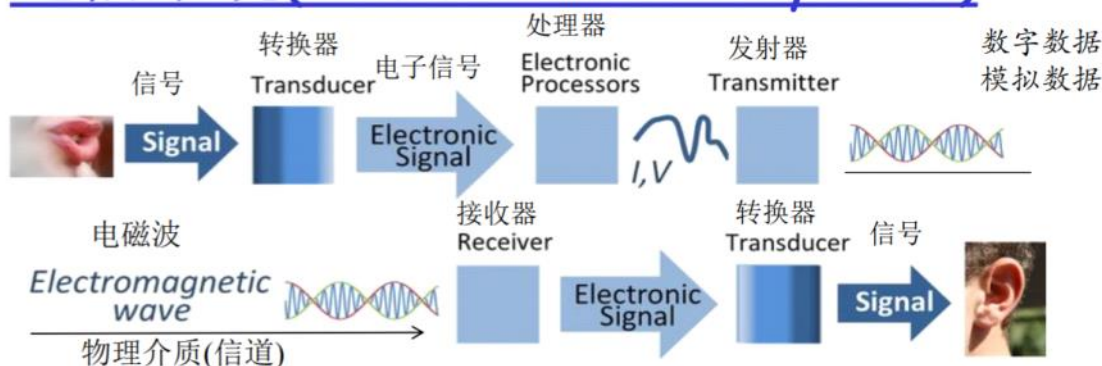


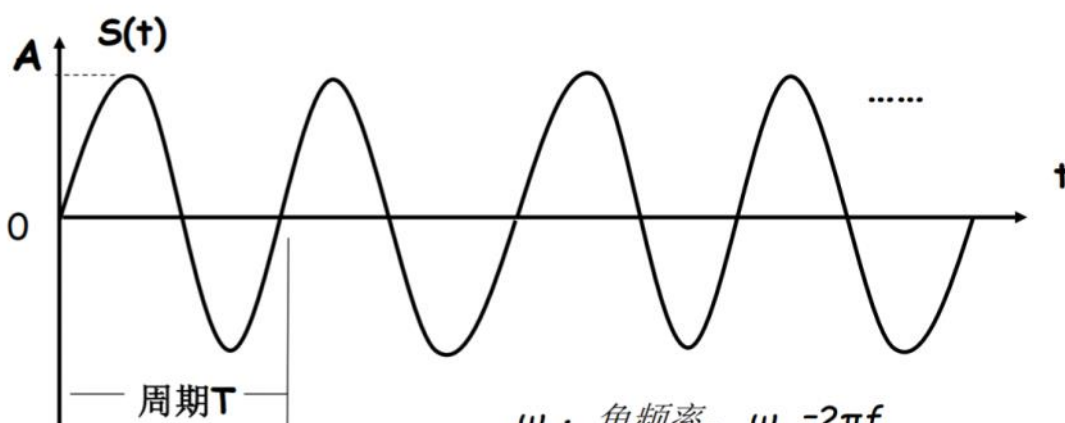
通信系统(Communication System)



Information(信息) can be interpreted as a message(data), recorded as signs(符号), transmitted as signals(信号), measured as the entropy(熵)。

- 信号(signal): optical signal, electronic signal, radio signal
- 模拟信号(analog signal): 连续取值的信号
- 数字信号(digital signal): 用离散值表示的信号 (跳变信号) 存在噪声
- 模拟传输(analog transmission): 模拟信号(analog signal), 放大器(amplifier)
- 数字传输(digital transmission): 数字信号(digital signal), 中继器(repeater) 更新信号

正弦波信号(Sinusoidal signal)



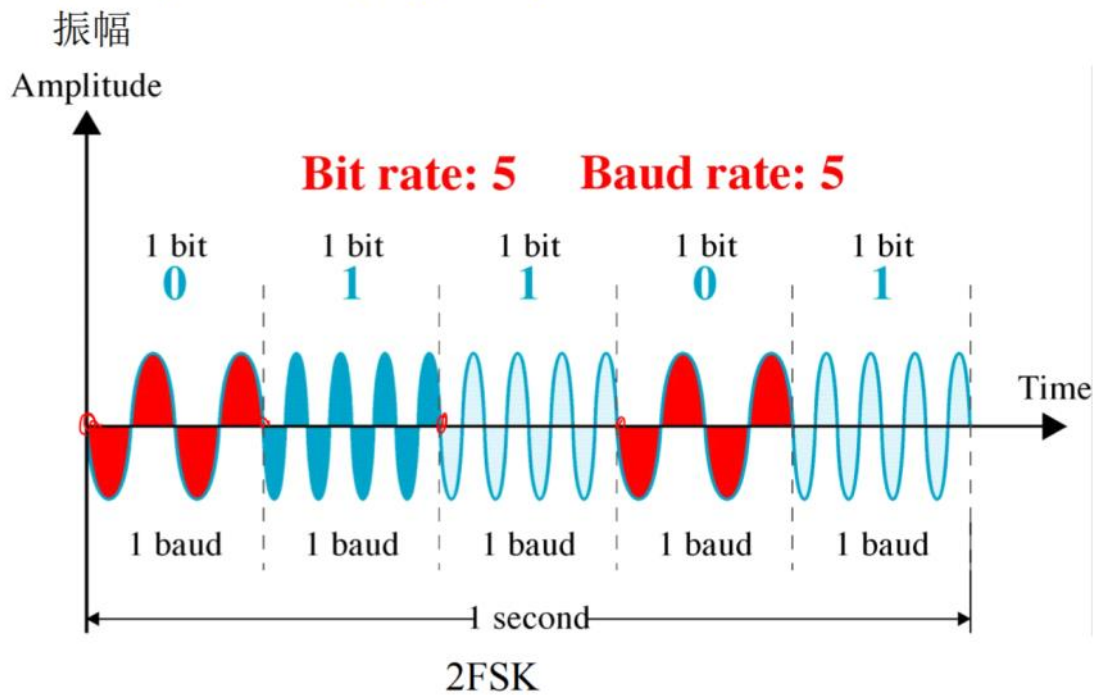
$$S(t) = A \sin(\omega_c t + \varphi)$$

ω_c : 角频率。 $\omega_c = 2\pi f$
 f : 频率(frequency) $= 1/T$
 T : 周期(period)
 A : 振幅(amplitude)
 φ : 相位(phase) (初相)。本例为 0。

