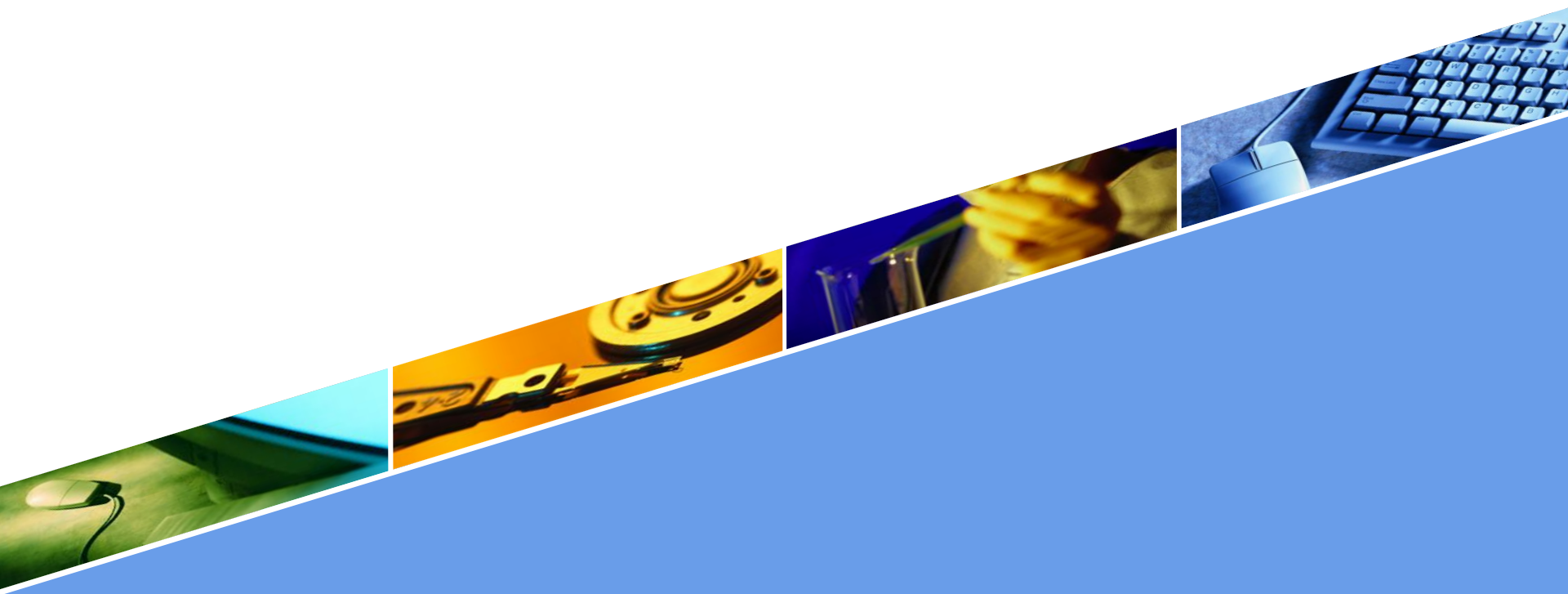


第二讲 物理层概要



主题 1



1

数据通信的基础知识

2

物理层下面的传输媒体

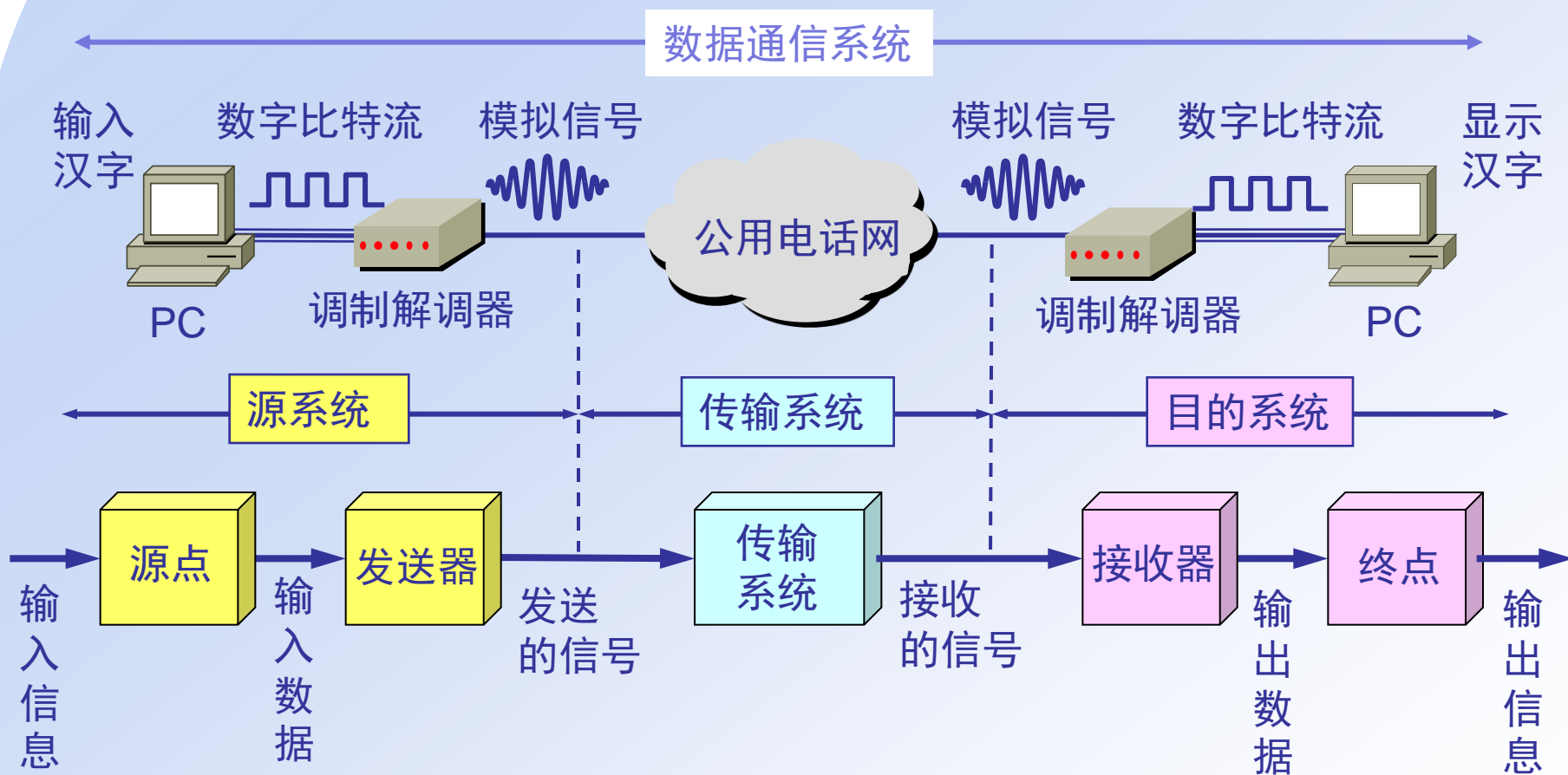
3

信道复用技术

4

数字传输系统

数据通信系统模型

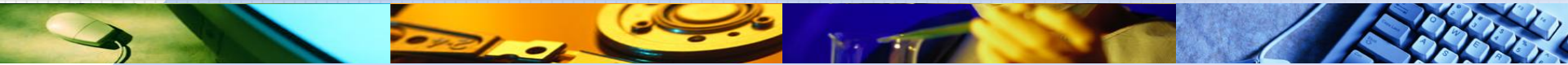


几个术语

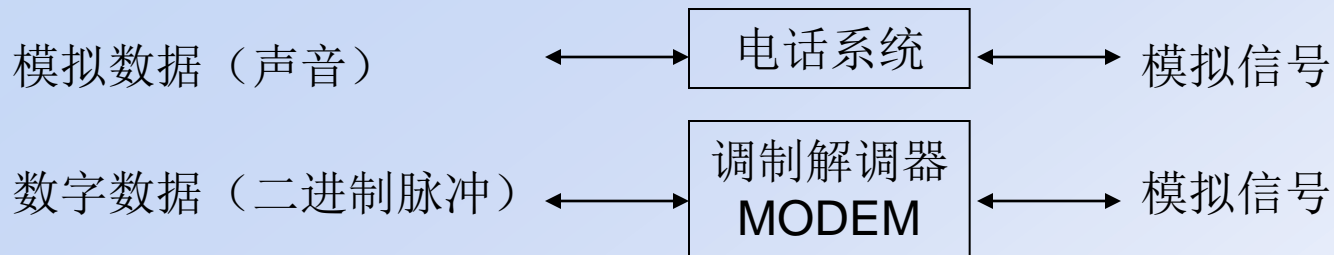


- ❖ 数据(data)——运送消息的实体。
- ❖ 信号(signal)——数据的电气的或电磁的表现。
- ❖ “模拟信号”(analogous)——代表消息的参数的取值是连续的。
- ❖ “数字信号”(digital)——代表消息的参数的取值是离散的。
- ❖ 码元(code)——在使用时间域（或简称为时域）的波形表示数字信号时，代表不同离散数值的基本波形。

