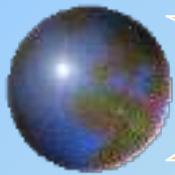


现代通信原理

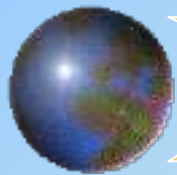
主讲：尹林子

物理与电子学院电信系



第一章：绪论

- ❖ 课程介绍
- ❖ 通信系统组成、分类及通信方式
- ❖ 信息及其度量
- ❖ 主要性能指标



1.1 课程介绍

✦ 主讲：尹林子 13787204637

✦ 学时： 64 ， 讲授： 52 ， 实验： 12

✦ 课程安排：

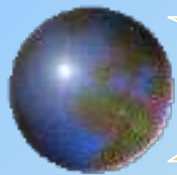
▣ 时间上， 3~15 周

▣ 内容上， 1~3 、 5~11 章

✦ 参考书： 《现代通信原理》 曹志刚（清华）

《通信原理辅导》 张 辉

（西电）



1.2 几个问题

✦ 必修课

- ▣ 通信成为热门学科
- ▣ 是后续课程之基础

✦ 要 求:

- ▣ 主动听课
- ▣ 完成好作业
- ▣ 做好实验

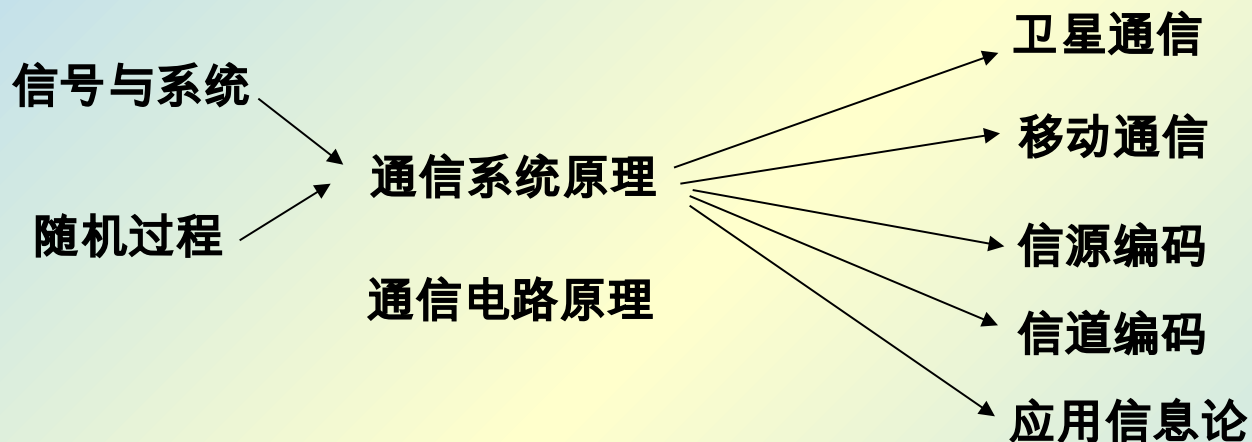
✦ 考 试:

闭卷

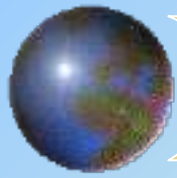


1.3 学好通信的经验

✦ 选修几门基础课程



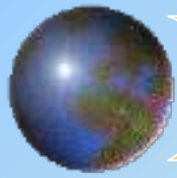
✦ 自学：多参考一下其它的相关书籍



1.4 学习内容和重点

《现代通信原理》将以通信系统为背景，主要讲述通信系统和通信技术的基本原理。内容包括：通信系统基本概念、随机信号分析、信道、数字信号的基带传输、频带传输、模拟信号的数字传输、数字信号的最佳接收、差错控制编码及同步原理等。

重点以数字通信为主，以上内容作为电信类学生必须掌握的知识，以作为进一步深入该领域学生的先修知识。



1.5 学习要求

- ❁ 初步了解通信的发展史和发展现状
- ❁ 掌握数字信号传输的基本原理和性能比较
- ❁ 掌握脉冲编码调制和时分复用的原理
- ❁ 了解差错控制编码的基本原理
- ❁ 了解同步的作用与基本原理
- ❁ 能够分析一般通信系统的构成和原理



