



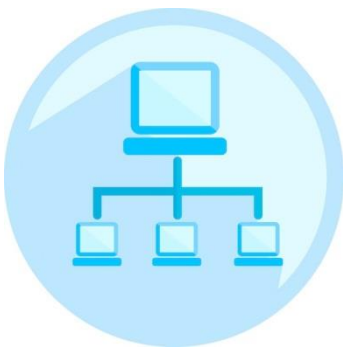
# 计算机网络



顾 军

计算机学院

[jgu@cumt.edu.cn](mailto:jgu@cumt.edu.cn)





## 专题2：信号如何在计算机网络中流动



- 应用层(application layer)
- 运输层(transport layer)
- 网络层(network layer)
- 数据链路层(data link layer)
- 物理层(physical layer)





# Q1: 物理层是干什么的?

- 物理层考虑的是怎样才能在连接各种计算机的传输媒体上**传输数据比特流**，而不是**指具体的传输媒体**。
- 物理层的作用是要尽可能地**屏蔽**掉不同传输媒体和通信手段的差异。
- 用于物理层的协议也常称为物理层**规程** (procedure)。





# 物理层的主要任务

**主要任务：确定与传输媒体的接口的一些特性。**

- **机械特性**：指明接口所用接线器的形状和尺寸、引线数目和排列、固定和锁定装置等。
- **电气特性**：指明在接口电缆的各条线上出现的电压的范围。
- **功能特性**：指明某条线上出现的某一电平的电压表示何种意义。
- **过程特性**：指明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序。





## Q2: 信息-消息-数据-信号?

- 信息——各个事物运动的状态及状态变化的方式。信息是抽象的意识或知识，是摸不到，看不见的。
- 消息——包含有信息的语言、文字、声音和图像等。
- ◆ 信息是存在于消息之中的新内容，例如人们从各种媒体上获得原来未知的消息，就是获得了信息。
- 数据(data)——运送消息的实体，比如十进制表示的数字和汉字国标码，二进制表示的文字、图像、语音和视频等。
- 信号(signal)——反映消息的物理量，例如工业控制中的温度、压力、流量，自然界的声音信号等。
- 信号是消息的表现形式，消息是信号的具体内容。





# 信号的描述与分类

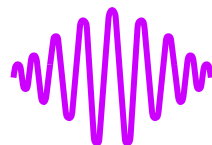
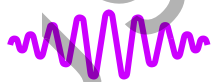
- ◆ 信号——数据的电气的或电磁的表现。
  - ▣ **电信号**：指随着时间而变化的电压或电流，因此在数学描述上可将它表示为时间的函数，并可画出其波形。
  - ▣ **电磁信号**：也称电磁波，指在空间传播的周期性变化的电磁场。
    - ✓ 无线电波和光线、X射线、 $\gamma$ 射线等都是波长不同的电磁波。例如，广播和电视利用电磁波来传送声音和图像。
- ◆ 根据信号的连续性与否分类
  - ▣ 模拟信号和数字信号





# 模拟信号

- “模拟的” (analogous)——代表消息的参数  
的取值是连续的。
- 模拟信号是指用连续变化的物理量所表达的  
信息，如：温度、湿度、压力、长度、电流、  
电压等。
  - ◆ 实际生产生活中的各种物理量，如：摄像机摄下  
的图像、录音机录下的声音、车间控制室所记录  
的压力、流量、转速、湿度等都是模拟信号。





# 数字信号

- “数字的” (digital)——代表消息的参数取值是离散的。
- 数字信号是人为的、抽象出来的、在幅度取值上不连续的信号，数字信号可用一序列的数表示，而每个数又可表示为二制码的形式，适合计算机处理。
- 或者说，只要能把解决问题的方法用数学公式表示，就能用计算机来处理代表物理量的数字信号。