载波信号(Carrier)一般采用正弦波信号

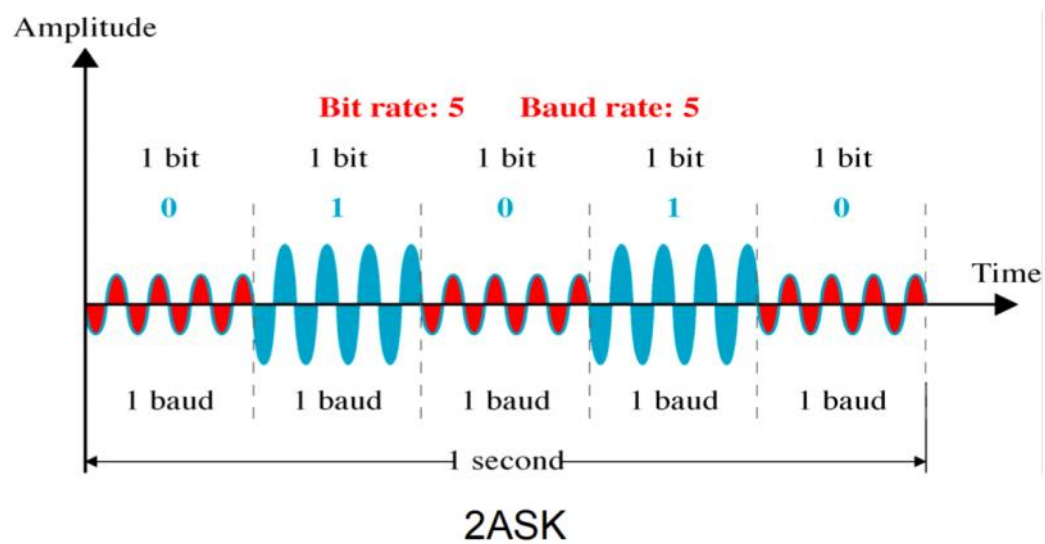
频移键控

(Frequency-Shift Keying, FSK)



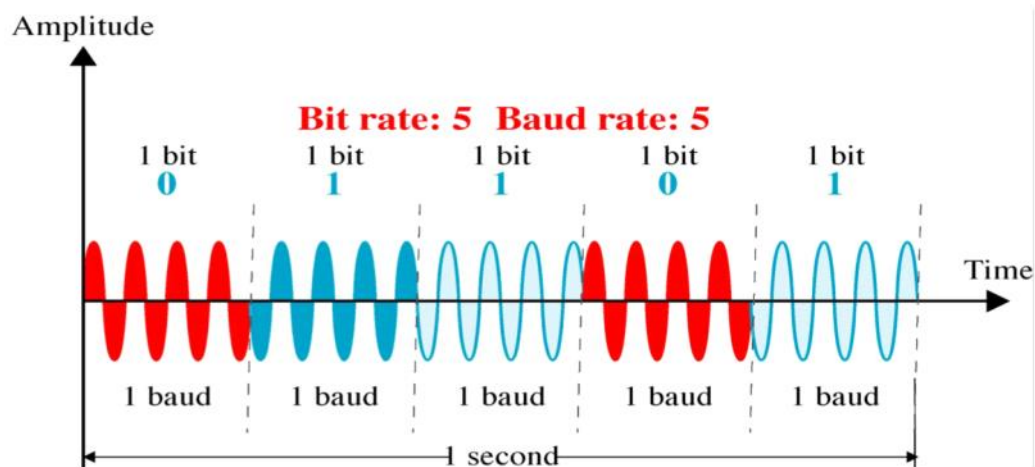
幅移键控

(Amplitude-Shift Keying, ASK)



相移键控

(Phase-Shift Keying, PSK)

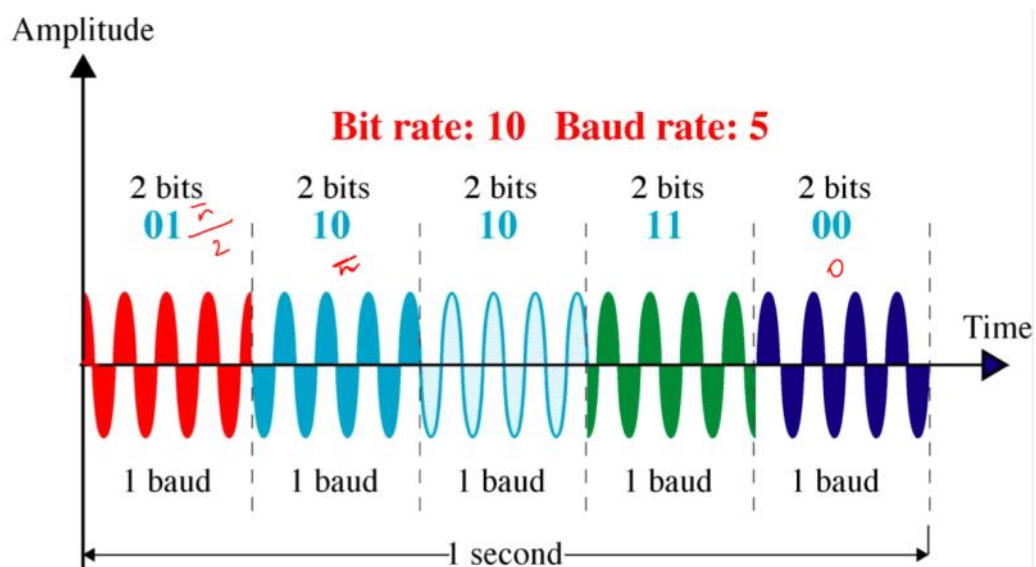


2PSK或BPSK

在三角函数图像 $y=A\sin(\omega x+\varphi)$ 中 $\omega x+\varphi$ 称为相位 (phase), $x=0$ 时的相位 ($\omega x+\varphi=\varphi$) 称为初相。