2.1 通信系统的一般概念

✦ 通信: **Communication** , 传输消息, 信息交流
Telecommunication , 电信号的处理和传输

✦ 通信的发展经历了五个阶段:

语言 人力、马力 烽火台

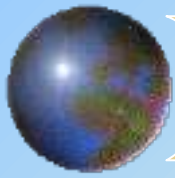
文字的发明, 邮政的出现

印刷术

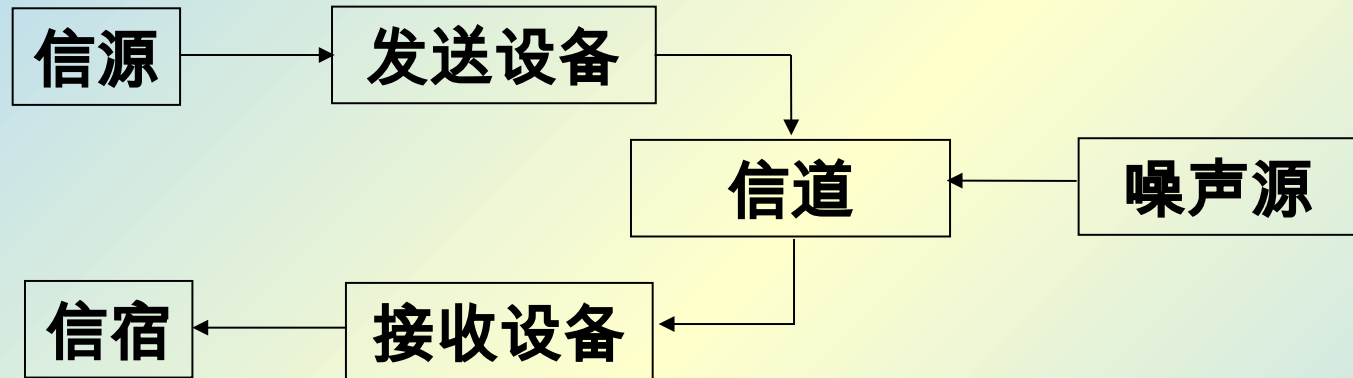
电话、广播 电报

电视 多媒体 Email

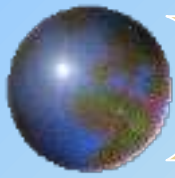
信息社会



2.2.1 通信系统的模型

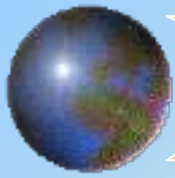


- ❖ 通信系统：通信中所需要的一切技术设备和传输媒质构成的总体。
- ❖ 模拟通信系统和数字通信系统

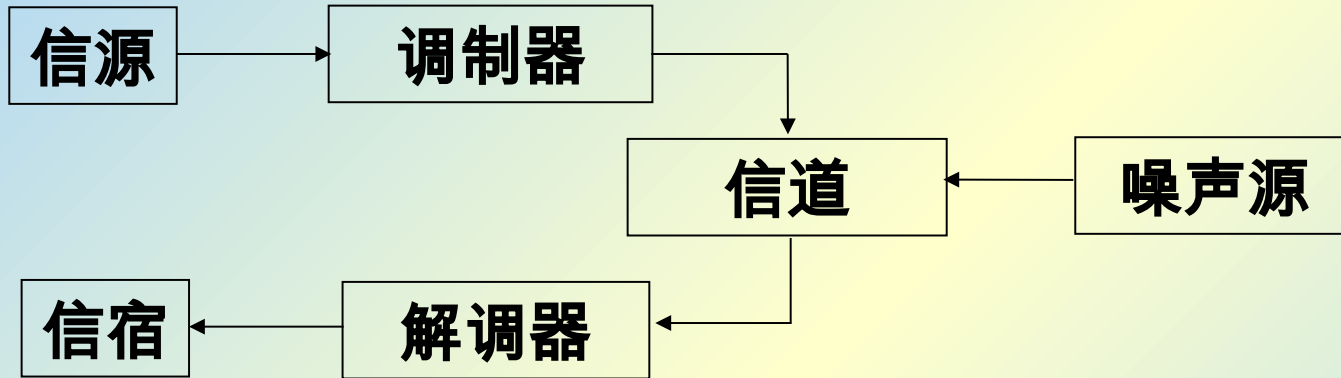


2.2.1 通信系统的模型

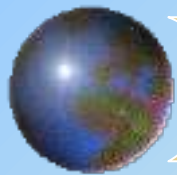
1. 信源：连续信源 -> 模拟信号
离散信源 -> 符号序列，数字信号
2. 信号处理：预处理，数字化，转换
