



## 第三章 数据通信基础与物理层

### 课前思考

- 数据通信系统的基本模型？
- 信道的基本参数有哪些？
- 最大数据率如何确定？
- 什么叫模拟通信、数字通信？
- 模拟信号和数字信号如何相互转化？
- 什么叫同步传输和异步传输？
- 何谓多路复用技术？常用的多路复用技术有哪几种？
- 物理层协议涉及那些内容？





- 本章主要讨论两个相邻节点之间如何传递信息
- 传输媒体：信息传递通过的实际载体
- 传输媒体不同的带宽和抗干扰能力限制了信息传输能获得的最大传输速率
- 理论上通信信道所能获得的最大数据传输速率的通信系统的基本定律：奈奎斯特定理和香农定理
- 数字传输和模拟传输
- 多路复用技术



# 本章内容

## ● 通信基础

- 信号、信道、码元、带宽、波特、速率等基本概念
- 奈奎斯定理和香农定理
- 信源与信宿

## ● 传输介质

- 双绞线、同轴电缆、光纤和无线传输介质
- 物理层接口的特性

## ● 信道划分介质访问控制

- 频分多路复用、时分多路复用、波分多路复用、码分多路复用的概念和基本原理

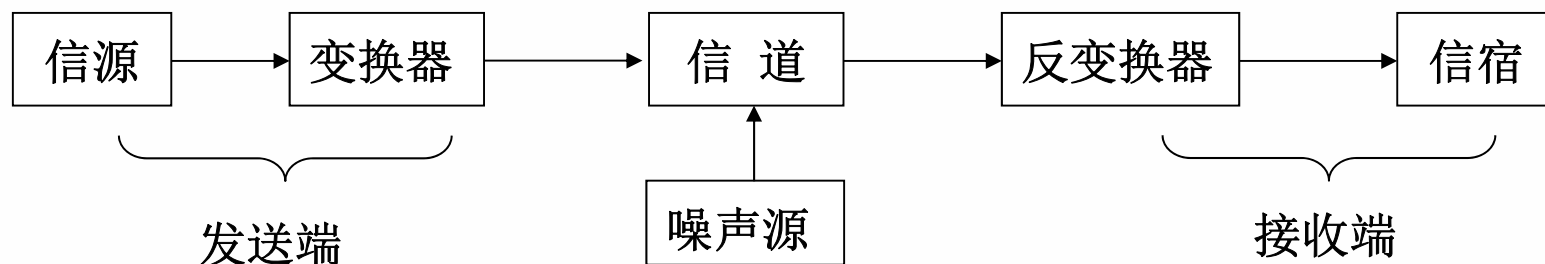
## ● 物理层设备

- 中继器
- 集线器



## 3.1 数据通信基础

### 3.1.1 通信系统模型



- **信源**：将各种信息转换成原始物理信号，如计算机、手机、电话机等。
- **变换器/反变换器**：对原始物理信号进行变换/反变换，以便适合在给定的信道上传输，如MODEM、TA(终端适配器)、光/电转换器等。
- **信道**：传输信号的一条通路，一条物理线路可构成一个或多个信道。
- **噪声源**：信道自身的噪声以及周围环境对信道的干扰，如热噪声、闪电、电磁场干扰等。
- **信宿**：将物理信号转换为信息，如计算机、手机、电话机等。