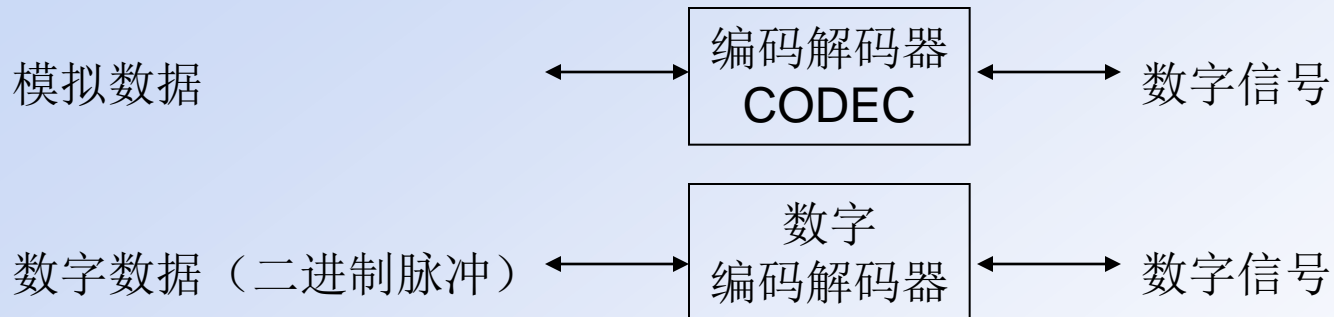
信号发送



模拟信号发送:



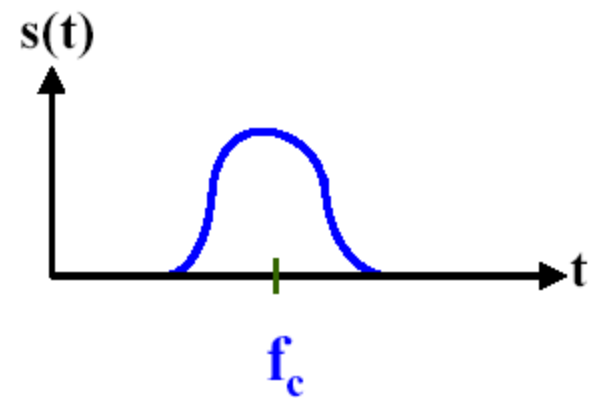
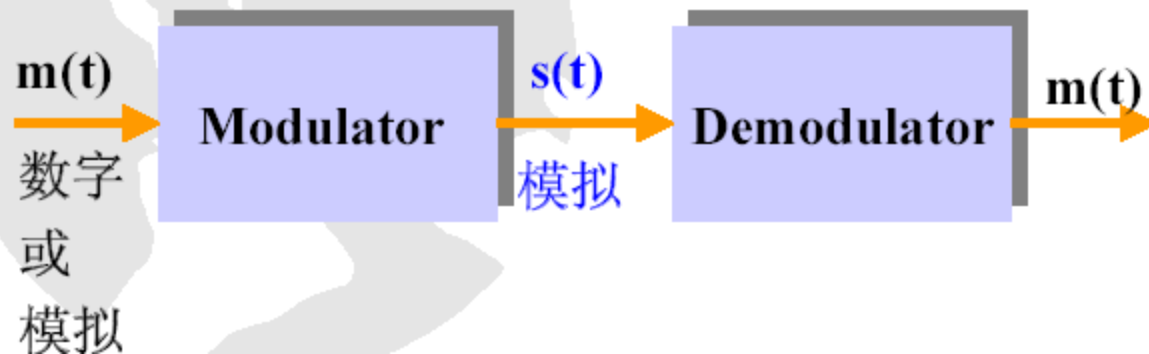
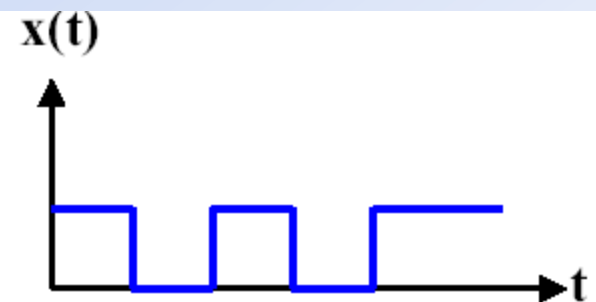
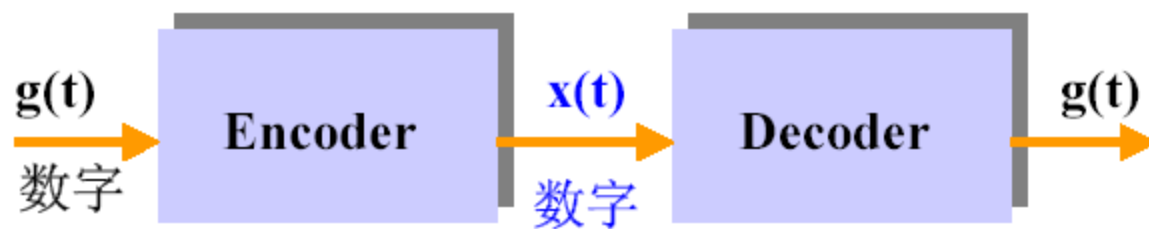
数字信号发送:



数字信号发送的优点是: 价格便宜, 对噪声不敏感;

缺点是: 易受衰减, 频率越高, 衰减越厉害。

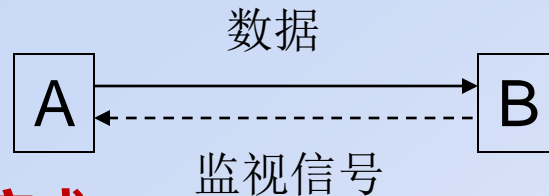
编码与调制



有关信道的几个基本概念

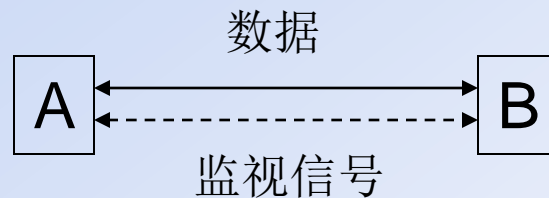
单工通信方式

信息只能单向传输，监视信号可回送。



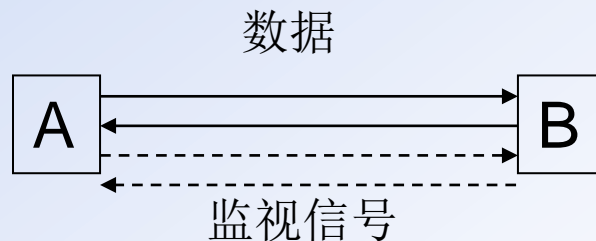
半双工通信方式

信息可以双向传输，但在某一时刻只能单向传输。

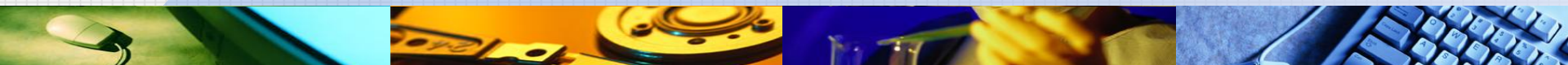


全双工通信方式

信息可以同时双向传输，一般采用四线式结构。



基带 (baseband) 信号和带通 (band pass) 信号



信道上传送的信号还有**基带**信号和**带通**信号之分。

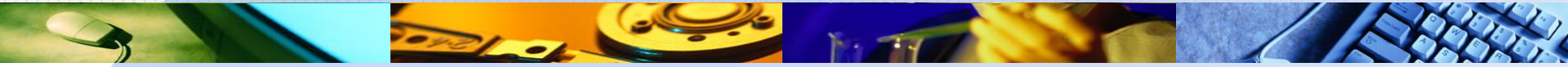
❖ 基带信号 (即基本频带信号)

- 将来自信源的数字信号1或0直接用两种不同的电压来表示, 送到线路上传输

❖ 带通信号

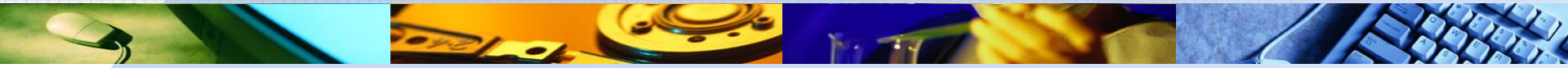
- 将基带信号进行载波调制后, 把信号的频率范围搬移到较高的频段以便在信道中传输。
- 在一条电缆中同时传送多路数字信号

基带信号的编码与调制



- ❖ 基带信号往往包含有较多的低频成分，甚至有直流成分，而许多信道并不能传输这种低频分量或直流分量。为了解决这一问题，就必须对基带信号进行编码（coding）和调制（modulation）。
 - **编码（也称基带调制）：仅对基带信号的波形进行变换，使它能够与信道的特性相适应。**
 - 编码后的信号——仍是基带信号
 - **带通调制：需要使用载波进行调制，将基带信号进行载波调制后，把信号的频率范围搬移到较高的频段，并转换为模拟信号，以便在信道中传输。**
 - 带通调制后的信号——带通信号