注意：初相的前提是 ($A>0, \omega>0$)，如果其中有一个不是，可以通过诱导公式进行变形。

这里可以直接看表示每个数字的波形最开始时的点的位置判断。如第一个就是0 第二个就是 $\pi/2$

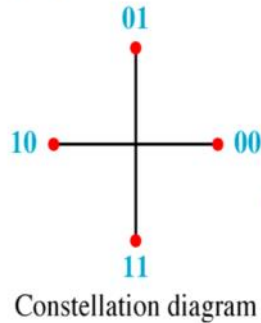


4-PSK

4-PSK (QPSK) Characteristics

| Dibit | Phase |
|-------|-------|
| 00 | 0 |
| 01 | 90 |
| 10 | 180 |
| 11 | 270 |

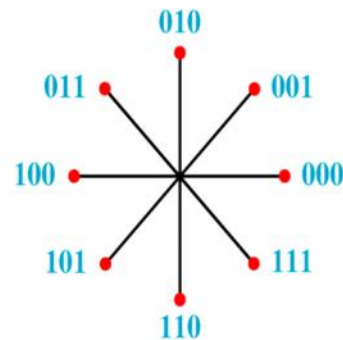
Dibit
(2 bits)



| Tribit | Phase |
|--------|-------|
| 000 | 0 |
| 001 | 45 |
| 010 | 90 |
| 011 | 135 |
| 100 | 180 |
| 101 | 225 |
| 110 | 270 |
| 111 | 315 |

Tribits
(3 bits)

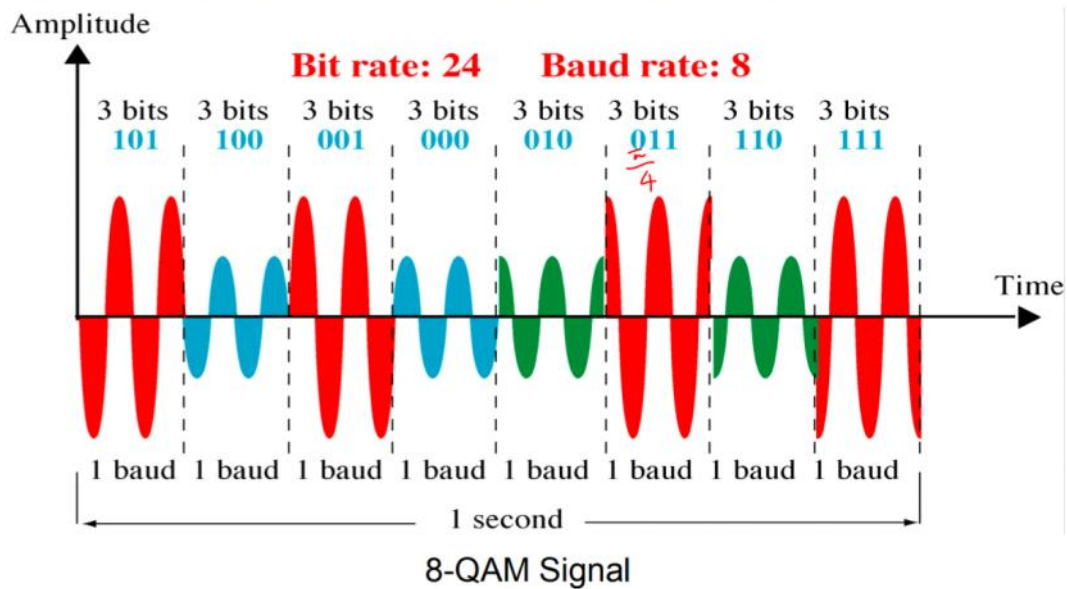
8-PSK Characteristics



- DPSK方式是利用前后相邻码元的载波相位差值去表示数字信息的一种方式，2DPSK采用两种相位偏移(例如，0， π)。4DPSK(或者QDPSK)采用四种相位偏移(0， $\pi/2$ ， π ， $3\pi/2$)编码2比特。

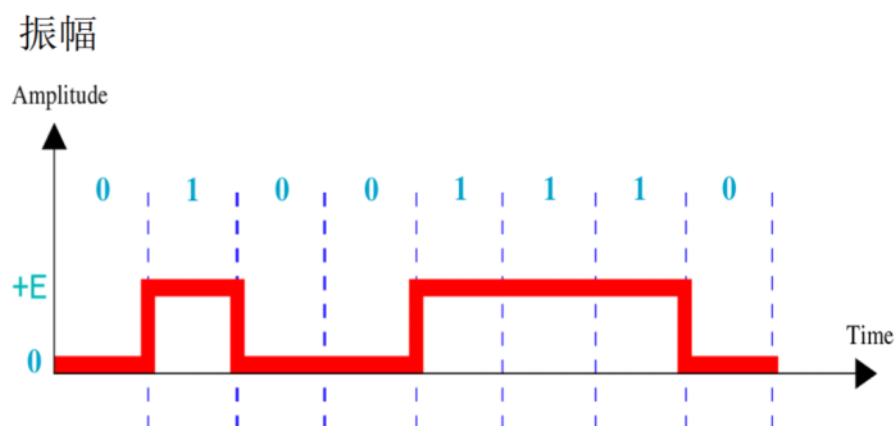
正交调幅

(QAM -quadrature amplitude modulation)