## 3.1 数据通信基础

- 信道的通信方向

- 单工信道

只允许数据信号在信道上的单向传输。如：无线电广播、电视。

- 半双工信道

数据信号可以在信道上双向传输，但同一时刻只允许单向传输。

如：无线对讲机。

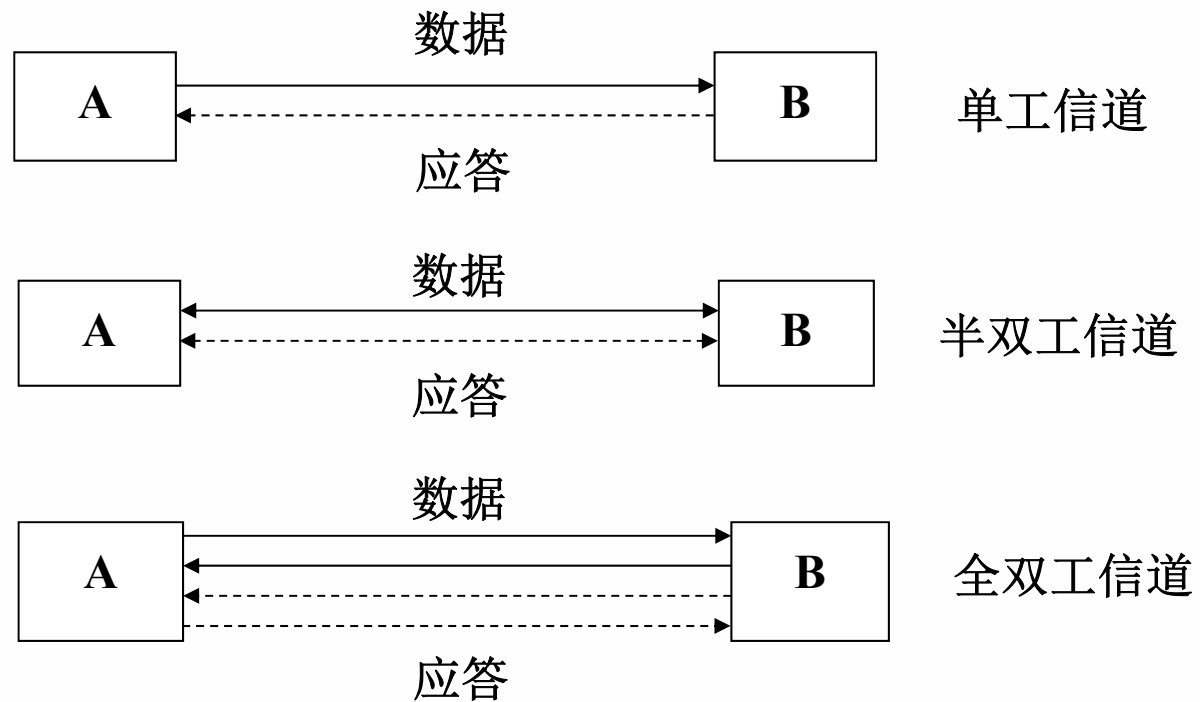
- 全双工信道

允许数据同时双向传输，如：计算机通信等。



## 3.1 数据通信基础

### 信道的通信方向

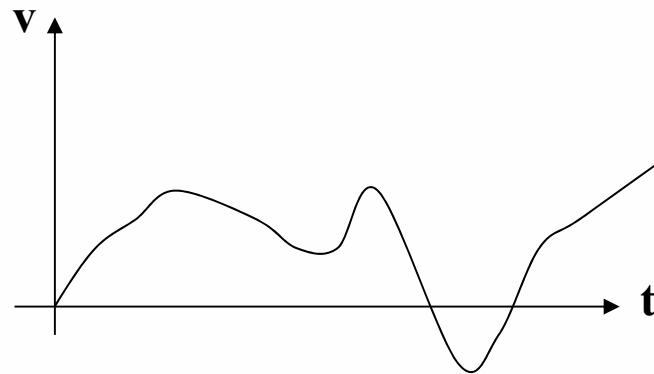




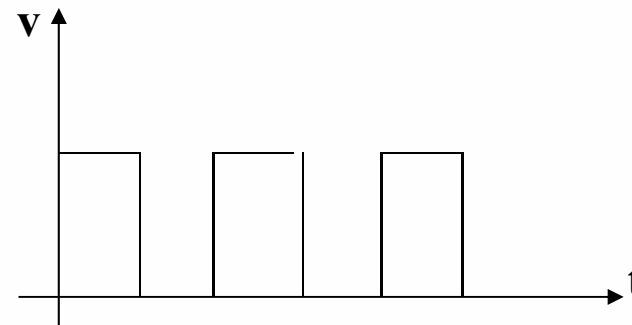
## 3.1 数据通信基础

### 3.1.2 模拟通信与数字通信

- 模拟信号：信号在传输过程中连续变化。
- 数字信号：信号在传输过程中离散变化。



模拟信号



数字信号

- 模拟通信：通过模拟信号来传输数据。
- 数字通信：通过数字信号来传输数据。



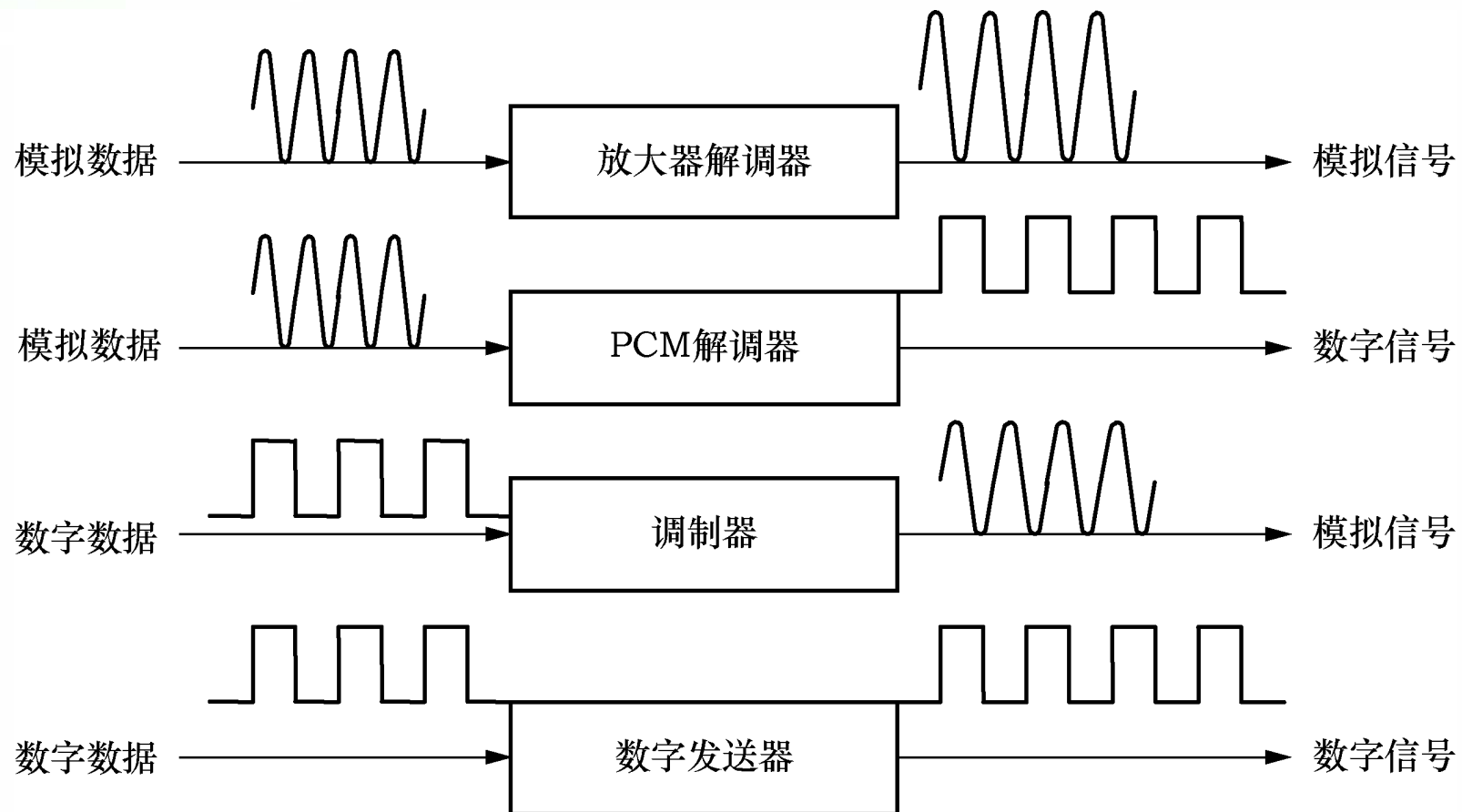
## 3.1 数据通信基础

- 数字通信的优点
  - 误码率低，抗干扰能力强
  - 适合远距离传输
  - 有利于安全性
  - 适合多媒体信息传输，数字传输能将声音、数字、电视之类的图像混合复用在一个信道传输
  - 随着集成电路芯片价格的下降，数字传输及其相应的交换设备比模拟传输便宜得多





## 3.1 数据通信基础



模拟和数字的数据、信号



## 3.1 数据通信基础

### 3.1.3 信道

- 信道

- 信道：传输信号的一条通路。
- 信道通常由物理传输介质和通信设备（如MODEM、中继器、均衡器）组成。
- 一条物理线路可同时复用多个信道。

- 衡量信道质量的三个重要参数

- 信道的带宽
- 信道的容量
- 信道的误码率



# 信道带宽

- 信号带宽: 信道允许传输信号的频率范围, 单位为Hz。

信道的带宽是由传输媒体和有关的附加设备与电路的频率特性综合决定的。

例如:语音信号占用的频率谱为**300-3400Hz**,那么带宽为 **$3400-300=3100\text{Hz}$**

- 对数字信号, 通常用数据率来表示带宽。

- 数据率: 信道每秒最多传输的二进制位数, 单位为bps。

- 带宽  $H$  可近似表示为:

$$H = 1/\tau$$

$\tau$ 为脉冲宽度; 数据率越高, 脉宽越窄, 数字信号的带宽越大。



# 信道容量

## ● 信道容量

- 指信道能够传送的最大的数据率，它与采用的传输介质、信号的调制解调方法、交换器的性能等密切相关。
- 当信道上传送的数据率大于信道允许的数据率时，信道根本就不能传送信号。所以，信道容量是信道的一个极限参数。
- 传输速率受限的原因是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。



# 信道容量与信道带宽的关系

- 波特率

- 波特率又称码元速率，是指每秒传输码元的数目，单位为波特（*Baud*）。
- 若码元的离散取值数目为 $L$ ，波特率为 $B$ ，数据率为 $C$ ，则：

$$C = B \log_2 L$$

- 信道容量与信道带宽的关系

- 奈奎斯特定理（无噪声信道）

$$C = 2H \log_2 L \quad (\text{bps})$$

其中， $C$ 为信道的数据率（即容量）； $H$ 为信道带宽； $L$ 为每个数字信号单元可能取的离散值的个数。

- 如果一个信号在一个带宽为 $H$ 的无噪声信道中传输，只需要以每秒 $2H$ 次采样，超过则不会有更多的帮助。



# 信道容量与信道带宽的关系

- 信道容量与信道带宽的关系

- 香农定理（有噪声信道， $L$ 不受限）

$$C = H \log_2(1 + S/N) \quad (\text{bps})$$

其中， $C$ 为信道的数据率（即容量）， $H$ 为信道带宽， $S$ 为信号功率， $N$ 为噪音功率， $S/N$ 为信噪比。

- 香农研究了受白噪声（服从高斯分布）干扰的信道理论上的最大数据传输速率。



- 例：  $H=4000\text{Hz}$ ,  $S/N=1023$ ,  $L=8$ ; 求  $C$ 。

解：（1）由奈奎斯特定理：

$$C=2H \log_2 L=2 \times 4000 \log_2 8=24000 \text{ (bps)}$$

（2）由香农定理：

$$\begin{aligned} C &= H \log_2(1+S/N) = 4000 \log_2(1+1023) \\ &= 40000 \text{ bps} \end{aligned}$$