3. 发送与接收：将信源与信道匹配起来（比如调制）
4. 传输媒质：声波，电磁波，光波
电缆，光缆，无线电波等
5. 信道的固有特性和干扰特性直接关系到转换方式的选取



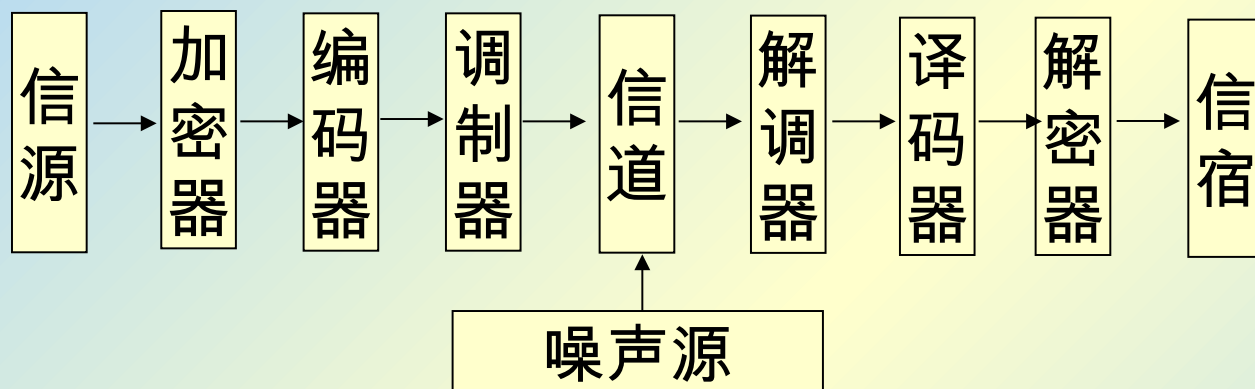
2.2.2 模拟通信系统



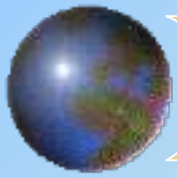
- ✦ 信道中传输的是模拟信号
- ✦ 调制是为了使信号更方便在信道中传输
- ✦ 基带信号与频带信号的区别在于调制
- ✦ 频带信号（已调信号）具有两大特征：
 - 1**，携带有消息；
 - 2**，适应在信道中传输



2.2.3 数字通信系统

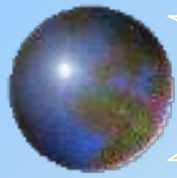


- ✦ 信道中传输的是数字信号
- ✦ 编码器与调制器是为了使数字信号与传输媒介匹配，提高可靠性与有效性



2.2.4 数字通信的优点

- ✦ 抗干扰能力强（如：再生中继）
- ✦ 传输差错可以控制，从而改善传输质量
- ✦ 便于使用现代数字信号处理技术处理，提高产品的性能（如：大哥大和手机）
- ✦ 易于高保密性的加密处理
- ✦ 可以综合传递各种消息，通信功能强

