



通信原理

计算机系网络教研组

陈蕾



简介

- 介绍电信系统一般模型、信息论基本原理，给出信号与系统的一般分析方法；
- 全面概括调制、复用、编码及交换等各类通信技术的要点，并在通信网理论的基础上介绍各类数字通信系统的构成。针对一些常见的调制技术和复用技术特设有实验；
- 旨在拓宽学生的知识面，为有志于通信产业的学生打下必备的理论基础。



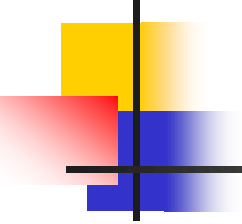
第一章 绪论

- 1. 1 通信的基本概念
- 1. 2 通信系统模型与分类
- 1. 3 通信方式
- 1. 4 通信系统主要性能指标



1. 1 通信的基本概念

- 按照传统的理解，通信就是信息的传输与交换，最终目的是有效并可靠地获取、传递和交换**信息**。
- 通信传输的具体对象是**消息**（通信即表现为将载荷信息的消息从一方传送到另一方）。消息表达有各种形式，例如：符号、文字、话音、图像、视频、数据等等。

- 
- 实现通信的方式很多，广泛的是电通信（用电信号携带消息，然后经过各种电信道进行传输，到达通信对方）。光通信可看作为特殊的电通信。

注：除非特别指出，本教材以后提到的通信都是指电通信。



1. 2

1. 2. 1 通信系统模型

1. 2. 2 通信系统分类



1. 2. 1 通信系统模型

- 通信系统是指传递或交换信息所需的一切技术设备的总和。
- 通信发展到今天，网络通信大行其道，给我们日常生活与工作带来了极大的便利与高效。尽管如此，通信的基础还是点对点通信，即把发送端的消息通过某种信道传递到接收端，这种点对点通信系统可以用图1-1所示的框图加以描述。

通信系统基本框图

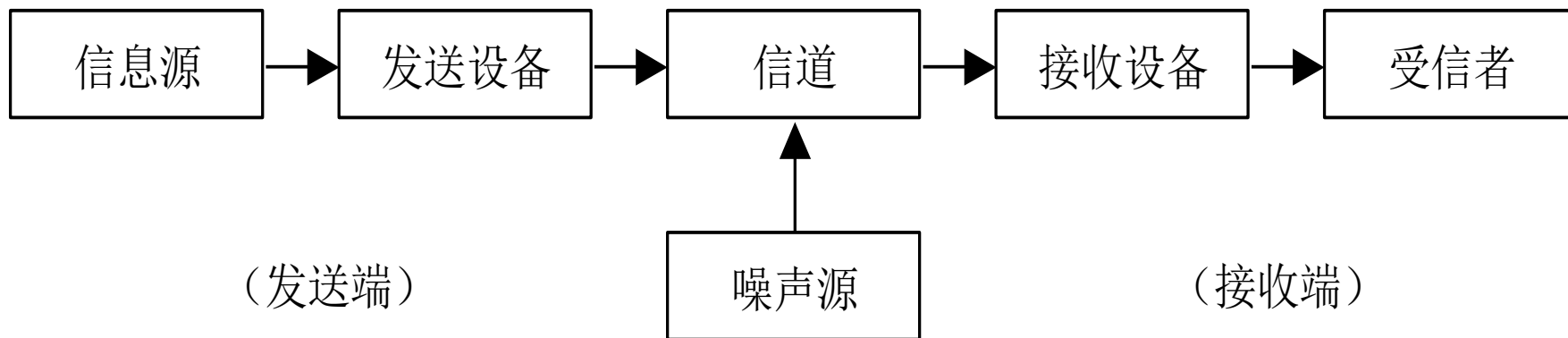


图1-1



信源和信宿

- **信源**（信息源）是发出信息的源，**信宿**（受信者）是传输信息的归宿点。多数情况下，信源兼为信宿，通信的双方需要随时交流信息，因而要求双向通信。
- 信源可以是离散的**数字信源**，也可以是连续的**模拟信源**，其作用是将各种可能的消息转换成原始的电信号。