所以，信道最大数据率为**24000bps**



# 误码率

## ● 误码率

误码率：数字信号比特（二进制位）在传输过程中出错的概率。

$$P = N_e / N$$

其中， $P$ 为误码率； $N_e$ 为出错的比特数； $N$ 为传输的总比特数。





## 3.1 数据通信基础

### 3.1.4 传输媒体（通信介质, **transmission medium**）

- 传输媒体

- 相邻节点之间实际传送信息的物理载体

- 两类

- 导向：有线媒体，如双绞线，同轴电缆，光纤等

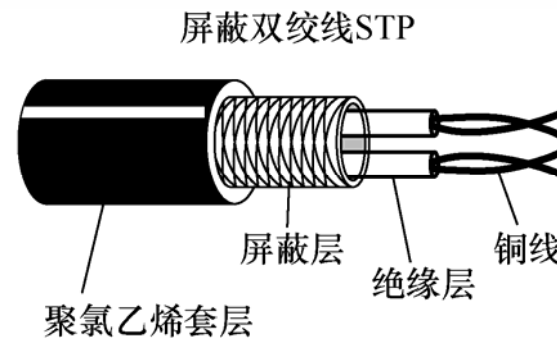
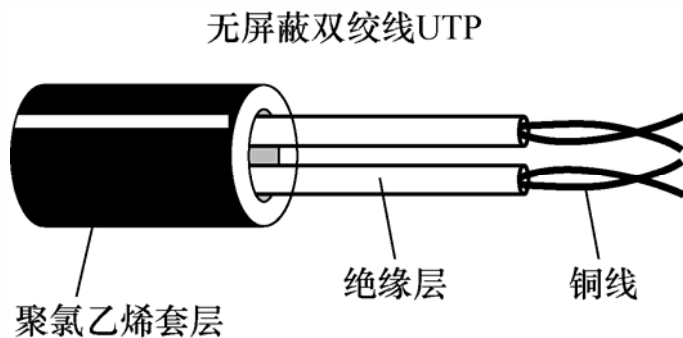
- 非导向：无线电、微波、红外线、激光、卫星、水声通信等



# 物理传输媒体（通信介质）

## ● 双绞线

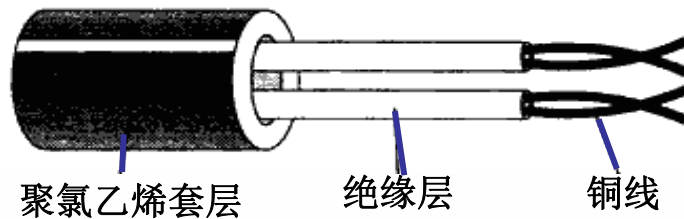
- 由两根相互绝缘的导线绞合成匀称的螺旋状，作为一条通信线路。将两条、四条或更多这样的双绞线捆在一起，外面包上护套，就构成双绞线电缆。最常用的双绞线电缆是电话线。
- 双绞线是最经常使用的物理媒体，相对于其他有线物理媒体（同轴电缆和光纤）来说，价格便宜也易于安装与使用，但其性能一般（指它的传输距离、抗干扰性能和带宽或数据速率而言）。





# 双绞线

- 双绞线：两根绝缘的铜线互绞在一起
- 非屏蔽双绞线（UTP）



## ➤ 三类UTP

100Ω, 100m, 10Mbps, 用于10BASE-T以太网。

## ➤ 五类UTP（目前常用）

100Ω, 100m, 100Mbps, 用于100BASE-T以太网。

## ➤ 超五类UTP

100Ω, 80m, 1000Mbps, 用于千兆以太网。

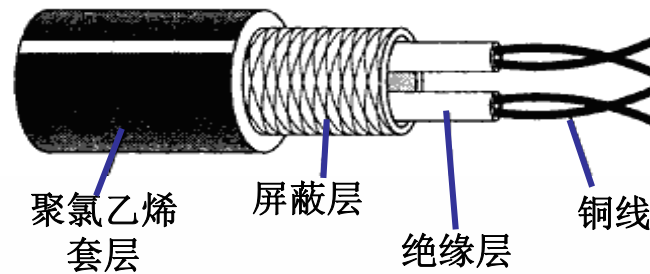
## ➤ 六类UTP

100Ω, 100m, 1000Mbps, 用于千兆以太网。



## 3.1 数据通信基础

### ● 屏蔽双绞线（STP）

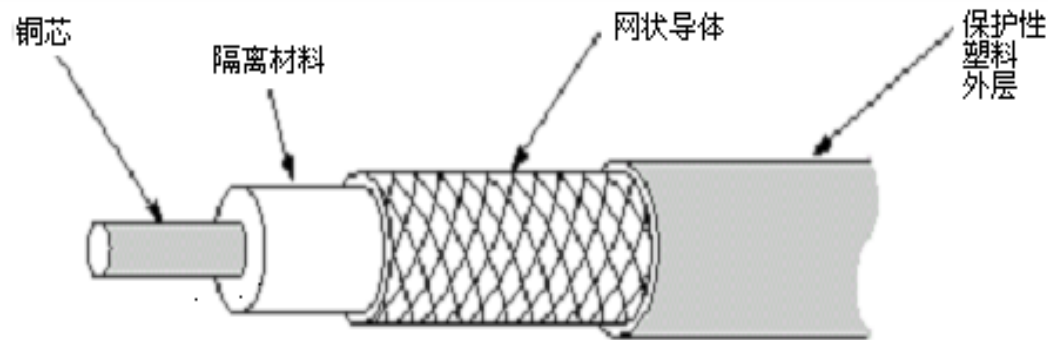


- 抗干扰性能好。
- 价格昂贵、安装麻烦。



## 3.1 数据通信基础

### ● 同轴电缆



同轴电缆由**内导体**铜质芯线、绝缘层、网状编织的**外导体**屏蔽层以及保护塑料外层所组成。

金属屏蔽网可防止中心导体向外辐射电磁场，也可用来防止外界电磁场干扰中心导体的信号，因而具有很好的抗干扰特性，被广泛用于较高速率的数据传输中。



# 同轴电缆

- 基带同轴电缆 (**50Ω**)
  - 粗缆: 10BASE-5
  - 细缆: 10BASE-2
- 宽带同轴电缆 (**75Ω**)
  - 用于闭路电视。
- 与双绞线相比，同轴电缆传输距离长，抗干扰能力强，但价格贵，布线麻烦。



# 基带同轴电缆

## ● 基带同轴电缆

- 基带同轴电缆的特性阻抗为 $50\Omega$ ，仅用于传输数字信号，并使用曼彻斯特编码方式和基带传输方式，即直接把数字信号送到传输介质上，无需经过调制。
- 基带系统的优点是安装简单而且价格便宜，但基带数字方波信号在传输过程中容易发生畸变和衰减，所以传输距离不能很长，一般在 $1\text{km}$ 以内，典型的数据速率可达 $10\text{Mb/s}$ 。
- 基带同轴电缆有粗缆和细缆之分。粗缆抗干扰性能好，传输距离较远；细缆便宜，传输距离较近。局域网中，一般选用RG-8型号和RG-11型号的粗缆或RG-58型号的细缆。



# 宽带同轴电缆

## ● 宽带同轴电缆

- 宽带同轴电缆的特性阻抗为  $75\Omega$ ，带宽可达  $300 \sim 500\text{MHz}$ ，用于传输模拟信号。
- 是公用天线电视系统 **CATV** 中的标准传输电缆，在有线电视中广为采用。
- 在这种电缆上传送的信号采用了频分多路复用的宽带信号，故  $75\Omega$  同轴电缆又称为宽带同轴电缆。
- 所谓宽带，在电话行业中是指带宽比一个标准话路（即  $4\text{kHz}$ ）更宽的频带，而在计算机通信中，泛指采用了频分多路复用和模拟传输技术的同轴电缆网络。





