

第一章 绪论

1.1 以无线广播和电视为例，说明图 1-1 模型中的信息源，受信者及信道包含的具体内容是什么

在无线电广播中，信息源包括的具体内容为从声音转换而成的原始电信号，受信者中包括的具体内容就是从复原的原始电信号转换成的声音；在电视系统中，信息源的具体内容为从影像转换而成的电信号。受信者中包括的具体内容就是从复原的原始电信号转换成的影像；二者信道中包括的具体内容分别是载有声音和影像的无线电波

1.2 何谓数字信号，何谓模拟信号，两者的根本区别是什么

数字信号指电信号的参量仅可能取有限个值；模拟信号指电信号的参量可以取连续值。他们的区别在于电信号参量的取值是连续的还是离散可数的

1.3 何谓数字通信，数字通信有哪些优缺点

传输数字信号的通信系统统称为数字通信系统；优缺点：

1.抗干扰能力强；2.传输差错可以控制；3.便于加密处理，信息传输的安全性和保密性越来越重要，数字通信的加密处理比模拟通信容易的多，以话音信号为例，经过数字变换后的信号可用简单的数字逻辑运算进行加密，解密处理；4.便于存储、处理和交换；数字通信的信号形式和计算机所用的信号一致，都是二进制代码，因此便于与计算

机联网，也便于用计算机对数字信号进行存储，处理和交换，可使通信网的管理，维护实现自动化，智能化；5.设备便于集成化、微机化。数字通信采用时分多路复用，不需要体积较大的滤波器。设备中大部分电路是数字电路，可用大规模和超大规模集成电路实现，因此体积小，功耗低；6.便于构成综合数字网和综合业务数字网。采用数字传输方式，可以通过程控数字交换设备进行数字交换，以实现传输和交换的综合。另外，电话业务和各种非话业务都可以实现数字化，构成综合业务数字网；缺点：占用信道频带较宽。一路模拟电话的频带为 4KHZ 带宽，一路数字电话约占 64KHZ。

1.4 数字通信系统的一般模型中的各组成部分的主要功能是什么

数字通信系统的模型见图 1-4 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。

1-5 按调制方式，通信系统分类？

根据传输中的信道是否经过调制，可将通信系统分为基带传输系统和带通传输系统。

1-6 按传输信号的特征，通信系统如何分类？

按信号特征信道中传输的信号可分为模拟信号和数字信号，相应的系统分别为模拟通信系统和数字通信系统。

1-7 按传输信号的复用方式，通信系统如何分类？

频分复用，时分复用，码分复用。

1-8 单工，半双工及全双工通信方式是按什么标准分类的？解释他们的工作方式并举例说明

他们是按照消息传递的方向与时间关系分类。单工通信是指消息只能单向传输的工作方式，通信双方只有一个进行发送，另一个只能接受，如广播，遥测，无线寻呼等。半双工通信指通信双方都能进行收发信息，但是不能同时进行收发的工作方式，如使用统一载频的普通对讲机。全双工通信是指通信双方能同时进行收发消息的工作方式，如电话等。

1-9 通信系统的主要性能指标是什么？

分为并行传输和串行传输。并行传输是将代表信息的数字信号码元以组成的方式在两条或两条以上的并行信道上同时传输，其优势是传输速度快，无需附加设备就能实现收发双方字符同步，缺点是成本高，常用于短距离传输。串行传输是将代表信息的数字码元以串行方式一个码元接一个码元地在信道上传输，其优点是成本低，缺点是传输速

度慢，需要外加措施解决收发双方码组或字符同步，常用于远距离传输。

1-10 通信系统的主要性能指标是有哪些？

通信系统的主要性能指标涉及有效性、可靠性、适应性、经济性、标准性、可维护性等。其中有效性和可靠性是主要性能指标，在模拟通信系统有效性可用有效传输频带来度量，同样的消息用不同的调制方式，则需要不同的频带宽度，数字通信系统的有效性可用传输速率和频带利用率来衡量。具体误差率指标有误码率 P_e 、误信率 P_b 。