数字信号:

单极编码(unipolar encoding)



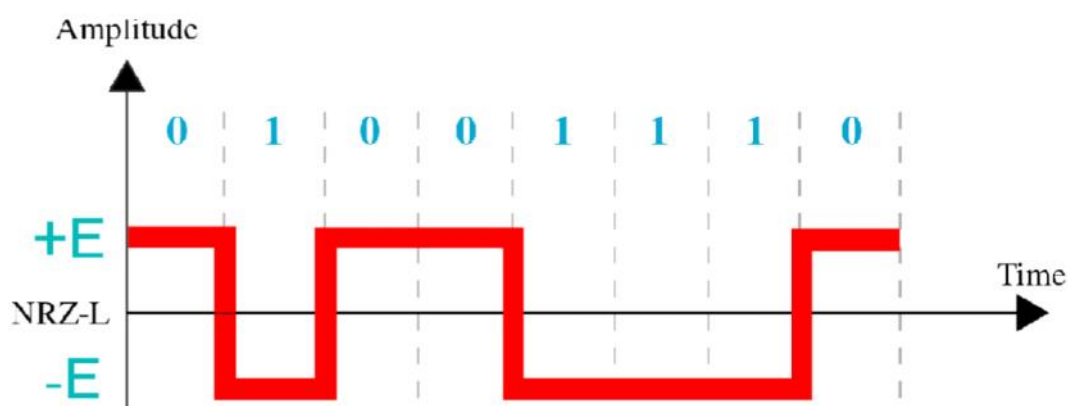
一般检测电平是在中间用移位寄存器存储电平信号

时钟漂移: 检测电平的时间推迟或提早了导致出错, 要隔段时间校准

基线漂移: 要判断是否有基线漂移, 就看每一位是否正负平衡。若全是低或全是高, 则为0或这全是1, 会出现电荷聚集, 倒是低电平渐渐抬高高过电平的基准线, 或高水平下降, 导致出错

不归零编码

(Non-Return-to-Zero, NRZ或NRZ-L)

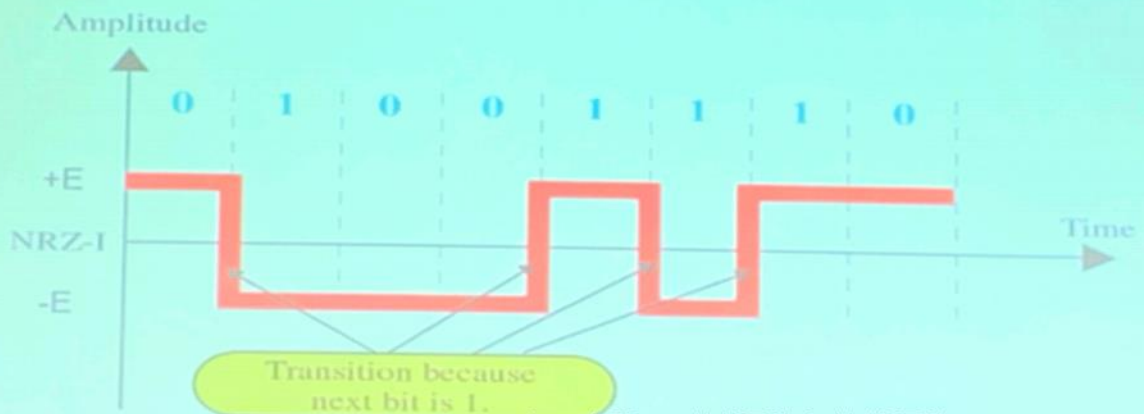


不归零编码是一种双极编码(bipolar encoding)。双极编码的波形就是二进制符号, 0、1分别与正、负电位相对应。它的电脉冲之间也无间隔。RS-232C的接口电压就是采用双极编码。

如果同时有多个0或者多个1就会出现基线漂移和时钟漂移

不归零编码反转

(Non-Return-to-Zero Inverted, NRZI)



全 1 克服了时钟漂移和基线漂移

全 0 没有克服这些问题，因为每一位没有平衡，且没有跳变来校准

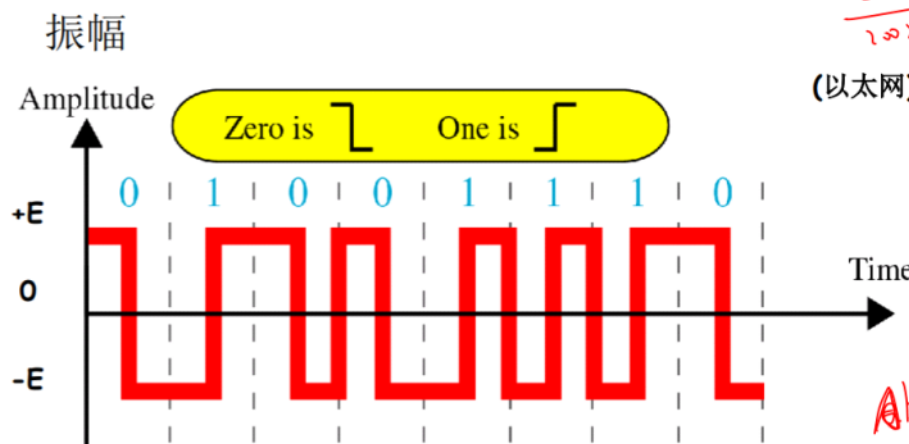
不归零反转采用差分码波形，相邻码元如果发生起始跳变就是表示1，如果电位不改变就是表示0。当然，也可以反过来。该表示方法与码元本身电位或极性无关，而仅与相邻码元的电位变化有关。