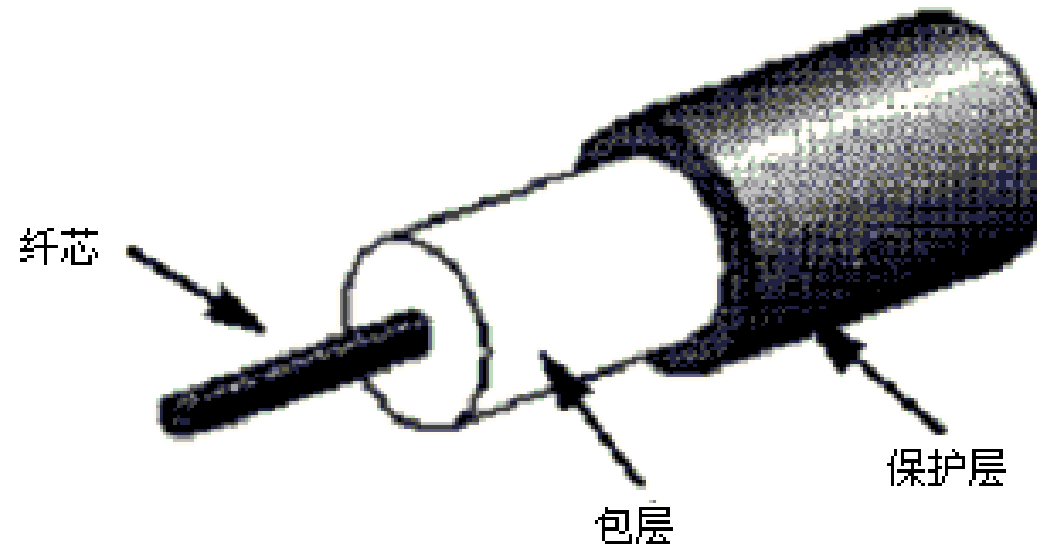
# 光纤

## ● 光纤

- 光导纤维电缆，简称光缆，是网络传输介质中性能最好、应用前途最广泛的一种，光缆的使用成为现代通信技术的一个十分重要的领域。制造光纤的材料可以是超纯硅、合成玻璃或塑料。
- 用超纯硅制成的光纤损耗最小，但制作工艺很难。
- 合成玻璃制成的光纤虽然损耗相对较大，但更为经济，性能也不错。
- 塑料光纤更便宜，可用于短距离、较大损耗也可接受的场合。



# 光纤



光纤的中央是一根直径几十微米光导玻璃，外面用一层玻璃体包住，最外层是塑料保护层。多根光纤由外包层包裹在一起构成光缆。

光纤分为单模光纤和多模光纤两类。



# 光纤

- 单模光纤

- 光线主要沿着光纤的轴心向前传输；
- 单模光纤传输距离较长，但对光源要求高。

- 多模光纤

- 光线沿着光纤以多种角度被包层反射向前传输；
- 多模光纤传输距离较短，但对光源要求不高。

- 光纤优点

- 容量大：可达几百**Gbps**；
- 距离远：**100km**（无需中继）；
- 抗干扰能力强：不受外部电磁场干扰。



# 无线传输媒体

## ● 无线传输媒体

无线传输以自由空间作为传输媒体，主要包括无线电波、微波、卫星通信、激光、红外线等。

## ● 无线电波划分

国际电信联盟将无线电波划分为：

- 低频：（LF）（30kHz — 300KHz）
- 中频：（MF）（300kHz — 3MHz）
- 高频：（HF）（3MHz — 30MHz）
- 甚高频：（VHF）（30MHz — 300MHz）
- 超高频：（UHF）（300MHz — 3GHz）
- 特高频：（SHF）（3GHz — 30GHz）
- 极高频：（EHF）（30GHz — 300GHz）



# 无线传输媒体的传播特性

- 无线电波的传播特性

- 低中频

- 能够绕过障碍物（绕射）；

- 能量随距离增加而急剧减少，传输距离有限。

- 高频和甚高频

- 能量会被地表吸收；

- 但能通过电离层反射。

- 超高频和特超高频（微波）

- 只能直线传播；

- 既不能绕射也不能反射。



# 微波通信

## ●微波通信

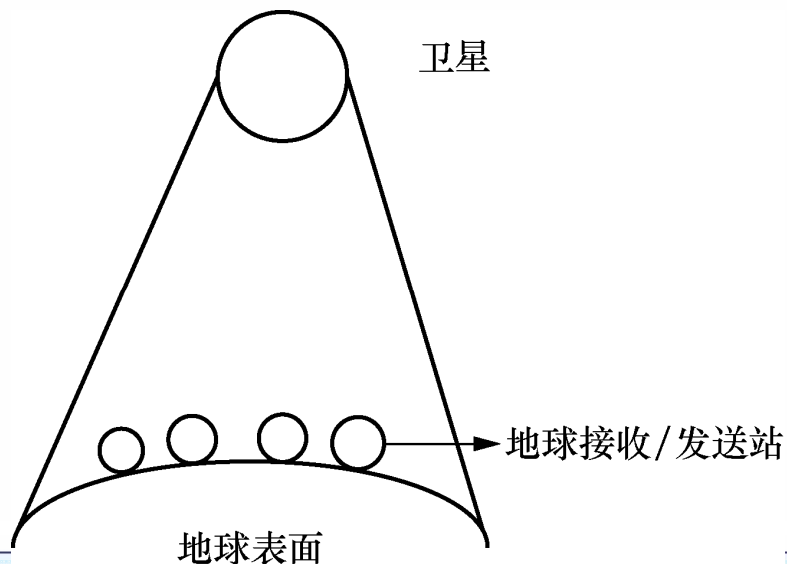
- 微波是指其频率为**300MHz**~**300GHz**的电波，但**主要使用2~40GHz**的频率范围；
- 微波通信是微波作为载波信号，用被传输的模拟信号或数字信号来调制它，采用无线通信；
- 微波通信在无线数据通信中占有重要地位，有两种主要方式
  - 地面微波接力通信
  - 卫星通信



# 卫星通信

## ● 卫星通信

- 卫星通信是一种特殊的微波通信，同步通信卫星作为微波中继站
- 与地面中继站相比，卫星的通信距离远，从理论上讲，三个同步卫星就能覆盖整个地球表面
- 卫星通信的特点
  - (1) 传输延迟长达270ms
  - (2) 通信费用与距离无关
  - (3) 抗干扰能力差，甚至雨水也能吸收微波能量





# 卫星通信

## ● 卫星通信

### ● C波段

- 使用3.7~4.2GHz的频段作为上行信道，5.925~6.425GHz的频段作为下行信道，C波段最早被用于商用通信卫星，目前已相当拥挤。

### ● Ku波段

- 使用11.7~12.2GHz的频段作为上行信道，14~14.5GHz的频段作为下行信道。Ku波段相对来说还不太拥挤，但这个波段的微波易被雨水吸收。

### ● Ka波段

- 使用17.7~21.7GHz的频段作为上行信道，27.5~30.5GHz的频段作为下行信道。Ka波段也有类似Ku波段的问题，且设备造价昂贵，政府和军用的通信卫星一般使用这个波段。





# 红外线通信

## ● 红外线通信

- ➔ 红外线通信是利用红外线来传输信号，在发送端设有红外线发送器，接受端有红外线接收器；
- ➔ 红外无线传输可以进行点对点通信，也可进行广播式通信，但这种传输技术要求通信节点之间必须在直线视距之内，中间不允许有障碍物；
- ➔ 红外线传输技术具有很强的方向性，很难窃听、插入和干扰；
- ➔ 但是数据传输速率相对较低，在面向一个方向通信时，数据传输速率为16Mb/s。