# Q3: 数据与信号怎么一起工作?

信源 —————> 信道 —————> 信宿

信息 → 数据 → 信号 → 在介质上传输 → 信号 → 数据 → 信息



人与人之间通信是为了交换信息  
计算机之间通信是为了交换数据



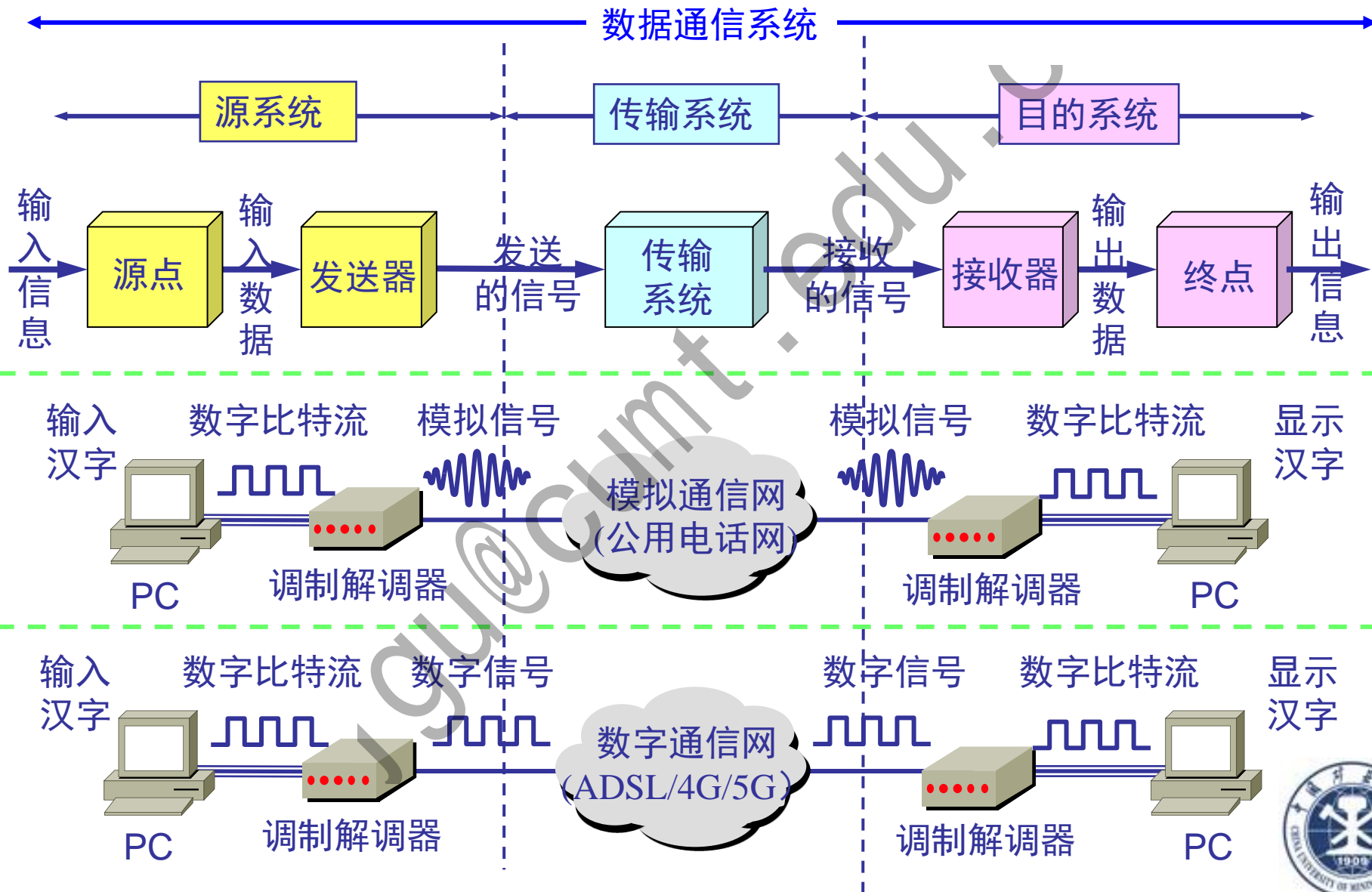
把携带信息的数据用物理信号形式通过介质传送到目的地

📖 信息和数据 (0、1比特) 不能直接在介质上传输





# 数据通信系统





## Q4: 模拟信号的劣势在哪?

- 近百年以来, 无论是有线相连的电话, 还是无线发送的广播电视, 很长的时间内都是用模拟信号来传递信号的。
- 模拟信号传输过程中, 先把信息信号转换成几乎“一摸一样”的波动电信号(因此叫“模拟”), 再通过有线或无线的方式传输出去, 电信号被接收下来后, 通过接收设备还原成信息信号。
- 但是模拟信号的传播效果未必能达到很好:
  - 过去打电话时常常遇到听不清、杂音大的现象;
  - 广播电台播出的交响乐, 听起来同在现场听乐队演奏相比总有较大的欠缺;
  - 电视图像上也时有雪花点闪烁。





# 模拟信号传输为什么不那么靠谱

- 模拟信号在传输过程中要经过许多的处理和转送，这些设备难免要产生一些噪音和干扰；
- 如果是有线传输，线路附近的电气设备也要产生电磁干扰；
- 如果是无线传送，则更加“开放”，空中的各种干扰根本无法抗拒，这些干扰很容易引起信号失真，也会带来一些噪声；
- 这些失真和附加的噪声，还会随着传送的距离的增加而积累起来，严重影响通讯质量。





# 模拟信号的处理效果也不那么理想

- 模拟信号的处理办法：
  - ✓ 一种是采取各种措施来抗干扰，如：提高信息处理设备的质量，尽量减少它产生噪音；
  - ✓ 给传输线加上屏蔽；
  - ✓ 采用调频载波来代替调幅载波等。
- 但是，这些办法都不能从根本上解决干扰的问题。





# 失真的模拟信号很难恢复

- 另一种办法是设法除去信号中的噪声，把失真的信号恢复过来。
