

答案

第一章	2
第二章	错误!未定义书签。
第三章	错误!未定义书签。
第四章	错误!未定义书签。
第五章	错误!未定义书签。
第六章	错误!未定义书签。
第七章	错误!未定义书签。
第八章	错误!未定义书签。

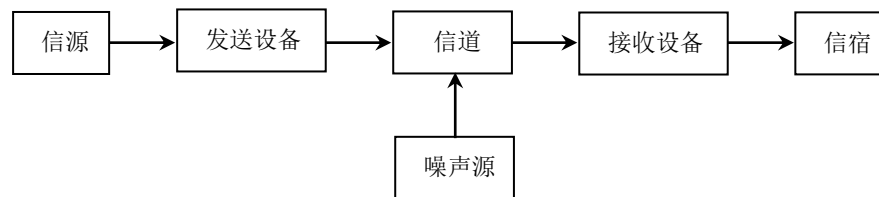
第一章

思考题

1-1 简述最基本的通信系统的组成部分并阐述其工作方式。

答：最基本的通信系统组成是一个单路、单向、点对点模型，包括信源、发送设备、信道、接收设备、信宿以及噪声源。见思考题解图 1-1 所示。

其他通信系统的工作方式主要包括①单工（Simplex），如广播；②准双工（Half-duplex），如步话机；③全双工（Duplex），如固定电话和移动电话。广播通信是点到多点的形式，电话通信是一个多点到多点的通信网。



思考题解图 1-1

1-2 数字通信系统的主要特点是什么？

答：传输数字信号的通信系统统称为数字通信系统。数字通信系统的主要特点如下：

（1）抗干扰能力强，噪声不积累。这是因为数字信号的符号个数有限，对于二进制通信只有“0”和“1”两个符号，对于多进制通信符号个数通常是 2 的幂，如 16、64。接收端的目标是恢复数字信号，而不是波形是否失真。当干扰未影响到接收比特的恢复，则在长距离传输中反复转发时，不会积累噪声；

（2）可采用信道纠错编码技术，提高通信可靠性，当然进行纠错编码需要付出一定的比特开销，即增加了传输的比特数；

（3）对于不同类型的通信对象，如语音、图像等，可以形成统一的传输序列（数字序列），便于处理、变换、存储；

（4）易于大规模集成；

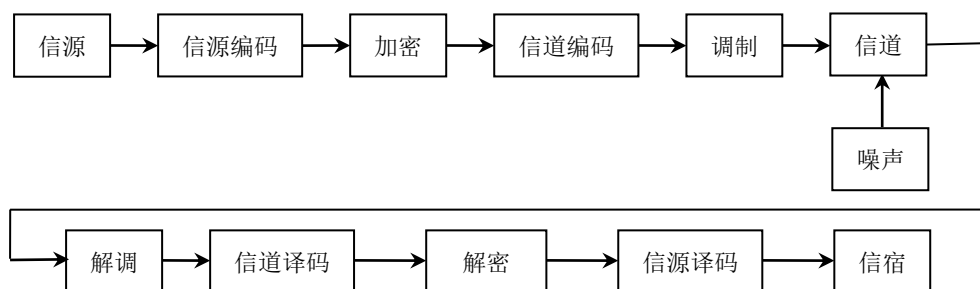
（5）易于加密处理，保密性好；

（6）相比模拟通信系统，占用更多的带宽，但随着光纤传输系统的大量应用，带宽已不再是问题；

（7）需要更复杂的同步系统，数字通信系统多路复用时，除了需要载波同步外，还需要码元同步以及帧同步，因此同步系统远比模拟通信系统复杂。

1-3 数字通信系统的一般模型中各组成部分的主要功能是什么？

答：数字通信系统的模型见思考题解图 1-2 所示。其中信源编码与译码功能是提高信息传输的有效性和进行模数转换；信道编码和译码功能是增强数字信号的抗干扰能力；加密与解密的功能是保证传输信息的安全；数字调制和解调功能是把数字基带信号搬移到高频处以便在信道中传输；同步的功能是在收发双方时间上保持一致，保证数字通信系统的有序、准确和可靠的工作。



