

第三章思考题

01. 解释导向媒体和非导向媒体，并给出例子。
02. 举例说明直接的链路有哪几种配置形式？以太网除连接为多点链路外，能否点对点连接？
04. 数据传输根据设备之间信号流动方向，有哪几种传输方式？结合自己所了解的，各举一例。
05. 最简单的模拟波形是什么？请描述其三个特征。
06. 一个信号的频谱是什么？
07. 信息与信号有什么区别？
08. 简述模拟信息与数字信息的区别，各举两例。
09. 说明电磁波的实际波形与数学波形的差别。
10. 把模拟信号与数字信号对比。
11. 把周期信号与非周期信号对比。
12. 模拟数据与数字数据有何区别？
13. 接收到的信号只有三个值-1、0 和 1，请问这个信号是模拟信号还是数字信号？
14. 周期与频率之间有何关系？
15. 说出周期与频率的度量单位。
16. 比较高频信号与低频信号。
17. 描述信号周期及频率的两种极端情况。
18. 为何要测量一个信号的振幅、频率和相位？一个复合信号如何分解成独立的频率信号？
20. 信号分析可以把复合信号分解为简单信号分量的叠加，为什么这种分解在频域上比在时域上方便，尤其对非周期函数？举例说明比较时域图与频域图的坐标轴。
22. 说明简单周期信号与复合信号的差别。
23. 用哪种图表示复合信号的分量。
24. 用哪种图表示一个信号在给定时刻的振幅。
25. 用哪种图表示一个信号在给定时刻的相位。
26. 一个信号的频谱与带宽关系如何？
27. 信号直流成分的频率是多少？
28. 何为信号的波长？描述它与频率（或周期）以及信号传播速度（波速）三者的关系。
29. 在无线和有线传输中，波速分别是多少？
30. 何谓信号的绝对带宽和有效带宽？常用的半功率带宽是如何定义的。
31. 结合图 3.4(c)、图 3.7(a)、图 3.8，分析教材上 58 页的三种情形，可得出何结论？
32. 简述带宽与数据率的关系。
33. 叙述信号带宽与信道（传输媒体）的带宽的关系如何？
34. 请结合图 3.9 对音频信号频谱予以简单描述。
35. 叙述视频隔行扫描的实现原理。
36. IRA 编码目前通行的版本是多少？IRA 的美国国家版本又称什么编码？
37. 何为奇检验，何为偶检验？
38. 电话链路的频率范围及其带宽是多少？
39. 美国标准的电视视频信号带宽大约是多少，是怎样计算出来的？并解释场频、行频、水平分辨率、垂直回扫等概念
40. 模拟与数字数据通过模拟或数字信号传输，有着何种对应的组合关系？给予简单说明。

41. 何为模拟传输？数字传输包含几种情况？
42. 数字传输有何优点？
43. 信号损伤有哪几类？
44. 衰减失真与时延失真分别对哪种信号影响较大？
45. 噪声主要有哪几种？你能从不同的出发点对其进行分类吗？说说热噪声值与温度、带宽的关系。
47. 目前双绞线的抗扰能力已经很强，说说它的原理？但仍然有近端串扰，这是什么原因？
48. 两种信道容量公式给出的前提有何不同？
49. 在奈氏公式定义的无噪信道中， B 不变，要把容量增加一倍怎样实现？ M 是否越大越好？
50. 在香农公式描述的有噪信道中， B 增加， C 是否一定增加？
51. 信道中为什么带宽增加， SNR 反而会降低？
52. 举例说明 Nyquist 准则和 Shannon 公式的关系。根据奈氏公式再对 P. 58 上的几种情形进行解释。
54. 为何 P.73-74 的例子中香农容量会大于奈氏容量？
55. 考虑信噪比近似于零的极端的噪声信道，它的容量是多少？
56. 解释比特间隔与比特率，它们分别对应模拟信号中的什么？
57. 什么是波特率？它与比特率有何关系？联系波特率、前面已经了解的信息速率和后面要学的采样速率等概念，较全面地进一步阐述比特率。
58. 表达式 E_b/N_0 说明了什么？它在国内一些教科书被说成是功率利用率，能解释原因吗？
59. 何谓频带利用率？
60. 信号强度用分贝表示，有什么优点？

第三章思考题参考答案

1、解释导向媒体和非导向媒体，并给出例子。

解答

导向媒体提供了从一个设备到另一个设备的管道，通过这类传输媒体的信号沿着媒体的方向传播并被局限于该媒体的物理边界之内。双绞线、同轴电缆和光纤是这类媒体最典型的代表，前两种采用金属导体来接收和发送电流形式的信号，而光纤是石英玻璃或塑料制成的线缆，它接收和发送光波信号。

波导（waveguide）也是用来约束或引导电磁波的一种结构，习惯上，波导狭义地专指各种形式的空心金属或塑料波导管和表面波波导。波导管将被引导的电磁波完全限制在其内部，后者则将引导的电磁波约束在波导结构的周围，又称开波导。