常用编码方式



- ❖ **不归零制**：正电平代表1，负电平代表0。
- ❖ **归零制**：正脉冲代表1，负脉冲代表0。
- ❖ **曼彻斯特编码**：位周期中心的上跳变代表0，位周期中心的下跳变代表1。也可反过来定义。
- ❖ **差分曼彻斯特编码**：在每位的中心处始终都有跳变。位开始边界有跳变代表0，位开始边界没有跳变代表1。

常用编码方式示例

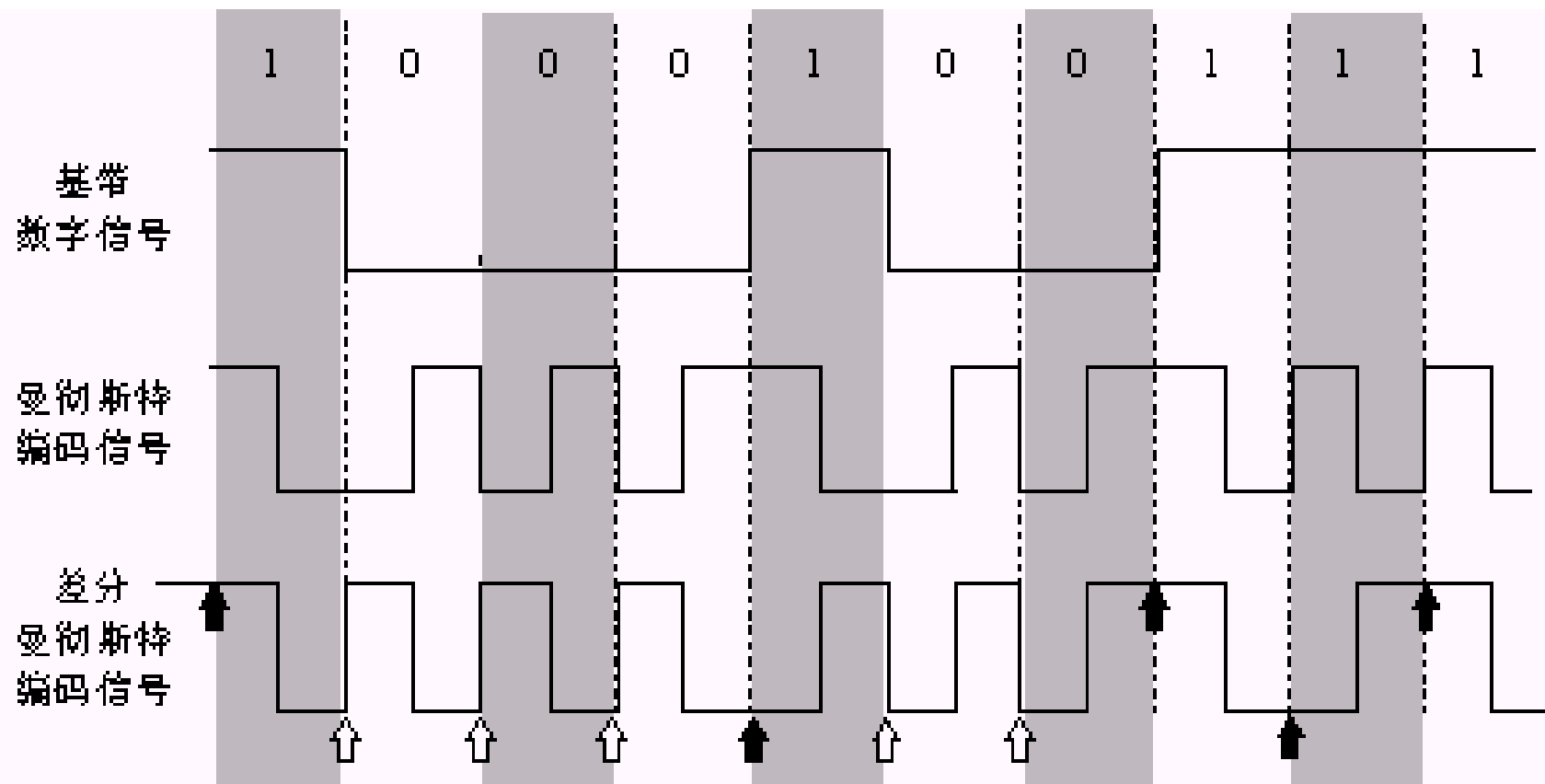


图 3-8 三种常用的编码方法

带通调制方法

❖ 带通调制方法包括：

■ 基本的带通调制方法

- 调幅(AM)：载波的振幅随基带数字信号而变化。
- 调频(FM)：载波的频率随基带数字信号而变化。
- 调相(PM)：载波的初始相位随基带数字信号而变化。

■ 多元制振幅相位混合调制方法

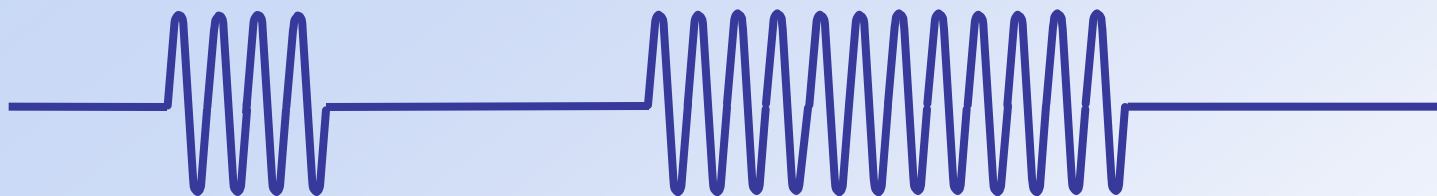
- 例如正交振幅调制QAM

基本带通调制方法

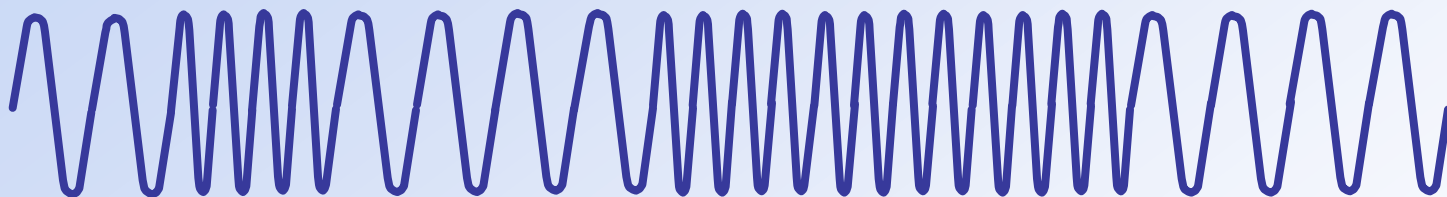
基带信号



调幅



调频

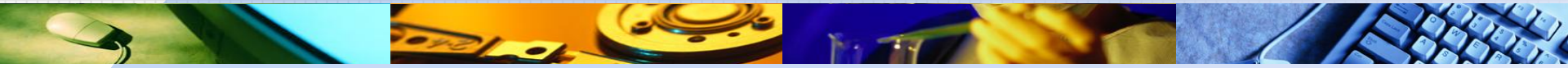


调相



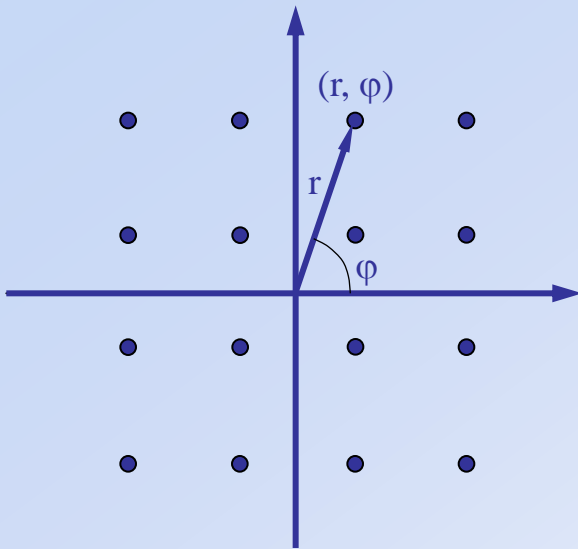
正交振幅调制 QAM

(Quadrature Amplitude Modulation)



