

《现代通信技术概论》

(第四版)

习题参考答案

第 1 章习题参考答案

1 什么是通信信号？

通信系统传送的是消息，而消息只有附着在某种形式的物理量上才能够得以传送，这类物理量通常表现为具有一定电压或电流值的电信号或者一定光强的光信号，它们作为消息的载体统称为通信信号。

2 什么是数字信号？什么是模拟信号？为什么说 PAM 信号不是数字信号？

信号幅度在某一范围内可以连续取值的信号，称为模拟信号；而信号幅度仅能够取有限个离散值的信号称为数字信号。

PAM 信号是将模拟信号取样后产生的信号，它虽然在时间上是离散的，但幅值上仍然是连续的，因此仍然是模拟信号。

3 什么是信号的时域特性？什么是信号的频域特性？

信号的时域特性表达的是信号幅度随时间变化的规律，简称为幅时特性。

信号的频域特性表达的是信号幅度随频率变化的规律，它以傅立叶级数展开分解为理论基础。

4 什么是信号带宽？信号带宽与什么因素有关？

通过信号的频谱图可以观察到一个信号所包含的频率分量。我们把一个信号所包含的最高频率与最低频率之差，称为该信号的带宽。

5 周期矩形脉冲信号的频谱有什么特点？矩形脉冲信号的脉宽 τ 与有效带宽有何关系？

(1) 该信号频谱是离散的，频谱中有直流分量 $A\tau/T$ 、基频 Ω 和 n 次谐波分量，谱线间隔为 $\Omega=2\pi/T$ ；(2) 直流分量、基波及各次谐波分量的大小正比

于 A 和 τ ，反比于周期 T ，其变化受包络线 $\sin x/x$ 的限制，有较长的拖尾（参见式 1-1）；(3) 当 $\omega=2m\pi/\tau$ ($m=\pm 1, \pm 2, \dots$) 时，谱线的包络线过零点，因此 $\omega=2m\pi/\tau$ 称为零分量频率点；(4) 随着谐波次数的增高，幅度越来越小。

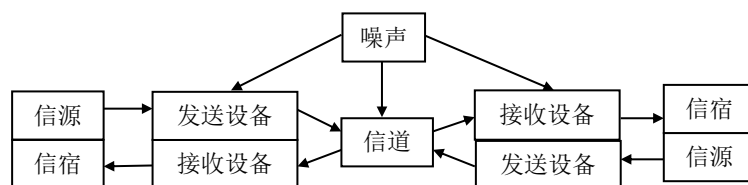
可以近似认为信号的绝大部分能量都集中在第一个过零点 $\omega=2\pi/\tau$ 左侧的频率范围内。该点恰好是基频 Ω 的 4 次谐波点。通常把 $0\sim 4\Omega$ 这段频率范围称为有效频谱宽度或信号的有效带宽。可见， τ 越小，有效带宽越大，二者成反比。

6 通信系统中的信噪比是如何定义的？

信噪比定义为：

$$\text{SNR} = 10 \lg \left(\frac{P_s}{P_N} \right) \quad (\text{dB}), \text{ 其中 } P_s \text{ 是该点的信号功率, } P_N \text{ 是该点的噪声功率。}$$

7 画出并解释通信系统的一般模型



通信系统一般模型

在通信系统中，发送消息的一端称为信源，接收消息的一端称为信宿。连通信源和信宿之间的路径称为信道。信源发出的消息首先要经发送设备进行变换，成为适合于信道传输的信号形式，再经信道一定距离传输后由接收设备做出反变换恢复出原始的消息，最后被信宿接收。而消息在整个传送过程中的任何一点都有可能受到噪声的干扰。据此，我们可以得到图所示的通信系统一般模型。

8 衡量通信系统的主要性能指标有哪些？

一个通信系统通常由两个指标来衡量，即系统的有效性和可靠性。有效性指的是单位时间内系统能够传输消息量的多少，以系统的信道带宽 (Hz) 或传输速率 (bit/s) 为衡量单位。在相同条件下，带宽或传输速率越高越好。可靠性指的是

消息传输的准确程度，以不出差错或差错越少越好。

有效性和可靠性经常是相互抵触的，即可靠性的提高有赖于有效性的降低，反之亦然。

9 信号失真会导致什么样的结果？

由于受到外界干扰和系统本身条件限制，可能会发生畸变，称为信号失真。包括振幅失真、频率失真和相位失真。失真过大，波形畸变，信号的波形难以辨认，导致无法恢复原始信号所包含的信息。