非导向媒体不使用物理导体传输电磁波，而是借助于空气、水、真空等进行无线传播。对于无线传输，根据信号所使用的频率范围（频段或者说波段），可实现全向广播和定向传输。从 300MHz 到 1GHz 的频率范围适用于全向应用，称为广播无线电波；从 2GHz 到 40GHz 的频率范围称为微波，可形成高方向性的波束实现点对点传输；从 300GHz 到 200THz 的频率范围，包含红外线和激光的频段，它们曾广泛运用于近距离点对点或多点应用场合。

2、举例说明直接的链路有哪几种配置形式？

解答

直接的链路配置形式有点对点和多点两类，两种配置的链路控制都包括主从式或对等式。点到点形式中，两台工作站可构成协同工作的对等形式；服务器与工作站、大型机与终端，采用主从工作方式。多点配置形式通常用于组网，以太网就是一种多点配置的网络。

3、以太网除连接成多点链路外，能否点对点连接？

解答

传统的以太局域网各联网主机之间通常是直接链路，两台主机连接也是网络的一种特例，因此，以太网可以是多点链路，也可以是点对点链路。采用同轴电缆，连接两台主机与连接三台以上主机在方法上几乎没有区别；若采用双绞线，多点连接形式可采用集线器将多台主机分别连入独立的端口，而两台主机则不需要网络连接设备就能直接点对点连接。

这里集线器指共享式集线器，交换式集线器实际就是一种交换机，交换机可看成是一个中间节点，所以不是直接的链路。而集线器实际上就是一种中继器，是信号的再生与转接，中继器两头的链路就如同直接相连的一条线。根据我在讲稿投影片上绘出直接链路传输结构图可知，直接链路无论多点结构还是点对点结构都可使用中继器或放大器来延长连接距离。

对于使用双绞线点对点地直接连接主机，只需要将双绞线一端的收与发两对线对调，即是将连接到两台主机网卡的收送线对与接收线对交叉连接。而不像连接到集线器或交换机那样，双绞线两端连接相同。

当然，如果使用集线器连接仅有的两台设备，这样的连接仍是点对点配置形式。

如果你要将点对点连接的这个网络接入上级网络或 Internet，则仍需要借助于集线器或交换机等其它网络连接设备。当然也可以将点对点连接的其中一台主机作为路由器，然后拨号上网，另一台主机则通过该路由主机接入同一网络。路由主机实际负责了自身的信息收发以及转发另一台主机信息的双重职责。该路由主机还能使用另一块网卡接入到上级网络，也能起到转发另一台主机信息的作用。

对于新型的以太网技术，网络交换设备的级连也是一种点对点链路配置形式（实际上是两台交换机之间的点对点直接连接）。

4、数据传输根据设备之间信号流动方向，有哪几种传输方式？结合自己所了解的，各举一例。

解答

按照北美的习惯，分为单工、半双工、全双工三种。电视、对讲机和电话是最常用的例子。寻呼机、有线和无线广播也是单工方式；民用无线电系统一般都是半双工工作方式；现代的数据通信系统通常都采用全双工传输。

5、最简单的模拟波形是什么？请描述其三个特征。

解答

最简单的信号是正弦波。正弦波具有振幅、周期或频率、相位三个特征。振幅是在波形任意点的信号值，它是从给定点到水平轴的距离，代表波形瞬时的高度；周期是信号完成一次循环所需时间，频率给出了一秒中周期个数。相位指出了第一个循环的状态，描述了波形某点相对于时间零点的位置。

6、一个信号的频谱是什么？

解答

信号的频谱是构成该信号的正弦波的集合，或者说是它所含全部频率分量的集合。

7、信息与信号有什么区别？

解答

信息可以是文本、语音、图片、影像等等，要传输信息需要将其转换为电磁信号。

8、简述模拟信息与数字信息的区别，各举两例。

解答

模拟信息是连续的量，比如唱歌和时间流；数字信息是离散的量，比如几页书纸，数字手表上的时间度量。

9、说明电磁波的实际波形与数学波形的差别。

解答

实际观察到的波形是连续的，数学波形则有间断点；实际波形在一个有限时间区间上具有峰值有限的有效的值，而数学波形是时间区间可趋于无限，实际波形的频谱范围是有限的，是实数值，而数学波形频率成分可以无限，而且能以复数描述频谱特性；实际信号的能量是有限的，称为能量信号，而数学信号能量是无限的，所以具有有限功率，称为功率信号。

