

海 军 潜 艇 学 院

2009 年攻读硕士学位研究生入学考试专业课试题

考试科目：通信原理

考试时间：180 分钟

说 明：1、试题共六大题，满分 150 分

2、答案一律写在答题纸上，写在试卷上无效；其中第一、二、三大题直接将答案写在答题纸上，不必写出演算步骤；第四、五、六大题要求写出必要的文字说明、论述或重要的演算步骤。只写出最后答案，而未写出主要演算过程的，不能得分。有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。

一、填空题（本题共 10 小题，每空 1 分，共 20 分。填对得 1 分，填错、填写不完整或不答均得 0 分）

1. 模拟通信系统的可靠性是指_____，数字通信系统的可靠性是指_____。
2. 若以每分钟传送 30000 个码元的速率传输二进制信号，其码元速率为_____，信息速率为_____。
3. 一个均值为零平稳高斯过程，它的同相分量和正交分量的分布是_____，均值为_____。
4. 四进制数字信号的信息传输速率为 800b/s，其码元速率为_____，若传送 1 小时后，接收到 72 个错误码元，其误码率为_____。
5. 数字信号有时也称离散信号，这个离散是指信号的_____是离散变化的，而不一定指_____离散。
6. 通常如果按功率谱形状来分类，噪声可以分为_____和_____。
7. 按传输媒介来分，通信系统可分为_____和_____。
8. 在二进制数字调制系统中，设解调器输入信噪比 $r=7\text{dB}$ ，则相干解调 2PSK 系统的误码率为_____；相干解调-码变换 2DPSK 系统的误码率为_____。

9. 已知某调幅波的展开式为

$$s_{AM}(t) = 0.125 \cos 2\pi(10^4)t + 4 \cos 2\pi(1.1 \times 10^4)t + 0.125 \cos 2\pi(1.2 \times 10^4)t$$

则载波信号表达式为_____；调制信号表达式为_____。

10. 随参信道的特点是_____和_____。

二、名词解释（本题共 5 小题，每题 4 分，共 20 分）

1. 通信系统

2. 信道

3. 多径传播

4. 选择性衰落

5. 频率分集

三、单项选择题（本题共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分）

1. 四进制的每一波形包含的信息量为_____。

A、1bit B、2 bit C、3bit D、4bit

2. 如果一个线性系统的输入随机过程是高斯的，那么线性系统的输出过程是_____。

A、均匀分布 B、高斯分布 C、瑞利分布 D、莱斯分布

3. 频带利用率最低调制方式是_____。

A、2ASK B、2FSK C、2PSK D、2DPSK

4. 均值为零的窄带平稳高斯噪声加上一个正弦信号，它们相加之后的包络一维分布服从_____。

A、高斯分布 B、均匀分布 C、瑞利分布 D、莱斯分布

5. 窄带噪声的同相分量 $n_c(t)$ 和正交分量 $n_s(t)$ 它们都具有如下的性质_____。

A、低通 B、带通 C、带限 D、高通

6. 符号集为 A、B、C、D，它们相互独立，相应概率为 1/2、1/4、1/8、1/8，其中包含信息量最小的符号是_____。

A、A B、B C、C D、D

7. 设 r 为接收机输入端信噪比, 2DPSK 调制系统差分解调的误码率计算公式为_____。

A、 $\frac{1}{2} \operatorname{erfc}(\sqrt{r/4})$ B、 $\frac{1}{2} \exp(-r/2)$ C、 $\frac{1}{2} \exp(-r)$ D、 $\frac{1}{2} \operatorname{erfc}(\sqrt{r})$

8. 若要传输速率为 7200B 的数据流, 所需要的最小传输带宽为_____。

A、7.2kHz B、5.4kHz C、3.6kHz D、2.4kHz

9. 下面哪种调制方式, 不能利用直接法提取载波同步信息_____。

A、AM B、DSB C、2ASK D、2PSK

10. 散弹噪声和热噪声等都属于_____。

A、电路噪声 B、自然噪声 C、起伏噪声 D、窄带噪声

四、简答题 (本题共 5 小题, 每小题 8 分, 共 40 分)

