

通信原理 复习

题型：填空题、问答题、系统框图、计算。

第 1 章 绪 论

1、通信基本概念

(1) 通信、消息、信息、信号；

1. 消息是信息的物理形式
2. 信息是消息中所包含的有效内容
3. 信号是消息的传输载体。
4. 通信是发送者（人或机器）和接收者之间通过某种媒体进行的信息传递

(2) 通信的目的。

通信的目的是传输信息。

2、主要性能指标

(1) 模拟通信系统

有效性：消息传输的速度。使单位时间内传输更多的消息或一定频带范围内传输更多的消息。

可靠性：信噪功率比，失真度，均方误差。
信噪功率比越大，通信质量越高。

第3章 随机过程

1、随机过程的基本概念

随机过程是一类随时间作随机变化的过程，它不能用确切的时间函数描述。

2、平稳随机过程

(1) 狭义平稳

一个随机过程 $\xi(t)$ 的统计特性与时间起点无关，即时间平移不影响其任何统计特性，则称该随机过程是在严格意义下的平稳随机过程，简称严平稳随机过程。

$$\begin{aligned} f_n(x_1, x_2, \dots, x_n; t_1, t_2, \dots, t_n) \\ = f_n(x_1, x_2, \dots, x_n; t_1 + \tau, t_2 + \tau, \dots, t_n + \tau) \\ a(t) = a; \sigma^2(t) = \sigma^2; R(t_1, t_1 + \tau) = R(\tau) \end{aligned}$$

(2) 广义平稳

特征：①均值与 t 无关，为常数 a ；②自相关函数只与时间间隔 $\tau = t_2 - t_1$ 有关，即 $R(t_1, t_1 + \tau) = R(\tau)$ 。把同时满足①和②的过程定义为广义平稳随机过程

$$a(t) = a; \sigma^2(t) = \sigma^2; R(t_1, t_1 + \tau) = R(\tau)$$

3、平稳随机过程的特性——各态历经性

即过程的统计平均值与样本的时间平均值相同，则该平稳过程具有各态历经性。

4、对于实平稳随机过程 $\xi(t)$ ，自相关函数 $R(\tau)$ 的主要性质

平稳过程 $\xi(t)$ 的自相关函数 $R(\tau) = E[\xi(t)\xi(t+\tau)]$ 具有如下性质：

- | | |
|-------------------------------------|---------------|
| (1) $R(0) = E[\xi^2(t)]$ | 平均功率 |
| (2) $R(\tau) = R(-\tau)$ | τ 的偶函数 |
| (3) $ R(\tau) \leq R(0)$ | $R(\tau)$ 的上界 |
| (4) $R(\infty) = E^2[\xi(t)] = a^2$ | 直流功率 |
| (5) $R(0) - R(\infty) = \sigma^2$ | 交流功率 |

5、平稳随机过程的功率谱密度

$$\begin{cases} P_{\xi}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau \\ R(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} P_{\xi}(\omega) e^{j\omega\tau} d\omega \end{cases}$$

6、窄带随机过程

结论 1: 对于均值为 0、方差为 σ_{ξ}^2 的平稳高斯窄带过程 $\xi(t)$ ，其同相分量 $\xi_c(t)$ 和正交分量 $\xi_s(t)$ 也是平稳

高斯过程；均值皆为 0，方差等于 σ_{ξ}^2 ；且两者在同一时刻的取值是互不相关的和统计独立的（因为是高斯过程）。

结论 2: 对于均值为 0、方差为 σ_{ξ}^2 的平稳高斯窄带过程 $\xi(t)$ ，其包络 $a_{\xi}(t)$ 和相位 $\varphi_{\xi}(t)$ 的一维分布分别为瑞利分布和均匀分布，且两者统计独立，即有：

