

第2章 数据通信基础

大纲要求：

- 信道特性。
- 调制和编码，包括 ASK、FSK、PSK、QPSK、抽样定理、PCM、编码。
- 传输技术，包括通信方式(单工/半双工/全双工、串行/并行)、差错控制、同步控制、多路复用。
- 传输介质，包括有线介质和无线介质。
- 线路连接设备，包括调制解调器、DSU 和 DCU。
- 物理层。

2.1 数据通信的基本概念

2.1.1 考点辅导

通信系统模型如图 2-1 所示。

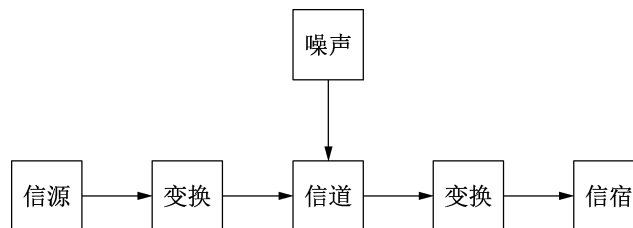


图 2-1 通信系统模型

通信中产生和发送信息的一端叫作信源，接收信息的一端叫作信宿，信源和信宿之间的通信线路称为信道。

模拟信号是随时间连续变化的信号，这种信号的某种参量(如幅度、相位、频率等)可以表示要传送的信息。

数字信号只取有限个离散值，而且数字信号之间的转换几乎是瞬时的。数字信号以某一瞬间的状态表示它们传送的信息。

如果信源产生的是模拟数据并以模拟信道传输，则称为模拟通信；如果信源发出的是模拟数据而以数字信号的形式传输，那么这种通信方式称为数字通信。

如果信源发出的是数字数据，当然也可以有两种传输方式，这时无无论是用模拟信号传输还是用数字信号传输，都称为数据通信。可见，数据通信是专指信源和信宿中数据的形式是数字的，在信道中传输时则可以根据需要采用模拟传输方式或数字传输方式。



根据通信信号的传输方式,可以分为模拟传输和数字传输。

1. 模拟传输及其优、缺点

在模拟传输方式中,数据进入信道之前要经过调制,变换为模拟的调制信号。

优点: 由于调制信号的频谱较窄,因此信道的利用率较高。

缺点: 模拟信号在传输过程中会衰减,还会受到噪声的干扰,如果用放大器将信号放大,混入的噪声也会被放大。

2. 数字传输及其优、缺点

在数字传输方式中,可以直接传输二进制数据或经过二进制编码的数据,也可以传输数字化的模拟信号。

优点: 由于数字信号只取有限个离散值,在传输过程中即使受到噪声的干扰,只要没有畸变到不可辨认的程度,就可以用信号再生的方法进行恢复,对某些数码的差错也可以用差错控制技术加以消除。另外,数字设备可以大规模集成,比复杂的模拟设备便宜得多。

缺点: 传输数字信号比传输模拟信号所要求的频带要宽得多,因而信道利用率较低。

2.1.2 典型例题分析

例 2-1 5 个 64kb/s 的信道按统计时分多路复用在一主线路上传输,主线路的开销为 4%,假定每个子信道利用率为 90%,那么这些信道在主线路上占用的带宽为 (17) kb/s。(2017 年下半年真题 17)

- A. 128 B. 248 C. 300 D. 320

解析: 每个子信道利用率为 90%,因此有此公式: $5 \times 64 \times 90\% = X \times (1 - 4\%)$,解方程得 $X = 300$ 。其中 $5 \times 64 \times 90\% = 288\text{kbps}$ 为复用后的速率。

答案: C

例 2-2 如果信源产生的是模拟数据并以模拟信道传输,则叫作 (1);如果信源发出的是模拟数据而以数字信号的形式传输,那么这种通信方式叫作 (2)。

- (1)、(2) A. 模拟通信 B. 模拟数据
C. 数字通信 D. 数据通信

解析: 如果信源产生的是模拟数据并以模拟信道传输,则叫作模拟通信;如果信源发出的是模拟数据而以数字信号的形式传输,那么这种通信方式叫作数字通信。

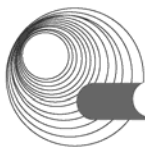
答案: (1) A (2) C

例 2-3 根据通信信号的传输方式,可以分为 (1)、(2)。

- (1) A. 模拟传输 B. 模拟信号 C. 模拟信道 D. 模拟通信
(2) A. 数据通信 B. 数字信道 C. 数字传输 D. 数字信号

解析: 根据通信信号的传输方式,可以分为模拟传输、数字传输。在模拟传输方式中,数据进入信道之前要经过调制,变换为模拟的调制信号。在数字传输方式中,可以直接传输二进制数据或经过二进制编码的数据,也可以传输数字化的模拟信号。

答案: (1) A (2) C



2.1.3 同步练习

1. 8 个 9600b/s 的信道按时分多路复用在一条线路上传输, 在统计 TDM 情况下, 假定每个子信道有 80% 的时间忙, 复用线路的控制开销为 5%, 那么复用线路的带宽为_____。
A. 32kb/s B. 64kb/s C. 72kb/s D. 96kb/s
2. 8 个 128kb/s 的信道通过统计时分复用到一条主干线路上, 如果该线路的利用率为 90%, 则其带宽应该是_____kb/s。
A. 922 B. 1024 C. 1138 D. 2276
3. CDMA 系统中使用的多路复用技术是_____。
A. 时分多路 B. 波分多路 C. 码分多址 D. 空分多址
4. 通常情况下, 信息插座的安装位置距离地面的高度为_____cm。
A. 10~20 B. 20~30 C. 30~50 D. 50~70
5. 10 个 8.6kb/s 的信道按时分多路复用在一条线路上传输, 如果忽略控制开销, 在同步 TDM 情况下, 复用线路的带宽应该是__(1)__; 在统计 TDM 情况下, 假定每个子信道有 30% 的时间忙, 复用线路的控制开销为 10%, 那么复用线路的带宽应该是__(2)___。
(1)、(2) A. 32kb/s B. 64kb/s C. 72kb/s D. 96kb/s
A. 32kb/s B. 64kb/s C. 72kb/s D. 96kb/s

2.1.4 同步练习参考答案

1. B 2. C 3. C 4. C 5. (1) D (2) A

2.2 信道特性

2.2.1 考点辅导

2.2.1.1 信道带宽

1. 模拟信道带宽

模拟信道的带宽如图 2-2 所示。信道带宽 $W=f_2-f_1$, 其中, f_1 是信道能通过的最低频率, f_2 是信道能通过的最高频率, 两者都是由信道的物理特征决定的。为了使信号传输中的失真小些, 信道要有足够的带宽。

2. 码元、波特率、数据速率、数字信道带宽

一个数字脉冲称为一个码元, 用码元速率表示单位时间内信号波形的变换次数, 即单位时间内通过信道传输的码元个数。若信号码元宽度为 T 秒, 则码元速率 $B=1/T$, 其单位为波特(baud), 码元速率也称波特率。若一无噪声信道的带宽为 W , 则该信道的极限波特率为 $B=2W$ (奈奎斯特定理)。码元携带的信息量 n (比特) 与码元的种类数 N 的关系为 $n=\log_2 N$ 。

