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. 在数字通信系统中，其重要的质量指标“有效性”和“可靠性”分别对应__________和__________。

2．若八进制信号以 20000B 速率传送，则 10 秒钟传输的信息量为__________，若误码率为10^{-6}，则 100 秒钟的错码数为__________。

3．一个均值为零的平稳高斯窄带噪声，它的包络一维分布服从_________ ，如果再加上正弦波后包络一维分布服从_______________。

4. 一个二进制数字信号一分钟传送了 18000bit 的信息量，其码元速率为___________，若改用八进制数字信号传输，信息数率不变，这时码元速率为___________。

5．消息所包含的信息量与该消息的_______________有关。当错误概率任意小时，信道的________________称为信道容量。

6．理想白噪声的功率谱密度可以表示为_____________，自相关函数可以表示为_____________。

7．通信系统按信道中传输的信号不同可以分为__________和__________。

8．在二进制数字调制系统中，设解调器输入信噪比 r=7dB，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

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

则载波信号表达式为__________；调制信号表达式为__________。

10．为了提高数字信号的有效性而采取的编码称为__________，为了提高数字通信的可靠性而采取的编码称为__________。

二、 名词解释（本题共5小题，每题4分，共20分）

1．信息量

2．误码率

3．白噪声

4．相关带宽

5．空间分集

三、 单项选择题（本题共10小题，每小题2分，共20分）

1．十六进制的每一波形包含的信息量为_______。

A、1bit　B、2 bit　C、3bit　D、4bit

2．高斯白噪声通常是指噪声的_______量服从高斯分布。

A、幅值　B、相位　C、自相关函数　D、功率谱密度

3．抗噪声能力最差的调制方式是_______。

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．不论是数字的还是模拟的通信系统，只要进行相干解调都需要_______。

A、网同步　B、载波同步　C、位同步　D、群同步

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，2PSK 调制系统差分解调的误码率计算公式为_______。

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

8．已知码元速率为400波特，则2ASK的带宽为_______。

A、3200Hz　　B、1600Hz　　C、800Hz　　D、400Hz

9．某高斯信道带宽为4kHz，输出信噪比为63倍，则信道容量为_______。

A、12kb/s　　B、18kb/s　C、24kb/s　D、36kb/s

10．散弹噪声和热噪声等都属于_______。

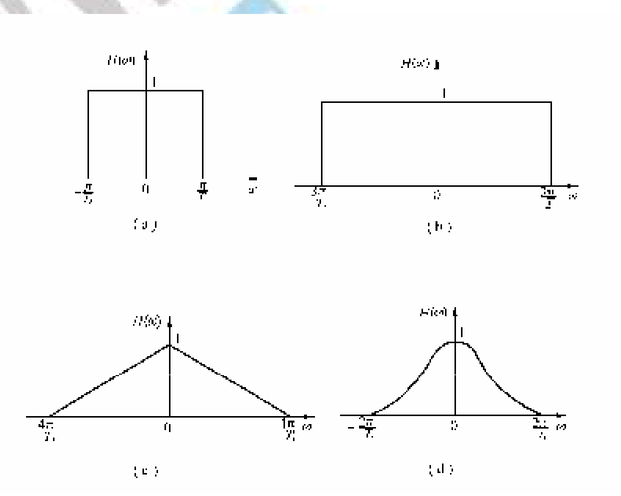
A、起伏噪声　B、自然噪声　C、电路噪声　D、窄带噪声

四、 简答题（本题共5小题，每小题8分，共40分）

1.用相邻码元的极性变化表示"1"，极性不变表示"0"，当信息码为10110000000011；则相应的差分码和HDB3码的输出分别为多少？

2．请定量分析形成码间干扰的主要原因。

3．设基带传输系统的发送滤波器、信道、接收滤波器组成总特性为 $H(\omega)$，若要求以 $2/T_b$ 波特的速率进行数据传输，试检验下图各种系统是否满足无码间串扰条件。



4．写出香农公式表示式，简述香农公式的意义。

5．DSB 和 SSB 调制系统的抗噪声性能是否相同？为什么？。

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 $E\left[x^2\right]$、$E\left[{x_q}^2\right]$、$E\left[x_q x\right]$ 及 $E\left[(x-x_q)^2\right]$。

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 $s_1(t)=0$，$s_0(t)=\begin{cases} A & 0\le t<T \\ 0 & 其余t \end{cases}$。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 $\dfrac{N_0}{2}$ 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，ξ 是噪声分量。试求 $E\left[u^2\right]$，$E\left[\zeta^2\right]$及能使$\dfrac{E\left[u^2\right]}{E\left[\zeta^2\right]}$最大的 t_0。

3．已知调制信号 $m(t)=\cos(2000\pi t)+\cos(4000\pi t)$ 载波为 $\cos 10^4 \pi t$，进行单边带调制，试确定单边带信号的表达式，并画出频谱图。

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．传输速率，误码率；

2．600000bit，2

3．瑞利分布，莱斯分布

4．1800B，600B；

5．概率，最大传信率

6．$P_n(\omega)=\dfrac{n_0}{2}\qquad(-\infty<\omega<\infty)$，$R_n(\tau)=\dfrac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\dfrac{n_0}{2}e^{j\omega\tau}d\omega=\dfrac{n_0}{2}\delta(\tau)$