7、白噪声

1. 白噪声

其功率谱密度在所有频率上均为常数，即

$$P_n(f) = \frac{n_0}{2} \quad (-\infty < f < +\infty), \text{ 双边谱密度}$$

或

$$P_n(f) = n_0 \quad (0 < f < +\infty), \text{ 单边谱密度}$$

式中： n_0 为正常数，单位是 (W/Hz)。利用维纳-辛钦定理，可得白噪声的自相关函数

$$R(\tau) = \frac{n_0}{2} \delta(\tau)$$

8、正弦波加窄带高斯过程

信噪比 $\frac{A^2}{2\sigma^2} \uparrow \Rightarrow f(z) \rightarrow \text{高斯分布}; \frac{A^2}{2\sigma^2} = 0 \Rightarrow f(z) \rightarrow \text{瑞利分布}; \text{一般 } f(z) \text{ 服从莱斯分布}$
 信噪比 $\frac{A^2}{2\sigma^2} \uparrow \Rightarrow f(\varphi) \rightarrow \text{集中在 } \varphi \text{ 附近}; \frac{A^2}{2\sigma^2} = 0 \Rightarrow f(\varphi) \rightarrow \text{均匀分布};$

9、平稳随机过程通过线性系统

	输入过程 $\xi(t)$	输出过程 $\xi_0(t)$
概率分布	平稳、高斯	平稳、高斯
均值	$E[\xi(t)] = a$ (常数)	$E[\xi_0(t)] = a \cdot H(0)$ (常数)
功率谱密度	$P_i(f)$	$P_o(f) = H(f) ^2 P_i(f)$
自相关函数	$R_i(\tau) \Leftrightarrow P_i(f)$	$R_o(\tau) \Leftrightarrow P_o(f)$
注： $H(0)$ 是线性系统的直流增益； $ H(f) ^2$ 是线性系统的功率增益		

10、高斯过程经线性变换后的过程仍为高斯的。

第 4 章 信道

1、信道的分类：狭义信道和广义信道。

2、对二对端信道，输入信号 $e_i(t)$ 与输出信号 $e_o(t)$ 之间的关系为：

$$e_o(t) = k(t)e_i(t) + n(t)$$

根据乘性干扰 $k(t)$ 的变换快慢，信道可分为两类：

① 恒参信道： $k(t)$ 不随时间变化或基本不变；

② 随参信道： $k(t)$ 随机快变化。

4、恒参信道对信号传输的影响不随时间变化或基本不变化，所以，它可等效为一个非时变的线性网络，可以利用信号通过线性系统的分析方法来进行分析。

5、随参信道特点：

(1) 对信号的衰耗随时间而变；

(2) 传输的时延随时间而变；

(3) 存在多径传播

多径传播对信号传输的影响：

(1) 波形上，幅度恒定，频率单一的载波信号变成了包络和相位受到调制的窄带信号，这样的信号称之为衰落信号
通常信号的包络服从瑞利分布。

(2) 引起频率弥散

(3) 引起频率选择性衰落

6、随参信道特性的改善

1. 分集接收技术
2. 扩频技术
3. OFDM（正交频分复用）技术

第5章 模拟调制系统

1、线性调制器的一般模型如下。

2、几种线性调制器的原理、频谱结构、调制度增益计算（线性系统）

(1) 双边带信号（或双边带抑制载波 DSB-SC 信号，suppressed carrier）

(2) 调幅（AM, amplitude modulation）信号

(3) 单边带（SSB, single sideband）调制

(4) 残留边带（VSB）信号

3、线性调制系统的抗噪声性能

4、非线性调制（角度调制）的原理及抗噪声性能

5、复合调制，频分复用，多级调制概念

第6章 数字基带传输系统

1、数字基带传输系统的定义及基本结构

2、数字基带信号：消息代码的电波形。（能画出）

基本的数字基带信号波形有：单极性波形、双极性波形、

单极性归零波形、双极性归零波形、差分波形和多值波形（多电平波形）。

3、基带信号的频谱特性

基带信号的频谱包含连续频谱分量和离散频谱分量两部分

4、基带传输应具有的特征

- (1) 能从相应的基带信号中获取定时信息；
- (2) 相应的基带信号无直流成分和只有很小的低频成分
- (3) 不受信息源统计特性的影响；
- (4) 型的传输效率要高；
- (5) 具有内在的检错能力。