克服基线漂移：在很多连续0的信号间插入1

相邻码元如果发生起始跳变就是表示1，如果电位不改变就是表示0

如果全是1的话就会一直跳变，如果全是0的话就会一直同一个电荷，导致漂移问题

曼彻斯特编码(Manchester Encoding)



(以太网)

$$\frac{200 \times 10^3}{2 \times 10^8} = 1 \times 10^{-3} \text{ s}$$

100 ns = 800 bits

Abps

$$\frac{800}{8 \times 10^3} = 1 \times 10^{-3}$$

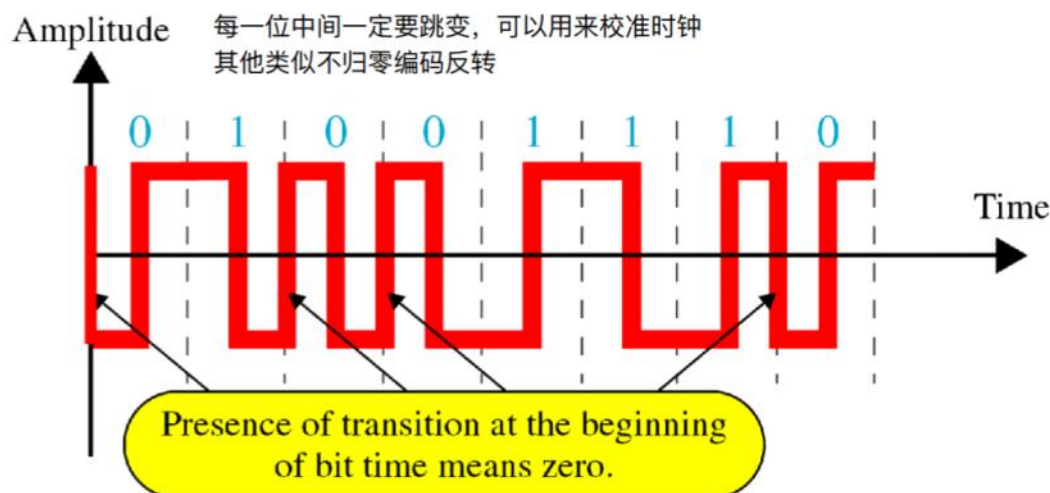
曼彻斯特码的编码规则(以太网)是：0 → 10，1 → 01

=克服时钟漂移：每一位中间有一次校准

=克服基线漂移，每一位正负电荷平衡，全0和全1也不会出现线是一条平行线的情况。

差分曼彻斯特编码

(Differential Manchester Encoding)



差分曼彻斯特码是一种差分双相码，先把输入的NRZ波形变换成差分波形，再用绝对双相码(第一个规则)编码，即，"1"起始不跳变，"0"起始跳变，再用Manchester编码第一规则按当前电平进行编码。简单描述：起始是否跳变确定是否0或1，中间一定跳变。

不归零反转编码的改进版，起始跳变表示0 不跳变表示1（和不归零相反）并且要求每次中间都要跳变。

4B/5B编码

可以用来改进不归零编码
也不用像差分那么多跳变

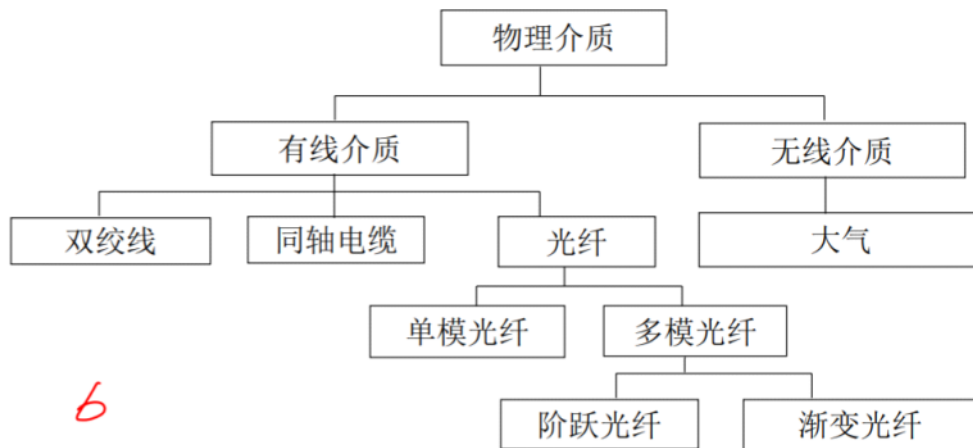
- 用5比特表示4比特。每个编码没有多于1个的前导零和多于2个的末端零。如果结合NRZI编码，就可以既防止跳变过多，又消除基线漂移和时钟漂移。其它编码用于控制，如，11111表示空闲。

| 4比特数据符号 | 5比特编码 |
|---------|-------|
| 0000 | 11110 |
| 0001 | 01001 |
| 0010 | 10100 |
| 0011 | 10101 |
| 0100 | 01010 |
| 0101 | 01011 |
| 0110 | 01110 |
| 0111 | 01111 |
| 1000 | 10010 |
| 1001 | 10011 |
| 1010 | 10110 |

| | |
|------|-------|
| 1011 | 10111 |
| 1100 | 11010 |
| 1101 | 11011 |
| 1110 | 11100 |
| 1111 | 11101 |

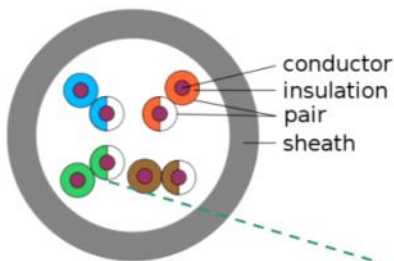
物理介质(Physical Media)

1mbps



非屏蔽双绞线 (Unshielded Twisted Pair)