10 设调制速率为 4800 波特，当每个信号码元代表 4bit 二进制代码时，试问该系统的数据传输速率是多少？

$$R=B \log_2 N \text{ (bit/s)}=4800 \log_2 4 \text{ (bit/s)}=9600\text{bit/s}$$

11 从不同角度观察，通信传输有哪几种方式？

- (1) 单工与双工通信方式
- (2) 串行与并行通信方式
- (3) 同步与异步通信方式

12 信号带宽与信道带宽的匹配主要考虑什么因素？如果二者不匹配会产生什么影响？

二者匹配最主要考虑的是频带匹配。如果被传输信号的频率范围与信道频带相匹配，对信号的传输不会有什么影响；如果信号的有效带宽大于信道带宽，就会导致信号的部分成分被过滤掉而产生信号失真。

实际当中可能出现下列几种情况：

- (1) 如果信号与信道带宽相同且频率范围一致，信号能不致损失地通过信道；

(2) 如果信号与信道带宽相同但频率范围不一致，该信号的部分频率分量肯定不能通过信道。此时，需要进行频率调制把信号的频带通过频率变换适应信道的频带；

(3) 如果信号带宽小于信道带宽，但信号的所有频率分量包含在信道的通带范围内，信号可以无损失地通过信道；

(4) 如果信号带宽大于信道带宽，但包含信号大部分能量的主要频率分量包含在信道的通带范围内，通过信道的信号会损失部分频率成分，但仍可能完成传输；

(5) 如果信号带宽大于信道带宽，且包含信号相当多能量的频率分量不在信道的通带范围内，这些信号频率成分将被滤除，信号严重畸变失真。

13 通信系统传输媒介有哪些？简述常见的几种传输媒介的结构及其特点。

通信系统传输媒介可以是有线传输媒介，如同轴电缆、双绞线和光缆等；也可以是无无线传输媒介，如各波段的无线电波。

同轴电缆由一根实心的铜质线作为内导体、一个铜质丝网作为外导体，外导体以内导体为同心轴，所以称为同轴电缆。同轴电缆特点是抗干扰性很强，但传输损耗较大，适用于有线电视入户敷设。

双绞线常用于局域网或短距离的电话用户接入。双绞线是把两根直径约 $0.5\sim 1\text{mm}$ ，外包绝缘材料的铜芯线扭绞成有一定规则的螺旋形状。与同轴电缆相比，双绞线抗干扰性差一些，但制造成本低，是一种廉价的有线传输媒介。把若干对双绞线集成一束，并用较结实的外绝缘皮包住，就组成了双绞线电缆。

光缆是由若干根光纤集成在一起制成的宽带通信传输媒介，是目前长途干线通信和部分城域网的主要通信线路。其特点是宽带、大容量、衰耗小、传输距离远。

无线通信以大气空间作为传输媒介，无线频率范围可从 $3\text{KHz}\sim 300\text{GHz}$ ，各频段具有不同的传播特性、途径和规律，因而有不同用途，已获得广泛应用。无线通信媒介的特点是由于地理环境和可能遇到障碍物等因素，会产生不同程度的反射、折射、绕射和散射现象。除了有传输损耗之外还存在着多径效应和衰落现象。

14 香农公式的用途是什么？

香农公式 $C = B \log_2(1 + \frac{S}{N})$ （比特/秒）表明当信号与信道加性高斯白噪声的平均功率给定时，在具有一定频带宽度的信道上，理论上单位时间内可能传输的信息量的极限值。其主要用途是指出了在信道容量 C 、信道带宽 B 和信噪比 S/N 之间可以通过相互提升或降低取得平衡。例如，在扩频通信中通过增大信道带宽来降低对信噪比的要求。

15 多路复用的目的是什么？常用的多路复用技术有哪些？

多路复用是利用同一传输媒介同时传送多路信号且相互之间不会产生干扰和混淆的一种最常用的通信技术。在发送端将若干个独立无关的信号合并为一个复合信号，然后送入同一个信道内传输，接收端再将复合信号分解开来，恢复原来的信号。