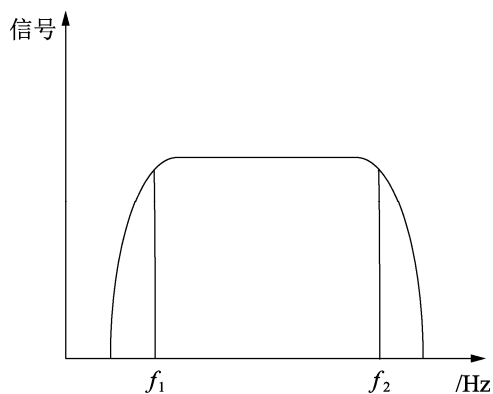


图 2-2 模拟信道的带宽

单位时间内在信道上传送的信息量(比特数)称为数据速率,其单位为比特。数据速率也称比特率。无噪声信道的极限数据速率为

$$R = B \log_2 N = 2W \log_2 N$$

式中: W 为信道带宽。

有噪声的极限数据速率为

$$C = W \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (\text{香农定理})$$

式中: W 为信道带宽; S 为信号的平均功率; N 为噪声平均功率; S/N 为信噪比。

数字信道的带宽为信道能够达到的最大数据速率。数字信道的带宽和模拟信道的带宽可以通过香农定理互相转换。

2.2.1.2 误码率、信道延迟

误码率表示传输二进制位时出现差错的概率,公式为 $P_e = N_e / N$, 其中, N_e 为出错的位数, N 为传送的总位数。计算机通信一般要求误码率低于 10^{-6} (即平均 1 兆位错 1 位)。

信号在信道中传输,从源端到达宿端需要的时间称为信道延迟。网络不同,信道延迟对该网络应用产生的影响也不同。

2.2.2 典型例题分析

例 2-4 电话信道的频率为 $0 \sim 4\text{kHz}$,若信噪比为 30dB ,则信道容量为 (12) kb/s ;要达到此容量,至少需要 (13) 个信号状态。(2017 年上半年真题 12、13)

(12) A.4 B.20 C.40 D.80

(13) A.4 B.8 C.16 D.32

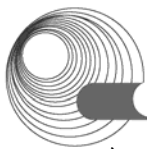
解析: $W(\text{带宽}) = 4 - 0 = 4$,由题可知 $\text{dB} = 10 \log_{10}(S/N) = 30$,故 $S/N = 1000$ 。

$C(\text{信道容量}) = W \times \log_2(1 + S/N) = 4 \times \log_2 1001 \approx 4 \times \log_2 2^{10} = 40$ 。

$C = B \log_2 N = 40$,又 $B = 2W = 8$ 。所以 $N = 32$ 。

答案: (12) C (13) D

例 2-5 A、B 是局域网两个相距 1km 的站点, A 采用同步传输方式以 1Mb/s 的速率



向 B 发送长度为 200 000 字节的文件。假定数据帧长为 128 比特,其中首部为 48 比特,应答帧为 22 比特, A 在收到 B 的应答帧后发送下一帧。传送文件花费的时间为 (15) s, 有效的数据速率为 (16) Mb/s(传播速率为 200m/ μ s)。(2017 年上半年真题 15、16)

(15) A. 1.6 B. 2.4 C. 3.2 D. 3.6

(16) A. 0.2 B. 0.5 C. 0.7 D. 0.8

解析: 总时间=传播时间+传输时间

发送 200 000 字节, 需要发送数据帧 $= (20\ 0000 \times 8) / (128 - 48) = 20\ 000$ 个(数据帧), 那么应答帧 $= 20\ 000$ 个。

传播时间 $= (1000 / 200) \mu s \times 40\ 000 = 0.2s$

传输时间=发送数据帧时间+发送应答帧时间

发送一个数据帧时间: $128 / 1\ 000\ 000s$

发送一个应答帧时间: $22 / 1\ 000\ 000s$

所以, 传输时间 $(150 / 1\ 000\ 000) \times 20\ 000 = 3s$, 则总时间 $= 3.2s$ 。

有效数据速率 $= (200\ 000 \times 8) b / 3.2s = 0.5Mb/s$ 。

答案: (15) C (16) B

例 2-6 电话线路使用的带通滤波器的带宽为 3kHz(即 300~3300Hz), 根据奈奎斯特采样定理, 最小采样频率应为 (15)。(2015 年上半年真题 15)

A. 300Hz B. 3390Hz C. 6000Hz D. 6600Hz

解析: 根据奈奎斯特采样定理, 采样频率至少为最高频率的 2 倍。

答案: D

2.2.3 同步练习

1. 设信道带宽为 4000Hz, 信噪比为 30dB, 按照香农定理, 信道容量为_____。

A. 4kb/s B. 1.6kb/s C. 40kb/s D. 120kb/s

2. 地面上相距 2000km 的两地之间通过电缆传输 4000 比特长的数据包, 数据传输速率为 64kb/s, 从开始发送到接收完成需要的时间为_____。

A. 48ms B. 640ms C. 32.5ms D. 72.5ms

2.2.4 同步练习参考答案

1. C 2. D

2.3 传输介质

2.3.1 考点辅导

1. 双绞线

双绞线由粗约 1mm 的相互绝缘的一对铜导线绞扭在一起组成, 对称均匀地绞扭可以减少线对之间的电磁干扰。双绞线大量使用在传统的电话系统中。双绞线分为屏蔽双绞线和非屏蔽双绞线。



2. 同轴电缆

同轴电缆的芯线是铜质导线，外包一层绝缘材料，再外面是由细铜丝组成的网状导体，最外面加一层塑料保护膜，具有高带宽和较好的噪声抑制特性。局域网中常用的同轴电缆有两种：一种是特性阻抗为 50Ω ，用于传输数字信号，叫作基带同轴电缆；另一种是特性阻抗为 75Ω 的 CATV 电缆，用于传输模拟信号，叫作宽带同轴电缆。

3. 光缆

光缆由能传送光波的超细玻璃纤维(即光纤)和其他材料组合而成，光纤外包一层比玻璃折射率低的材料。进入光纤的光波在两种材料的界面上形成全反射，从而不断地向前传播。光纤分为多模光纤和单模光纤两种。在多模光纤中，光波以多种模式传播，不同的传播模式有不同的电磁场分布和不同的传播路径。在单模光纤中，光在其中无反射地沿直线传播。光纤的优点是具有很高的数据速率、极宽的频带、低误码率和低延迟，而且安全性和保密性好。

4. 无线信道

无线信道包括微波、红外和短波信道。

微波通信系统可分为地面微波系统和卫星微波系统。微波通信的频段一般是 $1\sim 11\text{GHz}$ ，具有带宽高、容量大、天线小、便于安装和移动的优点；缺点是容易受到电磁干扰，微波通信相互间也存在干扰，微波信号容易被大气层中的雨雪吸收。另外，在卫星微波系统中，信号时延也比较大。

红外传输系统利用墙壁或屋顶反射红外线，从而形成整个房间内的广播通信系统。优点是设备相对便宜，带宽高；缺点是传输距离有限，且易受室内空气状态的影响。

无线电短波通信使用甚高频和超高频的电视广播频段。优点是通信设备比较便宜，便于移动，没有方向性；缺点是容易受到电磁干扰和地形地貌的影响，而且带宽比微波通信小。

2.3.2 典型例题分析

例 2-7 100Base-T4 采用的编码技术为 (14)，利用 (15) 传输介质进行数据传输。
(2017 年下半年真题 14、15)