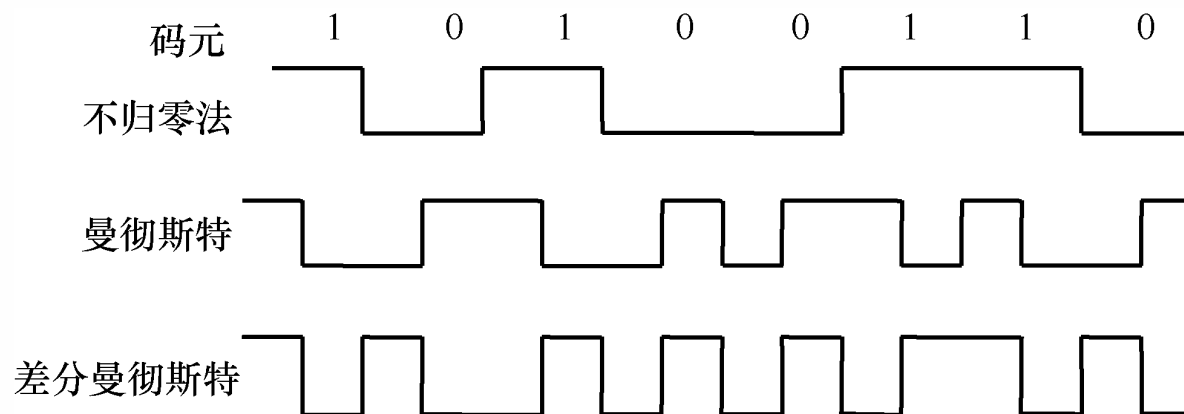


# 数字信号的编码

## 3.1.5 数字信号的编码

数字信号的编码：用何种物理信号来表示“0”和“1”。

未经编码的二进制基带数字信号就是高电平和低电平不断交替的信号。

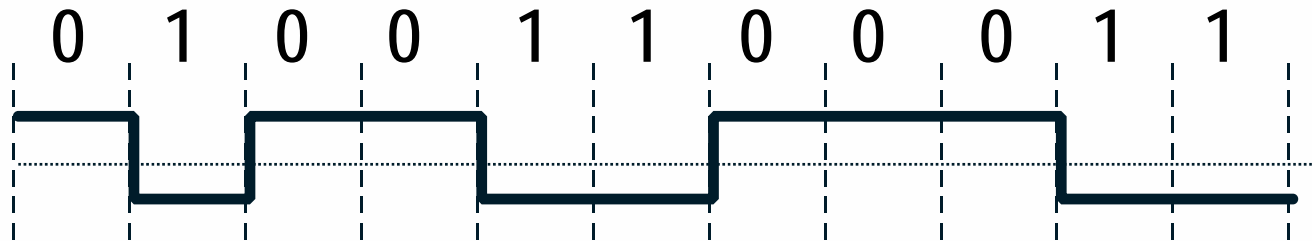


三种常用的编码方式



# 非归零编码

- 非归零编码 (NRE: Non-Return to Zero)



以高电平表示“0”，低电平表示“1”，反之亦然。

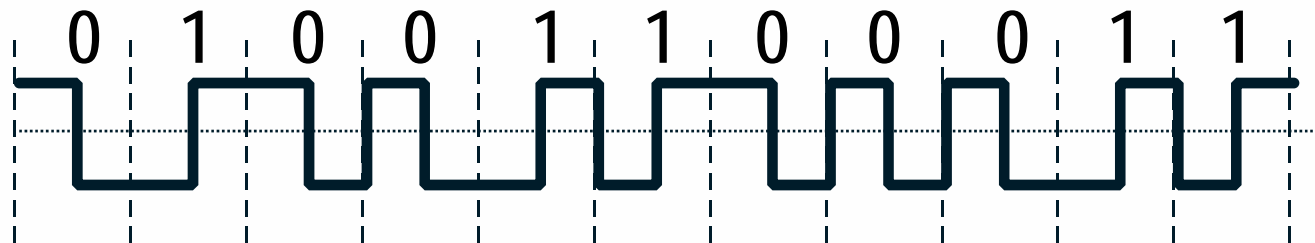
- 优点：编/译码简单。
- 缺点：内部不含时钟信号，收/发端同步困难。
- 用途：计算机内部，或低速数据通信。



# 曼彻斯特编码

## ● 曼彻斯特编码 (Manchester Encoding)

每一位中间有一次跳变，既表示数据，又作为同步信号。从高电平跳变到低电平表示“0”，从低电平跳变到高电平表示“1”；反之亦然。



### ● 优点:

- 内部自含时钟，收/发端同步容易；
- 抗干扰能力强。

### ● 用途: 802.3局域网 (以太网)

### ● 缺点:

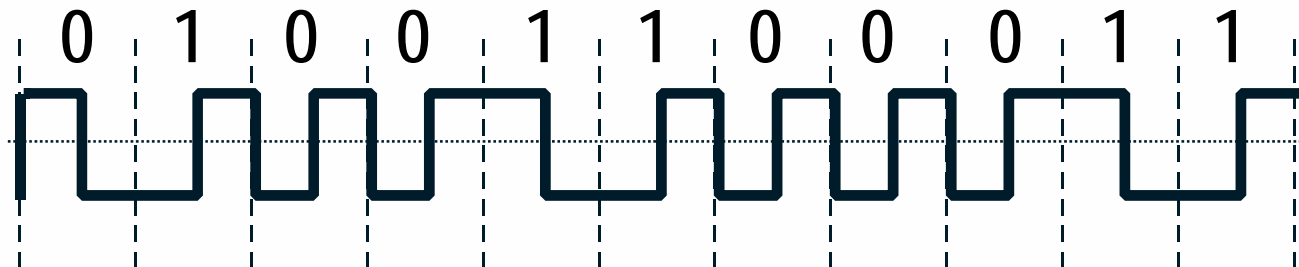
- 编/译码较复杂；
- 占用更多的信道带宽，在同样的波特率的情况下，要比非归零编码多占用一倍信道带宽。



# 差分曼彻斯特编码

- 差分曼彻斯特编码 (Differential Manchester Encoding)

每一位中间也有一次跳变，但这种跳变仅作为同步信号，不表示数据。数据值通过每位开始时有无跳变来表示；有跳变表示“0”，无跳变表示“1”；反之亦然。





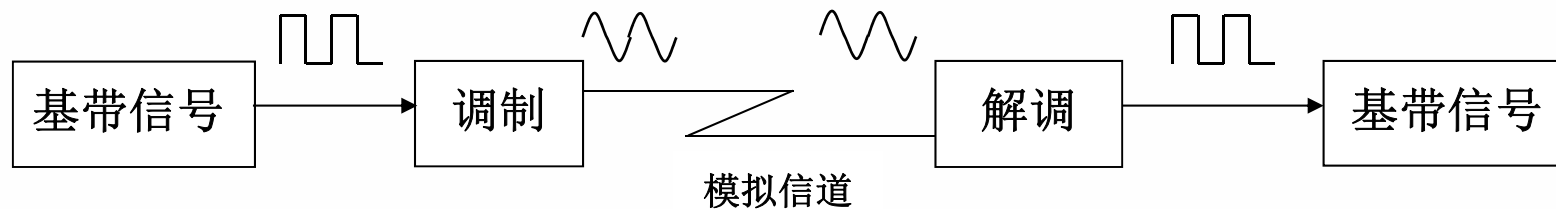
- 优点：
  - 内部自含时钟，收/发端同步容易；
  - 比曼彻斯特编码的抗干扰能力更强。
- 缺点：
  - 编/译码更复杂；
  - 同样需要多占用一倍信道带宽。
- 用途：802.5局域网（令牌环网）



# 数字调制技术

## 3.1.6 数字调制技术

- 数字信号的模拟传输



- 基带信号：由信源产生的原始电信号。
- 载波：频率较高的正弦波信号。
- 调制：将基带信号加载到载波上，即按基带信号的变化规律去改变载波的某些参数（振幅、频率、相位）。
- 解调：从载波中提取基带信号。



# 调制技术

- 调制技术

调制就是进行波形变换（频谱变换）。将基带数字信号的频谱变换成为适合于在模拟信道中传输的频谱。

调制技术包括：

- 调幅
- 调频
- 调相





# 调幅

## ●调幅

- 用载波信号的不同振幅表示数据，又称幅移键控法ASK。
- 载波的振幅随基带数字信号而变化。例如，0对应于无载波输出，而1对应于有载波输出。
- 易受突发干扰，适合低速数据传输，典型为1200bps。



# 调频

- 调频

- 用载波信号的不同频率表示数据，又称频移键控法FSK。
- 载波的频率随基带数字信号而变化。
- 抗干扰优于调幅方式，但频带利用率不高。



# 调相

- 调相

- 用载波信号的不同相位表示数据，又称相移键控法PSK。
- 载波的初始相位随基带数字信号而变化。例如，0对应于相位0度，而1对应于相位 $180^\circ$ 。
- 抗干扰能力强，数据率高，可达9600bps。