10、把模拟信号与数字信号对比。

解答

模拟信号具有一个无限范围的值，而数字信号具有有限几个值。

11、把周期信号与非周期信号对比。

解答

周期信号由连续重复的波形模式，而非周期信号具有不重复的波形模式。

12、模拟数据与数字数据有何区别？

解答

模拟数据是数据的特定点集合，在这些点之间还包含所有可能的点；数字数据也是数据的特定点集合，但这些点之间不再具有任何点。

13、接收到的信号只有三个值-1、0和1，请问这个信号是模拟信号还是数字信号？

解答

数字信号。

14、周期与频率之间有何关系？

解答

频率与周期互为倒数，即 $T = 1/f$ 和 $f = 1/T$ 。

15、说出周期与频率的度量单位。

解答

周期的单位是秒、毫秒、微秒、纳秒、皮秒 (s、ms、us、ns、ps)。

频率的单位是赫兹、千赫、兆赫、千兆赫、兆兆赫 (Hz、KHz、MHz、GHz、THz)。

16、比较高频信号与低频信号。

解答

高频信号的值在很短的时间周期内发生变化，在短时间里有许多次改变；低频信号在一个确定的时间内信号很少改变，信号变化缓慢。

17、描述信号周期及频率的两种极端情况。

解答

一种极端情况是信号彻底不变化，比如在整个活动期间都保持一个稳定的振幅。此时它永远无法完成一次循环，其频率为 0；另一种极端情况是信号的连续瞬时改变，即瞬时由一个电压跳变为另一个电压值时，其周期 T 为 0，而频率 $f = 1/T$ 趋于无穷大。

18、为何要测量一个信号的振幅、频率和相位？

解答

信号的振幅度量了信号在任意点的值。

信号的频率代表了单位时间里周期的数目。

信号的相位描述了波形相对于时间零点的位置。

19、一个复合信号如何分解成独立的频率信号？

解答

运用傅立叶级数可将一个复合周期信号分解为可能是无限的正弦波序列（见附录 3A.1）；傅立叶变换可将一个非周期信号分解为一个简单正弦波的无穷级数（见附录 3A.2）。

20、信号分析可以把复合信号分解为简单信号分量的叠加，为什么这种分解在频域上比在时域上方便，尤其对非周期函数？举例说明

解答

要分析一个信号频率成分的构成以及信号带宽，考察频域图比时域图更直观，分析更简单，比如用傅立叶级数将周期方波信号表示为叠加的一系列正弦波，在频域图上非常清晰地看到了这些正弦波分量按频率排列成的频谱，而且很简单地就能计算出方波的带宽。对复合信号的分析，在时域上古典的分析方法是解微分方程，人工计算相当烦琐，而变换到频域，则变为无限时间区间上对信号频谱振幅的积分运算，相对简单。比如非周期矩形波，在频域上分析，很容易计算出其频谱函数，得知其能量主要集中在其中心频率（零频率）附近，估算出该信号带宽比在时域上容易得多。而且该频谱函数的值表现为任意某个频率分量振幅与抽样函数的乘积形式，当零频率时，其振幅达到最大值 $A\tau$ ，也就是说接收器在该矩形波信号的中心位置采样，能更准确更可靠地识别出信号；而频率 f 为 k/τ 处，能量为零。

现代时域上信号分析可利用卷积积分等新的计算方法，也变得简单多了，对有些信号的分析比频域上还简单，所以需根据具体情况，利用傅立叶变换将信号从时域变换到频域，或从频域变换到时域。

21、比较时域图与频域图的坐标轴。

解答

两种图的纵轴代表了振幅，时域图中横轴表示时间，而频域图横轴表示频率。

22、说明简单周期信号与复合信号的差别。

解答

简单周期信号是一个正弦波，复合信号是一组正弦波的集合。

23、用哪种图表示复合信号的分量。

解答

频域图。

24、用哪种图表示一个信号在给定时刻的振幅。

解答

时域图。

25、用哪种图表示一个信号在给定时刻的相位。

解答

时域图。

26、一个信号的频谱与带宽关系如何？

解答

信号带宽是该信号频谱中最高频率分量减去最低频率分量。

27、信号直流成分的频率是多少？

解答

频率为 0，通常称为零频率。

28、何为信号的波长？描述它与频率（或周期）以及信号传播速度（波速）三者的关系。

解答

信号波长 是信号循环一个周期所占的空间长度，或者说是信号的两个连续周期相位相同的两点之间的距离。所以信号周期 T 越短（频率 f 越高），波长越短。波长的说法更多用在无线通信场合，对低频信号，即是长波长，通常称为长波；中频信号，称为中波信号；高频称为短波；更高的频段，称为微波。频率和波长，还有波速（信号传播速度）构成以下关系：如已知频率或周期，求波长，使用式 $\lambda = v / f$ 或 $\lambda = v T$ ；已知波长，求频率，则使用式 $f = v / \lambda$ 。

29、在无线和有线传输中，波速分别是多少？

解答

在无线传输中，信号传播速度为 $3 \times 10^8 \text{m/s}$ ；在有线传输中，由于导体阻抗的存在，信号传播有所迟滞，信号传播速度为 $2 \times 10^8 \text{m/s}$ 。

30、何谓信号的绝对带宽和有效带宽？常用的半功率带宽是如何定义的。

解答

信号整个频谱的最高频率与最低频率之差为绝对带宽，而通常信号大部分能量集中在一个相对狭窄的频带内，该频带称为有效带宽，或者称为带宽。这是我们教材的说法。按此理解，教材上图 3.5(b)所示的矩形波频域图中，整个频谱中高频分量趋于无穷大，而第一个过零点之内的相对很窄的频带则包含了信号 90%的能量，可以以此频带作为信号带宽。

