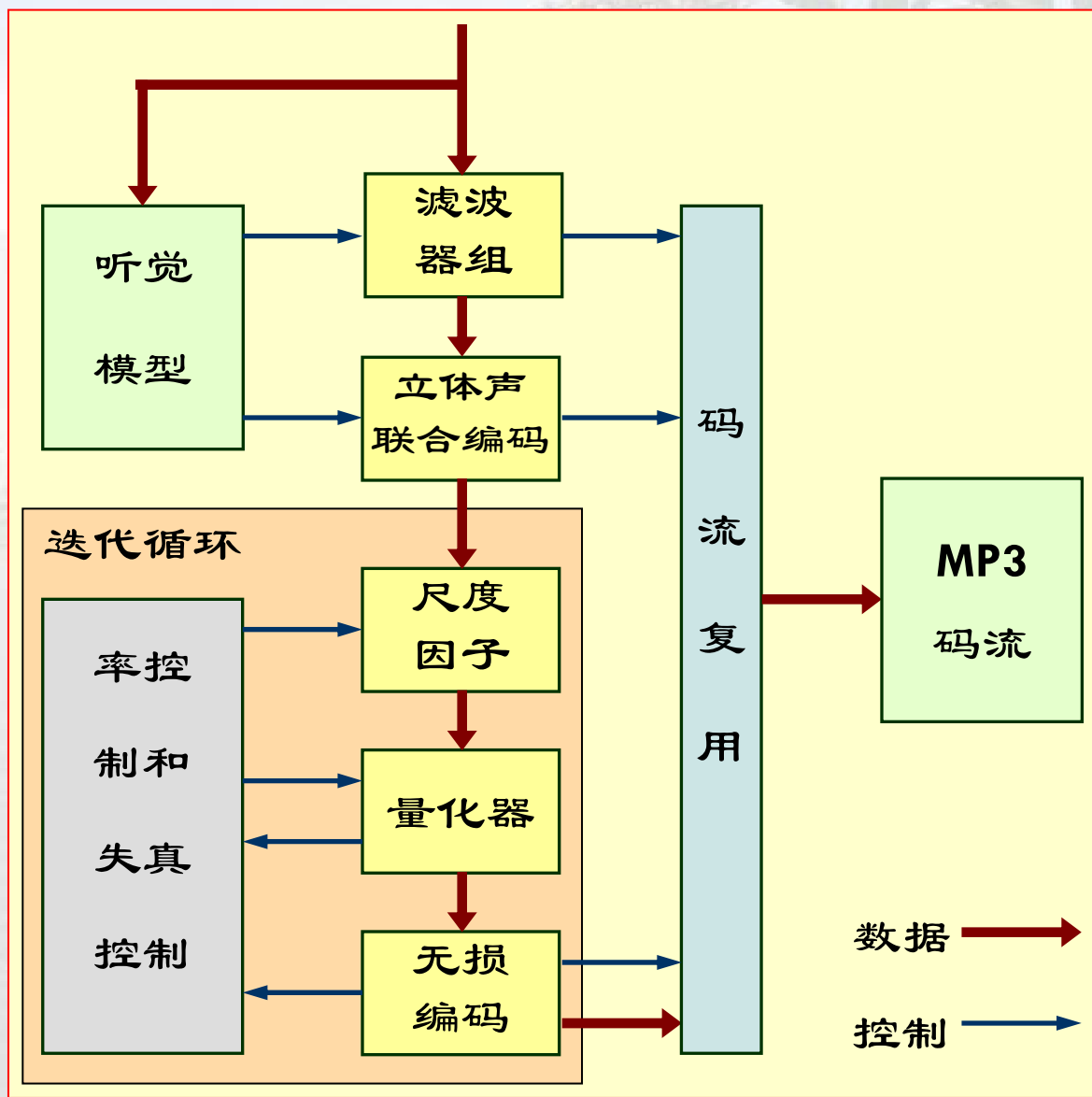
- 基于Layer I 和Layer II，最复杂，音质最好，64 kbps
- 适用于存储和传输，应用最广泛

MP3编码

不谋求严格保持原来的音频信号不变

应用心理声学掩蔽效应，将人耳不能感知的部分压缩掉，达到减少传输和存储数据量的目的

保证解码输出对于人耳听觉来说与原音频信号相同



MP3编码

- ✿ 与MPEG第I、II层音频编码兼容，使用混合滤波器组，由多相位滤波和MDCT组成
- ✿ 分析输入信号，估计恰好能被听觉感知的噪声水平
- ✿ 量化噪声小于掩蔽阈值时，压缩结果与原信号音质无区别
- ✿ 分配比特数，同时满足比特率和听觉掩蔽要求



MP3性能

音质	带宽	模式	数据率	压缩比
电话音质	2.5 kHz	单声道	8 kbps	96:1
优于短波广播	4.5 kHz	单声道	16 kbps	48:1
优于中波广播	7.5 kHz	单声道	32 kbps	24:1
相当于 FM广播	11 kHz	立体声	56...64 kbps	26...24:1
接近于CD	15 kHz	立体声	96 kbps	16:1
CD	>15 kHz	立体声	112...128kbps	14...12:1

数字音频的其它常用标准 – AAC

✿ MPEG-2 AAC (Advanced Audio Coding)

- 用于DVD
- 可以320 kbps数据率传送5声道音频用于剧院：左、右、中、左环绕、右环绕
- 最高可达48个声道，以8 kHz至96 kHz采样，每声道数据率达576 kbps
- 也可以320 kbps传送立体声