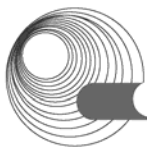
- (14) A. 4B/5B B. 8B/6T C. 8B/10B D. MTL-3
(15) A. 光纤 B. UTP-5 C. UTP-3 D. 同轴电缆

解析：100Base-T4 的信号采用 8B/6T 的编码方式，即每 8 位作为一组的数据转换为每 6 位一组的三元码组。其电缆类型为 4 对三类非屏蔽双绞线，最大传送距离是 100 米。

答案：(14) B (15) C

2.3.3 同步练习

1. 以下关于光纤通信的叙述中，正确的是_____。



- A. 多模光纤传输距离远, 单模光纤传输距离近
 - B. 多模光纤的价格便宜, 单模光纤的价格较贵
 - C. 多模光纤的包层外径较粗, 单模光纤的包层外径较细
 - D. 多模光纤的纤芯较细, 单模光纤的纤芯较粗
2. 光纤分为单模光纤和多模光纤, 这两种光纤的区别是_____。
- A. 单模光纤的数据速率比多模光纤低 B. 多模光纤比单模光纤传输距离更远
- C. 单模光纤比多模光纤的价格更便宜 D. 多模光纤比单模光纤的纤芯直径粗
3. 光纤分为单模光纤和多模光纤, 这两种光纤的区别是_____。
- A. 单模光纤的纤芯大, 多模光纤的纤芯小
- B. 单模光纤比多模光纤采用的波波长
- C. 单模光纤的传输频带窄, 多模光纤的传输频带宽
- D. 单模光纤的光源采用发光二极管(Light Emitting Diode, LED), 多模光纤的光源采用激光二极管(Laser Diode, LD)

2.3.4 同步练习参考答案

1. B 2. D 3. B

2.4 数据编码

2.4.1 考点辅导

数据编码的方式很多, 主要有以下几种(见图 2-3)。

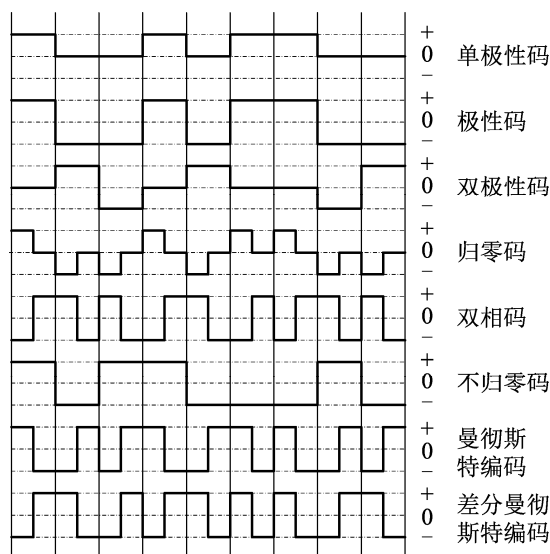


图 2-3 常用编码方案



1. 单极性码

在单极性码这种编码方案中,只用正的(或负的)电压表示数据。在图 2-3 中,用+3V 表示二进制数字 0,用 0V 表示二进制数字 1。单极性码用在电传打字机(TTY)接口以及 PC 和 TTY 兼容的接口中,这种代码需要单独的时钟信号配合定时,它的抗噪声特性也不好。

2. 极性码

在极性码这种编码方案中,分别用正和负电压表示二进制数 0 和 1。例如,在图 2-3 中用+3V 表示二进制数字 0,而用-3V 表示二进制数字 1。这种代码抗干扰特性好,但仍然需要另外的时钟信号。

3. 双极性码

在双极性码这种编码方案中,信号在 3 个电平(正、负、零)之间变化。一种典型的双极性码是信号交替反转编码(AMI)。在 AMI 信号中,数据流中遇到 1 时,电平在正和负之间交替翻转;遇到 0 时,则保持零电平。双极性码是三进制信号编码方法,与二进制相比抗噪声特性更好。

4. 归零码

在归零码中,码元中间的信号回归到 0 电平,因此任意两个码元之间被 0 电平隔开。这种编码方案有较好的噪声抑制特性。图 2-3 表示的是一种双极性归零码。可以看出,从正电平到零电平的转换边表示码元 0,从负电平到零电平的转换边表示码元 1,同时每一位码元中间都有电平转换,使得这种编码成为自定时的编码。

5. 双相码

双相码要求每一位中都要有一个电平转换。这种代码是自定时的,同时也有检测错误的功能;如果某一位中间缺少了电平翻转,则被认为是错误代码。

6. 不归零码

图 2-3 所示的不归零码的规律是:当 1 出现时电平翻转,当 0 出现时电平不翻转。因而区别 1 和 0 的是电平是否翻转。这种代码也叫差分码,用在终端到调制解调器的接口中。这种代码不是自定时的。

7. 曼彻斯特编码

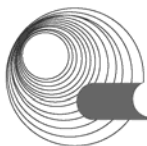
曼彻斯特编码是一种双相码。图 2-3 中,用高电平到低电平的转换边表示 0;用低电平到高电平的转换边表示 1;位中间的电平转换边既表示数据代码,也作为定时信号使用。这种编码用在以太网中。

8. 差分曼彻斯特编码

差分曼彻斯特编码也是一种双相码。这种编码码元中间的电平转换边只作为定时信号,不表示数据。数据的表示在于每一位开始处是否有电平转换:有电平转换表示 0;无电平转换表示 1。这种编码用在令牌环网中。

9. 多电平编码

多电平编码的码元可取多个电平之一,每个码元可代表几个二进制位。例如,若表示



码元的脉冲取四个电平之一, 则一个码元可表示两个二进制位。

10. 4B/5B 编码

4B/5B 编码是将欲发送的数据流每 4 位作为一个组, 然后按照编码规则将其转换成相应的 5 位码。该编码属于自同步编码方式, 为了保证接收端能提取同步时钟, 编码规则保证: 无论 4 位数据为何种组合(包括全部为 0), 所转换成 5 位码中, 至少有两个“1”, 即保证在传输过程中码元至少发生两跳变, 从而保证接收端同步时钟的提取。4B/5B 编码能较好地解决同步问题, 同时具有检错功能, 编码效率比较高, 它用 5 位信号表示 4 位有效信息, 因此编码效率为 80%。若要达到 100Mb/s 的速率, 只需在线路上有 125Mbaud 的波特率。快速以太网(100Base-T)和光纤分布式接口(FDDI)都采用 4B/5B 编码方式。

2.4.2 典型例题分析

例 2-8 4B/5B 编码先将数据按 4 位分组, 将每个分组映射到 5 单位的代码, 然后采用(14)进行编码。(2017 年上半年真题 14)