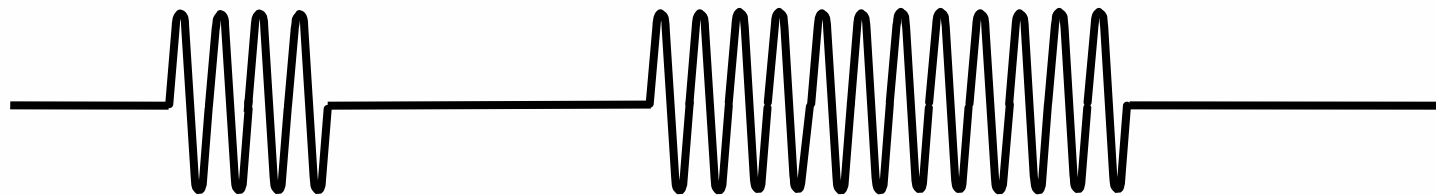


## 3.1 基础

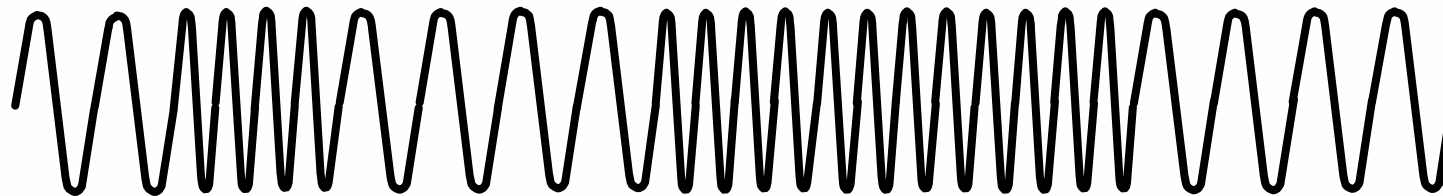
数字信号



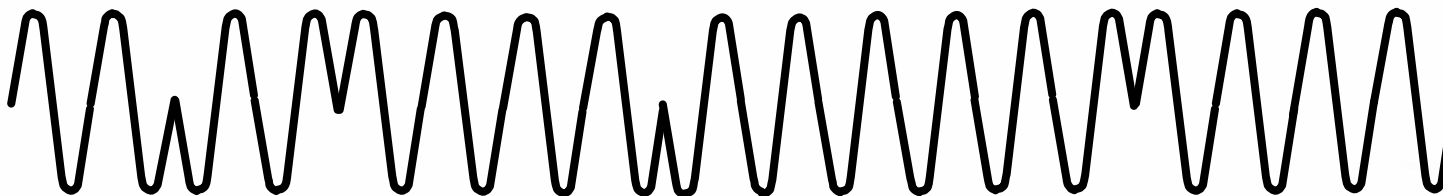
调幅



调频



调相

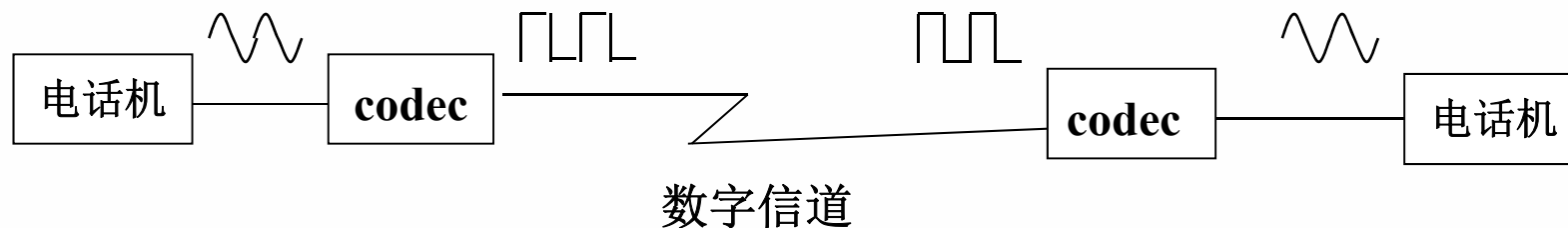


- 实际调制/解调器通常将调相技术和调幅技术相结合



# 模拟信号的数字传输

## 3.1.7 模拟信号的数字传输



**codec:** 编码/解码器

模拟信号的数字传输：模拟信号转化为数字信号，然后通过数字信道传输。

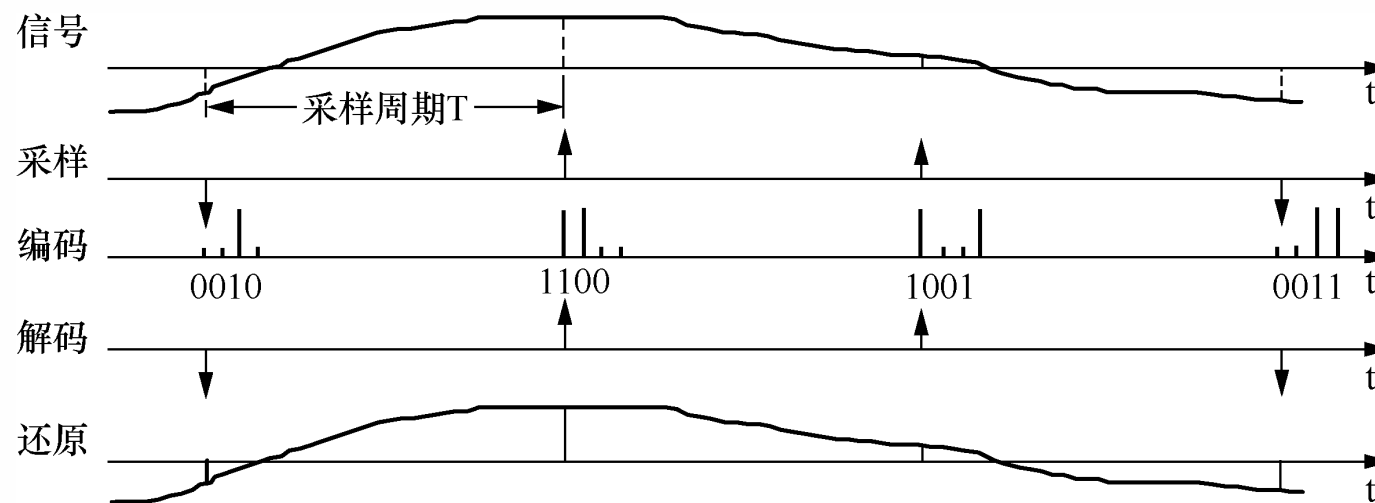


# 模拟信号的脉冲编码调制

## ● 模拟信号的脉冲编码调制（PCM，Pulse Code Modulation）

脉码调制（PCM）是最常用的数/模转化技术。

脉码调制步骤：采样、量化、编码。





# 采样

- **采样**：按照一定的时间间隔**测量模拟信号幅值**。

模拟信号数字化的第一步是采样，模拟信号是电平连续变化的信号，采样是隔一定的时间间隔，将模拟信号的电平幅度值取出来作为样本，用它来表示被取样的信号。

**采样定理**：若模拟信号的带宽为 $H$ ，则**采用频率 $B$ 只要大于或等于 $2H$ 就能够恢复原模拟信号**。

即： **$B \geq 2H$**

例：电话语音信号带宽为 $4000\text{Hz}$ ，则采样频率可取每秒 $8000$ 次（或每 $125\mu\text{s}$ 采样一次）。



# 量化

- **量化：**将采样点测得的信号幅值分级取整。
  - 量化是将取样样本幅度按量化级决定取值的过程。量化之前要规定将信号分为若干量化级，同时要规定好每一级对应的幅度范围。然后将采样所得样本幅值与上述量化级幅值进行比较定级。经过量化后的样本幅度为离散的量级值，已不是连续值。
    - 设数字信号的离散分级数目为 $2^n$ ，则将采样值按 $0, 1, 2, \dots, 2^n-1$ 进行取整。
    - 量化误差：量化取整值与实际幅值之间的误差。