UTP



水晶头

Pin Position
8
7
6
5
4
3
2
1

RJ-45

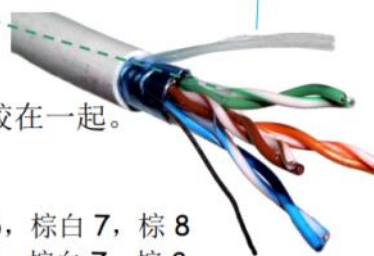
没那么容易拉断
尼龙线

➤四对线: 绿 绿白, 橙 橙白, 蓝 蓝白, 棕棕白

➤每对线先逆时针绞在一起, 然后所有线对再逆时针绞在一起。

➤标准568A: 绿白 1, 绿 2, 橙白 3, 蓝 4, 蓝白 5, 橙 6, 棕白 7, 棕 8

➤标准568B: 橙白 1, 橙 2, 绿白 3, 蓝 4, 蓝白 5, 绿 6, 棕白 7, 棕 8

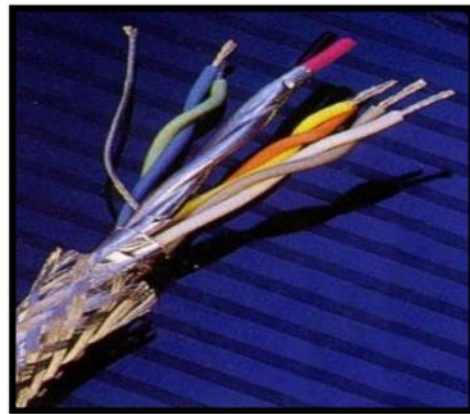
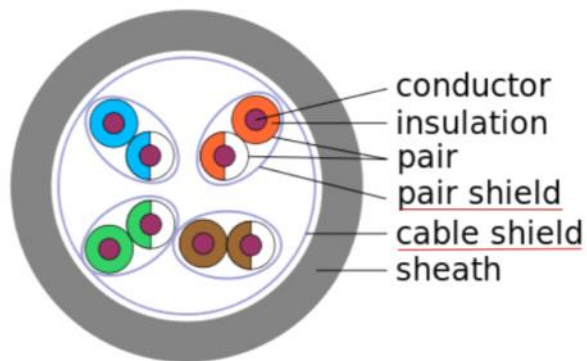


UTP Categories

| UTP Category | Max Speed Rating | Description |
|--------------|------------------|---|
| 1 | — | Used for telephones, and not for data |
| 2 | 4 Mbps | Originally intended to support Token Ring over UTP |
| 3 | 10 Mbps | Can be used for telephones as well; popular option for Ethernet in years past, if Cat 3 cabling for phones was already in place |
| 4 | 16 Mbps | Intended for the fast Token Ring speed option |
| 5 | 1 Gbps | Very popular for cabling to the desktop |
| 5e | 1 Gbps | Added mainly for the support of copper cabling for Gigabit Ethernet |
| 6 | 1 Gbps+ | Intended as a replacement for Cat 5e, with capabilities to support multigigabit speeds |

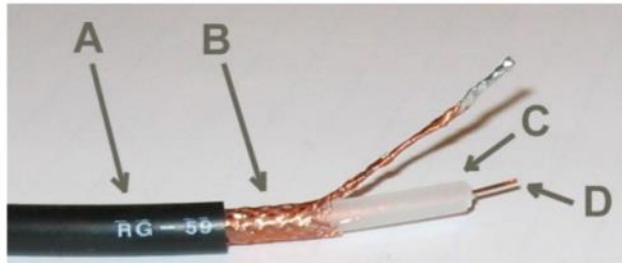
屏蔽双绞线 (Shielded Twisted Pair)

STP



有个屏蔽层

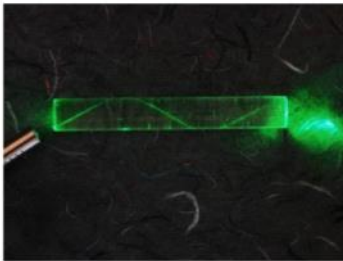
同轴电缆(Coaxial Cable)



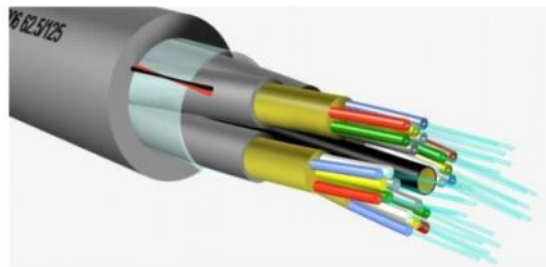
- A: 外层塑料护套
- B: 铜网屏蔽层(接地)
- C: 内绝缘体
- D: 铜芯(信号)

光导纤维 (Optical Fiber)