更通常的是，将信号带宽定义为半功率带宽，即一个包含了信号全部功率一半的频带。

31、结合图 3.4(c)、图 3.7(a)、图 3.8，分析教材上 58 页的三种情形，可得出何结论？

解答

首先考虑数字传输系统的信道带宽只有 4MHz 的情形。在信号中心频率（包含了信号大部分能量的频带中的少数几个频率成分，对于本题中考察的波形，中心频率就是基频） f 为 1MHz 时，图 3.7(a)的信号波形

$$s(t) = \frac{4}{\pi} [\sin(2\pi \times 10^6)t + \frac{1}{3}\sin(2\pi \times 3 \times 10^6)t + \frac{1}{5}\sin(2\pi \times 5 \times 10^6)t]$$

的带宽与信道带宽相适应（不超出信道带宽也不浪费信道带宽），即

$$BW = (5 \times 10^6) - 10^6 = 4 \times 10^6 = 4\text{MHz}$$

由于信号中心频率为 1MHz，根据教材中把波形看成 0 和 1 比特序列的假定，也根据第五章讨论的 Nyquist 抽样原理，可得到数据率 R_b 为 2Mbps。

参照图 3.8 中信道带宽对数字信号的影响，我们可以看出，对 2Mbps 的数据速率，信号带宽的确至少要 4MHz，才能保证信号在接收端被正确地抽样并得到还原。

第二种情形，如果信道带宽加倍，增加到 8MHz。仍使用上面的信号波形，把基频加倍，即 f 为 2MHz，则信号带宽随之加倍，变为 $BW = (5 \times 2 \times 10^6) - (2 \times 10^6) = 8 \times 10^6 = 8\text{MHz}$ ，与信道带宽相适应。

此情况还表明，如其它项保持不变，信号基频加倍意味着其它谐波频率也加倍，因而信号带宽也加倍。而数据率也因中心频率的增加而提高到 4Mbps，而且符合上述带宽须是数据率 2 倍的结论。

最后一种情形，假定信道带宽仍为 4MHz，数据信号带宽与信道带宽相适应的情况下想要数据速率达到 4Mbps，其基频需要为 2MHz，此时仍使用原信号波形不再可能，考虑使用 3.4(c)的波形

$$s(t) = \frac{4}{\pi} [\sin(2\pi \times 2 \times 10^6)t + \frac{1}{3}\sin(2\pi \times 3 \times 2 \times 10^6)t]$$

带宽 $BW = (3 \times 2 \times 10^6) - (2 \times 10^6) = 4 \times 10^6 = 4\text{MHz}$ ，不超出信道带宽限制。但信号波形质量显然不如前二种情形的波形。

结论

三种情形表明，（1）信号中心频率（基频）决定了数据率；（2）信号的带宽必须适应传输信道带宽，不可能超出信道带宽的限制；（3）数据率与信道带宽的关系必须满足教材上的结论，当数字信号的数据率为 Wbps，则带宽需要 2WHz 才能很好地代表原信号；（4）如果信道带宽增加，在保持信号质量不变的前提下数据率也随之增加；（5）如果在带宽不增加的情况下单纯追求数据率的提高，是以牺牲信号质量为代价的。

32、简述信号带宽与数据率的关系。

解答

正如上题中所分析的，在保证信号具有相同质量的前提下，信号带宽越宽，数据率越高。

33、叙述信号带宽与信道（传输媒体）的带宽的关系如何？

解答

如前所述，信号带宽受到信道带宽的限制。比如数字信号带宽可以无限，而信道带宽是受限的，因此信号传输时其带宽不可能超出信道的带宽。

34、请结合图 3.9 对音频信号频谱予以简单描述。

解答

音频信号频谱中，典型的话音成分在 100Hz 至 7kHz 之间，话音的大多数能量集中在低频区，600Hz 至 700Hz 以下范围的频率对人耳的语音可懂度影响甚小，典型话音的动态范围约 25dB，最大与最小能量之差达 300 倍。

图 3.9 还反映了音乐的声谱和动态范围，音乐的频带范围较宽，整个频谱能从 20Hz 直到 20kHz，动态变化范围也达到 65dB 左右。低频与高频部分能量强度较弱，尤其是 8kHz 以上高频，低于最低频的能量强度，而且下降幅度迅速增快。电话信道带宽从 300Hz 到 3400Hz，动态变化范围几近 50dB，大约从数分贝到-45dB，但低于-30dB 噪声迅速增大，其有效动态范围约 35dB（也就是说电话线路最大信噪比为 35dB）。该图还给出了调幅和调频收音机的音频上限，注意该上限不是调幅与调频广播发射频率上限，调幅广播发射频段可从 300kHz 到 3MHz，调频广播发射频段可从 30M 到 300MHz。