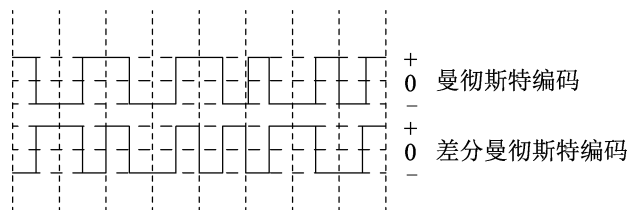
- A. PCM B. Manchester C. QAM D. NRZ-I

解析: 4B/5B 编码实际上是一种两级编码。系统中使用不归零编码, 在发送到传输介质之前要变成见 1 就翻的不归零编码(NRZ-I)。NRZ-I 代码序列中 1 的个数越多, 越能提供同步定时信息, 但如果遇到长串的 0, 则不能提供同步信息。所以在发送到介质之前还需要进行一次 4B/5B 编码, 发送器扫描要发送的位序列, 将其每 4 位分成一组, 然后按照 4B/5B 编码规则转换成相应的 5 位代码。

答案: D

2.4.3 同步练习

- 曼彻斯特编码的效率是 (1) %, 4B/5B 编码的效率是 (2) %。
(1)、(2) A. 40 B. 50 C. 80 D. 100
- 10Base-T 以太网使用曼彻斯特编码, 其编码效率为 (1) %; 在快速以太网中使用 4B/5B 编码, 其编码效率为 (2) %。
(1)、(2) A. 30 B. 50 C. 80 D. 90
- 下图为曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码的波形图, 实际传送的比特串为_____。



- A. 1 0 1 0 1 1 0 0
C. 0 1 0 1 0 0 1 1

- B. 0 1 1 1 0 0 1 0
D. 1 0 0 0 1 1 0 1

2.4.4 同步练习参考答案

1. (1) B (2) C
2. (1) B (2) C 3. C

2.5 数字调制技术

2.5.1 考点辅导

数字数据在传输中不仅可以用方波脉冲表示,也可以用模拟信号表示。数字调制指用数字数据调制模拟信号。主要有3种基本的调制方法,即调幅、调频、调相。

1. 调幅

调幅(也称幅度键控,ASK),是指将不同的数据信息1和0调制成不同幅度但相同频率的载波信号。

2. 调频

调频(也称频移键控,FSK),是指将不同的数据信息1和0调制成相同幅度但不同频率的载波信号。

3. 调相

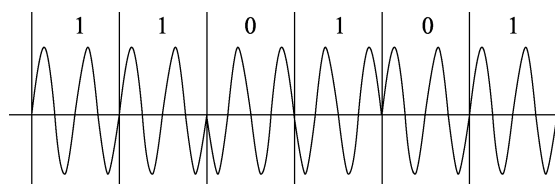
调相(也称相移键控,PSK),是指利用相邻载波信号的相位变化值来表示相邻信号是否具有相同的数据信息值,此时的幅度和频率均保持不变。

4. 正交调幅

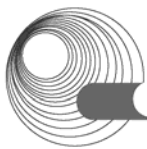
正交调幅(QAM)是一种十分成熟且应用广泛的调制技术。其基本方法是将发送数据流分为两路,分别对正弦载波和余弦载波进行数字调幅,然后相加传输。如果每路载波有 n 个不同幅度,则QAM信号的星座图上有 n^2 个状态点。这种方式的频谱利用率可以做得很高,设备也不太复杂。但是,当它的信号状态数很多时,会对信道的线性和非线性失真变得十分敏感,需要采用多种措施来对抗。

2.5.2 典型例题分析

例 2-9 下图所示的调制方式是__(11)__,若数据速率为1kb/s,则载波速率为__(12)___Hz。(2017年下半年真题11、12)



- (11) A. DPSK B. BPSK C. QPSK D. MPSK
(12) A. 1000 B. 2000 C. 4000 D. 8000



解析: 根据图形可知波形在 1 和 0 之间,以载波的相对初始相位变化来实现数据的传送,并且初始相位与前一码元发生 180° 变化为二进制 0,无变化为 1,可以判定为 DPSK(差分相移键控)。对应的码元速率和二进制数据速率相同,数据速率为 1Kb/s,因此载波频率为两倍。

答案: (11) A (12) B

例 2-10 通过正交幅度调制技术把 ASK 和 PSK 两种调制模式结合起来组成 16 种不同的码元,这时数据速率是码元速率的 (14) 倍。(2016 年上半年真题 14)

A. 2 B. 4 C. 8 D. 16

解析: 所谓正交幅度调制(Quadrature Amplitude Modulation, QAM),就是把两个幅度相同但相位相差 90° 的模拟信号合成为一个模拟信号。通过把 ASK 和 PSK 技术结合起来,形成幅度相位复合调制,这也是一种正交幅度调制技术。由于形成了 16 种不同的码元,所以每一个码元可以表示 4 位二进制数据,即数据速率为码元速率的 4 倍,使得数据速率大大提高。

答案: B

例 2-11 设信号的波特率为 500Baud,采用幅度-相位复合调制技术,由 4 种幅度和 8 种相位组成 16 种码元,则信道的数据速率为 (15)。(2015 年下半年真题 15)

A. 500b/s B. 1000b/s C. 2000b/s D. 4800b/s

解析: 数据传输速率 R 与波特率 B 之间的换算公式为 $R = B \log_2 N$ 。 N 为码元的种类,本题为 16,因此 $R = 500 \times \log_2 16 = 500 \times 4 = 2000 \text{ b/s}$ 。

答案: C

例 2-12 正交幅度调制 16-QAM 的数据速率是码元速率的 (14) 倍。(2015 年上半年真题 14)

A. 2 B. 4 C. 8 D. 16

解析: 正交幅度调制形成了 16 种不同的码元,数据传输速率 R 、码元速率 B 、码元种类之间的关系是 $R = B \log_2 N$,因此 $R = B \log_2 16 = 4B$,可见数据速率是码元速率的 4 倍。

答案: B

2.5.3 同步练习

所谓正交幅度调制是把两个_____的模拟信号合为一个载波信号。

- A. 幅度相同,相位相差 90° B. 幅度相同,相位相差 180°
C. 频率相同,相位相差 90° D. 频率相同,相位相差 180°

2.5.4 同步练习参考答案

A



2.6 脉冲编码调制

2.6.1 考点辅导

脉冲编码调制(PCM)是一种数字化技术,用于将模拟数据变换为数字信号。变换的过程分为3个步骤,即采样、量化和编码。

1. 采样

采样是指每隔一定时间间隔,取模拟信号的当前值作为样本,该样本代表了模拟信号在某一时刻的瞬时值。这样,就变连续的模拟信息为离散信号。采样技术依据奈奎斯特取样定理:如果采样速率大于模拟信号最高频率的2倍,则可以用得到的样本空间恢复原来的模拟信号。

2. 量化

量化的目的是确定采样出的模拟信号的数值。通过规定一定的量化级,对采样得到的模拟信号数值进行“取整”量化,得到离散信号的具体数值。量化级越高,表示离散信号的值精度越高。

3. 编码

编码是指将量化后的样本值变成相应的二进制代码。通常,当量化级为 N 时,二进制位数为 $\log_2 N$ 。

例如,对声音数字化时,由于语音的最高频率是4kHz,所以采样速率是8kHz。对话音样本的量化用128个等级,因而每个样本用7位二进制数字表示。在数字信道上传输的速率是 $7 \times 8000 = 56 \text{ kb/s}$ 。

