

目录

I 考查目标.....	2
II 考试形式和试卷结构.....	2
III 考查内容	2
IV. 题型示例及参考答案.....	4

全国硕士研究生入学统一考试 通信系统原理考试大纲

I 考查目标

目的是科学、公平、有效地测试考生是否具备攻读通信与信息系统专业硕士所必须的基本素质、一般能力和培养潜能，以便选拔具有发展潜力的优秀人才入学，为国家的经济建设培养具有良好职业道德、法制观念和國際视野、具有较强分析与解决实际问题能力的高层次、应用型、复合型的通信专业人才。考试要求是测试考生掌握通信系统组成模块及各模块功能、影响通信系统性能的基本因素及解决方法、通信系统性能的基本分析方法。

具体来说。要求考生：

1. 掌握通信系统组成、各组成模块的基本功能。
2. 掌握通信信号在通信系统中的处理过程。
3. 掌握基本的概率论及随机过程知识。
4. 掌握基本的信号处理知识。
5. 具有运用数学方法分析通信系统性能的基本能力。
6. 掌握制约通信系统性能的各因素。
7. 掌握改善系统性能的基本方法。

II 考试形式和试卷结构

一、试卷满分及考试时间

试卷满分为 150 分，考试时间 180 分钟。

二、答题方式

答题方式为闭卷、笔试。允许使用计算器（**仅仅具备四则运算和开方运算功能的计算器**），但不得使用带有公式和文本存储功能的计算器。

三、试卷内容与题型结构

总分 150 分，有以下两种题型：

- | | |
|-------|---------------|
| 简答题 | 8~15 题，共 70 分 |
| 计算分析题 | 6~12 题，共 80 分 |

III 考查内容

1. 通信的基本概念。
2. 通信系统的组成。
3. 通信系统分类与通信方式。
4. 信息及其度量。
5. 通信系统主要性能指标。
6. 确知信号的类型。
7. 确知信号的频域性质。
8. 确知信号的时域性质。
9. 随机过程的基本概念。

10. 平稳随机过程。
11. 高斯随机过程。
12. 平稳随机过程通过线性系统。
13. 窄带随机过程。
14. 正弦波加窄带高斯噪声。
15. 高斯白噪声和带限白噪声。
16. 信道分类。
17. 信道的数学模型。
18. 信道特性对信号传输的影响。
19. 信道中的噪声。
20. 信道容量。
21. 幅度调制(线性调制)的原理。
22. 线性调制系统的抗噪声性能。
23. 非线性调制(角度调制)原理。
24. 各种模拟调制系统的比较。
25. 频分复用和调频立体声。
26. 数字基带信号及其频谱特性。
27. 基带传输的常用码型。
28. 数字基带信号传输与码间串扰。
29. 无码间串扰的基带传输特性。
30. 基带传输系统的抗噪声性能。
31. 部分响应和时域均衡。
32. 数字带通传输系统。
33. 二进制数字调制原理。
34. 二进制数字调制系统的抗噪声性能。
35. 二进制数字调制系统的性能比较。
36. 多进制数字调制原理。
37. 正交振幅调制。
38. 最小频移键控和高斯最小频移键控。
39. 正交频分复用。
40. 模拟信号的抽样。
41. 模拟脉冲调制。
42. 抽样信号的量化。
43. 脉冲编码调制。
44. 时分复用。
45. 数字信号的统计特性。
46. 数字信号的最佳接收。
47. 确知数字信号的最佳接收机。
48. 确知数字信号最佳接收的误码率。
49. 实际接收机和最佳接收机的性能比较。
50. 数字信号的匹配滤波接收法。
51. 最佳基带传输系统。
52. 纠错编码的基本原理。
53. 纠错编码的性能。

54. 线性分组码。
55. 循环码。
56. 卷积码。
57. 正交编码的概念。
58. 伪随机序列（主要考察 m 序列）。
59. 扩展频谱通信的概念。
60. 伪随机序列的其他应用。