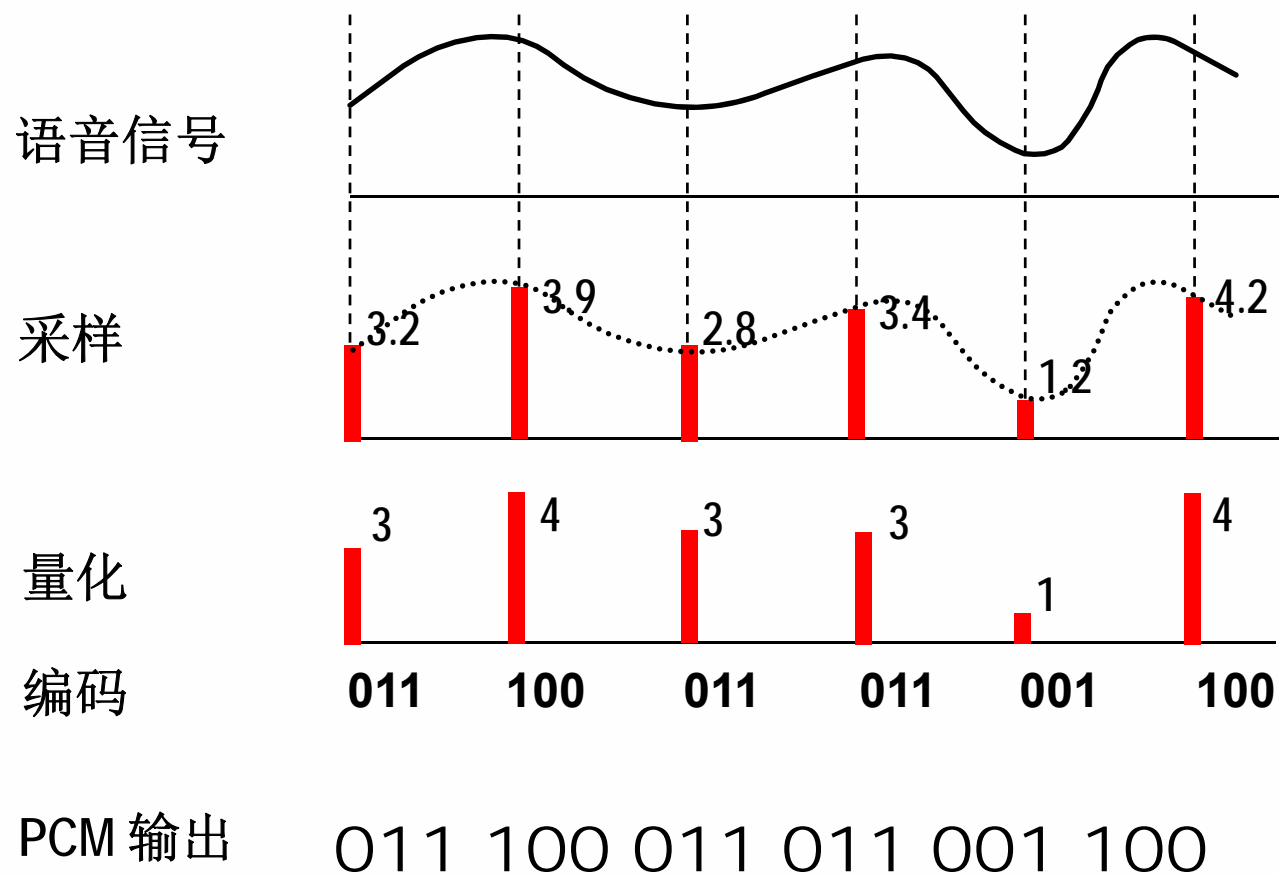
# 编码

- **编码：**将量化后的整数值用**n**位二进制数表示。
    - 编码是用相应位数的二进制代码表示量化后的采样样本的量级。
    - 若数字信号分级数为 $2^n$ ，则量化值为 $0, 1, 2, \dots, 2^n-1$ ，每个采样值要用**n**位来编码。
- 例：
- 若数字信号分级数为128，量化值为0—127，则每个采样值要用7位来编码。
- 若数字信号分级数为64级，量化值为0—63，则每个采样值要用 6位来编码。
- .....
- 目前常用的语音数字化系统多采用128个量级，需要7位编码。
  - 经过编码后，每个样本都用相应的编码脉冲表示。
  - 分级越多，误差越小，但每个采样值编码所需的比特数就越多。



## PCM编码举例

设数字信号的离散分级数目为 $2^3 = 8$ ，编码长度 $n=3$ 。





# 差分脉码调制

## ● 差分脉码调制

- 其输出值不是量化值本身，而是当前值和上一个值之差。
- 具有压缩作用。

例：如果按**128**级量化，PCM需要**7**个比特编码。但对多数模拟信号来讲，相邻采样点的差值大于**16**的可能性非常小，所以只要**4**个比特编码就可以了，而不需要**7**个比特。



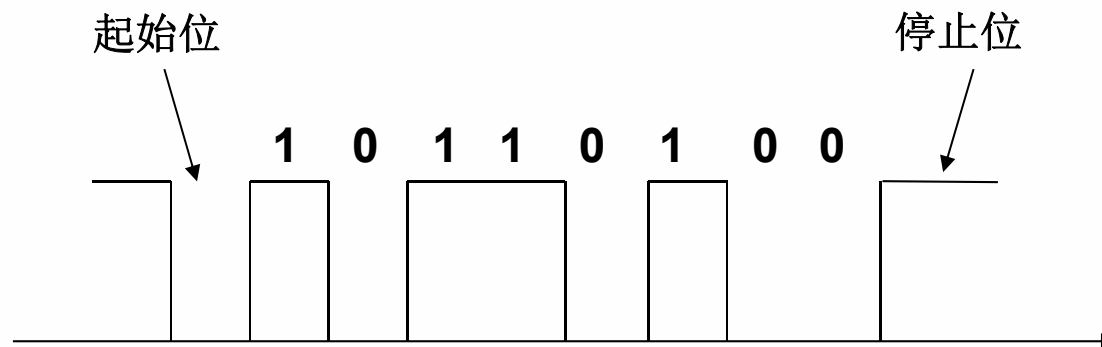
# 数据同步方式

## 3.1.8 数据同步方式

- **同步**：接收端按发送端发送代码的频率和起止时间来接收数据。

数据同步方式主要有两种：**字符同步**和**位同步**。

- **字符同步方式（异步通信）**：确定各个**字符**的**边界**。以字符为边界实现字符的同步接收，**也称为起止式或异步制**。



起始位为低电平（**1位**），标志一个字符的开始；停止位为高电平（**1.5或2位**），标志一个字符的结束。



# 字符同步

- **优点**：时钟漂移被限制在一个字符内，不会产生太大的积累误差。因此**对同步精度要求不高**，同步容易。
- **缺点**：每个字符均有起始/停止位，因而传输效率较低。
- **适用**：低速通信。



# 位同步

- 位同步（同步通信）：目的是使接收端接收的每一位信息都与发送端保持同步。
  - 同步位模式：通常为“**01111110**”，标志一个数据块的开始和结束。
  - 优点：每个数据块仅需要2个同步位模式的额外开销，因而传输效率高。例：设数据块为1K字节，则每次连续同步位数为 $1024 \times 8 = 8192$ 位。
  - 缺点：由于一个数据块所含位数较多，易产生时钟漂移积累误差而导致数据出错，因此对同步精度求高，同步困难。
  - 适用：高速通信。



# 位同步

- 实现位同步的两种方法：
  - 外同步：为发送端和接收端提供专门的同步时钟信号。
  - 内同步：不单独发同步时钟信号，而是将同步信号嵌入数据编码内部，如曼彻斯特编码或差分曼彻斯特编码。



# 多路复用技术

## 3.1.9 多路复用技术

### ● 多路复用

- 多路复用：将多个信道复用在一条物理线路上，使一条物理线路同时传输多路数据信号。
- 多路复用技术分类
  - 频分多路复用（FDM）
  - 时分多路复用（TDM）
  - 统计时分多路复用（统计TDM）





# 频分多路复用

- 频分多路复用：将一条物理线路的总带宽分割成若干个较小带宽的子信道，每个子信道传输一路信号。
  - 子信道分割技术：将不同信号加载到不同载波上，实现信号频移。
  - 频分多路复用的典型应用：电话中继线。



## 时分多路复用

- 时分多路复用: 将一条高速物理线路的传输时间划分成若干相等的时间片, 轮流地为多路信号使用。
- 数据不丢失条件  
 $C_H \geq \sum C_i$ , 其中  $C_H$  为高速线路容量 (数据率),  $C_i$  为低速线路容量。
- 缺点: 没有数据传输的低速线路仍分配时间片, 可能出现空闲的时间片, 浪费信道带宽。