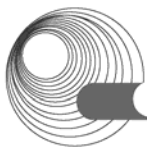
2.6.2 典型例题分析

例 2-13 数字语音的采样频率定义为8kHz,这是因为(6)。(2017年上半年真题6)

- A. 语音信号定义的频率最高值为4kHz
- B. 语音信号定义的频率最高值为8kHz
- C. 数字语音传输线路的带宽只有8kHz
- D. 一般声卡的采样频率最高为每秒8kHz

解析: 本题考查奈奎斯特取样定理:如果取样速率大于模拟信号最高频率的2倍,则可以用得到的样本恢复原来的模拟信号。因此采样频率=模拟信号频率 $\times 2$,即模拟信号频率为4kHz。

答案: A



2.6.3 同步练习

1. 假设模拟信号的最高频率为 10MHz, 采样频率必须大于_____时, 才能使得到的样本信号不失真。
A. 6MHz B. 12MHz C. 18MHz D. 20MHz
2. 假设模拟信号的最高频率为 6MHz, 采样频率必须大于_____时, 才能使得到的样本信号不失真。
A. 6MHz B. 12MHz C. 18MHz D. 20MHz
3. 设信道带宽为 3400Hz, 采用 PCM 编码, 采样周期为 125 μ s, 每个样本量化为 128 个等级, 则信道的数据速率为_____。
A. 10kb/s B. 16kb/s C. 56kb/s D. 64kb/s
4. 假设模拟信号的最高频率为 5MHz, 采样频率必须大于__(1)_, 才能使得到的样本信号不失真; 如果每个样本量化为 256 个等级, 则传输的数据频率是__(2)_。
(1) A. 5MHz B. 10MHz C. 15MHz D. 20MHz
(2) A. 10Mb/s B. 50Mb/s C. 80Mb/s D. 100Mb/s

2.6.4 同步练习参考答案

1. D 2. B 3. C 4. (1) B (2) C

2.7 通信方式和交换方式

2.7.1 考点辅导

2.7.1.1 数据通信方式

1. 按通信方向分类

按数据传输的方向分类, 有 3 种不同的通信方式, 即单工、半双工和全双工。

1) 单工

单工方式下, 信道上的信息只能向一个方向传送, 发送方不能接收, 接收方也不能发送。如无线电广播和电视广播。

2) 半双工

半双工方式下, 通信的双方可交替发送和接收信息, 但不能同时发送和接收。在一段时间内, 信道的全部带宽用于向一个方向上传送信息, 如对讲机通信。

3) 全双工

全双工方式下, 可同时进行双向信息的传送, 要求通信双方都有发送和接收设备, 如电话通信。



2. 按同步方式分类

在传送由多个码元组成的字符以及由许多字符组成的数据块时，通信双方要就信息的起止时间取得一致。有两种不同的传输方式，即同步传输和异步传输。

1) 同步传输

同步传输适合传输连续的数据块。在这种方式下，发送方在发送数据前先发送一串同步字符 SYNC。接收方只要检测到连续两个以上 SYNC 字符就确认已进入同步状态，准备接收信息。随后的传送过程中双方以同一频率工作(信号编码的定时作用也表现在这里)，直到传送完指示数据结束的控制字符。

2) 异步传输

异步传输即把各个字符分开传输，字符之间插入同步信息。这种方式也称起止式，即在字符的前后分别插入起始位(“0”)和停止位(“1”)。起始位对接收方的时钟起置位作用。停止位告诉接收方该字符传送结束，然后接收方就可以检测后续字符的起始位。当没有字符传送时，连续传送停止位。

2.7.1.2 信息交换方式

通信网络由许多交换节点互联而成，交换节点转发信息的方式可分为电路交换、报文交换和分组交换等。

1. 电路交换

电路交换交换方式把发送方和接收方用物理线路直接连通。类似于电话系统，此方式下的数据通信希望通信的计算机之间必须事先建立物理线路。整个电路交换的过程包括建立线路、数据传输、释放线路 3 个阶段。

(1) 建立线路。发送方向接收方发送一个请求，该请求通过中间节点传输至终点；如果中间节点有空闲的物理线路可用，则接受请求，分配线路，并将请求传输给下一个中间节点。整个过程持续进行，直至终点。线路一旦被分配，在未释放之前，其他站点将无法使用。

(2) 数据传输。在已经建立的物理线路上，发送方和接收方进行数据传输。

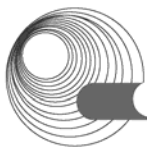
(3) 释放线路。当数据传输完毕，执行释放线路的动作。线路被释放之后，进入空闲状态，可供其他站点通信使用。

电路交换的优点是独占性、实时性好，适合传输大量的数据。

2. 报文交换

报文交换也称存储—转发交换。这种方式不要求在两个通信节点之间建立专用线路。节点把要发送的信息组织成一个数据包——报文，该报文中含有目标节点的地址，完整的报文在网络中一站一站地向前传送。每一个节点接收整个报文，检查目标节点地址，然后根据网络中的交通情况在适当的时候转发到下一个节点。经过多次的存储—转发，最后到达目标节点。其中的交换节点要有足够大的存储空间，用以缓冲收到的长报文。交换节点对各个方向上收到的报文排队，寻找下一个转发节点，然后再转发出去，这些都带来了排队等待延迟。

报文交换的优点是不建立专用线路，线路利用率较高；缺点是有通信时延。



3. 分组交换

分组交换技术类似报文交换,只是它规定了交换设备处理和传输的数据长度(称为分组)。通常,分组的长度远小于报文交换中规定的报文长度。进行分组交换时,发送节点先对传送的信息分组,对各个分组编号,加上源地址和目标地址以及约定的分组头信息。一次通信中的所有分组在网络中传播又有两种方式:数据报和虚电路。

1) 数据报

数据报类似于报文交换,每个分组都有完整的地址信息,不出意外的话都可以到达目的地。但是到达顺序可能与发送顺序不一致,因此目标主机必须对收到的分组重新排序。这就需要在发送端有分组拆装设备对信息进行分组和编号,而在接收端需要有分组拆装设备对收到的分组去头去尾并重新排序。数据报方式适合于单向地传送短消息。

2) 虚电路

虚电路类似于电路交换,要求在发送端和接收端之间建立一条逻辑连接。发送端发出的分组都走这一条通路,接收方要对正确收到的分组给予回答确认,直到会话结束,拆除连接。逻辑连接的建立不意味着别的通信不能使用这条线路,仍然可以共享。虚电路适合于交互式通信。

2.7.2 典型例题分析

例 2-14 在异步通信中,每个字符包含 1 位起始位、8 位数据位、1 位奇偶位和 2 位终止位,若有效数据速率为 800bp/s,采用 QPSK 调制,则码元速率为 (16) 波特。(2017 年下半年真题 16)

A. 600 B. 800 C. 1200 D. 1600

解析: 每个字符的位数为 $1+8+1+2=12$,有效数据速率=标准速率 $\times 8/12=800\text{b/s}$,则可得标准速率是 1200b/s 。采用 QPSK 调制,那么码元速率 $\times \log_2 4=1200$,可得出码元速率为 600 波特。