35、叙述视频隔行扫描的实现原理。

解答

除现在正在兴起的液晶和等离子显示技术外，过去电视机或显示器主要采用阴极射线管（CRT）光栅扫描技术。CRT 发射的电子束在偏转线圈作用下，对整个屏幕按行扫描（每行称为一条扫描线），每屏通常由数百条扫描线构成。屏幕上涂上荧光材料，电子束轰击到这些感光材料上，形成光点阵列。根据图象的灰度（实际是黑白二值分布的疏密程度）控制电子束强度，使得每条扫描线相应位置的点发光或不发光。彩色电视屏幕上每个点实际包含产生红、绿、蓝三种光的涂层，它们紧靠在一起，根据画面不同颜色，用三枪或电枪技术控制电子束使这三原色发光和不发光，形成色彩的组合。要想产生画面的动感效果，每秒钟必须显示数十屏画面。

由于过去技术水平的限制，场频（每秒中刷新屏幕画面的次数，每刷新一次，称为一场）较低，对于美国和日本等国采用的黑白电视以及 NTSC 制式彩电，如要对每屏的全部扫描线顺序进行连续扫描，电子束只能每秒扫描 30 屏。为减少画面闪烁，可将每屏画面的扫描线按其奇偶分为奇帧与偶帧，分两屏交替刷新屏幕画面，当扫描奇帧时，偶帧的扫描线的余辉仍能蒙骗过人的视觉，反过来也是一样，利用人眼视觉上迟滞的误差，让人感觉每屏仍包含全部扫描线，由此可将场频提高到 60Hz，提高了一倍。这种技术称为隔行扫描，即屏幕画面每秒刷新 60 场（根据画面动态变化情况，一秒钟内每场可能重复相同的图象；也有可能在一秒钟内图象发生多次的变化，各场刷新的电子束强弱变化有所不同），各场由奇帧与偶帧交替形成。

随着技术的发展，尤其是器件的进步，如同微处理器速度越来越高一样，电视机与显示器的屏幕刷新速率越来越高，分辨率也越来越高，因此，不光场频增加（每秒钟刷新超过 60 场），而且行频（每场画面所包含的扫描线数与场频的乘积）超出场频增加的幅度，该行频的超量增加意味着不光场频增加，而且每屏扫描线也增加，也就是垂直分辨率得到提高（当然水平分辨率通常成比例地提高）。更重要的是，许多新款电视机采用了称之为逐行扫描的技术（显示器几乎全采用了逐行扫描）即不再分奇偶两帧交替扫描，而是将整屏扫描线一次性全部刷新，并且能够达到每秒 100 场的水平，基本消除了闪烁。这种电视机也就是所谓的 HDTV（高清晰度）电视，当然，HDTV 不光是分辨率。提高，而且通常采用了数字化技术。

36、IRA 编码目前通行的版本是多少？IRA 的美国国家版本又称什么编码？

解答

美国定义的国际基准字符集（IRA - International Reference Alphabet）被 ITU-T 称为国际电报字符集（ITA - International Telegraph Alphabet），根据该字符集定义的电传打字机编码称

为 TTS 码 (TeleTypeSetter Code)。ITA 字符集具有有 ITA 2、ITA3、ITA5 等版本, 分别对应于 5 单位 TTS、6 单位 TTS、7 单位 TTS。其中 7 单位 TTS 是目前通行的字符集, 亦即通用的 IRA 编码版本, 它定义了 128 个字符。

IRA 的美国国家版本称为美国信息交换标准代码 (American Standard Code for Information Interchange), 即 ASCII 码。

37、何为奇检验, 何为偶检验?

解答

在上面讲到的 7 单位字符代码所使用的八比特组中, 将其未使用的第 8 个比特 (最高位) 作为差错检测位。奇校验是指连同差错检测位在内, 为二进制 1 的比特数目为奇数; 偶校验则是包含差错检测位在内的 1 比特数目为偶数。

38、电话链路的频率范围及其带宽是多少?

解答

电话链路的频率范围为 300~3400Hz, 带宽约 3kHz。在采用频分多路复用技术的模拟载波传输中继系统 (比如可运载 60 路或 300 路电话) 中考虑到保护隔离带, 每路电话按 4kHz 带宽来分割信道。

39、美国标准的电视视频信号带宽大约是多少, 是怎样计算出来的? 并解释场频、行频、水平分辨率、垂直回扫等概念。

解答

美国电视制式采用 CCIR-M / NTSC, 其标准带宽为 4.2MHz (实际上只有 4MHz)。带宽是指每秒钟黑白两值交替出现的最大次数 (黑白循环周期的数目), 计算公式为: 带宽 = 每行周期数目 ÷ 每行的扫描时间 = 225 周 ÷ 52.5us = 4.2MHz。225 周以及 52.5us 如何估算出来的, 可参阅教材 P.64~65 上的描述。

场频是每秒钟对屏幕画面的刷新场数, 隔行扫描为 60Hz。行频是每秒钟扫描的行数, 它是场频与每场的行数的乘积, 即 $(525 \div 2) \text{行/场} \times 60 \text{场/秒} = 15750 \text{行/秒}$ 。水平分辨率是每行的像素 (光点) 数目, 约 450 像素/行, 而垂直分辨率实际就是整个屏幕画面 (奇帧与偶帧的行数之和) 的行数, 525 行/屏。每场扫描是从屏顶扫到屏底, 垂直回扫是指扫到屏底行尾后再回到屏顶行首位置的过程。