IV. 题型示例及参考答案

一、简答题（70 分）

1、（6 分）

- (1) 衡量模拟通信系统可靠性和有效性的性能指标有哪些？
- (2) 衡量数字通信系统可靠性和有效性的性能指标有哪些？

2、（4 分）

设某信号 $s(t)$ 可表示为 $s(t) = 2\cos(2\pi t + \theta)$, $-\infty < t < \infty$, 试问它是功率信号还是能量信号？并说明其功率谱密度或者能量谱密度的单位是什么？

3、（8 分）

- (1) 随机过程的数字特征主要有哪些？
- (2) 窄带高斯过程的包络和相位分别服从什么概率分布？

4、（12 分）

何谓恒参信道？何谓随参信道？它们分别对信号传输有哪些主要影响？；

5、（8 分）

- (1) AM 信号的波形和频谱有哪些特点？
- (2) 与未调制载波的功率相比，AM 信号在调制过程中功率增加了多少？

6、（10 分）

- (1) 什么是码间串扰？它的产生原因是什么？对通信质量有什么影响？
- (2) 为了消除码间串扰，基带传输系统的传输函数应满足什么条件？其相应的冲激响应应具有什么特点？

7、（10 分）

- (1) 2ASK 信号传输带宽与波特率或基带信号的带宽有什么关系？
- (2) 试比较 2ASK 系统、2FSK 系统、2PSK 系统与 2DPSK 系统的抗噪声性能；
- (3) 采用 QPSK 调制传输 4800bps 的数据
 - ① 最小理论带宽是多少？
 - ② 若传输带宽不变，而比特率加倍，则调制方式应作何改变？

8、（12 分）

- (1) 试说明抽样时产生频谱混叠的原因；
- (2) 对电话信号进行非均匀量化有什么优点？
- (3) 何谓信号量噪比？它有无办法消除？

二、计算分析题（80 分）

1、(6分) 已知某信号 $s(t)$ 的双边功率谱密度为

$$P_s(f) = \begin{cases} 10^{-4} f^2 & , -10\text{kHz} < f < 10\text{kHz} \\ 0 & , \text{else} \end{cases}$$

试求其平均功率。

2、(6分) 设随机过程 $Y(t) = X_1 \cos \omega_0 t - X_2 \sin \omega_0 t$ ，若 X_1 与 X_2 是彼此独立且均值为 0、方差为 σ^2 的高斯随机变量，试求：

(1) $E[Y(t)]$ 、 $E[Y^2(t)]$ ；

(2) $Y(t)$ 的一维概率密度函数 $f(y)$ ；

3、(8分) 一个均值为 a ，自相关函数为 $R_x(\tau)$ ，功率谱为 $P_x(f)$ 的平稳随机过程 $X(t)$ 通过一个线性系统后的输出过程为： $Y(t) = X(t) + X(t-T)$ (T 为延迟时间)，试求 $Y(t)$ 的自相关函数 $R_y(\tau)$ 和功率谱密度 $P_y(f)$ 。

4、(6分) 设一幅黑白数字相片有 400 万个像素，每个像素有 16 个等概率出现的亮度等级。若用 3KHz 带宽的信道传输它，且信号噪声功率比等于 10dB，试问需要传输多少时间？(注： $\log_2(11) = 3.4594$)

5、(6分) 已知调制信号 $m(t) = \cos(2000\pi t) + \cos(4000\pi t)$ ，载波为 $\cos(10000\pi t)$ ，进行抑制载波上边带单边带调制，试确定该单边带信号的表示式。

6、(6分) 已知某单频调频波的振幅是 10V，瞬时频率为

$$f(t) = 10^6 + 10^4 \cos(2\pi \times 10^3 t) \text{， 单位：Hz}$$

试求：

(1) 此调频波的表达式；

(2) 若调制信号频率提高到 $2 \times 10^3 \text{ Hz}$ ，则调频波的频偏、调频指数和频带宽度分别为多少？

7、(6分) 已知信息代码为 1011 0000 0000 0101，试确定相应的 AMI 码及 HDB3 码。

8、(8分) 某二进制基带系统总的传输特性

$$H(\omega) = \begin{cases} \frac{T_s}{2} \left(1 + \cos \frac{\omega T_s}{2} \right) & , |\omega| \leq \frac{2\pi}{T_s} \\ 0 & , \text{其他 } \omega \end{cases}$$