发送设备

- **发送设备**的基本功能是将信源和信道匹配起来，即将信源产生的原始电信号变换为适合于特定信道传输的电信号，以送往传输信道。
- 在需要频谱搬移的场合，调制是最常见的变换方式。有时，发送设备为达到某些特殊要求还需进行种种处理，如多路复用、保密处理、纠错编码处理等等。



信道

- 信道是指将信号由发送设备传输到接收设备的媒介或通道，可以是无线的，也可以是有线的。实际上，模型中的信道部分也可以抽象地表示传输系统。
- 信道既给信号以通路，也带来各种干扰和噪声，使信号发生畸变（模型中的噪声源正是信道噪声及分散在通信系统各处噪声的集中表示）。传输媒介的固有特性和干扰直接关系到通信的质量。



接收设备

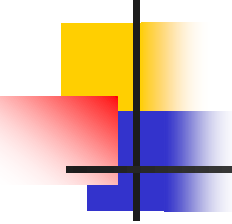
- 在接收端，接收设备的功能恰好与发送设备的功能相反，它从接收到的电信号中恢复出相应的原始电信号，再由受信者将复原后的原始电信号转换为相应的消息。

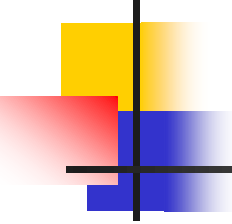
提问：以电话通信为例说说该类系统的组成设备。

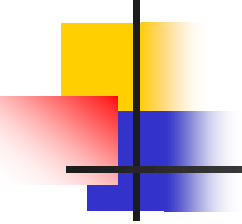


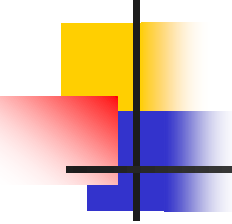
1. 2. 2 通信系统分类

- 考察的角度不同，通信系统的分类方法也不同，下面分别介绍几种常见分类体系。

- 
-
- 根据消息的形式，通信系统有电报通信系统、电话通信系统、图像通信系统等。

- 
-
- 根据传输媒介，通信系统有有线（电缆、光纤）通信系统和无线（微波、卫星）通信系统。

- 
- 按照是否采用调制，通信系统分为基带传输系统和频（宽）带传输系统；
 - 前者是将未经调制的信号直接进行传送，例如从模拟电话机到电信局之间就是采用基带传输；
 - 后者是对各种信号调制后再传输的总称。常见的调制方式有双边带调幅、频率调制、相位调制等。

- 
-
- 根据信号复用方式，通信系统分为：
 - 频分复用使不同信号占据不同的频率范围；
 - 时分复用使不同信号占据不同的时间区间；
 - 码分复用则是用一组包含互相正交的码字的码组携带多路信号。



注意

- 按照信号的性质，通信系统分为：
 - 模拟通信系统
 - 数字通信系统



模拟通信

- 模拟通信是利用模拟信号作为载体来传递消息的。
- 模拟通信系统一般模型可由图**1-1**略加修改得到，即将其中的发送设备和接收设备分别用调制器和解调器替代，如图**1-2**所示。