为了达到更高的信息传输速率，必须采用多元制的振幅和相位混合调制方法。

举例



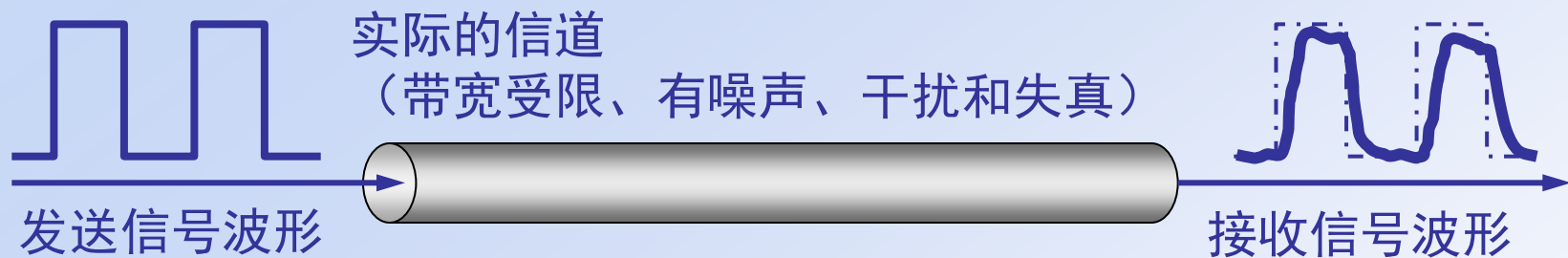
- 可供选择的相位有 12 种，而对于每一种相位有 1 或 2 种振幅可供选择。
- 由于 4 bit 编码共有 16 种不同的组合，因此这 16 个点中的每个点可对应于一种 4 bit 的编码。
- 若每一个码元可表示的比特数越多，则在接收端进行解调时要正确识别每一种状态就越困难。

信道的极限容量

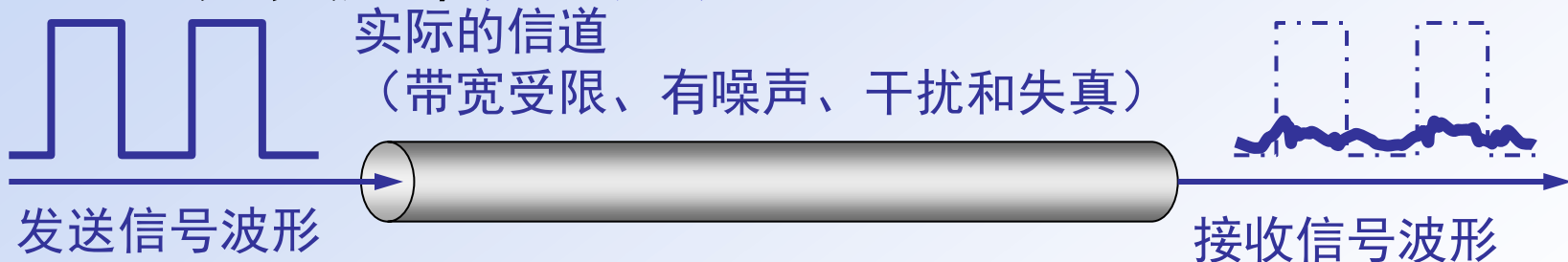
- ❖ 任何实际的信道都不是理想的，在传输信号时会产生各种失真以及带来多种干扰。
- ❖ 码元传输的速率越高，或信号传输的距离越远，在信道的输出端的波形的失真就越严重。

数字信号通过实际的信道

❖ 有失真，但可识别



❖ 失真大，无法识别



信道能够通过的频率范围



1924 年奈奎斯特(Nyquist)推导出了著名的奈氏准则：

- ❖ 在假定的理想条件下，为了避免码间串扰，码元的传输速率的上限值：

$$\text{波特率} = 2 W \text{ (Baud)}$$

W是理想信道的带宽，单位为赫(Hz)；

码元传输速率的单位是Baud（波特），码元/秒。

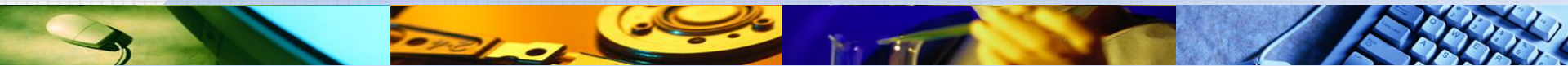
- ❖ 在假定的理想条件下，信息传输速率的上限值：

$$\text{比特率} = 2 W \log_2 L \text{ (b/s)}$$

L为信号电平数量

数据传输速率的单位是b/s（比特/秒）

信噪比

- 
- ❖ 香农(Shannon)用信息论的理论推导出了带宽受限且有高斯白噪声干扰的信道的极限、无差错的信息传输速率。
 - ❖ 信道的极限信息传输速率 C 可表达为
$$C = W \log_2(1 + S/N) \text{ b/s}$$
 - W 为信道的带宽（以 Hz 为单位）；
 - S 为信道内所传信号的平均功率；
 - N 为信道内部的高斯噪声功率。

香农公式表明

- ❖ 信道的带宽或信道中的信噪比越大，则信息的极限传输速率就越高。
- ❖ 只要信息传输速率低于信道的极限信息传输速率，就一定可以找到某种办法来实现无差错的传输。
- ❖ 若信道带宽 W 或信噪比 S/N 没有上限（当然实际信道不可能有这样的），则信道的极限信息传输速率 C 也就没有上限。
- ❖ 实际信道上能够达到的信息传输速率要比香农的极限传输速率低不少。

请注意

- ❖ 对于频带宽度已确定的信道，如果信噪比不能再提高了，并且码元传输速率也达到了上限值，那么还有办法提高信息的传输速率。这就是用编码的方法让每一个码元携带更多比特的信息量。
- ❖ 信道带宽有两种带宽的概念
 - 在模拟信道，带宽按照公式 $W=f_2-f_1$ 计算；其中 f_1 是信道能够通过的最低频率， f_2 是信道能够通过最高频率
 - 数字信道的带宽为信道能够达到的最大数据速率；
 - 两者可通过香农定理互相转换。

主题 2



1

数据通信的基础知识

2

物理层下面的传输媒体

3

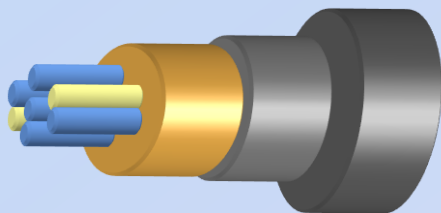
信道复用技术

4

数字传输系统

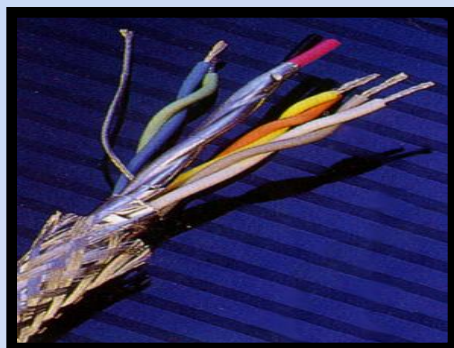
常见传输媒体

光纤实物模型



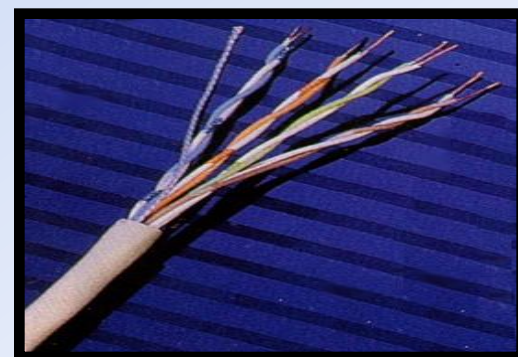
屏蔽双绞线 (STP)

- 以箔屏蔽以减少干扰和串音

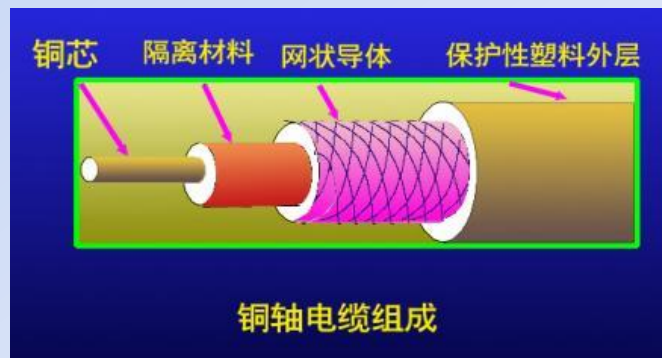


非屏蔽双绞线 (UTP)