试

(1) 证明其单位冲激响应为 $h(t) = \frac{\sin \pi t / T_s}{\pi t / T_s} \cdot \frac{\cos \pi t / T_s}{1 - 4t^2 / T_s^2}$ ；

(2) 说明用 $1/T_s$ 波特速率传递数据时，抽样时刻上是否存在码间串扰？

9、(6分) 设某 2PSK 传输系统的码元速率为 1200B，载波频率为 2400Hz，发送数字信息为 0100110 (设数字“1”对应 0 相位，数字“0”对应 π 相位，参考载波为正弦)

(1)画出 2PSK 已调波的时间波形;

(2)画出 2PSK 解调器原理框图。

10、(8 分) 已知模拟信号抽样值的概率密度函数 $f(x)$ 如图 1 所示, 若按 4 电平进行均匀量化, 试计算信号量化噪声功率比。

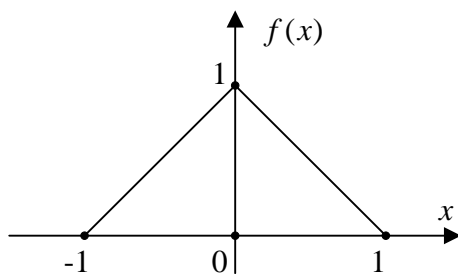


图 1

11、(8 分) 采用 13 折线 A 律编码, 设最小的量化间隔为 1 个量化单位, 已知抽样脉冲值为 -95 量化单位

(1)试求此时编码器的输出码组, 并计算量化误差;

(2)试写出对应于该 7 位码 (不包括极性码) 的均匀量化 11 位码。

12、(6 分) 对 10 路带宽均为 300Hz~3400Hz 的模拟信号进行 PCM 时分复用传输。设抽样速率为 8000Hz, 抽样后进行 8 级量化, 并编为自然二进制码, 码元波形是占空比为 1 的矩形脉冲。试求传输此时分复用 PCM 信号所需的带宽。

参考答案

一、简答题（70分）

1、答：

(1)模拟通信系统可靠性一般用接收机输出信噪比来度量，有效性一般用有效传输频带来度量；

(2)数字通信系统可靠性一般用误码率或者误比特率来表示，有效性一般用码元速率、信息速率或者频带利用率加以表示。

2、答：该信号是功率信号，其功率谱密度的单位是 W/Hz 。

3、答：

(1)随机过程的数字特征主要有：数学期望、方差、自相关函数等；

(2)窄带高斯过程的包络服从瑞利分布，相位服从均匀分布。

4、答：

信道特性不随时间发生变化，或者变化极慢，我们称为恒参信道；信道特性随时间变化的称为随参信道；恒参信道对传输信号的影响，主要体现在信道的幅频特性、相频特性的不良好；随参信道对传输信号的影响，主要体现在①信道的传输衰减时变；②信道的传输时延时变；③多径传播效应；

5、答：

(1) AM 信号的波形特征是已调波包络表示了低频调制信号的波形变化，AM 信号的频谱特征是频谱结构由载频以及上下边带分量组成。

(2)与未调制载波的功率相比，AM 信号在调制过程中功率增加了 2/3。

6、答：

(1)所谓码间串扰，是由于系统总的传输特性不理想，导致前后码元的波形畸变、展宽，并使前面波形出现很长的拖尾，蔓延到当前码元的抽样时刻，从而对当前码元的判决造成干扰。其形成原因主要是信道的带限作用，导致窄脉冲序列经过信道后出现波形展宽。其影响主要是增加了通信接收的误码。

(2)为了消除码间串扰，基带传输系统的传输函数应满足

$$\sum_i H\left(\omega + \frac{2\pi i}{T_s}\right) = \text{常数}, \quad |\omega| \leq \frac{\pi}{T_s}$$

$$\text{时域冲激响应满足 } h(kT_s) = \begin{cases} 1, & k=0 \\ 0, & \text{else} \end{cases}$$