1. 分析并说明

(1) 2FSK 信号与 2ASK 信号的区别与联系。

(2) 2FSK 解调系统与 2ASK 解调系统的区别与联系。

2. 请画出间接调频和间接调相的方的方框图, 并进行简要说明。

3. 试画出数字通信系统的模型框图, 并指出数字通信系统有什么特点? 必须要解决什么问题?

4. 写出香农公式表示式, 简述香农公式的意义。

5. 简述振幅键控、频移键控和相移键控三种调制方式各自的主要优点和缺点。

五、计算题 (本题共 3 小题, 第一小题 10 分, 第二小题 15 分, 第三小题 15 分, 共 40 分; 要求写出相应的计算步骤和必要的文字说明, 只有计算结果不得分)

1. 设 x 是对某模拟随机信号抽样得到的样值, 已知 x 在 $[-1, +1]$ 内均匀分布。

将 x 进行 4 电平均匀量化, 记量化电平为 x_q 。求 $E[x^2]$ 、 $E[x_q^2]$ 、 $E[x_q x]$ 及 $E[(x - x_q)^2]$ 。

2. 已知某二进制通信系统在 $[0, T]$ 时间内以等概的方式发送两个信号 $s_0(t)$, $s_1(t)$ 之一。

其中 $s_1(t) = 0$, $s_0(t) = \begin{cases} A & 0 \leq t < T \\ 0 & \text{其余} \end{cases}$ 。今发送某一个 $s_i(t)$, $i = 0, 1$, 收到 $r(t) = s_i(t) + n(t)$,

其中 $n(t)$ 是双边功率谱密度为 $\frac{N_0}{2}$ 的加性白高斯噪声。将 $r(t)$ 通过一个冲激响应为

$h(t) = s_0(t)$ 滤波器, 再在 $t = t_0$ 时刻进行取样得到 $y(t_0) = u + \zeta$ 。其中 u 是信号分量,

ζ 是噪声分量。试求 $E[u^2]$, $E[\zeta^2]$ 及能使 $\frac{E[u^2]}{E[\zeta^2]}$ 最大的 t_0 。

3. 设发送数字信息序列为 +1-1-1-1-1+1, 试画出 MSK 信号的相位变化图形。若码元速率为 1000Baud, 载频为 3000Hz, 试画出 MSK 信号的波形。

六、论述题（本题共 1 小题，共 10 分）

1. 结合自身情况, 谈谈对潜艇通信的认识, 包括潜艇通信的现状、存在的问题及其发展趋势。

参考答案

一、填空题

1. 信噪比，误码率；
2. 500B, 500b/s;
3. 正态分布, 0
4. 400B, 5×10^{-5}
5. 状态, 时间
6. 白噪声, 有色噪声
7. 有线通信, 无线通信;
8. $P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{r} = 7.9 \times 10^{-4}$, $P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{r} = 1.58 \times 10^{-3}$
9. 载波: $c(t) = \cos 2\pi \times 1.1 \times 10^4 t$, 调制信号: $m(t) = \frac{1}{4} \cos 2\pi \times 10^3 t + 4$
10. 幅度、时延随时间变化很快, 多径传播

二、名词解释

1. 通信系统: 实现信息传递所需的一切技术设备和传输媒质的总和。
2. 信道: 是指信号传输的通道, 可以有线的, 也可以是无线的, 甚至还可以包含某些设备。
3. 多径传播: 由发射点出发的电波可能经多条路径到达接收点, 这种现象称多径传播。
4. 选择性衰落: 当一个传输信号的频谱宽于相关带宽时, 传输信号的频谱将受到畸变, 致使某些分量被衰落, 这种现象称为频率选择性衰落, 简称选择性衰落。
5. 频率分集: 用多个不同载频传送同一个消息, 如果各载频的频差相隔比较远[例如, 频差选成多径时延差的倒数], 则各分散信号也基本互不相关。