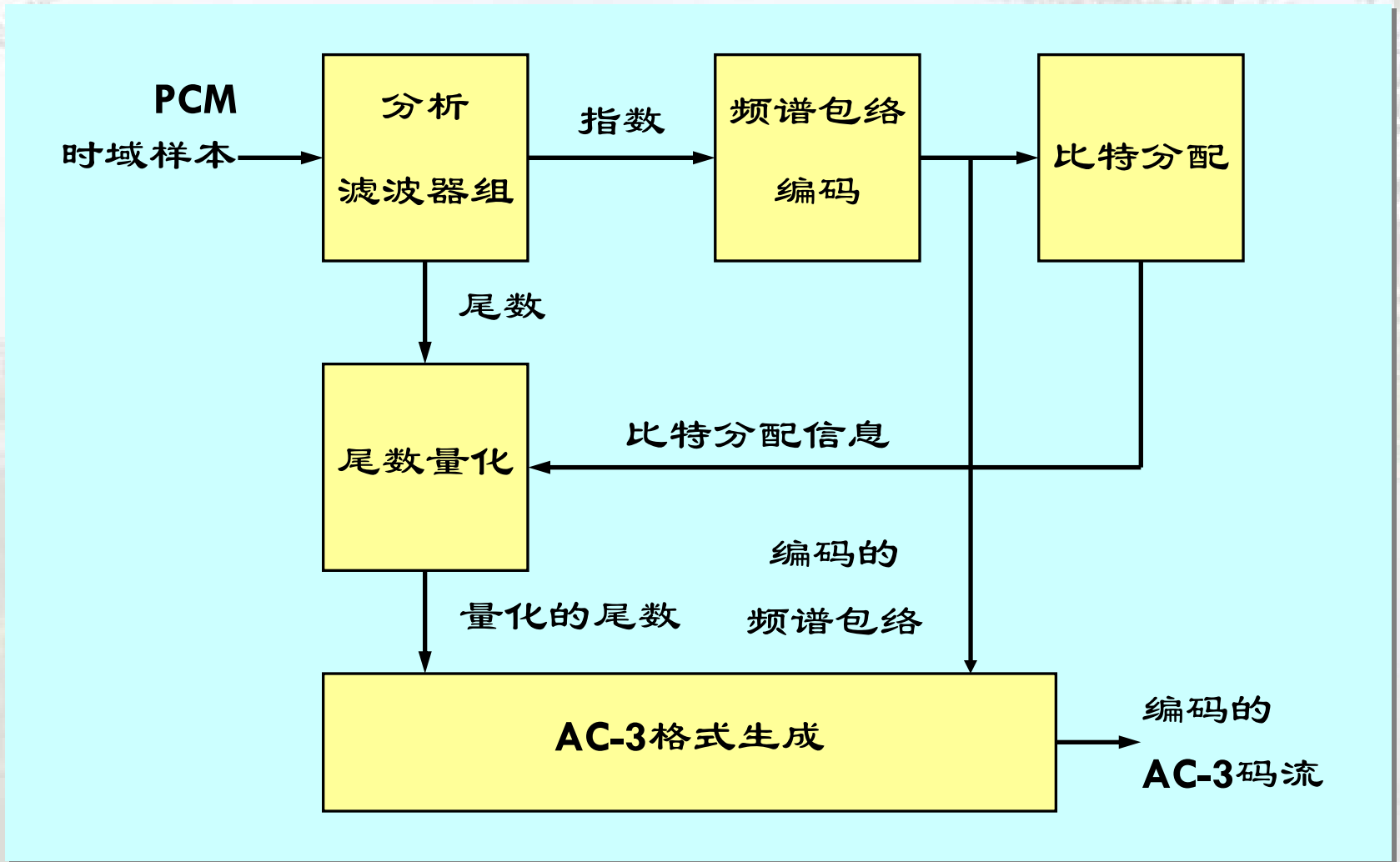
✿ MPEG-4 AAC标准与MPEG-2 AAC类似，有若干指标升级

其它商用音频编码标准

- 其它标准还有Dolby AC-2和Dolby AC-3，以及Sony等企业的标准，分别适合于不同的应用
- 以AC-3为例，可实现立体声至5.1声道的传输，每声道的数据率从32kbps至640kbps不等

编码标准	每声道kbps	复杂度	主要应用
Dolby AC-2	128-192	编解码均低	P2P，有线
Dolby AC-3	32-640	解码低	HDTV，有线，DVD
Sony ATRAC	140	编解码均低	minidisk

AC-3编码器结构



结束语



数字音频技术

❁ 数字音频的发展已使传统模拟技术退出历史舞台

- 音质与模拟音频相比毫不逊色，功能全面超越模拟
- 便于计算机处理、存储、传输、分享



密纹唱片双面可记录约**40分钟**立体声音乐

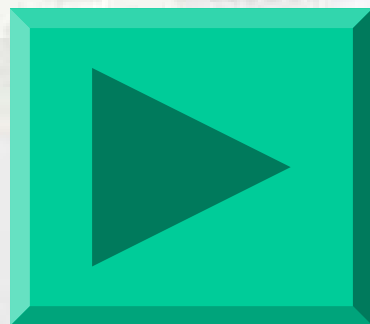
盒式录音磁带可记录**90分钟**立体声音乐

容量**8G**的USB可存**1000多首MP3**歌曲，约**70小时**

演示

✿ 音频信号的波形

✿ **CD音乐和不同压缩率的MP3：波形，频谱，音质**



讨 论

王朔中

shuowang@shu.edu.cn

<http://www.ci.shu.edu.cn/wsz.htm>