7、答：

(1)在矩形包络条件下，2ASK 信号单边带宽等于 2 倍波特率或基带信号的单边带宽；

(2)在同等解调方式下，2PSK 系统抗噪声性能最优，2DPSK 系统次之，2FSK 系统再次，2ASK 系统最劣；

(3)最小理论带宽 2400Hz，调制方式应改变为 16 进制调制。

8、答：

(1)若抽样速率低于奈奎斯特速率，抽样信号频谱中相邻频谱健将发生混叠，主要原因是抽样频率不够高；

(2)对于电话信号，由于小幅度信号出现概率较大，采用非均匀量化，可以减小量化误差；

(3)将信号功率与量化噪声功率之比定义为信号量噪比，通过增加量化位数或者采用非均匀间隔量化，都可以减小信号量噪比。

二、计算分析题 (80 分)

1、答：该信号平均功率为

$$P = \int_{-\infty}^{\infty} P_s(f) df = \int_{-10^4}^{10^4} 10^{-4} f^2 df = \frac{2}{3} \cdot 10^8 (W)$$

2、答：

$$(1) E[Y(t)] = E[X_1 \cos \omega_0 t - X_2 \sin \omega_0 t] = E[X_1] \cos \omega_0 t - E[X_2] \sin \omega_0 t = 0$$

$$\begin{aligned} E[Y^2(t)] &= E[X_1^2 \cos^2 \omega_0 t + X_2^2 \sin^2 \omega_0 t - 2X_1 X_2 \cos \omega_0 t \sin \omega_0 t] \\ &= E[X_1^2] \cos^2 \omega_0 t + E[X_2^2] \sin^2 \omega_0 t - 2E[X_1] E[X_2] \cos \omega_0 t \sin \omega_0 t \\ &= \sigma^2 \cos^2 \omega_0 t + \sigma^2 \sin^2 \omega_0 t \\ &= \sigma^2 \end{aligned}$$

$$(2) f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \exp\left\{-\frac{y^2}{2\sigma^2}\right\}$$

3、答：自相关函数计算如下

$$\begin{aligned} R_y(\tau) &= E[Y(t)Y(t+\tau)] = E\{[X(t) + X(t-T)] \cdot [X(t+\tau) + X(t+\tau-T)]\} \\ &= E\{X(t)X(t+\tau) + X(t)X(t+\tau-T) + X(t-T)X(t+\tau) + X(t-T)X(t+\tau-T)\} \\ &= R_x(\tau) + R_x(\tau-T) + R_x(\tau+T) + R_x(\tau) \\ &= 2R_x(\tau) + R_x(\tau-T) + R_x(\tau+T) \end{aligned}$$

功率谱密度计算如下

$$P_y(f) = 2P_x(f) + P_x(f) \cdot e^{-j\omega T} + P_x(f) \cdot e^{j\omega T} = 2(1 + \cos \omega T) P_x(f)$$

4、答：

$$\text{该信道的信道容量为：} C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) = 3 \times 10^3 \times \log_2(1+10) = 1.0378 \times 10^4 (\text{bit/s})$$

$$\text{信源总的待发送信息量：} 400 \times 10^4 \times 4 = 1600 \times 10^4 (\text{bit})$$

$$\text{总的传输时间为：} \frac{1600 \times 10^4 (\text{bit})}{1.0378 \times 10^4 (\text{bit/s})} = 1542 (\text{s})$$

5、答：

该单边带信号的表示式：

$$s(t) = \frac{1}{2} m(t) \cos \omega_0 t - \frac{1}{2} \hat{m}(t) \sin \omega_0 t$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{2} \cdot [\cos(2000\pi t) + \cos(4000\pi t)] \cdot \cos(10000\pi t) - \frac{1}{2} \cdot [\sin(2000\pi t) + \sin(4000\pi t)] \cdot \sin(10000\pi t) \\
&= \frac{1}{2} \cos(2000\pi t) \cos(10000\pi t) - \frac{1}{2} \sin(2000\pi t) \sin(10000\pi t) + \frac{1}{2} \cos(4000\pi t) \cos(10000\pi t) - \frac{1}{2} \sin(4000\pi t) \sin(10000\pi t) \\
&= \frac{1}{2} \cos(12000\pi t) + \frac{1}{2} \cos(14000\pi t)
\end{aligned}$$