答案: A

例 2-15 在异步通信中,每个字符包含 1 位起始位、7 位数据位、1 位奇偶位和 1 位终止位,每秒钟传送 100 个字符,采用 DPSK 调制,则码元速率为 (14),有效数据速率为 (15)。(2016 年下半年真题 14、15)

(14) A. 200 波特 B. 500 波特 C. 1000 波特 D. 2000 波特

(15) A. 200b/s B. 500b/s C. 700b/s D. 1000b/s

解析: DPSK(差分相移键控)利用调制信号前后码元之间载波相对相位的变化来传递信息。码元速率 $=(1+7+1+1)\times 100=1000$ 波特,有效数据速率 $=[7/(1+7+1+1)]\times 1000=700\text{b/s}$ 。

答案: (14) C (15) C

2.7.3 同步练习

1. 在异步通信中,每个字符包含 1 位起始位、7 位数据位、1 位奇偶位和 2 位终止位,

每秒钟传送 100 个字符, 则有效数据速率为_____。

- A. 100b/s B. 500b/s C. 700b/s D. 1000 b/s

2. 下列选项中, 不采用虚电路通信的网络是_____网。

- A. X.25 B. 帧中继 C. ATM D. IP

3. 在异步通信中, 每个字符包含 1 位起始位、7 位数据位、1 位奇偶校验位和 1 位终止位, 每秒钟传送 200 个字符, 采用 DPSK 调制, 则码元速率为__(1)_, 有效数据速率为__(2)_。

- (1) A. 200 波特 B. 500 波特 C. 1000 波特 D. 2000 波特

- (2) A. 200b/s B. 1000b/s C. 1400b/s D. 2000b/s

2.7.4 同步练习参考答案

1. C 2. D 3. (1) D (2) C

2.8 多路复用技术

2.8.1 考点辅导

1. 频分多路复用

频分多路复用(FDM)是在一条传输介质上使用多个频率不同的模拟载波信号进行多路传输。该技术对整个物理信道的可用带宽进行分割, 利用载波调制技术实现原始信号的频谱迁移, 使得多路信号在整个物理信道带宽允许的范围内, 实现频谱上的不重叠, 从而共用一个信道。为了防止相互干扰, 子信道间留有一定宽度的隔离频带。

2. 时分多路复用

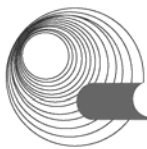
时分多路复用(TDM)用于数字信道的复用。当物理信道可支持的位传输速率超过单个原始信号要求的数据传输速率时, 可以将该物理信道划分成若干个时间片, 并将各个时间片轮流地分配给多路信号, 使得它们在时间上不重叠。时间片的宽度可以容纳一位、一字节或一个固定大小的数据块。

3. 波分多路复用

波分多路复用(WDM)用于光纤通信中, 不同的子信道用不同波长的光波承载, 多路复用信道同时传送所有子信道的波长。因此要使用能够对光波进行分解和合成的多路器。

4. 码分多路复用

码分多路复用(CDMA)也叫码分多址, 是一种扩频多址的数字通信技术。在 CDMA 系统中, 每个移动站都有相互正交的一个码片(Chip), 当发送码片序列时表示 1, 当发送码序列的反码时表示 0。典型的应用是目前流行的 3G 技术。



5. 数字传输系统

T1 载波在北美和日本广泛使用。它把 24 路按时分多路的原理复合在一条 1.544Mb/s 的高速信道上。每路话音信道有 7 位数据位和 1 位信令位, 周期为 $125\mu\text{s}$, 因此 24 路话音信道可容纳 $8 \times 24 = 192$ 位长的数字串。这 192 位数字组成一帧, 最后再加入一个帧同步位, 故帧长为 193 位。每 $125\mu\text{s}$ 传送一帧, 这样对每一路话音信道来说, 传输数据的速率为 $7\text{b}/125\mu\text{s} = 56\text{kb/s}$, 传输控制信息的速率为 $1\text{b}/125\mu\text{s} = 8\text{kb/s}$, 总的速率为 $193\text{b}/125\mu\text{s} = 1.544\text{Mb/s}$ 。

E1 载波在北美和日本以外的国家使用(欧洲标准)。国际电报电话咨询委员会(Commite' Consultatif International de Telegraphique et Telephonique, CCITT)于 1993 年后改为 ITU-T, 建议了一种 PCM 传输标准, 称为 E1 载波。该载波把一个时分复用帧(其长度 $T=125\mu\text{s}$)划分为 32 个相等的时隙, 每个时隙 8 位, 时隙的编号为 CH0~CH31, 其中时隙 CH0 用作帧同步, 时隙 CH16 用来传送信令, 其他 30 个时隙用作 30 个话路。E1 信道的传输速率为 $8 \times 32\text{B} \div 125\mu\text{s} = 2.048\text{Mb/s}$ 。

E2 载波由 4 个 E1 载波组成, 数据速率为 7.448Mb/s; E3 载波由 4 个 E2 载波组成, 数据速率为 34.368Mb/s; E4 载波由 4 个 E3 载波组成, 数据速率为 138.24Mb/s; E5 载波由 4 个 E4 载波组成, 数据速率为 565.148Mb/s。

6. 同步数字系列

光纤线路的多路复用标准有两个, 即美国标准(SONET)和国际标准(SDH)。

SONET 的各级时钟都来自一个非常精确的主时钟。SONET 定义了同步传输的线路速率的等级结构, 其传输速率以 51.840Mb/s 为基础。此速率对于电信号称为第一级同步传送信号, 即 STS-1; 对于光信号则称为第一级光载波, 即 OC-1。

ITU-T 以美国标准 SONET 为基础, 制定出国际标准同步数字系列 SDH。一般可认为 SDH 与 SONET 是同义词。SDH 的基本速率为 155.52Mb/s, 称为第一级同步传递模块(Synchronous Transfer Module), 即 STM-1, 相当于 SONET 体系中的 OC-3 速率。

2.8.2 典型例题分析

例 2-16 E1 载波的子信道速率为 (13) kb/s。(2017 年下半年真题 13)

A. 8 B. 16 C. 32 D. 64

解析: E1 载波的传输速率为 2.048Mb/s, 每个子信道的速率是 64kb/s。

答案: D

例 2-17 T1 载波的数据速率是 (17)。(2016 年上半年真题 17)

A. 1.544Mb/s B. 6.312Mb/s C. 2.048Mb/s D. 44.736Mb/s

解析: T1 载波也叫一次群, 它把 24 路话音信道按时分多路的原理复合在一条高速信道上。该系统的工作是这样的, 用一个编码解码器轮流对 24 路话音信道取样、量化和编码, 一个取样周期中(125ms)得到的 7 位一组的数字组合成一串, 共 7×24 位长。这样的数字串在送入高速信道前要在每一个 7 位组的后面插入一个信令位, 于是变成了 $8 \times 24 = 192$ 位长的数字串。这 192 位数字组成一帧, 最后再加入一个帧同步位, 故帧长为 193 位。每 $125\mu\text{s}$ 传