- 在玻璃纤维传输光脉冲, 每个脉冲一比特

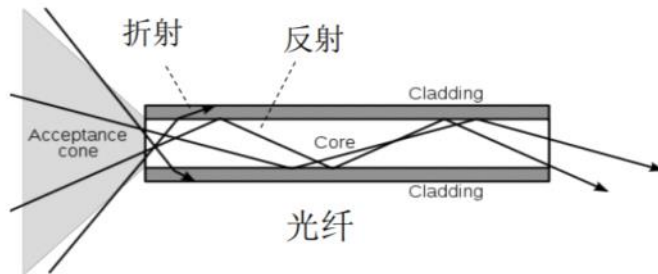


单根光纤



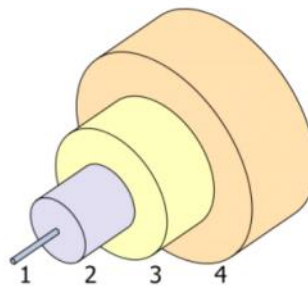
光缆

□ 全反射条件: 入射角大于临界角



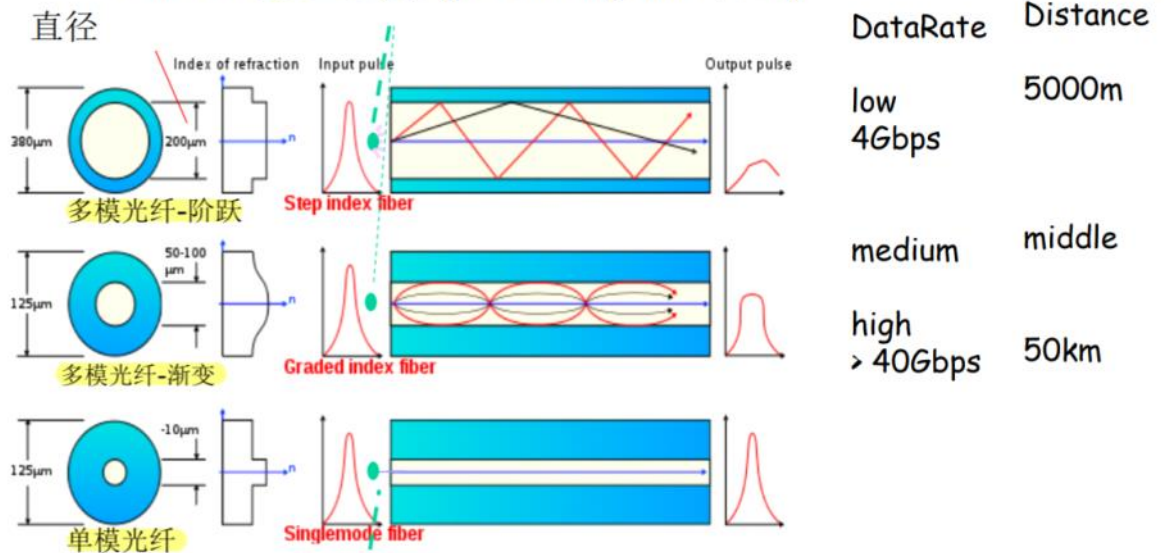
□ 一条典型单模光纤的结构

1. 纤芯: 直径 $8\ \mu\text{m}$
2. 覆层: 直径 $125\ \mu\text{m}$
3. 缓冲层: 直径 $250\ \mu\text{m}$
4. 护套: 直径 $400\ \mu\text{m}$



单模光纤和多模光纤

Source: 发光二极管 (Light Emitting Diode, LED)



Source: 注入式激光二极管 (Injection Laser Diode, ILD)

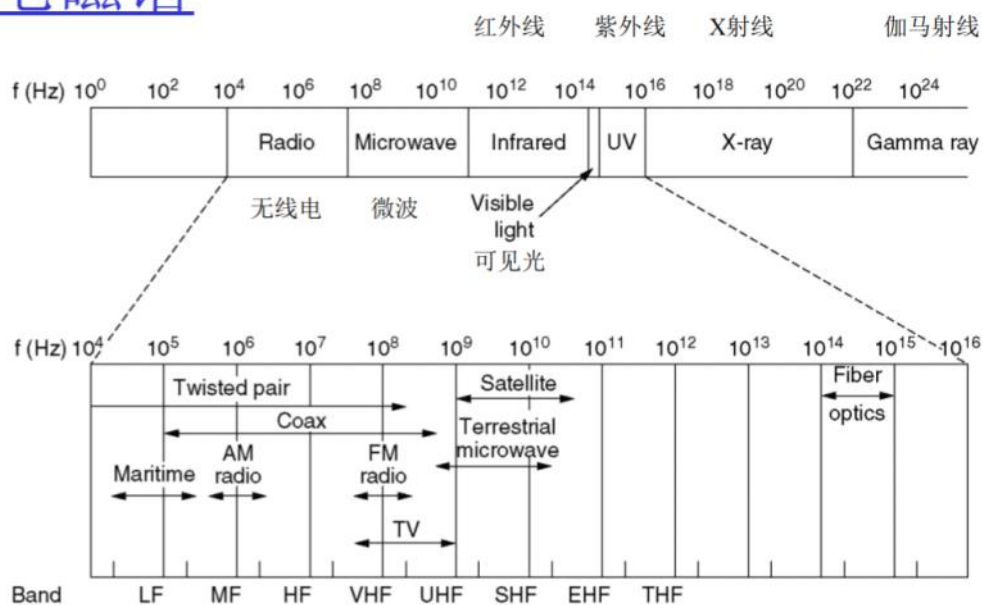
Single Mode fiber 单模光纤

Step-index fiber 阶跃光纤 graded-index 渐变光纤

无线介质

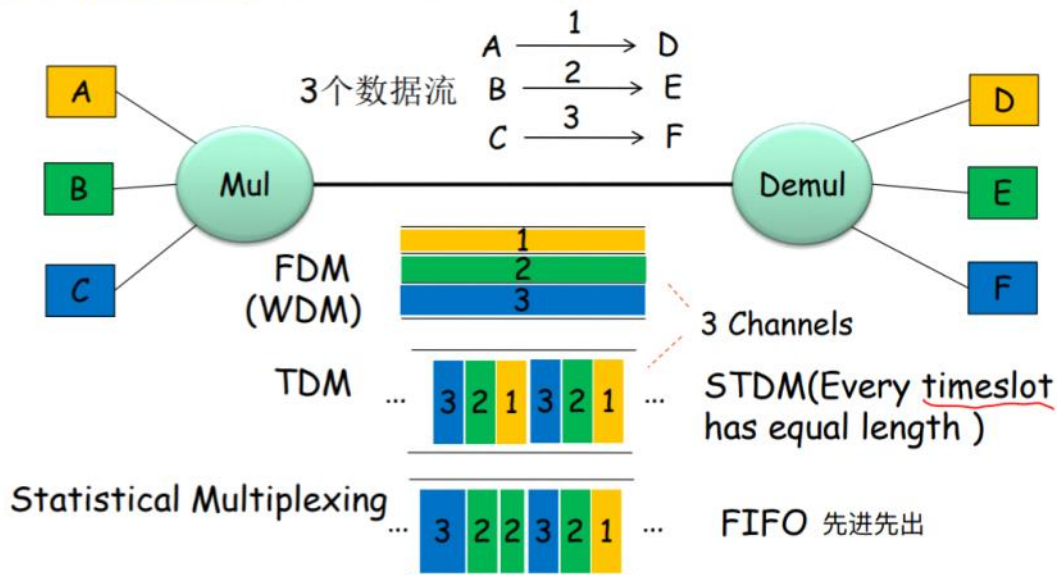
- 地面微波
45 Mbps channels
- WiFi
54 Mbps(802.11g), 600Mbps(802.11n), 2.4Ghz和5Ghz频段
- 3G网络
5G网络单开了3Ghz频段
~ 1 Mbps
- 卫星
1 Kbps ~ 45Mbps
270 msec 延迟