5、基带传输的常用码型（能画出波形）

6、数字基带信号传输系统的模型

7、无码间干扰的条件

8、频带利用率和奈奎斯特传输定理

9、等效系统概念：

10、余弦滚降系统

11、部分响应系统

13、眼图及特点

14、时域均衡

第 7 和 8 章 数字调制系统

1、二进制振幅键控 (2ASK)

- ASK 系统调制器模型、线性调制；
- 频带宽度： $B_{2ASK}=2f_s$
- ASK 调制信号的产生电路及其波形；
- ASK 信号的解调方式：包络检波法（非相干）、同步检波法（相干）

2、二进制移频键控 (2FSK)

(1) 调制方法

2FSK 信号的产生方法。(a) 模拟调频法；(b) 键控法。

(2) 解调方法

- ① 非相干检测法（包络检波法）
- ② 相干检测法
- ③ 过零检测法
- ④ 差分检波法

(3) 频谱特性

频带宽度 $\Delta f = |f_2 - f_1| + 2f_s$

3、二进制移相键控及二进制差分移相键控 (2PSK 及 2DPSK)

- 绝对调相和相对调相的概念、特点及区别，倒相（相位模糊）的克服；

- PSK 产生电路及其波形；绝对码、相对码的转换；
- PSK 与 ASK 信号带宽相同；
- PSK 与 DPSK 信号的解调：PSK 必须用相干解调，DPSK 用相位比较法
- 重点应用：任意给出二进制数码流序列，画出相应的振幅键控（ASK）、移频键控（FSK）、相移键控（PSK）波形示意图

4、二进制数字调制系统的抗噪声性能误码率计算

5、多进制数字调制系统

(1) 多进制数字振幅(MASK)调制原理

MASK 信号的频带带宽： $B_{MASK} = B_{2ASK} = 2f_s$

(2) 多进制数字频率调制（多频制）(MFSK)原理带宽

$$B_{MFSK} = f_m - f_1 + 2f_s$$

(3) 多进制数字相位调制(MPSK)原理

频带带宽：当已调信号码元速率相同时，其带宽与 2ASK、MASK 及二相制信号是相同的。

(4) 振幅相位联合键控（APK）系统原理正交振幅调制（QAM）概念

5、最小频移键控（MSK）

两个载频的频率间隔

$$\Delta f = f_2 - f_1 = \frac{1}{2T_s}$$

载波相位在一个码元期间内准确变化 $\pm \frac{\pi}{2}$ 。

MSK 信号的功率谱特点。

6、OFDM 的基本原理

第 10 章 信源编码

1、模拟信号数字传输的方框图：

2、抽样

3、量化：均匀，非均匀量化概念

4、编码

脉冲编码调制（PCM）原理（习题）

重点应用：任意给出一抽样值，采用逐次反馈比较编码方法进行编码

5、差分脉冲编码调制（DPCM）系统

最简单的 DPCM 方案的工作原理及框图

6、增量(ΔM)调制

- 增量调制及自适应增量调制的工作原理；

- 增量调制产生过载的原因条件及克服的方法

7、PCM 通信系统的组成及时分复用

时分复用概念及参数计算。

标准 PCM 速率 64Kbps 的推导：话音信号的最高频率定为 4KHz，故采样频率： $f_x = 2f_H = 2 \times 4000 = 8000\text{Hz}$ ，若每个采样点进行 8bit 编码，则标准 PCM 速率为： $8\text{bit} \times 8000 = 64\text{Kbps}$

8、数字数据压缩编码

- (1) 基本概念：平均码字长，等长码，变长码，即时可译码等
- (2) 压缩编码性能指标：压缩比和编码效率
- (2) 霍夫曼编码：掌握编码方法

第 11 章 差错控制编码

- 1、差错控制的目的是什么？
- 2、信道的分类？
- 3、常用的差错控制方法有哪些？
- 4、差错控制编码或纠错编码的定义？
- 5、纠错编码的基本概念：编码速率 R 、分组码、代数码、线性码、线性分组码、码长 n 、码重、最小距离 d_0 。