多路复用可以大大提高线路利用率，节省线路开支。

常用的多路复用技术包括频分、时分和码分。

16 调制的目的是什么？简述调制和解调的概念。

把消息“作用”（例如，让信号的幅度随着消息信号的强弱而变化）到载波信号的某个参数上，使得该参数随着消息的变化而变化，于是，载波信号就会“携带”上需要传送的消息。这就是调制的概念。而接收端“感知到”调制的“作用”，从而检测并恢复出该消息就称为解调。

调制有如下两个主要目的：（1）把基带信号调制成适合在信道中传输的信号（2）实现信道的多路复用。

17 什么是调幅调频和调相？

调幅又称为振幅调制，是指载波信号的幅度随调制信号变化而变化。

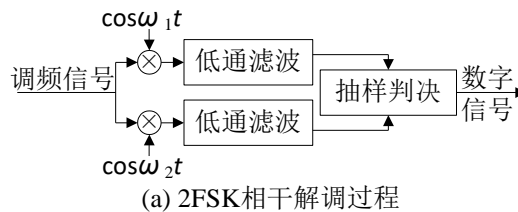
调频和调相统称为角度调制，分为频率调制和相位调制，简称调频和调相。角度调制过程中载波信号的振幅不变，而其总瞬时相角随调制信号按一定关系变化。

载波频率 $\omega(t)$ 随调制信号的瞬时幅值变化而变化的调制称为调频。载波瞬时相位 $\theta(t)$ 随调制信号瞬时幅值呈线性关系变化的调制称为调相。

18 什么是载波键控？有哪些载波键控？

用数字信号对载波信号进行调制称为数字调制。其中，用数字信号调制正弦载波信号又称为载波键控，包括幅移键控、频移键控和相移键控。

19 简述 2FSK 相干解调原理。



以上图所示 2FSK 解调为例。某次接收到的频移键控信号可能是 $\cos \omega_1 t$ 或者是 $\cos \omega_2 t$ ，其中 ω_1 对应数字信号 1， ω_2 对应数字信号 0。这个信号与本地载波 $\cos \omega_1 t$ 和 $\cos \omega_2 t$ 同时分别相乘，可得如下三种结果之一：

$$\cos \omega_1 t \cos \omega_1 t = \cos 2\omega_1 t + \cos 0 = \cos 2\omega_1 t + 1 = 1 \quad (\text{当高频滤掉之后})$$

$$\cos \omega_2 t \cos \omega_2 t = \cos 2\omega_2 t + \cos 0 = \cos 2\omega_2 t + 1 = 1 \quad (\text{当高频滤掉之后})$$

$$\cos \omega_1 t \cos \omega_2 t = \cos(\omega_1 + \omega_2)t + \cos(\omega_1 - \omega_2)t < 1 \quad (\text{当高频滤掉之后})$$

其中倍频分量 $2\omega_1$ 、 $2\omega_2$ 以及 $\omega_1 + \omega_2$ 都被低通滤波器滤掉。仅剩下等于 1 和小于 1 的两种情况。在抽样判决中判决比较两个低通滤波器输出电平的大小，上大判为 1，下大判为 0。

第2章习题参考答案

1 什么是数字通信系统？数字通信和数据通信有什么区别？

传送数字信号的通信系统称为数字通信系统。

数字通信与数据通信也有一定的区别。一般来讲，数据通信从信源到信宿都是数字信号，而数字通信的信源往往是模拟信号，需要进行模拟/数字转换之后才能进行传输。

2 与模拟通信相比数字通信有哪些优势？

- (1) 抗干扰能力强，无噪声累积
- (2) 数据形式统一，便于计算处理
- (3) 易于集成化，小型化
- (4) 易于加密处理

数字通信系统虽然需要占用较宽频带，技术上也较为复杂，但与其所具有的巨大优势相比不构成问题的主要方面。因此，数字化通信已经成为当代通信领域主要技术手段。

3 什么是抽样定理？

如果一个连续信号 $u(t)$ 所含有的最高频率不超过 f_h ，则当抽样频率 $f_s \geq 2f_h$ 时，抽样后得到的离散信号就包含了原信号的全部信息。因此，要求频率 f_s 至少要满足 $f_s \geq 2f_h$ 。