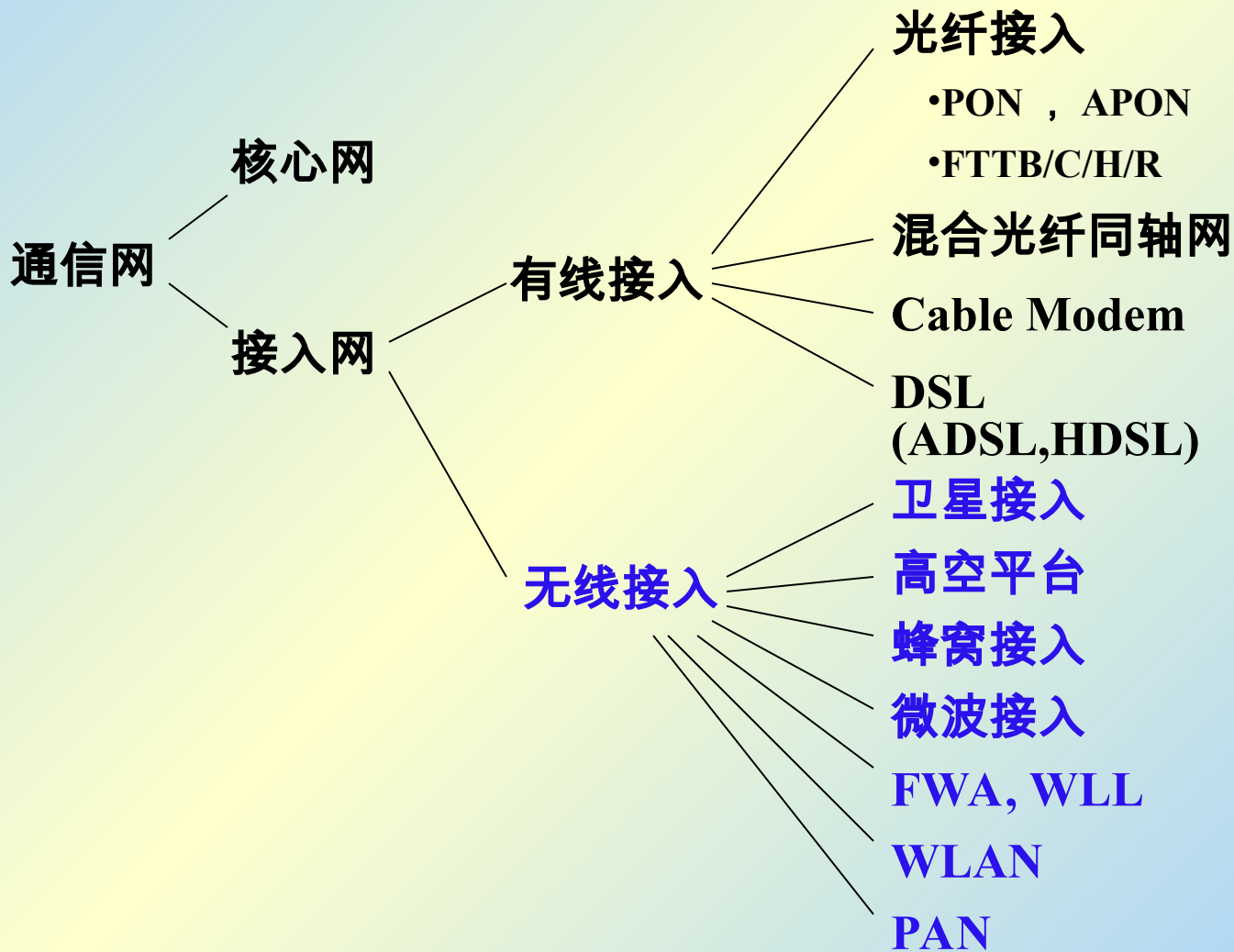


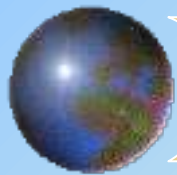
2.2.5 数字通信系统的缺点

- ❖ 对同步要求高；
- ❖ 占据更宽的带宽；一路模拟电话需要 **4K** 带宽，相同的质量的数字电话需要数十千赫带宽
- ❖ 但是由于编码以及复用的原因，数字通信系统一般具有比模拟系统更大的容量