电磁谱



历史上，电话网络曾使用FDM技术在单个物理电路上传输若干条语音信道。这样，12路语音信道被调制到载波上各自占据4KHz带宽。这路占据60—108KHz频段的复合信号被认为是一个组。这样容易出现电话串线，听到别人电话里的声音

多路复用 (Multiplexing)



时分多路复用(Time Division Multiplexing) (STDM--Synchronous TDM)
 频分多路复用(Frequency Division Multiplexing) 无线电
 波分多路复用(Wavelength Division Multiplexing)
 码分多路复用(Code Division Multiplexing)

波分多路复用和统计多路复用

- 波分复用(Wavelength Division Multiplexing, WDM)是利用多个激光器在单条光纤上同时发送多束不同波长激光的技术。
- WDM的每个信号经过数据（文本、语音、视频等）调制后都在它独有的色带内传输。WDM能使电话公司和其他运营商的现有光纤基础设施容量大增。
- 制造商已推出了DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing)系统，也叫密集波分复用系统。DWDM可以支持150多束不同波长的光波同时传输，每束光波最高达到10Gb/s的数据传输率。这种系统能在一条比头发丝还细的光缆上提供超过1Tb/s的数据传输率。 ---维基
- 统计多路复用(Statistical Multiplexing)采用动态分配的方法共享通信链路，比如，先到先发送(FIFO)。对于多个可变速率的数据流，统计多路复用可以提高链路利用率。

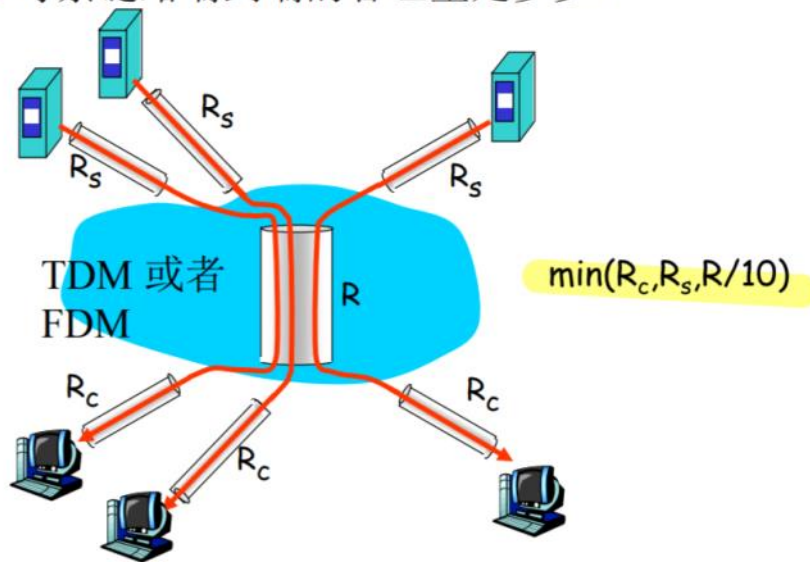
波分复用WDM(Wavelength Division Multiplexing)是将两种或多种不同波长的光载波信号（携带各种信息）在发送端经复用器(亦称合波器， Multiplexer)汇合在一起，并耦合到光线路的同一根光纤中进行传输的技术；在接收端，经解复用器(亦称分波器或称去复用器， Demultiplexer)将各种波长的光载波分离，然后由光接收机作进一步处理以恢复原信号

- 出现在分组交换中，多个源主机向同一段链路发送分组，此时用统计多路复用，每个源主机得到的带宽取决于每个源主机的发送量，发的越多，得到的带宽越大，发送一样多的数据则平分该链路的带宽

电路交换技术(Circuit-Switching)采用FDM、TDM和CDM技术。

包交换技术(Packet-Switching)采用统计多路复用技术。

□ 每条链路端到端的吞吐量是多少？



10个链接(平均)共享主干链路的带宽R(bits/sec)

每一条链路上要取最小的带宽的链路作为整条链路的吞吐量。

□ How long does it take to send a file of 640,000 bits from host A to host B over a circuit-switched network?

- ❖ All links are 1.536 Mbps
- ❖ Each link uses TDM with 24 slots/sec (24 circuits)
- ❖ 500 msec to establish end-to-end circuit

Let's work it out!

$$\begin{aligned} & 500\text{ms} + 640000\text{bits}/(1.536\text{Mbps}/24) \\ &= 500\text{ms} + 640000/64000 \\ &= 500\text{ms} + 10\text{s} \\ &= 10.5\text{s} \end{aligned}$$

- What is the maximum number of simultaneous connections that can be in progress at any one time in this network? $4n$
- Suppose that all connections are between the switch in the upper-left-hand corner and the switch in the lower-right-hand corner. What is the maximum number of simultaneous connections that can be in progress? $2n$