模拟通信系统一般模型

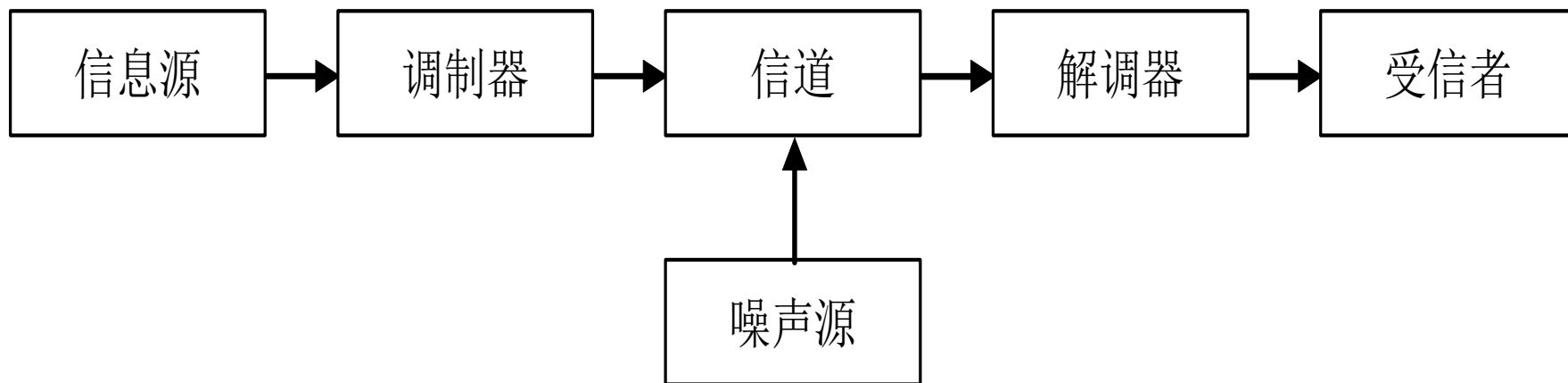


图1-2



数字通信

- 数字通信是指用数字信号作为载体，或用数字信号对载波进行数字调制后再传输的通信方式。



数字通信的优点

- 抗干扰能力强。只要噪声绝对值不超过某一门限值，接收端便可判别脉冲的有无，以保证通信的可靠性；
- 远距离传输仍能保证通信质量。采用再生中继方式，消除噪声的积累；
- 可以采取差错控制编码对差错进行控制；易于做高保密性的加密处理；可以综合传递各种消息，使通信系统的功能增强等等。



注意

- 另一方面，数字通信为上述这些优点付出的代价是：比模拟通信占据更宽的系统带宽。如一路模拟电话一般只占据**4KHz**的带宽，而一路相同质量的数字电话则可能要占据几十**KHz**的带宽。