思考题解图 1-2

1-4 何谓信道？信道的分类有哪些？

答：信道是用于在发送端和接收端之间传输信号的通道。

按照信号的传输媒质，信道可分为：有线信道、无线信道。按照信道的特性，可分为：恒参信道、随参信道。按照信道的模型，可分为调制信道、编码信道。

1-5 何谓多模光纤？何谓单模光纤？

答：将光纤的线芯和包层交界面上产生全反射的光线称为光的一个传输模式，当光纤的芯直径较大，光波以多个特定角射入光纤截面并传播，此时光纤中就有多个模式，传输多个模式的光纤称为多模光纤。当光纤芯直径很小时，只允许一种最基本的模式传播，模式单纯，称为单模光纤。

1-6 光纤通信相对于其它通信方式有何显著特点？

答：光纤通信是利用光导纤维传输光信号来实现通信的，与其它通信方式相比有许多显著的特点：1) 损耗极低，而且在相当宽频带内各频率的损耗几乎相同，中继距离长，特别适合长途干线通信；2) 具有极大传输带宽，传输容量极大，一对金属电话线至多只能同时传送一千多路电话，而根据理论计算，一对细如蛛丝的光导纤维可以同时通一百亿路电话！3) 在有电磁干扰的环境下也能实现正常通信；4) 光纤接头不产生放电，可用于矿井、石油化工等易燃易爆环境；5) 熔点高，可在建筑物不慎起火时，保证缆内光纤通信畅通；6) 生产光纤的主要原料硅，来自于取之不尽、用之不竭的石英砂，不含有色金属，节省金属资源。且尺寸小、重量轻、不会锈蚀、化学稳定性相当好。

1-7 根据信号与系统的概念，信号通过线性系统的不失真条件是什么？

答：信号通过线性系统不失真的条件是：幅频特性为常数，相频特性为频率的线性函数，其物理意义是信号通过信道后不存在非线性失真（波形不失真），只有衰减，以及信号的固定时延。传输函数可表示为

$$H(\omega) = Ke^{-j\omega t_d}$$

其中， K 是衰减常数， t_d 是信道时延。

1-8 何谓恒参信道？对信号传输有哪些主要影响？

答：信道特性基本上不随时间变化或者变化很慢称为恒参信道；恒参信道对信号传输的影响包括幅频畸变和相频失真。

1-9 简述随参信道的共同特点，随参信道对信号传输产生哪些影响？

答：随参信道具有共同的特点：

- (1) 信道幅频特性随时间变化；
- (2) 信道相频特性随时间变化；
- (3) 多径传播。

随参信道对信号传输产生哪些影响主要包括：(1) 多径效应，多径效应会带来信号的衰落现象和频率弥散；(2) 频率选择性衰落

1-10 什么是快衰落？什么是慢衰落？

答：由多径效应引起的衰落称为快衰落；由信号路径上由于季节，日夜，天气等变化引起的信号衰落称为慢衰落

1-11 何谓加性干扰？何谓乘性干扰？

答：不论信号有无都存在的噪声称为加性干扰；随信号大小变化的干扰称为乘性干扰信道中的噪声有哪几种？

1-12 何谓白噪声？何谓高斯白噪声？起伏噪声有何特性？

答：白噪声是指其功率谱密度为常数的噪声，对白噪声而言，其中各种频率成份占有相同的比重。高斯白噪声的一维概率密度函数为：

$$f_n(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_n} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma_n^2}\right]$$

起伏噪声具有以下特性：

- (1) 统计特性服从高斯分布，且均值为 0；
- (2) 功率谱密度在很宽的范围内平坦，近似为白噪声。

因此，起伏噪声又称为高斯白噪声。

1-13 衡量一个通信系统的性能通常有哪几个方面？

答：衡量一个通信系统的性能通常有以下几个方面：有效性、可靠性、适应性、经济性、保密性、标准性、维修性、工艺性。其中有效性和可靠性是两个最重要的性能，有效性指信息传输的速度，或传输信息所占用的频率资源。可靠性指信息传输的质量，即接收信息的准确程度。

1-14 量模拟通信系统和数字通信系统有效性和可靠性的性能指标分别是什么？

答：模拟通信系统的有效性用信号所占用的带宽来衡量，可靠性用解调器输出信噪功率比表示，信噪比越高，接收信号的质量就越好。

数字系统有效性用传输速率和频带利用率来衡量，可靠性用差错率来衡量，差错率有误码率，误信率。

1-15 何谓码元速率和信息速率？它们之间的关系如何？

答：码元速率定义为每秒钟传送码元的数目，单位为波特，用 R_b 表示；信息速率定义为每秒钟传送的信息量，单位是 bit/s，用 R_b 表示。在 M 进制中，二者关系为： $R_b = R_b \log_2 M$ 。