- 但是，对于模拟信号来说，由于无法从已失真的信号较准确地推知出原来不失真的信号，因此这种办法很难有效，有的甚至越弄越糟。





## Q5: 数字信号的优势在哪？

- 数字通信（digital telecommunications）是用数字信号作为载体来传输消息，或用数字信号对载波进行数字调制后再传输的通信方式。
  - 数字通信可传输电报、数字数据等数字信号，也可传输经过数字化处理的语声和图像等模拟信号。
  - 数字信号在传输过程中不仅具有较高的抗干扰性，还可以通过压缩，占用较少的带宽，实现在相同的带宽内传输更多、更高音频、视频等数字信号的效果。此外，数字信号还可用半导体存储器来存储，并可直接用于计算机处理。





# 数字通信的优点

- 抗噪声（干扰）能力强---中继与再生
- 可以控制差错，提高了传输质量
- 便于用计算机进行处理，实现复杂的远距离大规模自动控制系统和自动数据处理系统
- 易于加密、保密性强
- 各种消息(模拟的和离散的)都可变成统一的数字信号进行传输，可以传输语音、数据、影像，通用、灵活



仅在不得已的情况下，才会采用模拟通信。

如用modem通过拨号线路传输数字信号。







# 数字通信的缺点

复用

## ■ 1. 频带利用率不高

- 系统的频带利用率是系统允许最大传输带宽（信道的带宽）与每路信号的有效带宽之比。
- 以电话为例，一路模拟电话通常只占据 4kHz 带宽，但一路接近同样话音质量的数字电话可能要占据 20 ~ 60kHz 的带宽。因此，如果系统传输带宽一定的話，模拟电话的频带利用率要高出数字电话的 5 ~ 15 倍。

同步

## ■ 2. 系统设备比较复杂

- 数字通信中，要准确地恢复信号，接收端需要严格的同步系统，以保持收端和发端严格的节拍一致、编组一致。因此，数字通信系统及设备一般都比较复杂，体积较大。
- 随着新的宽带传输信道（如光导纤维）的采用、窄带调制技术和超大规模集成电路的发展，数字通信的这些缺点已经弱化。