6、答：

(1) 瞬时频率： $f(t) = 10^6 + 10^4 \cos(2\pi \times 10^3 t)$

瞬时相位： $\theta(t) = 2\pi \times 10^6 t + 10 \sin(2\pi \times 10^3 t)$

调频波表达式： $10 \cos[2\pi \times 10^6 t + 10 \sin(2\pi \times 10^3 t)]$

(2) 若调制信号频率提高到 $2 \times 10^3 \text{ Hz}$

调频波的频偏： $\Delta f = 10 \text{ kHz}$

调频波的调频指数： $m_f = \frac{\Delta f}{f_m} \Rightarrow m_f = 5$

调频波的频带宽度： $B = 2 \cdot (\Delta f + f_m) = 24 \text{ kHz}$

7、答：

AMI 码： +1 0 -1 +1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 0 +1

HDB3 码： +1 0 -1 +1 0 0 0 +V -B 0 0 -V 0 +1 0 -1

8、答：

(1) 因为 $H(\omega) = \frac{T_s}{2} \left(1 + \cos \frac{\omega T_s}{2} \right) \cdot g_{\frac{4\pi}{T_s}}(\omega)$

$$= \frac{T_s}{2} \left(1 + \frac{1}{2} \cdot e^{j\frac{\omega T_s}{2}} + \frac{1}{2} \cdot e^{-j\frac{\omega T_s}{2}} \right) \cdot g_{\frac{4\pi}{T_s}}(\omega)$$

且 $\frac{T_s}{2} \cdot g_{\frac{4\pi}{T_s}}(\omega) \Leftrightarrow Sa\left(\frac{2\pi t}{T_s}\right)$

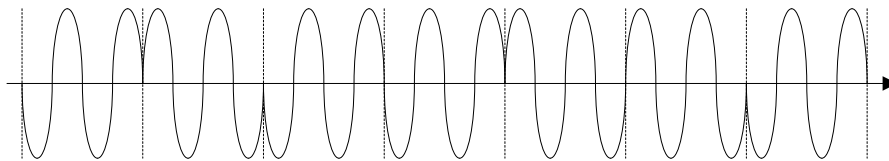
所以 $h(t) = \frac{\sin\left(\frac{2\pi t}{T_s}\right)}{\frac{2\pi t}{T_s}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\sin\left(\frac{2\pi}{T_s}\left(t + \frac{T_s}{2}\right)\right)}{\frac{2\pi}{T_s}\left(t + \frac{T_s}{2}\right)} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\sin\left(\frac{2\pi}{T_s}\left(t - \frac{T_s}{2}\right)\right)}{\frac{2\pi}{T_s}\left(t - \frac{T_s}{2}\right)}$

$$\begin{aligned}
&= \frac{\sin\left(\frac{2\pi t}{T_s}\right)}{\frac{2\pi t}{T_s}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\sin\left(\frac{2\pi}{T_s}t + \pi\right)}{\frac{2\pi}{T_s}t + \pi} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\sin\left(\frac{2\pi}{T_s}t - \pi\right)}{\frac{2\pi}{T_s}t - \pi} \\
&= \frac{\sin\left(\frac{2\pi t}{T_s}\right)}{\frac{2\pi t}{T_s}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{-\sin\left(\frac{2\pi}{T_s}t\right)}{\frac{2\pi}{T_s}t + \pi} + \frac{1}{2} \cdot \frac{-\sin\left(\frac{2\pi}{T_s}t\right)}{\frac{2\pi}{T_s}t - \pi} \\
&= \frac{\sin\left(\frac{2\pi t}{T_s}\right)}{\frac{2\pi t}{T_s}} + \frac{-\frac{2\pi}{T_s}t \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_s}t\right)}{\left(\frac{2\pi}{T_s}t\right)^2 - \pi^2} \\
&= \frac{-\pi^2 \sin\left(\frac{2\pi t}{T_s}\right)}{\frac{2\pi t}{T_s} \cdot \left\{\left(\frac{2\pi}{T_s}t\right)^2 - \pi^2\right\}} = \frac{\sin\left(\frac{2\pi t}{T_s}\right)}{\frac{2\pi t}{T_s} \cdot \left\{1 - \left(\frac{2}{T_s}t\right)^2\right\}} = \frac{\sin\left(\frac{\pi t}{T_s}\right)}{\frac{\pi t}{T_s}} \cdot \frac{\cos\left(\frac{\pi t}{T_s}\right)}{1 - \frac{4t^2}{T_s^2}}
\end{aligned}$$