4 为什么要作非均匀量化？

把信号幅值均匀等间隔地量化称为均匀量化或线性量化。设被量化信号的幅度变化范围是 $\pm U$ ，把 $-U \sim +U$ 均匀地等分为 $\Delta = 2U/N$ 的 N 个量化间隔就是均匀量化。其中， N 称为量化级数， Δ 称为量化级差或量化间隔。

在均匀量化方式中，当信号幅值与 Δ 接近时，量化信噪比显著恶化。于是需要对输入信号采用非均匀量化。非均匀量化的量化级差随着信号幅值的大小而变化。当输入信号幅值较小时，量化间隔 Δ 变小，反之则变大。具体方法是，在对输入信号量化之前先对其进行非线性压缩，改变大小信号之间的比例关系，让小信号作适当的放大（扩张），而大信号时作适当的缩小（压缩）。这样处理后得到的信号等效于非均匀量化。同时为了恢复信号的比例关系，接收端需要进行与发送端作用相反的非线性扩张。

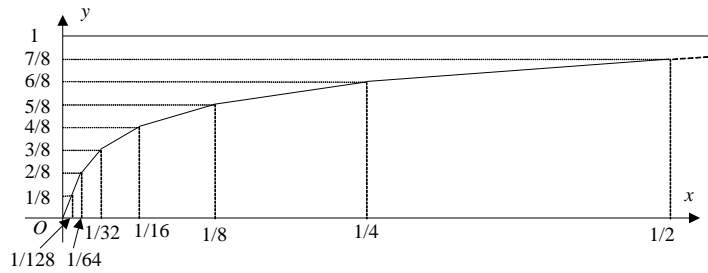
5 量化误差是怎样产生的？量化噪声是如何定义的？

量化值取每个量化级的中间值，所以实际抽样值与量化值之间存在误差，这种误差称为量化误差。量化误差就好像在原始信号上叠加了一个额外噪声，称为量化噪声。量化信噪比定义为 $20 \lg(U_s/U_e)$ ，其中 U_s 是取样信号电平， U_e 是量化误差。

6 13折线A律是如何实现的？

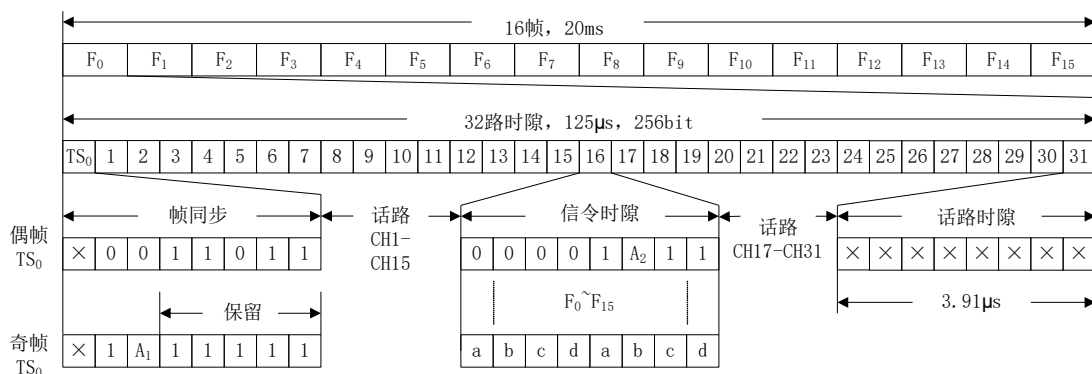
13折线A律如图所示。图中上下半区各由8条由折半点相连形成的折线组成，由于靠

近原点附近的 1、2 两段折线斜率相同，故合并为一条，上半区仅剩 7 条折线。上下半区合并后共有 13 条折线组成，简称 13 折线 A 律。



7 简述 PCM30/32 系统帧结构。

一帧的时长规定是 $125 \mu s$ ，划分为 32 个等时隙，编号为 $TS_0 \sim TS_{31}$ ，因此， $3.90625 \mu s$ /时隙。时隙 TS_0 用作转送帧同步，时隙 TS_{16} 用作传送信令，其余 30 个时隙分别用作 30 个话路。每个时隙 8bit，一帧共有 256bit。为了便于同步控制，每 16 帧构成一个复帧，时长是 2ms。这里所说的信令是指专门用于控制系统设备动作的信号。 TS_{16} 把多个用户的信令放在一起由独立时隙传送，称为共路信令。