40、模拟与数字数据通过模拟或数字信号传输, 有着何种对应的组合关系? 给予举例简单说明。

解答

无论模拟数据还是数字数据, 都可以根据信道以及与之适应的信号特性, 转换为模拟信号或数字信号来传输, 实际上形成了四种组合关系, 也就是所谓的数字-数字编码、数字-模拟编码、模拟-数字编码和模拟-模拟编码。这四种组合的例子分别是:

局域网 (比如以太网) 就是采用数字基带传输的网络, 计算机的数字信号只需转换为局域网采用的数字信号编码, 直接就可以进行数字传输;

家里的个人计算机用电话线拨号接入网络, 就需要将数字信号转换为音频模拟信号;

利用 IP 电话传送语音, 就需要将相互通话的语音模拟信号转换为数字信号, 多媒体计算机的各种音频/视频传输也是如此;

要将语音通过无线电波广播出去, 或者将电话模拟信号通过载波中继长距离传输, 通常需要将低频信号采用调幅或调频的方法重新编码。

41、何为模拟传输? 数字传输包含几种情况?

解答

模拟信号不需转换为数字信号在发送器与接收器之间直接传输，无疑是模拟传输；将数字数据编码为模拟信号，并像模拟信号一样直接模拟传输，也是模拟传输；无论原始的模拟信号还是由数字数据编码成的模拟信号，长途传输中继如采用放大器，则都属于模拟传输。模拟传输的特点是在传输过程中不关注所传输数据的内容。

数字传输的特点是在传输过程中需要涉及所传输数据的内容，即关心每个数字比特的值。数字数据直接以数字信号进行基带传输，这肯定是数字传输最容易理解的一种形式；模拟数据编码为数字信号，也能进行基带传输，这也属于数字传输；无论原始的数字信号还是由模拟数据编码成的数字信号，也可以频带传输，即使用模拟信号作为载波来传输数字信号，它们在接收判别时仍要根据载波的变化判别所载数据内容，在长途传输时使用中继器而不是放大器，中继器将从模拟载波中抽取取出数字数据，然后再生数字信号，并用它们重新对载波进行调制后再继续传输。这种情况也是数字传输。

42、数字传输有何优点？

解答

主要优点由，可利用数字技术（如超大规模集成电路）的低成本；减小长距离传输的损伤积累，对线路质量的要求可适度放宽；可以采用数字复接技术大幅度地增加传输带宽；数字传输加密技术容易实现，安全性得以提高；对语音、视频和文字等模拟的和数字的数据可采用相同格式和处理方法，便于各种业务的综合处理。

43、信号损伤有哪几类？

解答

主要是衰减以及衰减失真、时延失真和各种噪声。

44、衰减失真与时延失真分别对哪种信号影响较大？

解答

信号的振幅则是很重要的特征参数，由于数字信号可以采用信号再生的中继方法，所以，衰减失真对于数字信号的影响相对较小；而模拟信号在长距离传输为补偿衰减可以使用放大器，而在放大信号的同时，也放大了噪声，因而放大器并不使随便能用的。所以，衰减以及衰减失真对模拟信号的影响较大。

时延失真是指因信号的不同频率分量时延不同而引起的信号畸变。对于数字信号而言，时延是影响数据率提高的重要制约因素，这种失真使得一个比特的信息散发到其它比特中，引起比特差错，因此对数字信号影响较大；而模拟信号的频率或周期主要由基频决定，其它频率分量的不同时延对信号影响相对较小。