数字通信系统模型

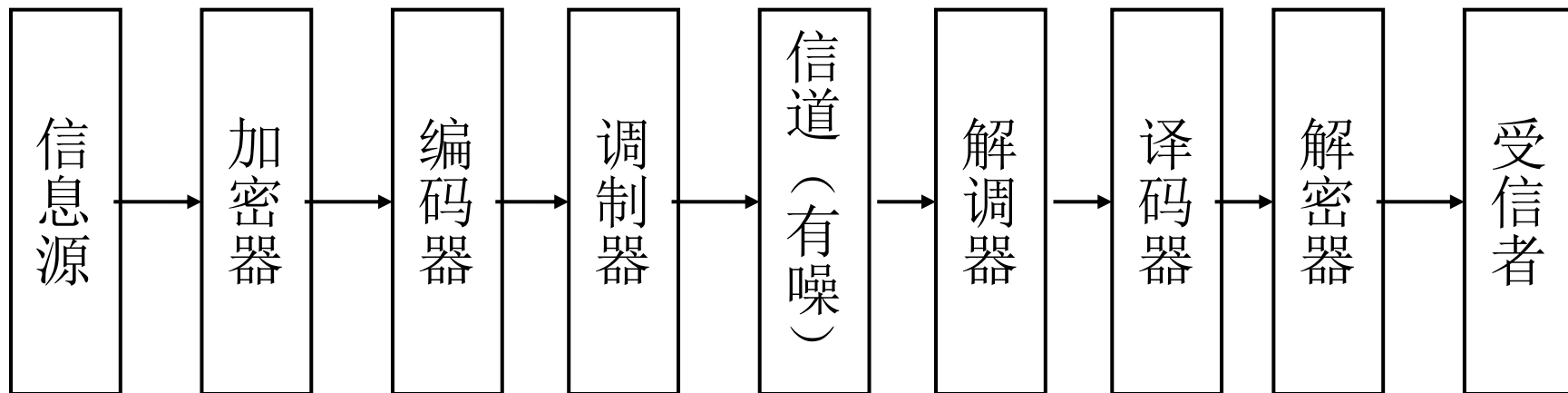


图1-3

注：一个实际的数字通信系统并不一定要包括所有环节，这取决于系统具体的要求。



1. 3

1. 3. 1 单工、半双工和全双工传输

1. 3. 2 串行传输与并行传输

1. 3. 3 异步传输与同步传输



1. 3. 1 单工、半双工和（全）双工传输

- 点与点之间的通信，根据消息传送的方向与时间关系，通信方式分为：
 - 单工通信
 - 半双工通信
 - 全双工通信

单工

- 单工通信：消息只能在单个方向上传输。例如遥控、遥测等就是单工通信方式。

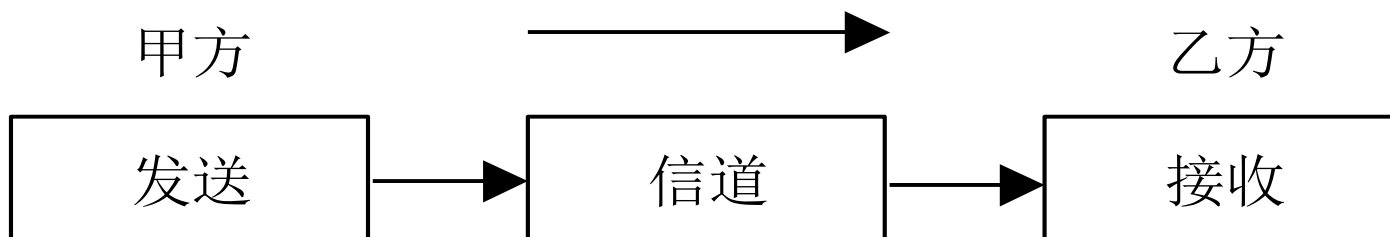


图1-4(a)

半双工

- 半双工通信：通信双方都可以收发消息，但不能同时进行。例如使用同一载频工作的无线对讲机就是采用这种通信方式。

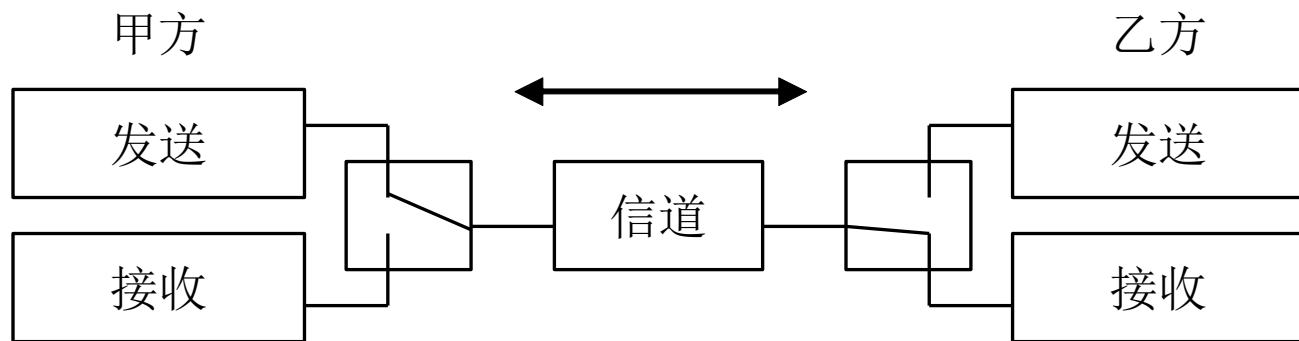


图1-4(b)