三、选择题

1. B 2. B 3. B 4. D 5. A 6. A 7. C 8. C 9. D 10. C

四、简答题

1. (1) **2FSK**信号与**2ASK**信号的区别与联系:

一路**2FSK**可视为两路**2ASK**

(2) **2FSK**解调系统与**2ASK**解调系统的区别与联系:

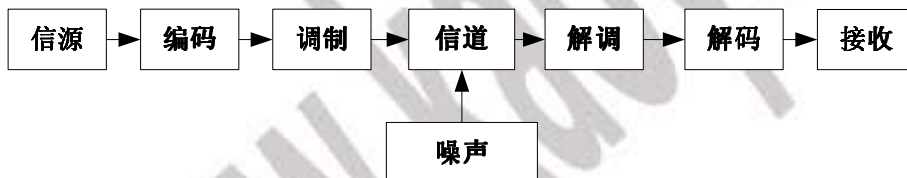
一路**2FSK**信号的解调,可利用**BPF**分路为两路**2ASK**信号,而后可采用解调**2ASK**信号的相干或包检法解调,再进行比较判决。前提:**2FSK**信号可分路为两路**2ASK**信号谱不重叠。

2. 间接调频是指:先对调制信号 $x(t)$ 积分,然后再进行相位调制,得到的信号也是调频信号;间接调相是指:先对调制信号 $x(t)$ 微分,然后再进行频率调制,得到的信号也是调相信号。

3. 数字通信特点:抗干扰性好、传输质量高、保密性好,易于结合现代数字信号处理技术,易于集成、减小体积,功能丰富等。

数字通信问题:存在码间干扰、存在同步问题、带宽消耗大

数字通信:



4. (1) 对于连续信道,假设信道的带宽为 B ,在加性高斯白噪声的干扰下,信道容量 C 为:

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \text{ bit/s}$$

式中, S 为信道输出的信号功率, N 为加性高斯白噪声功率, S/N 为信噪比。

(2) 意义:公式给出了通信系统所能达到的极限信息传输速率。提高信噪比能提高信道容量。增加信道带宽(也就是信号的带宽)能增加信道容量,但并不是无限之增大,因为 C 和 B 并不是简单的正比关系。信噪比再小,即使信噪比小于 1,信道容量也不会为 0。也就是说在弱信号强噪声下也存在通信能力,只不过允许传输的信息率小了。 C 一定, B 减小,则 S/N 增大,即发送功率增大;反之,可以减小发送

功率。

5. (1) 振幅键控优点：设备简单、频带利用率高；缺点：抗噪声性能差、对信道特性变化不敏感、不易使抽样判决器工作在最佳判决门限状态。

(2) 频移键控优点：抗干扰能力强、不受信道参数变化影响；缺点：占用频带较宽。

(3) 相移键控优点：抗噪声能力比 ASK 和 FSK 都强信道特性变化影响；缺点：存在载波相位模糊的问题。

五、计算题

1. 解： $E[x^2] = \int_{-1}^1 \frac{x^2}{2} dx = \frac{1}{3}$

量化电平有 4 种可能的取值 $-\frac{3}{4}, -\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{3}{4}$ ，所以

$$E[x_q^2] = \frac{1}{4} \left[\left(\frac{3}{4} \right)^2 \times 2 + \left(\frac{1}{4} \right)^2 \times 2 \right] = \frac{5}{16}$$