6、码的 d_0 与其检、纠错能力有何关系？

7、线性分组码的编码原理

H 为监督矩阵， G 为生成矩阵。

(1) 典型阵

$$H \cdot A^T = 0^T \quad \text{或} \quad A \cdot H^T = 0$$

H 的行数就是监督位的数目。它还可写成两部分

$$H = [P : I_r]$$

$$A = B \cdot G = B \cdot [I_k : Q]$$

(2) 非典型阵：

(3) 线性码的封闭性。

由此性质可知 d_0 是码的最小重量。

8、循环码

(1) 循环性

(2) (n, k) 循环码的生成多项式 $g(x)$ 应满足的三个性质。

(3) 循环码的生成矩阵

$$G(x) = \begin{bmatrix} x^{k-1}g(x) \\ \vdots \\ xg(x) \\ g(x) \end{bmatrix}$$

(4) 编码方法。

(5) 解码步骤。

第 12 章 正交编码与伪随机序列

1、互相关系数

2、正交编码、超正交码和双正交码

3、哈达码矩阵

4、m 序列

(1) 定义、产生器及工作原理

(2) 本原多项式（本原多项式的写法常采用八进制如 23，本原多项式与m 序列的框图）

(3) 移位寄存器产生 m 序列的充要条件是什么？

(4) m 序列的性质

①均衡器

②游程分布：游程、游程长度

③移位相加特性

④自相关函数

⑤功率谱密度

⑥伪噪声特性

5、M 序列

由非线性反馈移存器产生的周期最长的序列简称为 M 序列，其最长周期可达 2^n 。

6、伪随机序列的应用（原理框图）

误码率测量，扩展频谱通信，码分多址(CDMA)通信，扩频加密等。

7、复用技术。复用技术和多址技术其实是一码事，就是两码，都是在一条信道上传输多路信号，提高信道利用率

的一种手段。学习了

(1) 频分复用。FDM

(2) 时分复用。数字信号发送接收和模拟量数字化的过程。

(3) 码分多址。CDMA 是通过编码来区别不同的用户的。

如果给每个原始信号加一个相互正交的扩频码，随后合成的二进制码在信道上传输，在接收端再按照正交分解进行解扩频，就可以得到原始信号，这就是 CDMA 的工作原理。

(4) 正交频分复用。OFDM 是正交频分复用，就是正交+FDM。两个相互正交的信号不会相互干扰本身的信息，就类似于正交分解一样。FDM 和 OFDM 的区别：FDM 是根据不同的载波频率来判断哪个用户。OFDM 是将载波换成了两两正交的载波。

第 13 章 同步原理

1、载波同步的定义及方法

插入导频法和直接法（平方环法和科斯塔斯环，它们的优点。）

这两种方法的工作原理和实现方框图。载

波同步系统的主要性能指标

2、位同步的定义及方法

外同步法和自同步法。（与载波同步类似）原理

3、群同步的定义及方法

(1) 实现群同步的方法:

①起止式同步法:

②插入特殊码组: 连贯式插入法和间隔式插入法。

③自群同步法: 利用数据码组本身之间彼此不同的特性来实现同步。

(2) 插入特殊码组方法:

① 连贯式插入法

就是在每群的开头集中插入群同步码组的方法。作为群同步的同步码组要求具备的两个特征是:

A. 具有尖锐单峰特性的局部自相关函数

B. 识别器尽量简单

目前一种常用的群同步码组是巴克码。巴克码识别其原理框图。

② 间隔式插入法

4、群同步系统的性能

(1) 漏同步概率 P_1

(2) 假同步概率 P_2

(3) 平均建立时间

5、群同步的保护 捕捉态, 维持态

6、扩展频谱系统同步基

本概念

7、网同步的基本概念

开环法，闭环法