8 话音速率 64Kbps 是如何来的？

为了实现话音的不失真传输，抽样速率必须达到话音最高频率的 2 倍。通常人类话音最高频率不超过 4000Hz，因此抽样速率取 8000 次/秒。或者说为了准确无误地传送一路语音信号，每秒必须传送该路信号抽样值 8000 次。按照每个抽样值 8bit 编码，则每话路要求传输 $8000 \text{ 次} \times 8 \text{ bit} = 64 \text{ Kbps}$ 。

9 什么是差分脉冲编码调制 (DPCM)？

根据模拟信号的两个相邻抽样值之间幅度差值动态变化范围较小并具有较强的相关性的特点，若仅对相邻抽样值的差值进行编码，则由于差值信号的能量远小于整个信号幅值，就可以使量化级数大大地减少，从而有利于减少编码的位数，在相同传输速率下，可以成倍地提高信道的传输容量。我们把这种对相邻抽样值的差值进行量化、编码的过程，称为差值脉冲编码调制 (DPCM)。

10 脉冲增量调制 ΔM 原理是什么？

脉冲增量调制是把信号的当前抽样值与其前一个抽样值之差进行比较并编码，而且只对这个差值的符号进行编码，而不对差值的大小编码。具体来说，如果两个前后抽样差值为正就编为“1”码；差值为负就编为“0”码。因此数码“1”和“0”只是表示信号相对于前一时刻的增减，不代表信号的绝对值。

11 什么是数字同步和数字复接？有哪些数字复接方式？

数字同步是指系统中各关键节点位置的信号频率必须保持步调一致，因此，这种同步又称为网同步。数字同步是数字通信系统正常工作的最基本要求。

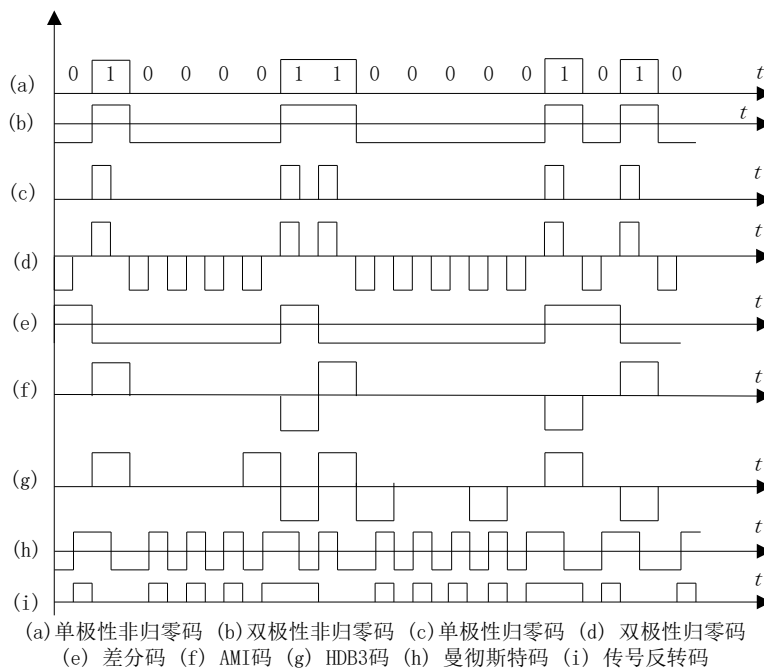
把若干个低速率分支数码流合成汇接为一高速率数码流的过程，称为数字复接。数字复接是提高信道利用率实现高速率数字传输的基本手段。

数字复接方法有按位复接、按字复接和按帧复接三种。

12 什么是基带数字传输？基带传输有哪几种常见码型？试分别画出二进制代码 11001000100 矩形脉冲的单极性、双极性、单极性归零、双极性归零、差分曼彻斯特编码的波形。

在数字通信系统中，最终送入信道传输的数字信号可能来自模数转换后的数字脉冲编码序列，也可能来自计算机终端或其它数字设备。这些数字信号所占据的频谱范围通常从直流或低频开始，称为基带数字信号。把这些数字信号直接送入线路传输称为基带数字传输

基带传输常用的是曼彻斯特码、CMI 码等。



13 什么是数字信号的频带传输？

当基带数字信号频率范围与信道不匹配时，把基带数字信号进行调制后再行传输，就

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/516210134005010035>