1-11 衡量数字通信系统有效性和可靠性的性能指标有哪些？

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。

1-12 何谓是码元速率和信息速率？他们之间的关系如何？

码元速率定义为每秒钟传送码元的数目，单位为波特；信息速率定义为每秒钟传送的信息量，单位是 bit/s。

1-13 何谓误码率和误信率？它们之间关系如何？

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。

1-14 消息中包含的信息量与以下哪些因素有关？

A 消息出现概 B 消息的种类 C 消息的重要程度。

第三章 随机过程

1.什么是宽平稳随机过程？什么是严平稳随机过程？它们之间有什么关系？

答：宽平稳随机过程：若一个随机过程的数学期望与时间无关，而其相关函数仅与时间间隔相关称之为宽平稳随机过程。

严平稳随机过程：若一个随即过程任何的 n 维分布函数或概率密度函数与时间起点无关，则之为严平稳随机过程。

一个严平稳随机过程，只要他的均值有界则必然是宽平稳的；反之不然。

2.平稳随机过程的自然相关函数具有什么特点？

答：平稳随机过程的自然相关函数与时间起点无关，只与时间间隔有关，而且是偶函数。

3.什么是高斯噪声？什么是白噪声？它们各有什么特点？

答：高斯噪声：概率密度函数符合正态分布的噪声。

高斯噪声的特点：它的 n 维分布仅由各随机变量的数学期望、方差和两两之间的归一化协方差函数决定。若高斯噪声是宽平稳，则也是严平稳的。若随机变量之间互不相关，则也是统计独立的。

白噪声：功率谱密度在整个频域内均匀分布的噪声，属于一种理想宽带过程。

白噪声的特点：白噪声只在 $\tau=0$ 时才是相关的，而在其他任意时刻上的随机变量都不相关。

4.什么是窄带随机过程？它的频谱和时间波形有什么特点？

答：如果随机过程的频谱密度分布在一个远离零频的很窄的频率范围内，则称其为窄带随机过程。其频谱分布特点是带宽远小于中心频率，时间波形上的特点是呈现出包络和相位随机缓慢变化的正弦波。

5.什么是窄高斯噪声？它在波形上有什么特点？它的包络和相位各服从什么概率分布？

答：窄带高斯噪声：若一个高斯噪声满足窄带条件，即其带宽远远小于中心频率，而且中心频率偏离零频很远，则称之为窄带高斯噪声。其波形上的特点是包络和相位都像一个缓慢变化的正弦波。其包络的一维分布服从瑞利分布，其相位的一维分布服从均匀分布。

6.何为高斯白噪声？它的概率密度函数、功率频谱密度如何表示？

答：如果白噪声取值的概率密度分布服从高斯分布，则称之为高斯白噪声，其概率密度函数为高斯函数，其功率谱密度为常数。

7.不相关、统计独立、正交的含义各是什么？他们之间的关系如何？

答：如果两个随机变量的协方差函数为零，则称他们不相关；如果两

个随机变量的联合概率密度等于它们各自概率密度的乘积，则称他们统计独立。如果两个随机变量的互相关函数为零，则称他们正交。两个均值为零的随机变量如果统计独立，则一定是正交及不相关；两个均值为零的随机变量正交与不相关等价。

第四章 信道

4.1 无线信道有哪些种

无线通讯更具通讯距离，频率和位置的不同，分为地波、天波和视距传播和散射传播等

4.2 地波传播距离能达到多远 他适用在什么频段

地波传播在数百米到数千千米，应用与低频和甚低频，大约 2MHZ

4.3 天波传播距离能达到多远 他适用在什么频段

天波传播能达到一万千米以上，应用于高频，2MHZ-30MHZ

4.4 视距传播距离和天线高度有什么关系

天线高度越高，视距传播的距离越远，其具体关系为 $H=D^2/50$ 其中 H 为天线高度，单位为米，D 为视距传播距离，单位为千米

4.5 散射传播有哪些种 各适用在什么频段

散射传播分为电离层散射、对流散射和流星余迹散射。电离层散射发

生在 30MHz~60MHz 对流层散射发生在 100MHz~4000MHz;; 流星余迹散射发生在 30MHz~100MHz

4.6 何为多径效应

多径传播对信号的影响称为多径效应

4.7 什么事快衰落 什么是慢衰落

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

4.8 何谓恒参信道 何谓随参信道 他们分别对信号传输有哪些主要影响

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; 信道特性随机变化的信道称为随机信道; 恒参信道对信号传输的影响可以完全消除, 而随参信道对信号传输的影响只能在统计平均的意义下消除

4.9 何谓加性干扰 何谓乘性干扰

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

4.10 有线信道有哪些种

传输电信号的有线信道有明线、对称电缆和同轴电缆

4.11 何谓阶跃型光纤 何谓梯度型光纤

折射率在两种介质中均匀不变, 仅在边界处发生突变的光纤称为阶跃光纤; 纤芯折射率随半径增大方向逐渐减小的光纤称为梯度型光纤

4.12 何谓多模光纤 何谓单模光纤

有多种光线传播路径的光纤称为多模光纤; 只有一种光线传播路径的光纤称为单模光纤

4.13 适合在光纤中传播的光波波长有那几个

1.31UM 1.55UM

4.14 信道中的噪声有哪几种

信道中的噪声可以分为脉冲噪声、窄带噪声、起伏噪声

4.15 热噪声是如何产生的

热噪声起源于一切电阻性元器件中的电子热运动

4.16 信道模型有哪几种

信道可以分为离散信道和连续信道

4.17 试述信道容量的定义

信道容量是指信道能够传输的最大平均信息量

4.18 试写出连续信道容量的表达式 由此式看出信道容量的大小决定于哪些参量

连续信道的信道容量计算式为 $C_t = B \log_2(1 + S/N)$ (b/s)，可以看出信道容量与信道的带宽 B ，信号的平均功率 S 和噪声的平均功率 N 有关。