- 双绞线外没有任何附加屏蔽



同轴电缆



通信卫星



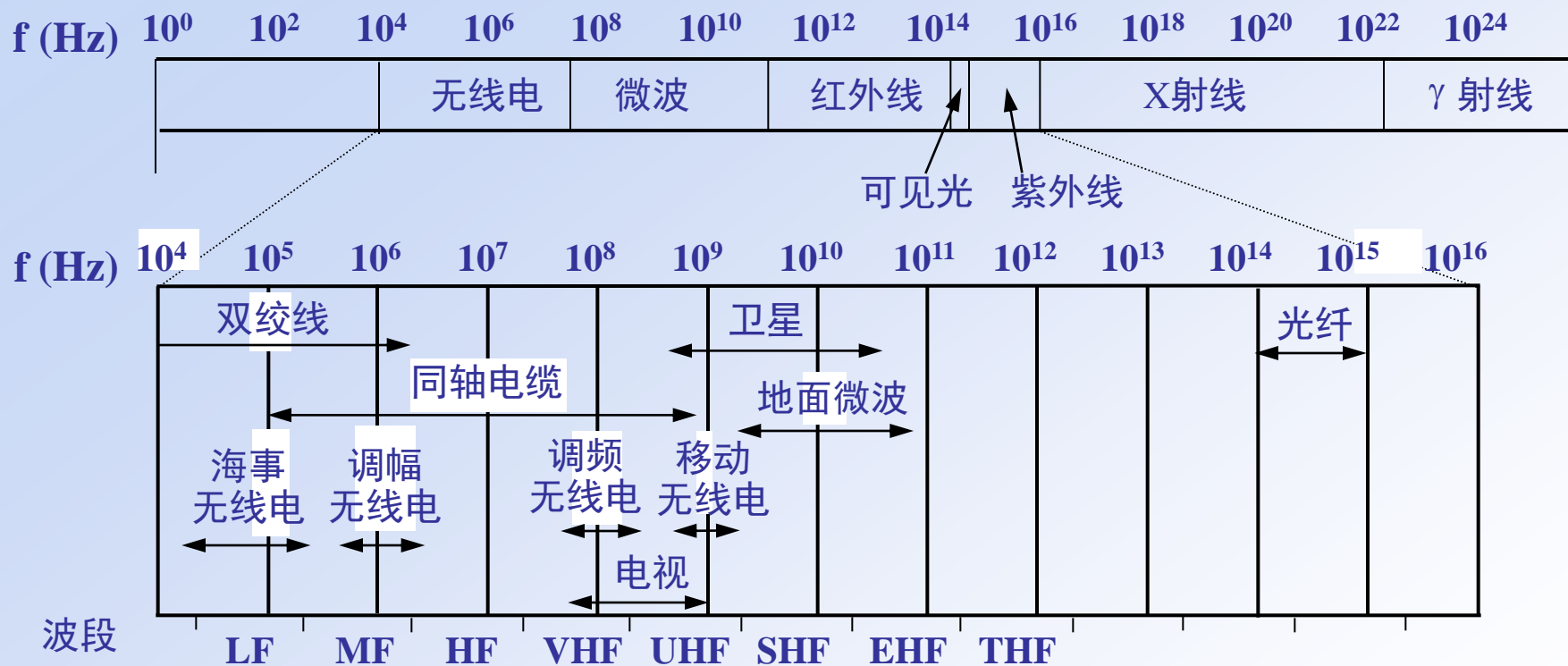
常见传输媒体

传输介质	频带范围	带宽	传输距离
双绞线	0~ 100MHz	100MHz	15公里或更大。 局域网10/100Mbps100米。
同轴电缆	100KHz~500MHz	400MHz	几~几十公里
无线	10KHz~900MHz	900MHz	几十公里
微波	300MHz ~300GHz 2G~40GHz		视距范围
卫星	300 MHz ~ 30GHz KU :12GHz ~ 18GHz KA: 20GHz~30GHz		一个同步卫星可以覆盖地球的 1/3以上表面
光波	$10^{14} \sim 10^{15}$ Hz	30亿MHz	不加中继器6~8公里

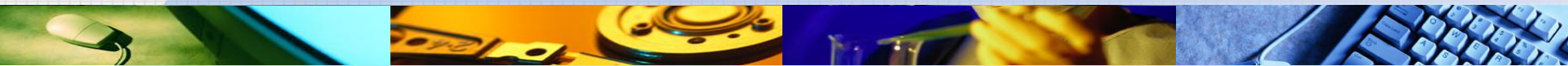
物理层下面的传输媒体



电信领域使用的电磁波的频谱



导引型传输媒体



❖ 双绞线

- 屏蔽双绞线 STP (Shielded Twisted Pair)
- 无屏蔽双绞线 UTP (Unshielded Twisted Pair)