送一帧,其中包含了各路话音信道的一组数字,还包含总共 24 位的控制信息以及 1 位帧同步信息。这样,不难算出 T1 载波的各项比特率。对每一路话音信道来说,传输数据的比特率为 $7\text{b}/125\mu\text{s}=56\text{kb/s}$,传输控制信息的比特率为 $1\text{b}/125\mu\text{s}=8\text{kb/s}$,总的比特率为 $193\text{b}/125\mu\text{s}=1.544\text{Mb/s}$ 。

答案: A

2.8.3 同步练习

1. E1 载波的数据速率是 (1) Mb/s, T1 载波的数据速率是 (2) Mb/s。
(1)、(2) A. 1.544 B. 2.048 C. 6.312 D. 7.448
2. E1 信道的数据速率是 (1), 其中每个话音信道的数据速率是 (2)。
(1) A. 1.544Mb/s B. 2.048Mb/s C. 6.312Mb/s D. 44.736Mb/s
(2) A. 56kb/s B. 64kb/s C. 128kb/s D. 2048kb/s

2.8.4 同步练习参考答案

1. (1) B (2) A 2. (1) B (2) B

2.9 差错控制

2.9.1 考点辅导

通信系统必须考虑如何发现和纠正信号传输中的差错。通信过程中出现的差错可大致分为两类:一类是由热噪声引起的随机错误;另一类是由冲击噪声引起的突发错误。下面介绍 3 种常用的差错控制技术。

1. 检错码

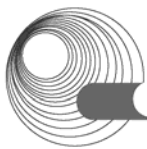
奇偶校验是最常用的检错方法。奇偶校验码包括水平奇偶校验码、垂直奇偶校验码和水平垂直奇偶校验码。

1) 水平奇偶校验码

水平奇偶校验码也称字符校验码,是在 7 位的 ASCII 代码后增加一位,使码字中“1”的个数成奇数(奇校验)或偶数(偶校验);经过传输后,如果其中一位出错,则接收端按同样的规则就能发现错误。CCITT 规定,异步传输方式中采用偶校验,同步传输方式中采用奇校验。

2) 垂直奇偶校验码

垂直奇偶校验也称组校验,是指被传输的信息进行分组,并排列为若干行和列;组中每个字符的相同位进行奇偶校验,最终产生由校验位形成的校验字符,并附加在信息分组之后传输。



3) 水平垂直奇偶校验码

水平垂直奇偶校验也称方阵校验,是在水平校验的基础上实施垂直校验。此时,为了保证随后一位的正确填充,水平垂直奇偶校验应采用偶校验。

2. 海明码

1950年,海明研究了用冗余数据位来检测和纠正代码差错的理论和方法。按照海明的理论,可以在数据代码上添加若干冗余位组成码字。码字之间的海明距离是一个码字要变成另一个码字时必须改变的最小位数。例如,7位ASCII码增加一位奇偶位成为8位的码字,这128个8位的码字之间的海明距离是2。所以当其中一位出错便能检测出来。两位出错时就变成另一个码字。如果任意码字之间的海明距离是 d ,则所有不大于 $d-1$ 位的错误都可以检查出来,所有少于 $d/2$ 位的错误都可以纠正。对于某种长度的错误串,要纠正它就要用比仅仅检测它多一倍的冗余位。

3. 循环冗余校验码

循环冗余校验码(CRC)是一种循环码,其特征是信息字段和校验字段的长度可以任意选定,在局域网中有广泛应用。

生成CRC码的基本原理是:任意一个由二进制位串组成的代码都可以和一个系数仅为0和1取值的多项式一一对应,如代码1010111对应的多项式为 $x^6 + x^4 + x^2 + x + 1$ 。

CRC码集选择的原则是:若设码字长度为 N 位,信息字段为 K 位,校验字段为 R 位($N=K+R$),则对于CRC码集中的任一码字,存在且仅存在一个 R 次多项式 $g(x)$,使得

$$V(x) = A(x)g(x) = x^R m(x) + r(x)$$

式中, $m(x)$ 为 K 次信息多项式; $r(x)$ 为 $R-1$ 次校验多项式。

$$g(x) = g_0 + g_1x + g_2x^2 + \dots + g_Rx^R$$

通常将 $g(x)$ 称为生成多项式,即所有合法的码字都可以由 $g(x)$ 生成。数据通信的发送方通过指定的 $g(x)$ 产生CRC码字,接收方则通过该 $g(x)$ 来验证收到的CRC码字。根据信息字段和 $g(x)$ 来生成/验证CRC码字的过程可由软件和硬件两种方法实现。

(1) 软件实现的方法借助于多项式除法。

(2) CRC可以用移位寄存器实现,移位寄存器由 k 位组成,还有几个异或门和一条反馈回路。如图2-4所示的移位寄存器可以按CCITT-CRC标准生成16位的校验和。寄存器被初始化为0,数据字从右向左逐位输入。当一位从最左边移出寄存器时,就通过反馈回路进入异或门,与后继进来的位以及左移的位进行异或运算。当所有 m 位数据从右边输入完后,再输入 k 个0(本例中 $k=16$)。最后,当这一过程结束时,移位寄存器中就形成了校验和。 k 位的校验和随在数据位后边发送,接收端可以按同样的过程计算校验和并与接收到的校验和比较,以检测传输中的差错。

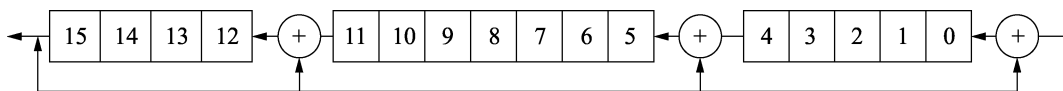


图2-4 CRC的实现

推荐的CRC生成多项式 $g(x)$ 为

$$\text{CRC12} = x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x + 1 \quad R=12$$

$CRC16=x^{16}+x^{15}+x^2+1$ $R=16$ IBM 专用

$CRC16=x^{16}+x^{12}+x^5+1$ $R=16$ CCITT 专用

$CRC32=x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x+1$ $R=32$ LAN 中常用

2.9.2 典型例题分析

例 2-18 已知数据信息为 16 位，最少应附加 (3) 位校验位，才能实现海明码纠错。(2017 年上半年真题 3)

- A. 3 B. 4 C. 5 D. 6

解析：海明码公式： $2r > k + r + 1$ ，其中 r 为校验位， k 为信息位数，由题意知信息位数为 16，显然 r 至少应为 5。

答案：C

例 2-19 在采用 CRC 校验时，若生成多项式为 $g(x)=x^5+x^2+x+1$ ，传输数据为 1011110010101 时，生成的帧检验序列是 (28)。(2016 年下半年真题 28)

- A. 10101 B. 01101 C. 00000 D. 11100

解析：CRC 循环冗余校验码利用循环码的误码检测特性进行误码检测，循环码的已编码字可被生成多项式 $g(x)$ 整除，接收端可以利用这一点进行检错，若不能整除，则有错。原始报文为 1011110010101，其生成多项式为： x^5+x^2+x+1 ，在原始报文后面添加 5 个 0 (生成多项式的最高次幂为 5) 作为被除数，除以生成多项式所对应的二进制数 100111，模除后得到的余数为校验码 00000。

答案：C

例 2-20 一对有效码字之间的海明距离是 (15)。如果信息为 10 位，要求纠正 1 位错，按照海明编码规则，最少需要增加的校验位是 (16) 位。(2016 年上半年真题 15、16)