第五章 模拟调制系统

1、何为调制？调制在通信系统中的作用是什么？

所谓调制就是把信号转换成适合在信道中传输的形式的一种过程。作用：**1** 将基带信号变换成适合在信道中传输的已调信号 **2** 实现信道的多路复用 **3** 改善系统抗噪声性能。

2、什么是线性调制？常见的线性调制有哪些？

正弦载波的幅度随调制信号做线性变化的过程。从频谱上说，已调信号的频谱结构与基带信号的频谱结构相同，只是频率位置发生变化。常见的线性调制有调幅，双边带，单边带和残留边带调制。

3、AM 信号的波形和频谱有哪些特点？

AM 波的包络与调制信号的形状完全一样；AM 信号的频谱有载频分量、上边带下边带三部分组成。上边带的频谱结构和原调制信号的频率结构相同，下边带是上边带的镜像。

4 与未调载波的功率相比，AM 信号在调制过程中功率增加了多少？

增加了调制信号的功率

5、为什么要抑制载波？相对 AM 信号来说，抑制载波的双边带信号

可以增加多少功效?

抑制载波可以提高调制效率；对于抑制载波的双边带，可以使其调制效率由三分之一提高到 1

6、SSB 的产生方法有哪些？各有何技术难点？

SSB 信号的产生方式可以分为滤波法和相移法。滤波法的技术难点是边带滤波器的制作。相移法的难点是宽带移相网络的制作。

7、VSB 滤波器的传输特性应满足什么条件？为什么？

残留边带滤波器的特性 $H(\omega)$ 在 $\pm\omega_c$ 处必须具有互补对称性，相干解调时才能无失真的从残留边带中恢复所需要的调制信号。

8 如何比较两个模拟通信系统的抗噪声性能是否相同？为什么？

比较两个模拟通信系统的抗噪声性能要综合考虑带宽和信号和噪声功率比。

9、DSB 调制系统和 SSB 调制系统的抗噪声性能是否相同，为什么

相同。如果解调器的输入噪声功率密度相同，输入信号功率也相同，则单边带和双边带在解调器输出的信噪比是相等的。

10 什么是频率调制？什么是相位调制？两者关系如何？

所谓频率调制 FM 是指瞬时频率偏移随调制信号成比例变化；所谓相位调制 pm 是指瞬时相位偏移随调制信号线性变化。FM 和 PM 之间可以相互转换，将调制信号先微分，后进行调频则得到相位波；将调

制信号先积分而后进行调相则得到调频波。

11 什么是门限效应？AM 信号采用包络检波解调是为什么会产生门限效应

当包络检波器的输入信噪比降到一个特定的数值后，检波器的输出信噪比出现急剧恶化的一种现象成为门限效应。

门限效应本质上是包络检波器的非线性引起的。可以理解为当小信噪比时，解调器的输出端没有信号项，会把有用的信号扰乱成随机噪声。

12 为什么相干解调不存在门限效应？

噪声与信号可以分开进行解调，而解调器输出端总是单独存在有用信号项

14 为什么调频系统可进行带宽与信噪比的互换，而调幅不能？

因为调幅系统的带宽是固定的

15 FM 系统的调制制度增益和信号带宽的关系如何？这一关系说明什么问题？

调制增益与信号带宽的关系为 $G_m = \frac{3}{2} \beta^2$ ，这说明信号带宽越大，调制增益越高

16 fm 产生门限效应的主要原因是什么？

主要是非线性的解调作用

17 FM 系统中采用加重技术的原理和目的是什么？

为了进一步改善解调器的输出信噪比，针对鉴频器输出噪声谱呈抛物线形状的特点，在调频系统中采用加重技术，包括预加重和去加重措施。预加重和去加重的设计思想是保持输出信号不变，有效降低输出噪声，已达到输出信噪比的目的，其原理实在解调钱加上预加重网络，提升调制信号的高频分量，在解调以后加上去加重网络，使信号保持不变同时降低高频噪声，从而改善输出信噪比