(全) 双工

- (全)双工通信：通信双方可同时进行收发消息的工作方式。例如普通电话就是采用全双工的通信方式。

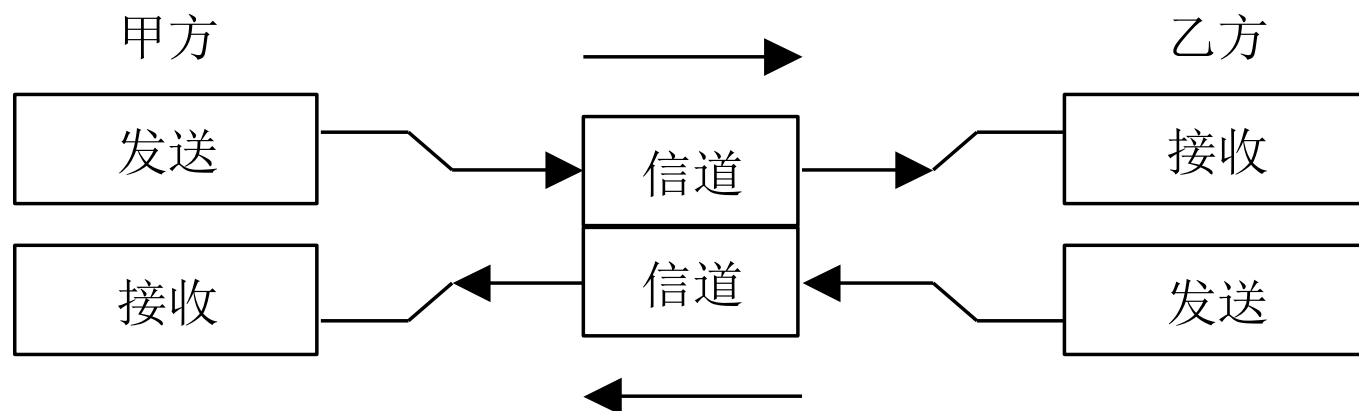


图1-4(c)



1. 3. 2 串行传输和并行传输

- 根据通信过程中同时传输位数的不同可分为：
 - 串行传输
 - 并行传输



串行传输

- 串行传输只使用一条线路，在传送数据时，需要将多个比特组成的数据转换为串行的比特串，然后逐一（具体高低位顺序取决于发送端和接收端双方的约定）传送每一个比特，如图1-5(a)所示。

串行传输图示

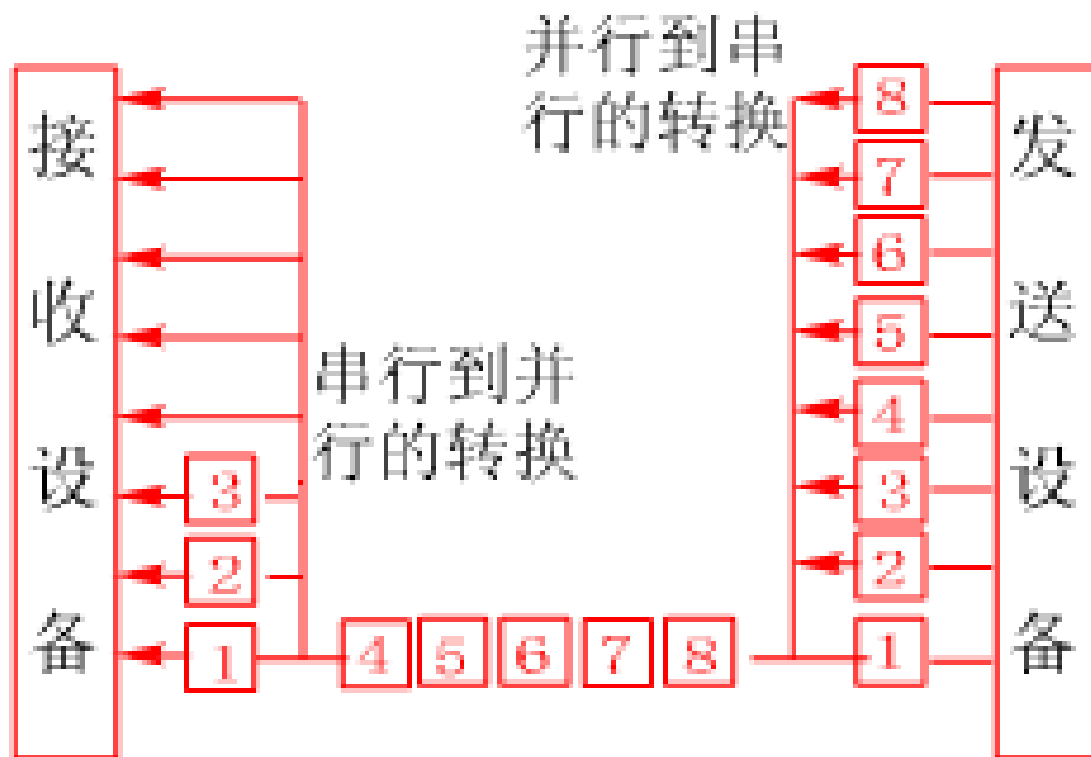
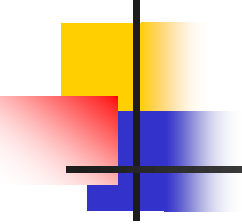