1-16 何谓误码率和误信率？它们之间的关系如何？

答：误码率是码元在传输系统中被传错的概率。指错误的码元数在传输码元数中所占的比例， $P_e = \text{错误码元数} / \text{传输总码元数}$ 。

误信率是码元在传输系统中被丢失的概率。指错误接收地比特数在传输总比特数中占得比例 $P_b = \text{错误比特数} / \text{传输总比特数}$ 。

它们是描述差错率的两种不同表述。在二进制中，二者数值相等。在多进制中，误码率大于等于误信率。

习题

1-1 设英文字母 X 出现的概率为 0.105，Y 出现的概率为 0.002。试求 X 及 Y 的信息量。

解： $I_X = -\log_2 P_X = -\log_2 0.105 \approx 3.25(\text{bit})$

$$I_Y = -\log_2 P_Y = -\log_2 0.002 \approx 8.97(\text{bit})$$

1-2 某数字通信系统用正弦载波的四个相位 0 、 $\frac{\pi}{2}$ 、 π 、 $\frac{3\pi}{2}$ 来传输信息，这四个相位是

互相独立的，每秒钟内这四个相位出现的次数都为 250，求此通信系统的码速率和信息速率。

解：每秒钟传输的相位数仍为 1000，故

$$R_B = 1000 \text{ Bd}$$

此时四个符号出现的概率相等，故每个相位所含信息量为：

$$I_X = -\log_2 P_X = -\log_2 \frac{1}{4} = 2 \text{ bit}$$

$$R_b = (1000 \times 2) \text{ bit/s} = 2000 \text{ bit/s}$$

1-3 对于二电平数字信号，每秒钟传输 300 个码元，问此码元速率 R_B 等于多少？若该数字信号 0 和 1 出现是独立等概的，那么信息速率 R_b 等于多少？

解： (1) $R_B = \frac{n}{T} = \frac{1}{T_b} = 300(\text{B})$

$$(2) R_b = R_B \log_2 2 = 300(\text{bit/s})$$

1-4 如果二进独立等概信号，码元宽度为 0.25ms，求 R_B 和 R_b ；若该信号是八进制信号，码元宽度不变，求传码率 R_B 和独立等概时的传信率 R_b 。

解： (1) $R_{B2} = \frac{1}{T_b} = \frac{1}{0.25 \times 10^{-3}} = 4000(\text{B})$

$$R_{b2} = R_{B2} \log_2 2 = 4000(\text{bit/s})$$

$$(2) R_{B4} = \frac{1}{T_b} = \frac{1}{0.25 \times 10^{-3}} = 4000(\text{B})$$

$$R_{b4} = R_{B4} \log_2 8 = 12000(\text{bit/s})$$

1-5 已知一个数字系统在 125 s 内传送了 250 个 16 进制码元。且 2s 内接收端接收到 3 个错误码元。

(1) 求其码元速率 R_B 和信息速率 R_b ；

(2) 求误码率 P_e 。

解： (1) $R_B = \frac{250}{125 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^6 \text{ B}$

$$R_b = R_B \log_2 16 = 8 \times 10^6 \text{ bit/s}$$

(2) $P_e = \frac{3}{2 \times 2 \times 10^6} = 0.75 \times 10^{-6}$

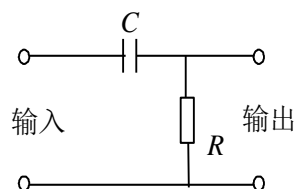
1-6 设某恒参信道可用题图 1-1 所示的线性二端口网络来等效。试求它的传输函数 $H(\omega)$ ，并说明信号通过该信道时会产生哪些失真。

解： $H(\omega) = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$

$$|H(\omega)| = \frac{\omega RC}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$$

$$\varphi(\omega) = \arctan \frac{1}{\omega RC}$$

$$\tau(\omega) = \frac{d\varphi(\omega)}{d\omega} = -\frac{RC}{1 + (\omega RC)^2}$$



题图 1-1

因为其幅频特性不是常数，所以信号通过该信道会有幅度-频率畸变；又因为群延迟-频率特性不是常数，所以信号通过该信道会有相频畸变（即群延迟畸变）