18 什么是频分复用

频分复用中，一个信道的可用频带被分为若干个互不重叠的频段，每路信号占用其中的一个频段，在接收端，通过滤波器选出其中所要接收的信号，在进行解调。

第七章 数字带通传输系统

什么是数字调制？它和模拟调制有哪些异同点？

数字调制是用载波信号的某些离散状态来表征传送的信息，在接收端对载波信号的离散调制参量进行检测。

和模拟调制一样，数字调制也有调幅，调频和调相三种基本形式，并可以派生出多种其他形式。在原理上二者并没有什么区别。只不过模拟调制是对载波信号的参量进行离散调制，在接收端也只需对载波信号的离散调制参量估值。

数字调制的基本方式有哪些？其时间波形上各有什么特点？

数字调制技术有两种方法：一是利用模拟调制方法去实现数字式调制，即把数字调制看成是模拟调制的一个特例，把数字基带信号当成模拟信号的特殊情况处理。二是利用数字信号的离散取值的特点通过开关键控载波，从而实现数字调制，这种调制方式通常有幅度键控、频率键控和相位键控。其时间波形上来说，有可能是不连续的。

什么是振幅键控？OOK 信号的产生和解调方法有哪些？

振幅键控：用载波幅度的有无来表示传送的信息，一般用开关电路来控制。

OOK 信号一般有两种产生方法：1，模拟幅度调制法；2，开关电路控制的键控法。OOK 信号有两种解调方法：非相干解调（包络检波法）和相干解调法（同步检测法）。

2ASK 信号传输带宽与波特率或基带信号的带宽有什么关系？

2ASK 信号的带宽是基带信号带宽的两倍。

什么是频移键控？2FSK 信号产生和解调方法有哪些？

频移键控是指用不同的载频来表示所传送的数字信息。（1）利用矩形脉冲序列对一个载波进行调频产生；（2）利用受矩形脉冲序列控制的开关电路对两个不同的频率进行选通，即键控法。

FSK 的解调通常采用非相干解调和相干解调两种方法，同时还有鉴频

法，过零检测法和差分检波法。

2FSK 信号相邻码元的相位是否连续变化与其产生方法有何关系？

采用模拟调频电路实现的 2FSK 信号，其相位变化是连续的；采用数字键控法产生的 2FSK 信号其相位变化不一定连续。

相位不连续 2FSK 信号的传输带宽与波特率或基带信号的带宽有什么关系？

相位不连续 2FSK 信号的带宽大于基带信号带宽的 2 倍。

什么是绝对移相？什么是相对移相？他们有何区别？

绝对移相是用载波的相位直接表示码元；相对移相是用相邻码元的相对载波相位值表示数字信息。相对移相信号可以看做是把数字信息序列绝对码变换成相对码，然后根据相对码进行绝对移相而成。

2PSK 信号和 2DPSK 信号可以用哪些方法产生和解调？它们是否可以采用包络检波法解调？为什么？

2PSK 信号和 2DPSK 信号可以用模拟调制法和键控调制法产生，2PSK 信号可以用极性比较法，鉴相法解调，2DPSK 信号通常用极性比较-码变换法，差分相干法解调。

它们都不能采用包络检波法解调，因为它们是用相位而不是振幅来携带传送信息的。

2PSK 信号及 2DPSK 信号的功率谱密度有何特点？试将它们与 OOK 信

号的功率谱密度加以比较。

2PSK 信号的功率谱密度同样由离散谱和连续谱组成，但当双极性基带信号以相等的概率出现时，不存在离散谱部分。同时，连续谱部分与 **2ASK** 信号基本相同，因此，**2PSK** 信号的带宽也与 **2ASK** 信号相同。此外，**2DPSK** 信号的带宽也与 **2ASK** 信号的相同。

二进制数字调制系统的误码率与哪些因素有关？

与其调制方式、解调方式和信噪比有关。

2FSK 与 **2ASK** 相比有哪些优势？

在相同的解调方式下，若要得到相同的误码率，**2FSK** 需要的信噪比比 **2ASK** 小 3dB。

2PSK 与 **2ASK** 和 **2FSK** 相比有哪些优势？

在相同的误码率情况下，**2PSK** 需要的信噪比比 **2ASK** 小 6dB，比 **2FSK** 小 3dB。

2DPSK 与 **2PSK** 相比有哪些优势？

在相同的信噪比情况下，采用相干解调方式，**2DPSK** 与 **2PSK** 的误码率减少一半，而且 **2DPSK** 还可以采用非相干解调方式。

何谓多进制数字调制？与二进制数字调制相比，多进制数字调制有哪些优缺点？

采用多种基带波形的数字调制称为多进制数字调制，优缺点为：1，

在相同传码率时，多进制比二进制传输的信息量大；**2**，在相同传信率时，多进制比二进制所需要的码率低，带宽窄；**3**，在相同噪声情况下，多进制的抗噪声性能不如二进制好。