## Q6: 数字信号怎么表示数据?

- 码元(code cell)——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。

**码元**：时间轴上的一个信号编码单元，即一个周期信号。

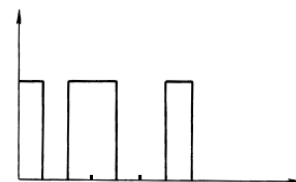
信息的二进制编码

**110011000001...**

电气或电磁的信号



模拟波形信号

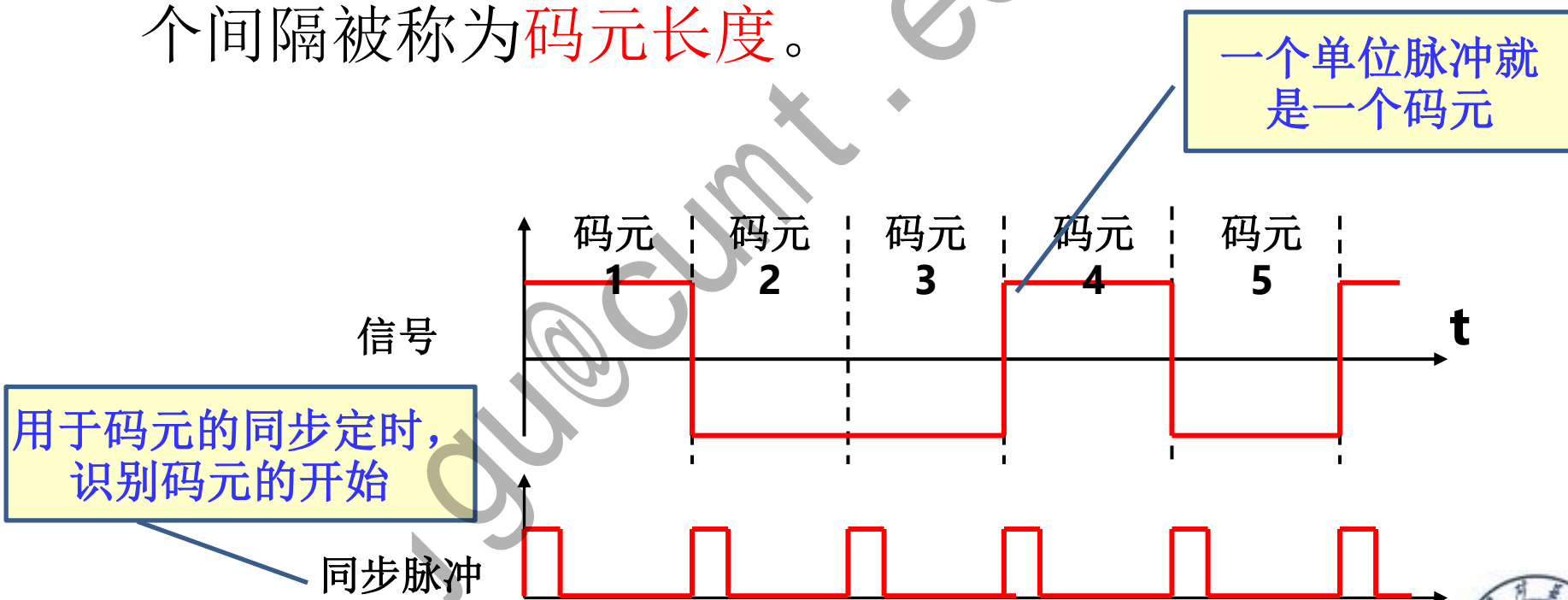


数字脉冲信号



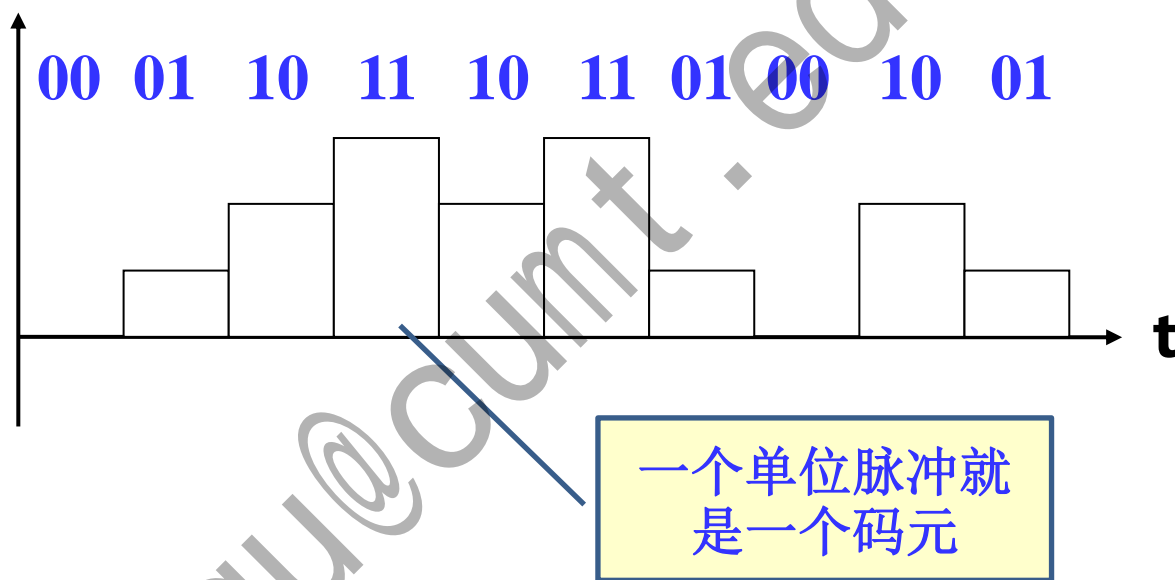


- 在数字通信中常常用时间间隔相同的信号来表示一位二进制数字。
- 这样的时间间隔内的信号称为二进制码元，而这个间隔被称为码元长度。