图1-5(a)

- 
- 串行传输的应用，往往传输速率低，比较适合长距离的传输。
 - 在串行传输中存在接收端和发送端双方保持同步的问题。目前有两种解决办法，即异步传输方式和同步传输方式。串行传输方式增加了发送设备和接收设备的复杂性。



并行传输

- 并行传输指可以同时传输一组比特，每个比特使用单独的一条线路，事实上就是在多条并行信道上同时传输一组比特数据，如图1-5(b)所示。

并行传输图示

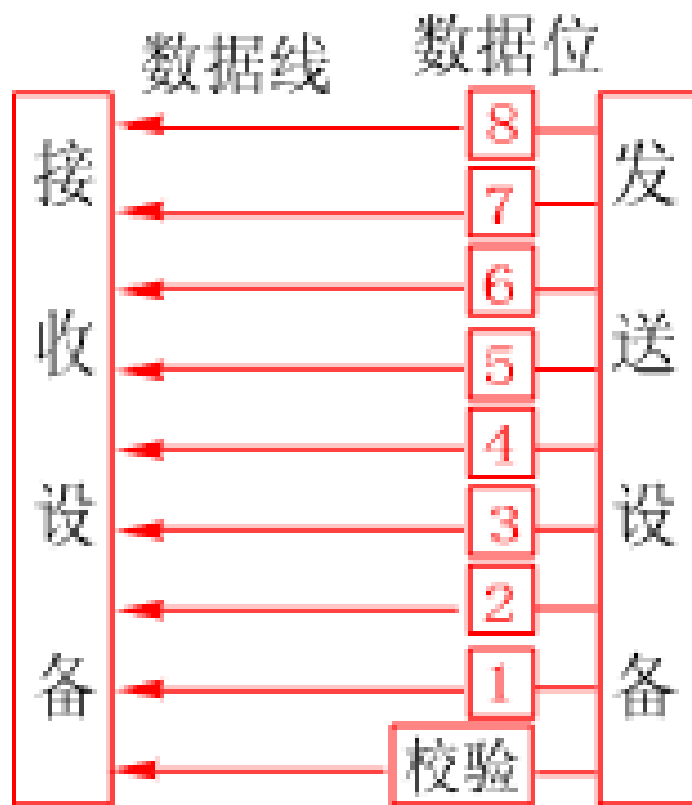
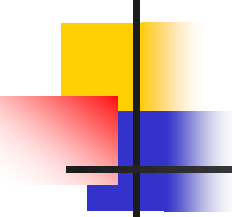


图1-5(b)

- 
- 并行传输非常普遍，主要用于短距离的设备之间数据传输。例如，电脑向打印机发送数据就是一个短距离并行传输的典型实例。
 - 一般来说，并行传输通常采用同步方式，即一个时钟节拍传输一个多比特的数据，发送和接收设备比较简单，单位时间内传输的数据量大。