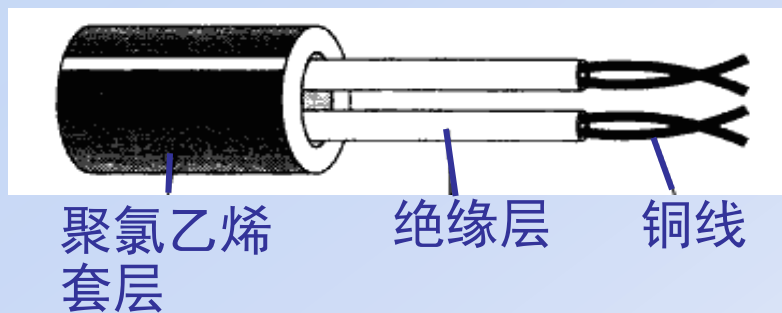
❖ 同轴电缆

- $50\ \Omega$ 同轴电缆
- $75\ \Omega$ 同轴电缆

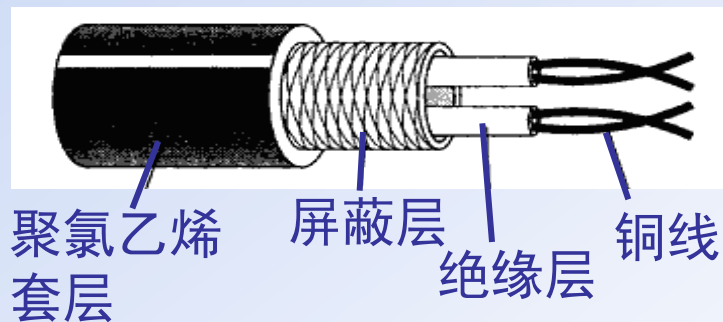
❖ 光缆

各种电缆

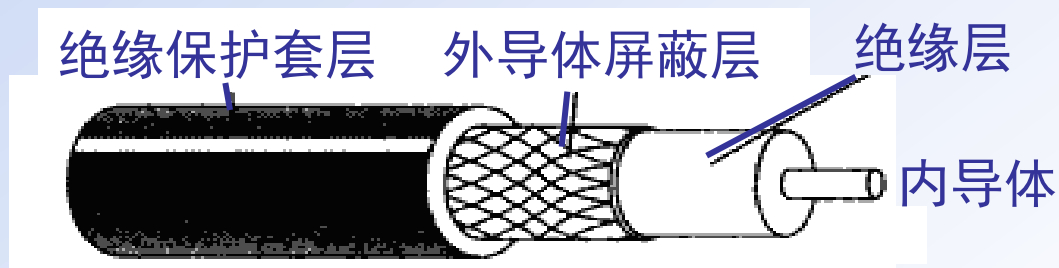
无屏蔽双绞线 UTP



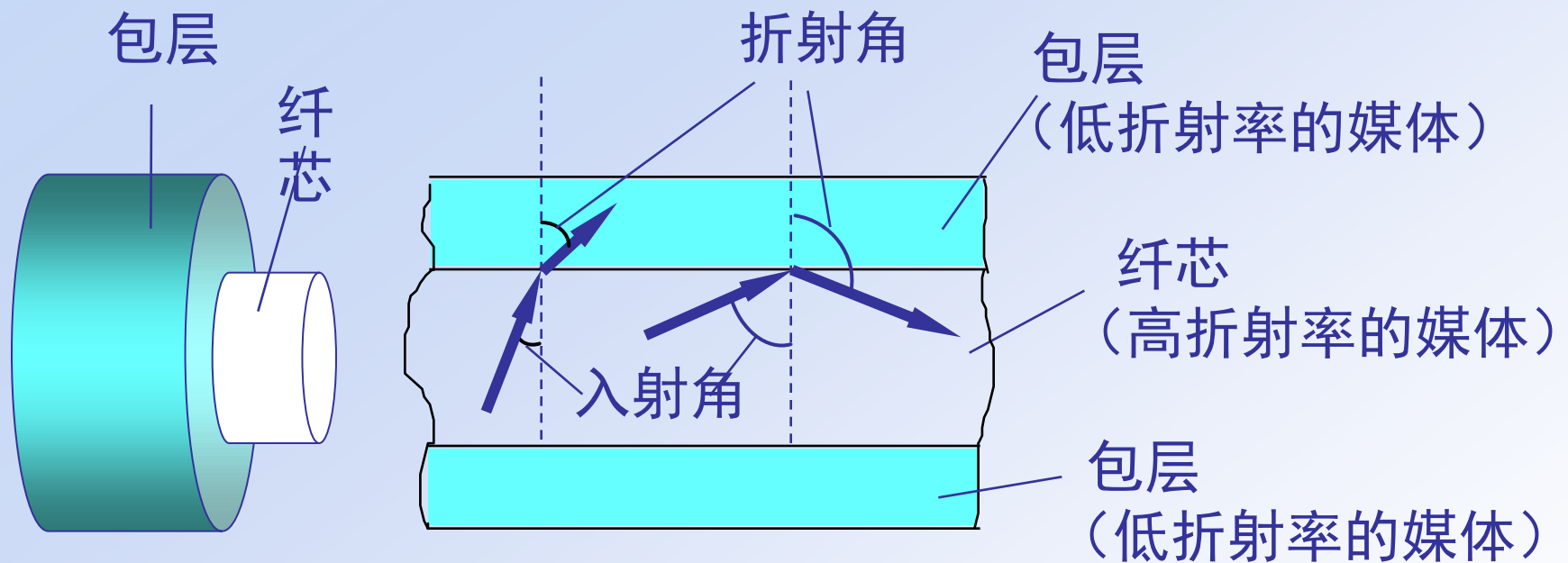
屏蔽双绞线 STP



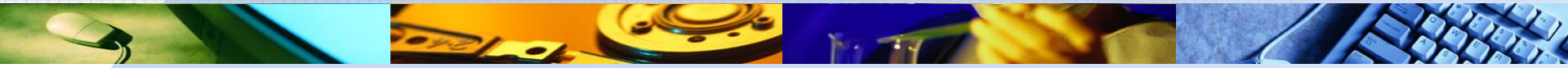
同轴电缆



光线在光纤中的折射

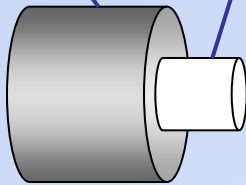


光纤的工作原理

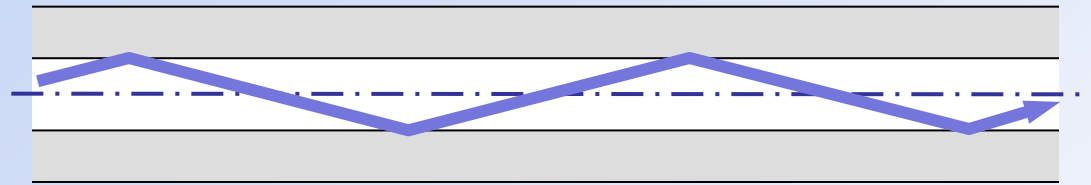


低折射率
(包层)

高折射率
(纤芯)



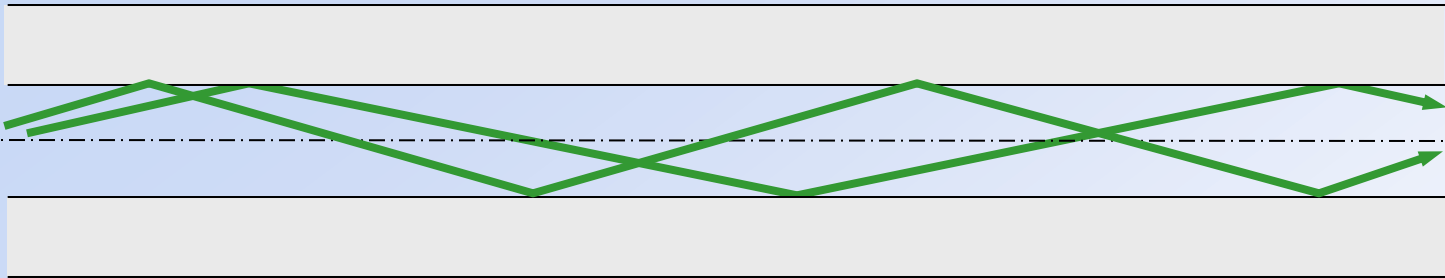
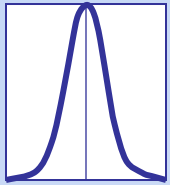
光线在纤芯中传输的方式是不断地全反射



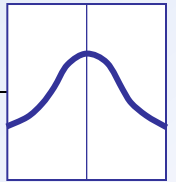
多模光纤与单模光纤

多模光纤

输入脉冲

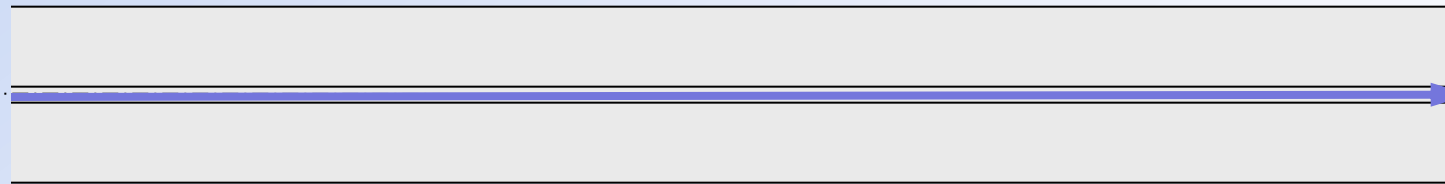
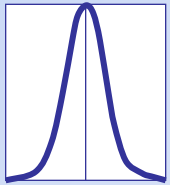


输出脉冲

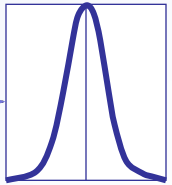


单模光纤

输入脉冲



输出脉冲

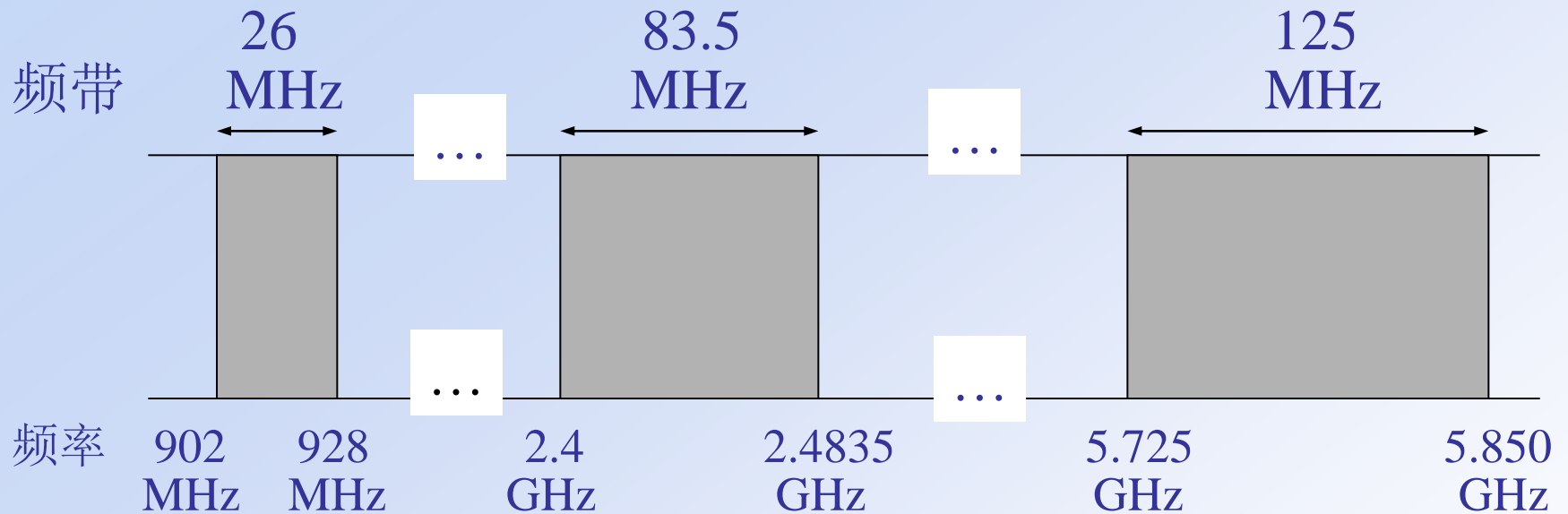


非导引型传输媒体

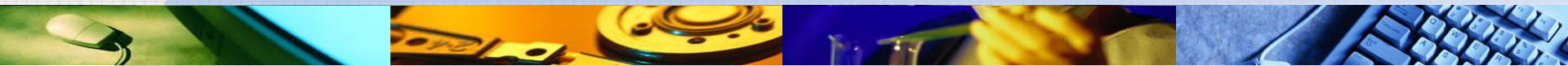


- ❖ 无线传输所使用的频段很广。
- ❖ 短波通信主要是靠电离层的反射，但短波信道的通信质量较差。
- ❖ 微波在空间主要是直线传播。
 - 地面微波接力通信
 - 卫星通信