码元是承载信息的基本信号单位，一码元的信息量是由码元所能表示的数据有效状态值个数决定。



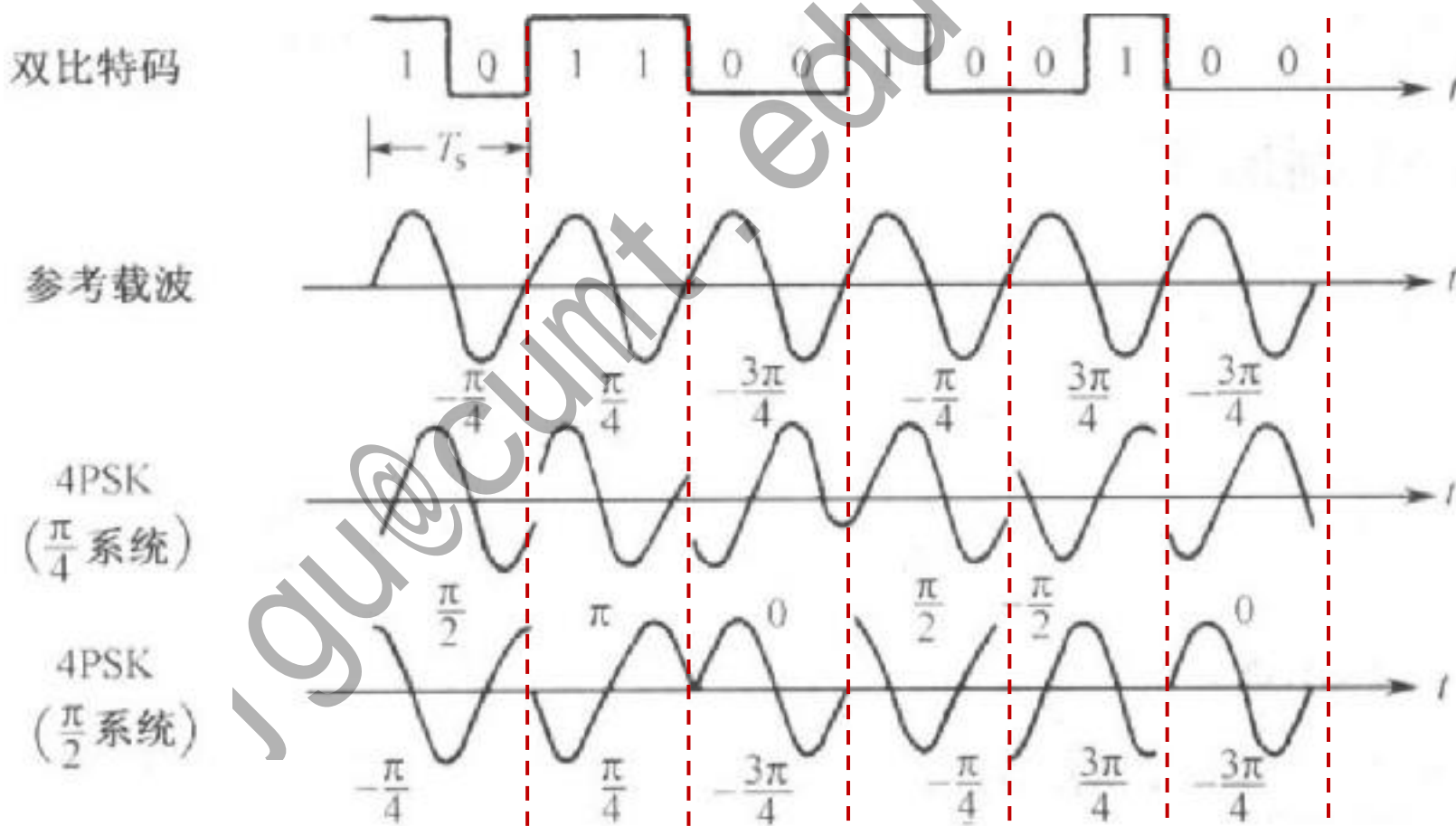
因为一码元有00、01、10、11四个有效状态值，所以一码元能携带2bit的信息





四相移相键控（QPSK）：载波的相位具有四种离散状态，那么在载波的周期内就具有四种不同的波形。

每个载波相位的波形可以携带两个二进制位





如果1码元可以携带  $n$  bit的信息量, 那么信息量 $n$ (比特)与码元取的离散值个数 $N$ 有如下关系:

$$n = \log_2 N$$





## Q7: 怎么表示数字通信的传输速率?

- ◆ **数据传输速率**: 也称为**比特速率S**, 是指单位时间内传输的二进制位数, 单位是位/秒, 记为bit/s、b/s或bps。
- ◆ **信号传输速率**: 也称为**码元速率或波特率**, 是指单位时间内通过信道传输的码元个数, 单位是波特, 记为Baud, 以**B**表示。

$$\text{数据传输速率} S = \text{信号传输速率} B \times \log_2 N \quad (\text{bps})$$





# 波特率B和比特率S的比较

数据传输速率 $S = \text{信号传输速率} B \times \log_2 N$  (bps)

- ◆  $N$ 为一个码元携带的离散化电平个数;
- ◆ 如果一个码元携带一个比特的信息, 即2个离散化电平个数, 则信息传输率 (bit/s) 和码元传输率在数值上是相等的。
- ◆ 如果一个码元携带  $n$  个比特的信息, 即 $2^n$ 个离散化电平个数, 则信息传输率是码元率的  $n$  倍。