45 噪声主要有哪几种？你能从不同的出发点对其进行分类吗？

解答

从不同的出发点，可以将噪声进行如下分类：

（1）按噪声源分类

自然噪声：雷电、大气中的电离子变化、宇宙中星体辐射；

人为噪声：各邻近的电气设备的干扰；

电路噪声：晶体管内的霰弹噪声和电阻内的热噪声等。

（2）按干扰噪声持续时间长短分类

冲激型噪声：若雷电的瞬间干扰；

连续型噪声：如热噪声。

（3）按噪声功率谱密度分类

白色噪声：功率谱密度在无穷的频谱域范围内为常数；

有色噪声：功率谱密度不为常数；

(4) 按噪声对信号的作用方式分类

加性噪声：若信号为 $S(t)$ ，噪声为 $N(t)$ ，加性噪声表现为 $S(t) + N(t)$ ；

乘性噪声：若信号为 $S(t)$ ，噪声为 $N(t)$ ，乘性噪声表现为 $N(t) \times S(t)$ 。

(5) 按噪声瞬时振幅的概率分布分类

高斯噪声：噪声瞬时振幅的值服从于高斯概率分布；

瑞利噪声：噪声瞬时振幅的值服从于瑞利概率分布。

对通信影响较大的噪声有霰弹噪声、热噪声和宇宙噪声，按上述分类方法，它们属于连续的加性高斯白噪声，通常将这类噪声称为起伏噪声。

46、说说热噪声值与温度、带宽的关系。

解答

热噪声取决于温度与带宽的变化，温度越高，热噪声越高；信道带宽越高，热噪声也越高。通常考虑一个基准室温，来分析热噪声，此时热噪声可以只看成是带宽的函数。

47、目前双绞线的抗扰能力已经很强，说说它的原理？但仍然有近端串扰，这是什么原因？

解答

如果不采用双绞线，每条信号线与其回路采用平行线，当附近的噪声干扰因距两根线远近差异，而受到的影响程度不一，在接收端就会形成一个叠加在信号上的噪声，使负载不平衡以及信号受到损伤。采用双绞线，两根线按确定的绞距相互交叉绞合在一起，每根线都距噪声源时远时近，受到的影响几乎一样，在接受端因两者绝对值相同极性相反而相互抵消，由此消除了噪声的干扰。但由于在发送器和接收器（通常是双向的收发器）和双绞线的连接处，要将绞合的线对散开才能进行连接，由此造成各线之间的串扰，称之为近端串扰。

48、两种信道容量公式给出的前提有何不同？

解答

奈氏公式未考虑噪声对信道的影响，只将信道容量定义为与信道带宽以及信号电平级别有关；香农则基于有噪信道，认为信道容量不仅与信道带宽有关，而且信噪比对信道容量的影响至关重要。

49、在奈氏公式定义的无噪信道中， B 不变，要把容量增加一倍怎样实现？ M 是否越大越好？

解答

在奈氏公式定义的无噪信道中， B 不变，要把容量增加一倍，可以将 $\log_2 M$ 增加一倍，即 $2\log_2 M = \log_2 M^2$ ，也就是说新的电平数是原来电平数 M 的平方，比如原来 M 为 2，增加为 4；原来 M 为 4，增加为 16；原来 M 为 8，增加为 64；等等。

M 是不是越多越好呢？显然是不好的，比如由振幅变化来表示数字数据的值，由于传输损伤的原因，多级电平比二个电平要难以判断。相位调制比幅度调制虽然要好得多，一个波特能够比表示若干个比特，但还是非常有限的。

50、信道中为什么带宽增加，SNR 反而会降低？

解答

如果信道中存在的是高斯白噪声，会均匀地分布在整個信道频谱范围内，所以信道带宽越宽，噪声越大，所以信噪比反而降低。

51、在香农公式描述的有噪信道中， B 增加， C 是否一定增加？

解答

上面已经提到,香农公式定义的信道容量不仅与信道带宽有关,而且与信噪比密切相关。所以,只增加带宽,未必信道容量增加。正如上题所述,信噪比可能随带宽增加而降低,信道容量也有下降的可能。

52、举例说明 Nyquist 准则和 Shannon 公式的关系。

解答

就举教材上 P.73~74 上的例子,可以使用香农公式根据信噪比求出具有确定带宽的信道的容量,再计算在相同带宽信道上要达到此容量所需信号的电平值,以此决定采用哪种调制技术。

53、根据奈氏公式再对 P. 58 上的几种情形进行解释。

解答

奈氏公式表明,当传输只需两个电平就可表示的二进制数据时,信道最大容量 $C=2B$,也就是说最大数据率是信道带宽的 2 倍。这和 P. 58 上的几种情形分析的结论岂不相悖?该处分析说明,需要信道带宽达到数字方波信号传输数据率的 2 倍。如此一来,一个说数据率是信道带宽的 2 倍,一个说信道带宽是数据率的 2 倍,两者相差 4 倍,孰是孰非,究竟如何?

其实并不矛盾,两者都对。P. 58 上的几种情形分析是针对数字方波信号直接进行基带传输,它要求信道带宽是数据率的 2 倍,才能如图 3.8 所示,基本保证将接收到信号准确地还原为发送的原始信号。而奈氏公式指的是传输数据的最大信道容量(实际是信息速率),并未限定采用基带传输还是频带传输。比如用带宽 3kHz 的电话线来传输数字数据,也就是说它每秒钟能容纳 3000 个周期的音频信号正弦波。假定以其作为载波,采用幅移键控(ASK - Amplitude Shift Keying)数字调制方式,用传输的二进制数字对载波进行调制。每半个正弦波周期调制 1 个二进制比特,比特 1 保持载波原有振幅,比特 0 将载波去掉,这样每个周期就寄载了 2 个二进制比特。3kHz 的带宽(3000 个周期)就可使数据率达到 6kbps。由此检验了奈氏公式在不考虑噪声因素的情况下是正确的。

54、为何 P.73-74 的例子中香农容量会大于奈氏容量?

解答

由于香农公式考虑了信道噪声对传输信号的影响,按理说比基于无噪信道的奈氏公式的容量要小,而教材上 P.73-74 的例子中香农容量却远大于奈氏容量,对此香农容量,奈氏公式需要信号具有 8 级电平(如采用相移键控则需要使用 8PSK 调制方法)才能达此指标。为什么会这样呢?