# 统计时分多路复用

- 统计时分多路复用：采用动态分配时间策略，即有数据要传输的线路才分配时间片。
- 允许  $C_H < \sum C_i$
- 优点：不会出现空闲的时间片，信道利用率高。



## 3.2 物理层协议

### ● 物理层协议在通信系统中的地位



**DTE:** 数据终端设备

**DCE:** 数据通信设备

物理层协议实际上就是通信接口标准，其意义是：  
只要遵循相同的通信接口标准，任何**DTE**和**DCE**均能够衔接，而无需关心对方的实现细节。



# 物理层协议涉及的内容

## ● 物理层协议涉及的内容

- 机械特性：规定接口的扦头（座）的规格，尺寸，扦脚数目等。
- 功能特性：对接口各信号线的功能和作用进行定义和说明。
- 规程特性：规定各信号线之间的相互关系，动作发生的先后次序。
- 电气特性：规定信号的传输速率，电平关系，负载要求和电缆长度等。



## 3.2 物理层协议

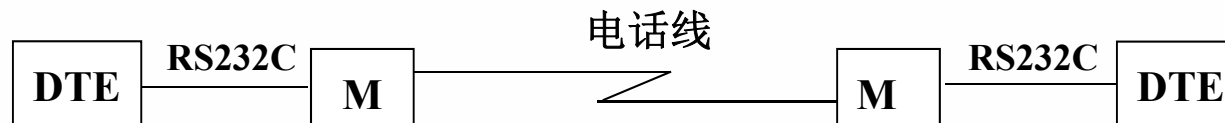
### ● 四类主要物理层协议

- 美国电子工业协会**EIA**制定的**RS-232-C**, **RS-422A**, **RS-423A**, **RS-449**, **RS-485**, **RS-530**等串行接口标准。
- **CCITT**(现改名为**ITU**)制定的**X系列**和**V系列**接口标准。
  - **V系列**定义了数字设备与模拟信道的接口标准, 适用于电话信道的数据通信。
  - **X系列**定义了数据设备与数据信道的接口标准, 适用于公用数据网的数据通信。
- **ISO**制定的**ISO2110**, **ISO4902**, **ISO4903**, **ISO1177**等接口标准。
- **IEEE802**物理层规范。



# RS-232C

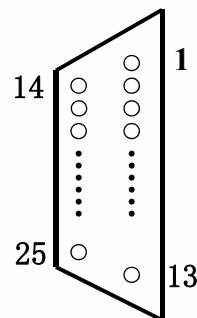
- EIA于1969年制定**RS-232C串行接口标准**是广泛使用的物理层协议



**DTE通常为PC机，M为调制/解调器。**

- **RS-232C串行接口标准**

- 机械特性：采用**DB-25(25脚)**标准连接器





# RS-232C

## ● 电气特性

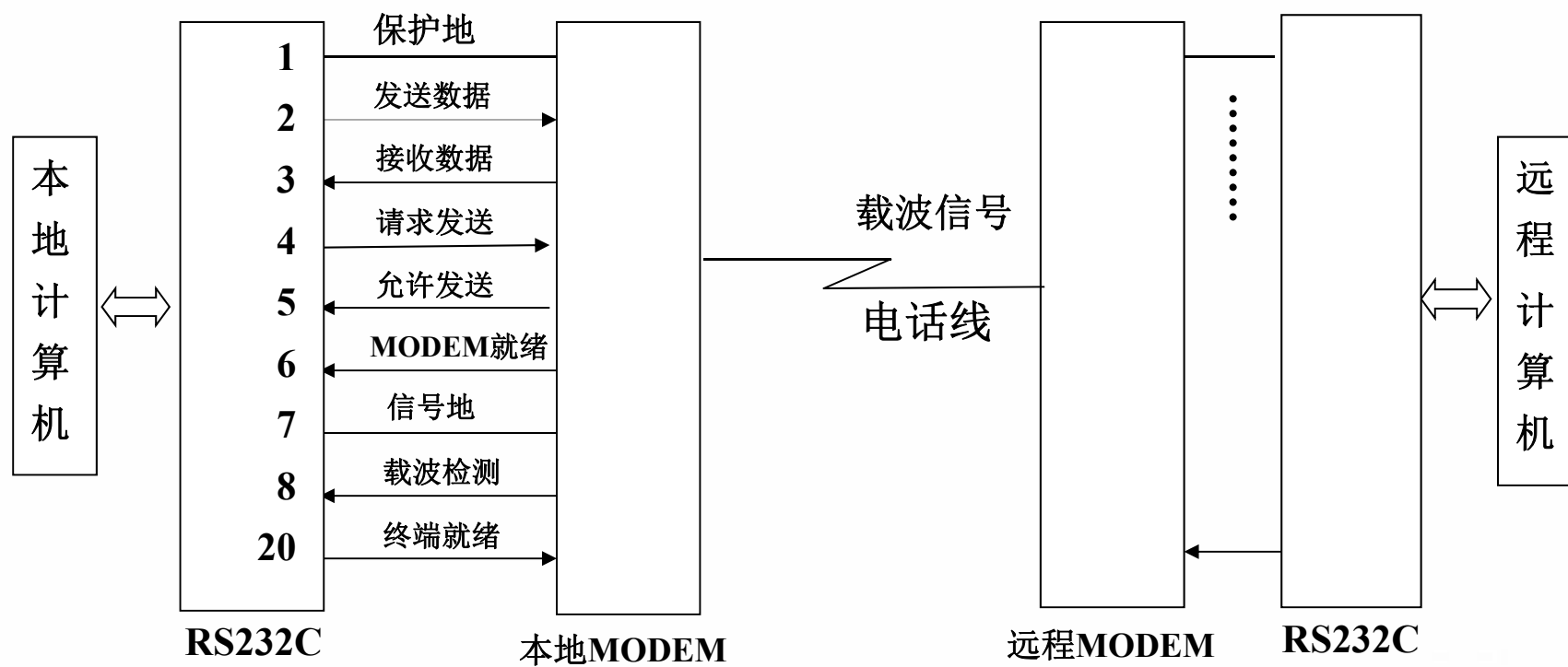
- 低电平 ( $< -3V$ ) : “1”
- 高电平 ( $> +3V$ ) : “0”
- 最高电平:  $\pm 12V$
- 电缆长度: 不超过15m
- 通信速率:  $< 20Kbps$
- 标准速率: 19.2kbps, 9600bps, 4800bps, 2400bps, 1200bps...





# RS-232C

## ● 规程特性





## RS-232C

- 本地计算机准备就绪后，将脚20置成高电平，通知本地MODEM：计算机处于就绪状态。若MODEM也准备就绪，则将脚6置高电平，以示响应。
- 计算机将脚4置高电平请求发送数据；MODEM检测到脚4高电平后，向远程MODEM发一载波信号，让远程MODEM做好接收数据准备，然后通过延迟电路将脚5置成高电平，以示允许发送数据。远程MODEM检测到载波信号后，将脚8置高电平，通知远程计算机做好接收数据准备。
- 本地计算机测得脚5为高电平后，即可通过脚2发送数据，并由脚3接收数据。
- 数据发送完毕，将脚4置成低电平，通知本地MODEM发送完毕。MODEM收到该低电平后，停止向电话线发送载波信号，并将脚5置成低电平作为响应。远程MODEM检测不到载波信号，则将脚8置成低电平，恢复初始状态。
- 本地计算机将脚20置成低电平，通知本地MODEM拆线。MODEM收到该低电平信号后，将脚6置成低电平以示同意拆线。



# 本章小结

## ● 主要内容

- 物理层相关的数据通信领域的背景知识，包括数据通信基本概念、模拟通信与数字通信、传输介质、数据编码、数据同步、数字调制技术、脉码调制、数据传输方式、多路复用技术等。
- 物理层协议涉及的内容。

## ● 重点

- 信道带宽、数据编码、数据同步、数字调制技术、脉码调制。