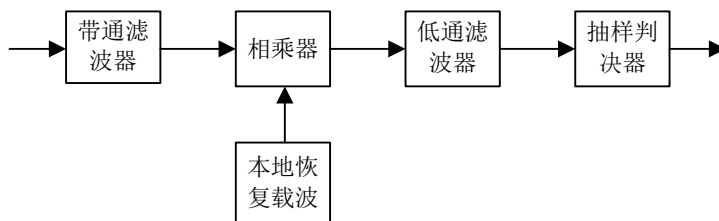
(2) $h(kT_s) = \frac{\sin(k\pi)}{k\pi} \cdot \frac{\cos(k\pi)}{1-4k^2} = \begin{cases} 1, & k=0 \\ 0, & k \neq 0 \end{cases}$, 所以用 $1/T_s$ 波特率传递数据时, 抽样时刻上不存在码间串扰。

9、答:

(1) 画出 2PSK 已调波的时间波形



(2) 画出 2PSK 解调器原理框图



10、答:

由题意, 量化间隔: $\Delta v = 0.5$;

量化区间终点依次为: -1、-0.5、0、0.5、1;

量化电平值为: -0.75、-0.25、0.25、0.75;

量化噪声功率为

$$\begin{aligned} N_q &= \sum_{i=1}^4 \int_{-m_i}^{m_i} (x - q_i)^2 f(x) dx \\ &= \int_{-1}^{-0.5} (x + 0.75)^2 (x + 1) dx + \int_{-0.5}^0 (x + 0.25)^2 (x + 1) dx \\ &\quad + \int_0^{0.5} (x - 0.25)^2 (1 - x) dx + \int_{0.5}^1 (x - 0.75)^2 (1 - x) dx = \frac{1}{48} \end{aligned}$$

信号功率为

$$\begin{aligned} S_q &= \sum_{i=1}^4 q_i^2 \int_{-m_i}^{m_i} f(x) dx \\ &= (-0.75)^2 \int_{-1}^{-0.5} (x + 1) dx + (-0.25)^2 \int_{-0.5}^0 (x + 1) dx \\ &\quad + 0.25^2 \int_0^{0.5} (1 - x) dx + 0.75^2 \int_{0.5}^1 (1 - x) dx = \frac{3}{16} \end{aligned}$$

所以, 量化噪声功率比为 $\frac{S_q}{N_q} = \frac{3/16}{1/48} = 9$

11、答:

(1) 极性码: $-95 < 0$ $c_1 = 0$

段落码: $95 < 128$ $c_2 = 0$;

$95 > 32$ $c_3 = 1$

$95 < 64$ $c_4 = 1$

由此可知抽样值位于第 4 段, 第 4 段的起始电平位 64, 量化间隔位 4 个量化单位。

段内码:

$95 < 64 + 4 * 8 = 96$ $c_5 = 0$

$95 > 64 + 4 * 4 = 80$ $c_6 = 1$

$95 > 64 + 4 * 6 = 88$ $c_7 = 1$

$95 > 64 + 4 * 7 = 92$ $c_8 = 1$

编码器输出码组为 00110111; 量化输出为 -92 个量化单位, 量化误差为 $95 - 92 = 3$ 个量化单位。

(2) 对应均匀量化 11 位码: 00001011111。

12、答: 每路信号所占时隙宽度为

$$T_i = \frac{1}{8000} \times \frac{1}{10} = \frac{1}{80} \text{ ms}$$

抽样后进行 8 级量化编码, 由 $N = \log_2 M$ 得 $N = 3$, 说明进行 3 位编码。每比特宽度

$$T_b = \frac{T_i}{3} = \frac{1}{240} \text{ ms}$$

由占空比为 1, 得出脉冲宽度

$$\tau = T_b$$

所以系统带宽为 $B = \frac{1}{\tau} = 240 \text{ kHz}$