$$\begin{aligned} E[x_q x] &= \int_{-1}^1 \frac{x_q x}{2} dx \\ &= \int_{-1}^{-\frac{1}{2}} \frac{x}{2} \left(-\frac{3}{4} \right) dx + \int_{-\frac{1}{2}}^0 \frac{x}{2} \left(-\frac{1}{4} \right) dx + \int_0^{\frac{1}{2}} \frac{x}{2} \left(\frac{1}{4} \right) dx + \int_{\frac{1}{2}}^1 \frac{x}{2} \left(\frac{3}{4} \right) dx \\ &= \frac{5}{16} \end{aligned}$$

$$E[(x - x_q)^2] = E[x^2] - 2E[x_q x] + E[x_q^2] = \frac{1}{48}$$

2. 解: 若发送 $s_1(t)=0$, 则 $u=0$, $u^2=0$; 若发送 $s_0(t)$, 则

$$u = \int_0^T s_0(t) s_0(t_0 - t) dt = A \int_0^T s_0(t_0 - t) dt = \begin{cases} A^2 t_0 & 0 \leq t_0 \leq T \\ A^2 (2T - t_0) & T < t_0 \leq 2T \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

故

$$E[u^2] = \begin{cases} \frac{A^4 t_0^2}{2} & 0 \leq t_0 \leq T \\ \frac{A^4 (2T - t_0)^2}{2} & T < t_0 \leq 2T \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} E[\xi^2] &= E\left[\left(\int_0^T s_0(t) n(t_0 - t) dt\right)^2\right] = A^2 E\left[\left(\int_0^T n(t_0 - t) dt\right)^2\right] \\ &= A^2 E\left[\int_0^T \int_0^T n(t_0 - t) n(t_0 - \tau) dt d\tau\right] = \frac{A^2 N_0}{2} \int_0^T \int_0^T \delta(t - \tau) dt d\tau = \frac{A^2 N_0 T}{2} \end{aligned}$$

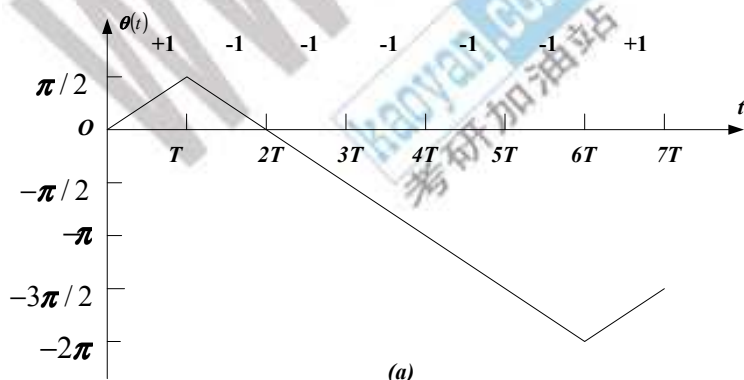
欲 $\frac{E[u^2]}{E[\xi^2]}$ 最大, 需 $E[u^2]$ 最大, 达到此最大值的 t_0 是 $t_0 = T$ 。

3. 解: 根据 MSK 信号特点:

$\alpha_k = +1$ 时, 附加相位函数 $\theta(t)$ 增大 $\frac{\pi}{2}$;

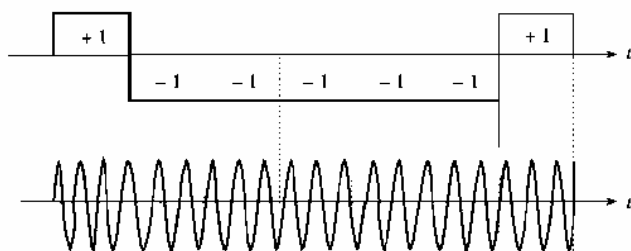
$\alpha_k = -1$ 时, $\theta(t)$ 减小 $\frac{\pi}{2}$ 。

因此可以画出 MSK 信号相位变化图形如下。



据题意， $R_B=1000\text{Baud}$ ， $f_c=3000\text{Hz}$ ，因此一个 MSK 符号周期内存在 3 个载波周期。

MSK 信号波形如下图所示。



六、论述题

略