无线局域网使用的 ISM 频段



主题 3



1 数据通信的基础知识

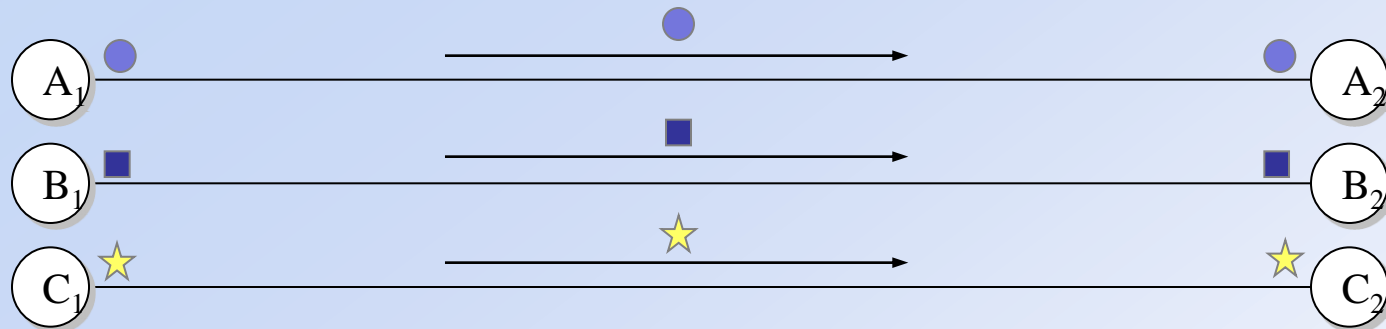
2 物理层下面的传输媒体

3 **信道复用技术**

4 数字传输系统

信道复用技术

❖ 复用(multiplexing)是通信技术中的基本概念。



(a) 使用单独的信道



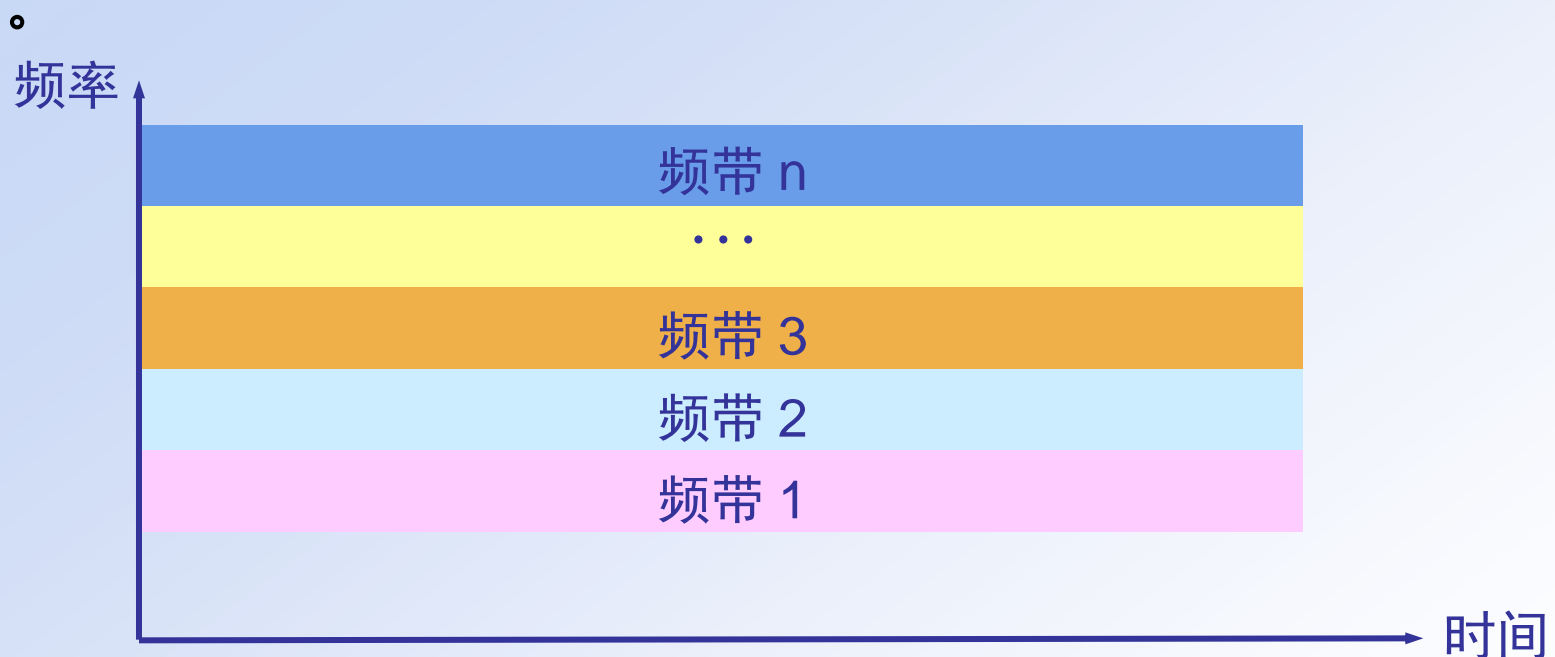
(b) 使用共享信道

计算机通信中三种复用方式：频分复用、时分复用和统计时分复用

频分复用 FDM

(Frequency Division Multiplexing)

- ❖ 用户在分配到一定的频带后，在通信过程中自始至终都占用这个频带。
- ❖ 频分复用的所有用户在同样的时间占用不同的带宽资源（请注意，这里的“带宽”是频率带宽而不是数据的发送速率）

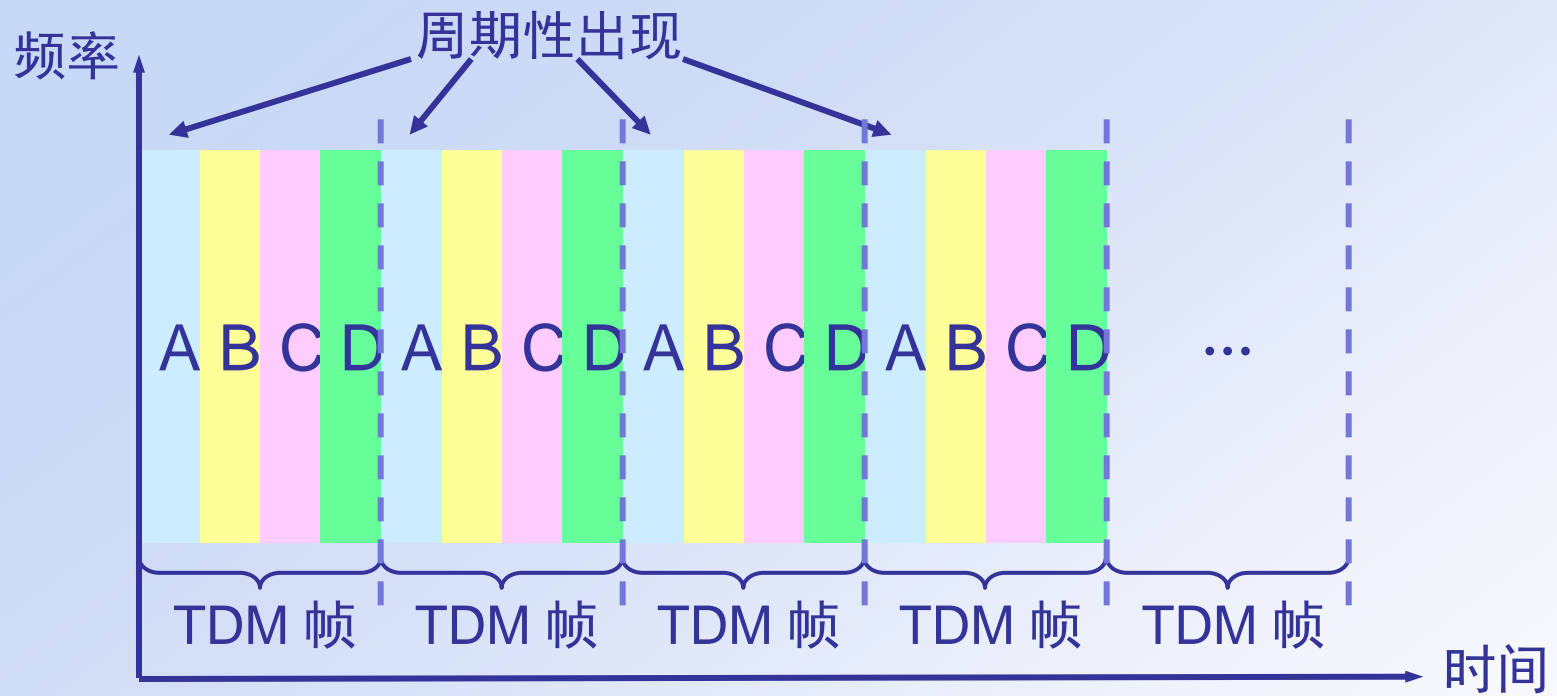


时分复用TDM

(Time Division Multiplexing)

- ❖ 时分复用则是将时间划分为一段段等长的时分复用帧 (TDM 帧)。每一个时分复用的用户在每一个 TDM 帧中占用固定序号的时隙。
- ❖ 每一个用户所占用的时隙是周期性地出现 (其周期就是 TDM 帧的长度)。
- ❖ TDM 信号也称为等时(isochronous)信号。
- ❖ 时分复用的所有用户是在不同的时间占用同样的频带宽度。