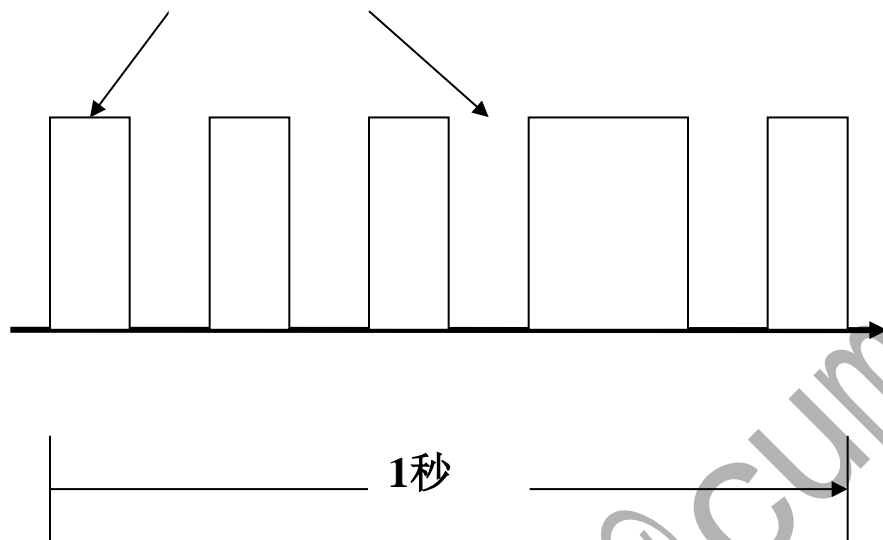






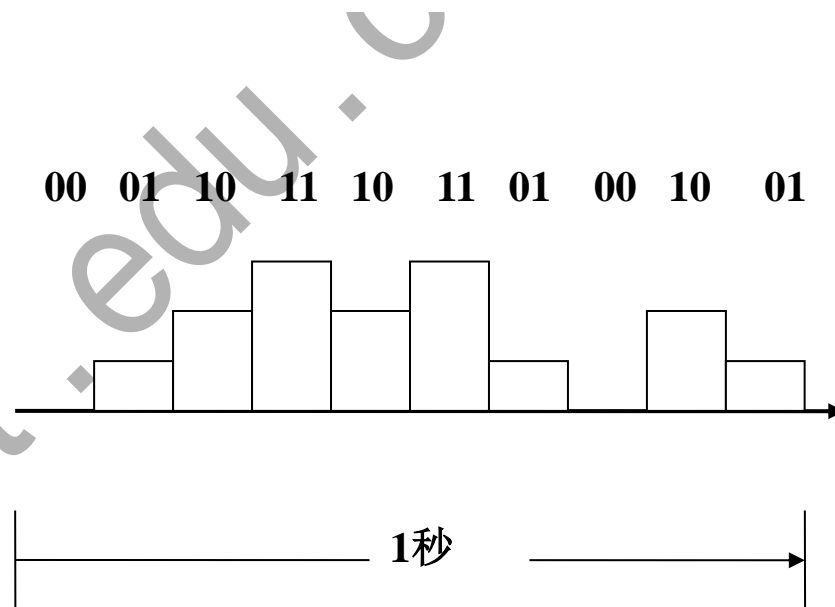
# 波特率B和比特率S的比较

1 个码元



$B=10\text{Baud}$   $S=10\text{b/s}$

$N=2$  时  $S=B$

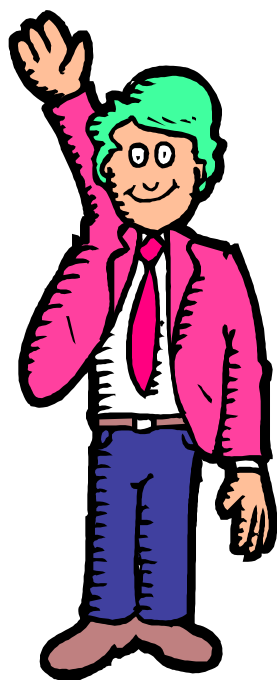


$B=10\text{Baud}$   $S=20\text{b/s}$

$N=4$  时  $S=2B$

$$S = B \cdot \log_2 N$$





**THANK  
YOU!**