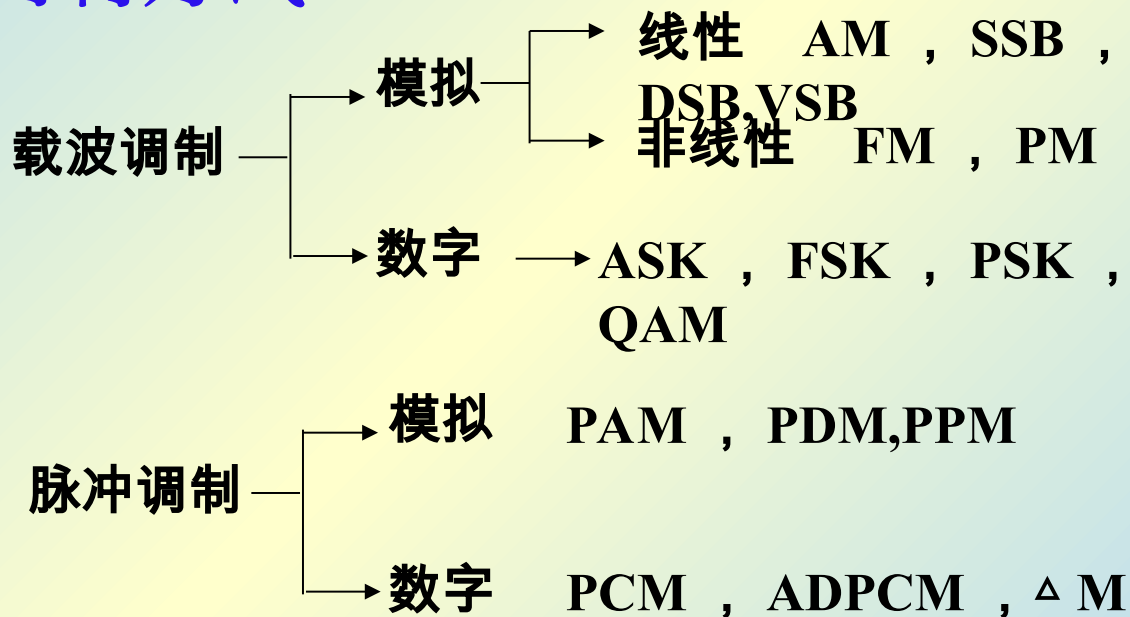
2.3 通信系统的分类

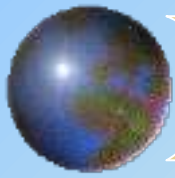




2.3.1 通信系统的其它分类

- ✦ 传输方式：基带传输，频带传输
- ✦ 复用方式：频分，时分，码分，
- ✦ 调制方式





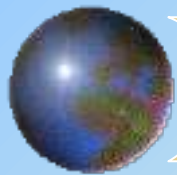
2.4 通信方式

- ❖ **单工通信**：消息单方向传输。遥测、遥控、**GPS**
- ❖ **半双工通信**：通信双方都能收发，但不能同时
同时进行收发。同一载频
的无线
电对讲机。
- ❖ **全双工通信**：通信双方可同时进行收发消息
的方式。普通电话。
- ❖ **串行传输**：
- ❖ **并行传输**：



2.5 信息及其度量

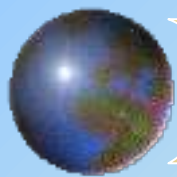
- 信息：是消息中包含的有意义的内容。
- 消息：是信息的形式。
- 信息具有量值的意义，对接受者来说，事件越不可能，越是使人感到意外和惊奇，信息量就越大；
- 如果事件是必然的，则传递的信息量应为 0 ；
- 对于若干个相互独立事件构成的消息，所含信息量等于个独立事件信息量的和；



2.5.1 消息的统计特性

- ❁ Hartley 和香农 (C.E.Shannon) 从消息的统计特性出发，从信息的不确定性和概率测度的角度定义了通信中信息量的概念，并给出了信息度量的方法。
- ❁ 描述方法：随机过程

消息	产生源	描述	统计特性
离散消息	离散信源	离散型随机过程	概率分布率 $X \sim P(x_i)$
连续消息	连续信源	连续型随机过程	概率密度函数和概率分布函数



2.5.2 离散信源的信息量

❖ 单一符号的信息量

❖ $u_1 u_2 u_3 \dots u_N$, $u_i \in \{x_j\}, j=1, \dots, k$, 概率为 $P(x_j)$

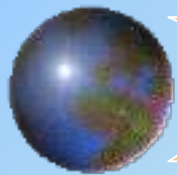
❖ Hartley 定义

$$I(x_i) = \log \frac{1}{P(x_i)} = -\log P(x_i)$$

$$I(x_i) \geq 0, \quad \text{当 } P(x_i) = 1 \text{ 时, } I(x_i) = 0$$

❖ 单位:

- 对数以 **2** 为底, 单位为比特 (*bit*)
- 对数以 e 为底, 单位为奈特 (*nit*)
- 对数以 **10** 为底, 单位为哈特莱 (*Hartley*)

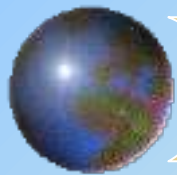


2.5.3 随机序列的信息量

⊕ $u_1 u_2 u_3 \dots u_N$, $u_i \in \{x_j\}, j=1, \dots, k$, 概率为 $P(x_j)$, x_j 出现的次数为 n_j

⊕ 相互独立事件构成的消息的总信息量为

$$I = - \sum_{j=1}^k n_j \cdot \log P(x_j)$$



2.5.4 离散信源的熵

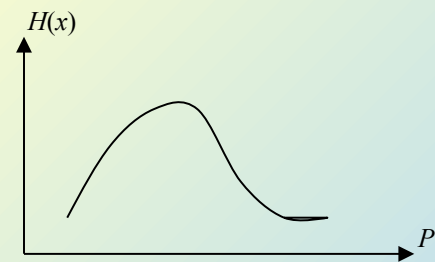
✦ 香农熵：平均信息量

$$\tilde{I} = E\{I(x_i)\} = -\sum_{j=1}^k P(x_j) \log P(x_j) \xrightarrow{\Delta} H(x)$$

✦ 香农熵的性质

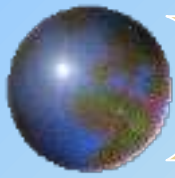
✦ 香农熵是非负的，即 $H(x) \geq 0$

✦ 香农熵具有上凸性，即 $H(x)$ 是 $P(x)$ 的上凸函数。



✦ 离散信源的最大香农熵

$$H_{max} = -\sum_{i=1}^M \frac{1}{M} \log \frac{1}{M} = \log M$$

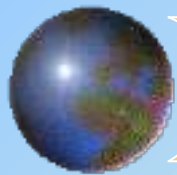


等概率出现的离散消息的度量

- ✦ 设需要传递的消息是 M 个消息中独立选择的，即 $P(\mathbf{x})=1/M$;
- ✦ 如果采用 M 进制波形，只要一个波形就可以传递一个消息，这个波形的信息量为

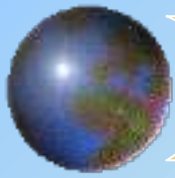
$$I = \log_2 M (\text{bit})$$

设 $M=2^K$ ，则如果采用二进制波形来传递的话需要 K 个波形；故可以得出结论：一个 M 进制的波形含有的信息量和 K 个二进制波形的信息量一样多；



2.6 通信系统的性能

- ❖ **有效性**：在给定信道内能传输的信息内容的多少，即传输速度问题
- ❖ **可靠性**：指接收信息的准确程度。即传输质量问题，对于模拟系统，主要研究加性干扰，用信噪比来表示 **(dB, 分贝)** 语音：**>20dB**；图像：**>40dB (4级)**



2.6 数字系统的性能

传输速率（传码率）：每秒钟传送码元的数目。

单位 ---

波特 (B)

$$R_{B2} = R_{BN} \log_2 N$$

设二进制码元速率为 R_{B2} , N 进制码元速率为 R_{Bn} ,

且有 $N=2^k$, 则

即对于相同的信息量, N 进制所要求的传码速率明显低于二进制, 例如, 对于八进制码元, 其

100 波特的传码速率换算成二进制码元, 应该



数字系统的性能

- ✦ 传输速率（传信率）：每秒钟传送的信息量。
单位 --- 比特 / 秒 (**bit/s**)
- ✦ 则码元为二进制时： $R_b = R_{B2}$ ；
- ✦ **N** 进制时： $R_b = R_{BN} \log_2 N$
- ✦ 例如，八进制系统的码元速率为 **1200B**，则系统的信息速率为 **3600bps**，即相当于二进制系统 **3600B** 时候的传信率



通信系统的性能

误比特率： $P_e = \frac{\text{错误比特数}}{\text{传输总比特数}}$

PCM 语音： $P_e < 10^{-3}$

Data 信息： $P_e < 10^{-6}$