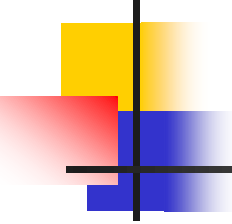
1. 3. 3 同步传输和异步传输

- 根据通信双方的时钟是否需要保持一致（同步），可分为：
 - 异步传输
 - 同步传输



异步传输

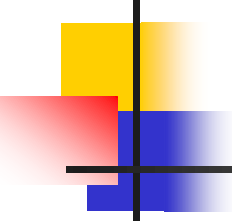
- 异步传输一般以字符为单位，不论所采用的字符代码长度为多少位，在发送每一字符代码时，前面均加上一个“起”信号，其长度规定为1个码元，极性为“0”，即空号的极性；字符代码后面均加上一个“止”信号，其长度为1或2个码元，极性皆为“1”，即与信号极性相同，加上起、止信号的作用就是为了能区分串行传输的“字符”，也就是实现串行传输收、发双方码组或字符的同步。

- 
-
- 这种传输方式的特点是同步实现简单，收发双方的时钟信号不需要严格同步。缺点是对每一字符都需加入“起、止”码元，使传输效率降低，故适用于1200b/s以下的低速数据传输。



同步传输

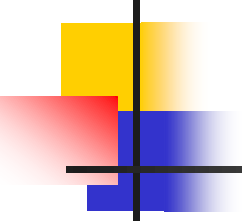
- 同步传输是以同步的时钟节拍来发送数据信号的，因此在一个串行的数据流中，各信号码元之间的相对位置都是固定的（即同步的）。接收端为了从收到的数据流中正确地区分出一个个信号码元，首先必须建立准确的时钟信号。

- 
-
- 数据的发送一般以组（帧）为单位，一组数据包含多个字符，收发之间的码组或帧同步，是通过传输特定的传输控制字符或同步序列来完成的，传输效率较高。



1. 4

通信系统的性能指标主要涉及其**有效性**、**可靠性**、适应性、标准性、经济性和可维护性等，从消息传输角度来说，通信的可靠性和有效性将是主要矛盾，这里**可靠性**主要指消息传输的质量，而**有效性**主要指消息传输的速度问题。

- 
-
- 1. 4. 1 模拟通信系统的性能指标
 - 1. 4. 2 数字通信系统的性能指标



1. 4. 1 模拟通信系统的性能指标

- 有效性用每路信号所需的传输**带宽**来衡量，带宽越窄，有效性越好；
- 可靠性用输出**信噪比**来衡量，信噪比越大，可靠性越好。



1. 4. 2 数字通信系统的性能指标

- 有效性的主要性能指标是**传输速率**，通常用码元传输速率或信息传输速率来衡量或表征。
- **差错率**是衡量数字通信系统工作时传输消息可靠程度的重要指标。一般有两种测量方法，即误码率和误信率。



传输速率

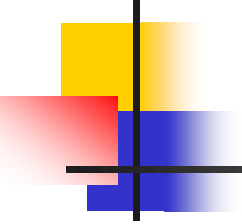
- 码元传输速率（码元速率、传码率、符号速率、调制速率、波特率等），定义为单位时间内传输的码元数目，单位为“波特（**Baud**）”，用符号“**B**”表示。
- 信息传输速率（信息速率、传信率、比特率等），定义为单位时间内传输的信息量，单位是“比特/秒”，用符号“**bit/s**”或“**bps**”表示。



传信率与传码率之间的关系

- 通常一个码元可以代表多进制的符号：
 - 当采用二进制符号“0”和“1”时，一个二进制码元就代表符号“0”和“1”，此时码元速率 (B) 在数值上就等于信息速率 (bit/s)；
 - 当采用N进制码元时，信息速率 $R_b(bit/s)$ 和码元速率 $R_B(B)$ 存在下列关系：

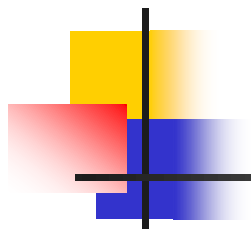
$$R_b = R_B \log_2 N$$

- 
-
- 例如，一个四进制系统的码元速率为1200B，则该系统的信息速率为2400bit/s。



差错率

- 误码率是指码元传输过程中出错的比例；
- 误信率，又称误比特率，则是指在信息传输过程中错误接收的信息量占总信息量的比例。



第一章結束