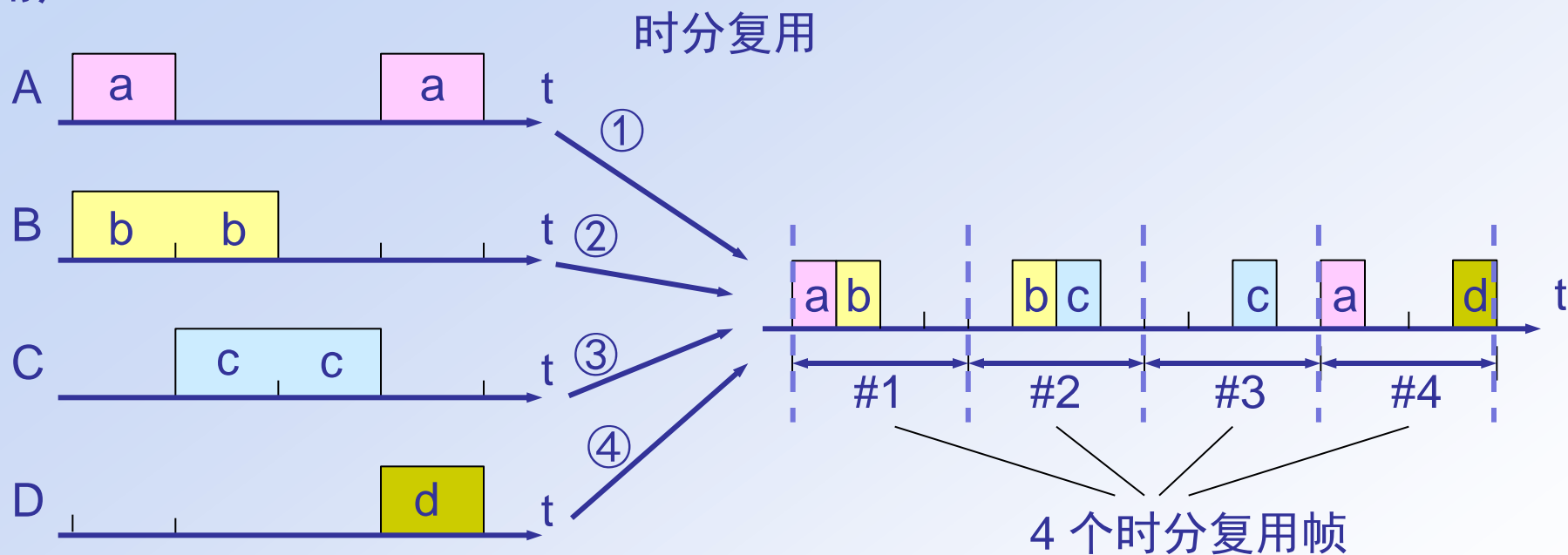
时分复用



时分复用可能会造成线路资源的浪费

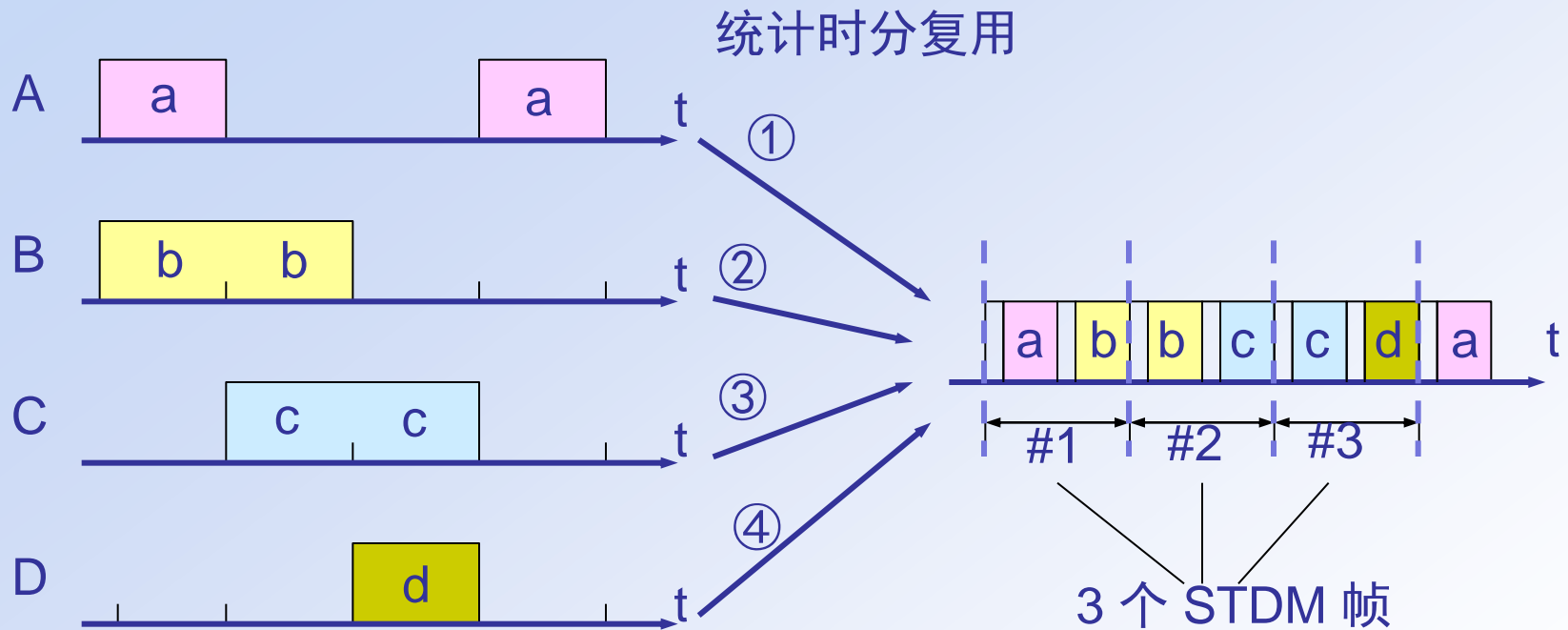
使用时分复用系统传送计算机数据时，
由于计算机数据的突发性性质，用户对
分配到的子信道的利用率一般是不高的。

用户



统计时分复用 STDM (Statistic TDM)

用户



主题 4



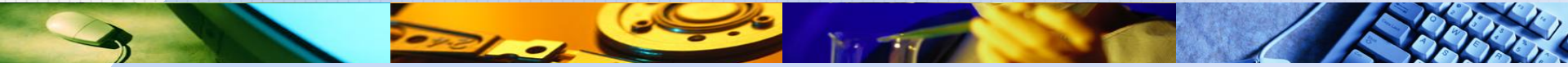
1 数据通信的基础知识

2 物理层下面的传输媒体

3 信道复用技术

4 数字传输系统

数字传输系统



- ❖ 脉码调制(Pulse Code Modulation, PCM)：数字信号是对连续变化的模拟信号进行抽样、量化和编码产生的，称为 PCM。一路语音信号：64kbps
- ❖ PCM 体制最初是为了在电话局之间的中继线上传送多路的电话。
- ❖ 由于历史上的原因，PCM 有两个互不兼容的国际标准，即北美的 24 路 PCM（简称为 T1）和欧洲的 30 路 PCM（简称为 E1）。我国采用的是欧洲的 E1 标准。
- ❖ E1 的速率是 2.048 Mb/s，而 T1 的速率是 1.544 Mb/s。
- ❖ 当需要有更高的数据率时，可采用复用的方法。

旧的数字传输系统缺点



最主要的是以下两个方面：

❖ 速率标准不统一。

- 如果不对高次群的数字传输速率进行标准化，国际范围的高速数据传输就很难实现。

❖ 不是同步传输。

- 在过去相当长的时间，为了节约经费，各国的数字网主要是采用**准同步方式**。

同步光纤网 SONET



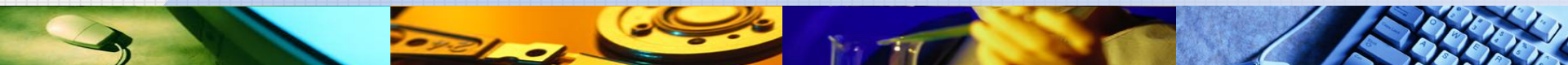
- ❖ 同步光纤网 SONET (Synchronous Optical Network) 的各级时钟都来自一个非常精确的主时钟。
- ❖ 第 1 级同步传送信号 STS-1 (Synchronous Transport Signal) 的传输速率是 51.84 Mb/s。
- ❖ 光信号则称为第 1 级光载波 OC-1, OC 表示 Optical Carrier。

同步数字系列 SDH



- ❖ ITU-T 以美国标准 SONET 为基础，制订出国际标准同步数字系列 SDH (Synchronous Digital Hierarchy)。
- ❖ 一般可认为 SDH 与 SONET 是同义词。
- ❖ SDH 的基本速率为 155.52 Mb/s，称为第 1 级同步传递模块 (Synchronous Transfer Module)，即 STM-1，相当于 SONET 体系中的 OC-3 速率。

SONET 的 OC 级/STS 级与 SDH 的 STM 级的对应关系



线路速率 (Mb/s)	SONET 符号	ITU-T 符号	表示线路速率 的常用近似值
51.840	OC-1/STS-1	—	
155.520	OC-3/STS-3	STM-1	155 Mb/s
466.560	OC-9/STS-9	STM-3	
622.080	OC-12/STS-12	STM-4	622 Mb/s
933.120	OC-18/STS-18	STM-6	
1244.160	OC-24/STS-24	STM-8	
2488.320	OC-48/STS-48	STM-16	2.5 Gb/s
4976.640	OC-96/STS-96	STM-32	
9953.280	OC-192/STS-192	STM-64	10 Gb/s
39813.120	OC-768/STS-768	STM-256	40 Gb/s