这是因为该例中信道信噪比较高的原因, SNR_{dB} 达到了 24dB,即 SNR 为 251(信号功率是噪声功率的 251 倍)。

还可以看一下普通电话线的例子,设其带宽为 3kHz,根据奈氏公式 $C=2B$ 可知其最大数据率为 6kbps。由于电话线信噪比通常是 3162(35dB),根据香农公式 $C=\log_2(1+S/N)=3000 \log_2(1+3162)=3000 \log_2 3163=3000 \times 11.62=34860\text{bps}$,所以得知电话线路上的最高数据率为 34.86kbps。照此定义,只有增加线路带宽或改进信噪比才有可能更快地发送数据。如此说来,按目前的线路带宽和信噪比,基于 ITU-T 的 V.34 标准的调制解调器的最大数据率 33.6kps 似乎达到极限。

然而,我们已经知道现在最快的调制解调器数据率已达到 56kbps(V.90 标准下行 56kbps,上行仍维持 33.6kbps,最新的 V.92 标准已经将上行速率提高到了 48kbps,下行速率保持 56kbps),这并不是由于增加线路带宽或改进信噪比得到的,而是得益于音频线路数据传输的信号调制与压缩技术的最新进展。

55、考虑信噪比近似于零的极端的噪声信道，它的容量是多少？

解答

可以用香农公式直接计算出

$$C = \log_2(1+S/N) = B\log_2(1+0) = B\log_2 1 = B \times 0 = 0$$

可知该信道容量为零，且与带宽无关。在该信道上无法传输任何数据。

56、解释比特间隔与比特率，它们分别对应模拟信号中的什么？

解答

比特间隔是值发送一个比特所需的时间，对应于模拟信号中的周期；比特率是每秒钟比特间隔的数目，等价于模拟信号中的频率。

57、什么是波特率？它与比特率有何关系？联系波特率、前面已经了解的信息速率和后面要学的采样速率等概念，较全面地进一步阐述比特率。

解答

波特率和比特率是数据与计算机通信中常用的两个术语。比特率通常称为数据率，记作 R_b ，是每秒传输的比特数，单位为比特/秒（b/s 或 bps）；波特率则是用来表示每秒传输的信号单元数，记作 R_B ，单位为波特（baud）。比特率与波特率由度量单位而得名。信号单元实际上就是脉冲，或者叫做码元，故波特率也称为码元速率。波特率还用以表示信号调制过程中单位时间内调制信号波形的变换次数，所以调制速率也是它的同义词。

在讨论计算机通信效率时，比特率更为重要，因为我们想知道处理每段报文要花费多长时间。而在数据传输方面，我们更关注数据在两地之间移动的效率，不管是一段一段移还是一块一块移。需要的信号单元越少，传输的效率越高，传输更多比特所需的带宽就更少（见后面有关频带利用率的描述）。我们重视波特率，是因为它决定了发送信号所需的带宽。

一个信号单元可以包含一个或多个比特，也就是说波特率小于等于比特率。两者的关系为 $R_b = R_B \log_2 M$ bps，其中 $\log_2 M$ 是每个信号单元的比特数，它取决于每个信号单元的电平级别数 M 。换句话说，每个数据单元（码元）可以代表 $\log_2 M$ 个 M 进制的比特。如二进制数，只需要表示 0 和 1 的两个电平，即 $M=2$ ，所以 $R_b = R_B$ 。如果是八进制，即 $M=8$ ，则 $R_b = R_B \log_2 8 = 3 R_B$ ，每个信号单元包含 3 个比特。

比特率也称信息速率，用以描述单位时间传输的信息量，它被定义为信息源每秒钟发出的消息所包含的符号数目与符号平均信息量的乘积。在对模拟信号数字化的采样过程中，比特率还可表示为每个样本数字化后的比特位数与采样频率的乘积。

58、表达式 E_b/N_0 说明了什么？它在国内一些教科书被说成是功率利用率，能解释原因吗？

解答

E_b/N_0 是数据通信传输系统所需的最低归一化信噪比，即每比特信号的能量与每赫兹噪声功率密度之比，这是与 SNR 相关的一个参数。该参数更便于用以评估数据率与误码率。

正因为它是每比特信号的能量与每赫兹噪声单边带功率密度的比值，因此对某特定传输系统而言，所需的归一化信噪比越低，功率利用率越高；反之则越低。

59、何谓频带利用率？

解答

单位频带内的信息速率称为频带利用率。引入此指标的目的在于，不单从信道的信息传输速率来评价系统效率，而且还要用系统信道中单位频带内所实现的信息传输速率来衡量对信道带宽的有效利用。

设 B 为信道所需的传输带宽， R_b 为信道的信息传输速率，则频带利用率

$$n = R_b / B \quad (\text{bps/Hz})$$

根据比特率与波特率的关系，进一步可推得

$$n = R_B \log_2 M / B \quad (\text{bps/Hz})$$

从上可以看出，若码元速率相同，加大 M 或减少 B 都可使频带利用率提高。前者可采用多进制调制技术实现，后者可采用单边调制、部分响应等压缩发送信号频谱的方法。

60、信号强度用分贝表示，有什么优点？

解答

可将互为倒数的增益与衰减用分贝表示成绝对值相同的正负数，更直观地反映出它们的增减特性；

用分贝表示的增益和衰减的累积可以用求代数和的方法，简化了计算。