- (15) A. 两个码字的比特数之和 B. 两个码字的比特数之差
C. 两个码字之间相同的位数 D. 两个码字之间不同的位数

- (16) A. 3 B. 4 C. 5 D. 6

解析：码距就是两个码字 C1 和 C2 之间不同的比特数。如：1100 与 1010 的码距为 2，1111 与 0000 的码距为 4。

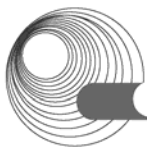
校验码个数为 k ，2 的 k 次方个校验信息，1 个校验信息用来指出“没有错误”，其余 $2k-1$ 个校验信息指出错误发生在哪一位。但也可能是校验位错误，所以满足 $m+k+1 \leq 2k$ 。如果信息位 10 位，要求纠正 1 位错，按照海明编码规则，最少需要增加的校验位是 4 位。

答案：(15) D (16) B

2.9.3 同步练习

海明码是一种纠错的编码，一对有效码字之间的海明距离是 (1)。如果信息为 6 位，要求纠正 1 位，按照海明编码规则，需要增加的校验位是 (2) 位。

- (1) A. 两个码字的比特数之和 B. 两个码字的比特数之差
C. 两个码字之间相同的比特数 D. 两个码字之间不同的比特数



- (2) A. 3 B. 4 C. 5 D. 6

2.9.4 同步练习参考答案

- (1) D (2) B

2.10 本章小结

本章知识点在 2014 年的新大纲中改动不大, 主要删除了扩频通信知识点, 其他只是一些表述方式的调整。

本章主要要求考生掌握数据通信的基础知识, 包括信道特性、调制和编码、传输技术、通信方式、同步控制技术、交换技术、多路复用技术、差错控制技术、传输控制技术、传输介质和通信电缆。

本章相关知识点在历次考试中分布相对集中, 分值在 4 分左右。本章对数据通信基础知识的学习, 关键要建立整体观念, 厘清各种数据通信技术的机理和相互间的联系, 以常用的典型系统为主线, 抓住重点。本章每节都组织了针对水平考试的典型例题分析和同步练习, 这些题目涵盖了大纲规定的知识要点。

2.11 达标训练题及参考答案

2.11.1 达标训练题

1. 假设模拟信号的频率范围是 3~9MHz, 采样频率必须大于_____, 才能使得到的样本信号不失真。
A. 6MHz B. 12MHz C. 18MHz D. 20MHz
2. 设信道带宽为 4000Hz, 采用 PCM 编码, 采样周期为 125 μ s, 每个样本量化为 128 个等级, 则信道的数据速率为_____。
A. 10kb/s B. 16kb/s C. 56kb/s D. 64kb/s
3. 设信道带宽为 3400Hz, 采用 PCM 编码, 采样周期为 125 μ s, 每个样本量化为 256 个等级, 则信道的数据速率为_____。
A. 10kb/s B. 16kb/s C. 56kb/s D. 64kb/s
4. 在异步通信中, 每个字符包含 1 位起始位、7 位数据位、1 位奇偶位和 2 位终止位, 每秒钟传送 100 个字符, 则有效数据速率为_____。
A. 100b/s B. 500b/s C. 700b/s D. 1000 b/s
5. 下列选项中, 不采用虚电路通信的网络是_____网。
A. X.25 B. 帧中继 C. ATM D. IP

6. 在异步通信中, 每个字符包含 1 位起始位、7 位数据位、1 位奇偶校验位和 1 位终止位, 每秒钟传送 200 个字符, 采用 DPSK 调制, 则码元速率为 (1), 有效数据速率为 (2)。

(1) A. 200 波特 B. 500 波特 C. 1000 波特 D. 2000 波特

(2) A. 200b/s B. 1000b/s C. 1400b/s D. 2000b/s

7. 模拟信号与数字信号的划分是依据_____。

A. 幅度上是否离散 B. 时间上是否离散
C. 幅度和时间上是否都离散 D. 幅度或时间上是否离散

8. 语言信号是模拟信号, 其标准频谱范围为_____。

A. 20~20kHz B. 300~3400Hz
C. 0~300Hz D. 109~1010Hz

9. 为了实现长距离传输, 模拟传输系统都使用放大器来使信号中的能量得到增加, 其噪声分量_____。

A. 随之增大 B. 随之减少 C. 保持不变 D. 不一定

10. 若在规定的时间内, 最少以高于_____的最高有效信号频率的速率对信号 f 进行采样, 那么, 这些采样值包含了原始信号的全部信息。

A. 1 倍 B. 2 倍 C. 3 倍 D. 4 倍

11. 脉冲代码调制的传输过程是: 先将模拟信号采样、量化、编码后变成数字信号, 经信道传输到接收端, 先由译码器恢复出采样值, 再经_____滤出模拟基带信号。

A. 低通滤波器 B. 高通滤波器
C. 串并变换器 D. 中继器

12. PCM 对话音的采样速率为 8000 次/秒, 这是因为这个速率_____。

A. 代表 PCM 技术所能支持的最大速率
B. 确保了唯一性
C. 确保了语言信号能够无失真地重构
D. 通过采样芯片很容易获得

13. _____方式需在两站之间建立一条专用通路。

A. 电路交换 B. 报文交换
C. 虚电路分组交换 D. 数据报分组交换

14. 电路交换最适用的场合为_____。

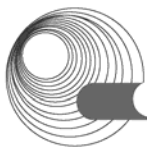
A. 传输信息量较小 B. 实时和交互式通信
C. 传输信息量较大 D. 存储转发方式

15. 电路交换技术中采用时分多路复用进行数据交换, 其时隙含_____。

A. 53 字节 B. 128 字节 C. 8 比特 D. 8 字节

16. 在数据的分组交换方式中, 虚电路技术的主要特点是: 在数据传输之前, 站与站之间建立_____。

A. 专线连接, 各节点不需要为每个分组进行路径选择
B. 专线连接, 各节点需要为每个分组进行路径选择
C. 逻辑连接, 各节点需要为每个分组进行路径选择



- D. 逻辑连接, 各节点不需要为每个分组进行路径选择
17. 数据报方式中, 在保证网络正常通信的情况下, 传送到目的站的分组流顺序可能与发送站的发送顺序不同, 这是因为_____。
- A. 分组流在传送过程中, 发生重新排序
 - B. 各组具有相同目的地址的分组流选择了不同的传输路径
 - C. 各个分组的传送速率不同
 - D. 各个分组在传输节点有不同的权限
18. 分组交换与报文交换在形式上的主要区别在于_____。
- A. 分组交换的数据单元包括目的地址
 - B. 分组交换网络限制数据单元的长度
 - C. 报文交换采用存储转发机制
 - D. 报文交换可以把一个报文发到多个目的地
19. 在信元交换中, 信元的信息域包含的字节数为_____。
- A. 53 B. 49 C. 48 D. 5

2.11.2 参考答案

- | | | | |
|-------|------------------|-------|-------|
| 1.C | 2.C | 3.D | 4.C |
| 5.D | 6.(1) D (2) C | 7. C | 8. B |
| 9. A | 10. B | 11. A | 12. C |
| 13. A | 14. B | 15. C | 16. D |
| 17. B | 18. B | 19. C | |