7．模拟通信系统，数字通信系统

8．$P_e=\dfrac{1}{2}erfc\sqrt{r}=7.9\times10^{-4}$，$P_e=\dfrac{1}{2}erfc\sqrt{r}=1.58\times10^{-3}$

9．载波：$c(t)=\cos 2\pi\times1.1\times10^4 t$，调制信号：$m(t)=\dfrac{1}{4}\cos 2\pi\times10^3 t+4$

10．信源编码，信道编码

二、名词解释

1．信息量：对消息发生概率的度量。或者是事件出现的概率。

2．误码率：是指发生差错的码元数在传输总码元数中所占的比例，更确切地说，误码率就是码元在传输系统中被传错的概率。

3．白噪声：是指它的功率谱密度函数在整个频域内是常数，即服从均匀分布。之所以称它为“白”噪声，是因为它类似于光学中包括全部可见光频率在内的白光。

4．相关带宽：信道最大时延差的倒数为相邻两个零点之间的频率间隔，这个频率间隔通常称为多径传播信道的相关带宽。

5．空间分集：在接收端架设几副天线，天线间要求有足够的距离（一般在 100 个信号波长以上），以保证各天线上获得的信号基本相互独立。

三、选择题

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

四、简答题

1．

信息码		1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
差分码 1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
差分码 2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HDB3 码		+1	0	-1	+1	0	0	0	+1	-1	0	0	-1	+1	-1

2．设二进制脉冲序列 d(t)作为输入信号，它可以表示为 $d(t)=\sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n \delta(t-nT_s)$；经过基带传输系统 h(t)后输出为 y(t)，不考虑噪声时得：

$$y(t)=d(t)*h(t)=\sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n h\delta(t-nT_s) \qquad \text{（3 分）}$$

如果我们要对第 k 个码元进行抽样判决，抽样判决时刻应该在接收端收到的第 k 个码元的最大值时刻，设此刻为（kTb）这样

$$r(kT_b+t_0)=a_k h(t_0)+\sum_{n\neq k} a_n h[(k-n)T_b+t_0] \text{（3 分）}$$

第一项就是所希望得到的码元抽样值，第二项由无穷多项组成，它代表除第 k 个码元以外的其它码元产生的不需要的串扰位，称为码间串扰。（2 分）

3．解：

(1)要求$R_B=\frac{2}{T_b}$，该系统为理想低通，奈奎斯特间隔为T_b，奈奎斯特速率为$\frac{1}{T_b}<R_B$，

故不满足码间串扰条件。

(2)该系统为理想低通，奈奎斯特间隔为$\frac{T_b}{3}$，奈奎斯特速率为$\frac{3}{T_b}<R_B$，但不为整数倍，

故有码间干扰。

(3)该系统为可以等效为低通，奈奎斯特间隔为$\frac{T_b}{2}$奈奎斯特速率为$\frac{2}{T_b}=R_B$，

故满足码间串扰条件。

(4)该系统为可以等效为低通，奈奎斯特间隔为T_b，奈奎斯特速率为$\frac{1}{T_b}<R_B$，

故有码间串扰。

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：

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

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．从抗噪声的角度来说，DSB和SSB解调性能是相同的。因为如果解调器输入噪声功率谱密度相同，输入信号的功率也相同，则两者在解调器的输出端的信造币也是相等的。

五、计算题

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

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

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

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

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

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

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

故

$$E\left[u^2\right]=\begin{cases}\dfrac{A^4t_0^2}{2} & 0\le t_0\le T\\ \dfrac{A^4(2T-t_0)^2}{2} & T<t_0\le 2T\\ 0 & else\end{cases}$$

$$\begin{aligned}E\left[\xi^2\right]&=E\left[\left(\int_0^T s_0(t)n(t_0-t)dt\right)^2\right]=A^2E\left[\left(\int_0^T n(t_0-t)dt\right)^2\right]\\&=A^2E\left[\int_0^T\int_0^T n(t_0-t)n(t_0-\tau)dtd\tau\right]=\frac{A^2N_0}{2}\int_0^T\int_0^T\delta(t-\tau)dtd\tau=\frac{A^2N_0T}{2}\end{aligned}$$

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

3．解：可写出上边带的时域表示式

$$
\begin{aligned}
s_m(t) &= \frac{1}{2}m(t)\cos w_c t - \frac{1}{2}\hat{m}(t)\sin w_c t \\
&= \frac{1}{2}[\cos(2000\pi t) + \cos(4000\pi t)]\cos 10^4 \pi t \\
&\quad - \frac{1}{2}[\sin(2000\pi t) + \sin(4000\pi t)]\sin 10^4 \pi t \\
&= \frac{1}{4}[\cos 12000\pi t + \cos 8000\pi t + \cos 14000\pi t + \cos 6000\pi t] - \\
&\quad \frac{1}{4}[\cos 8000\pi t - \cos 12000\pi t + \cos 6000\pi t - \cos 14000\pi t] \\
&= \frac{1}{2}\cos 12000\pi t + \frac{1}{2}\cos 14000\pi t
\end{aligned}
$$

其傅立叶变换对

$$
\begin{aligned}
S_M(w) = \frac{\pi}{2}[&\delta(w+14000\pi) + \delta(w+12000\pi) \\
&+\delta(w-14000\pi) + \delta(w-12000\pi)]
\end{aligned}
$$

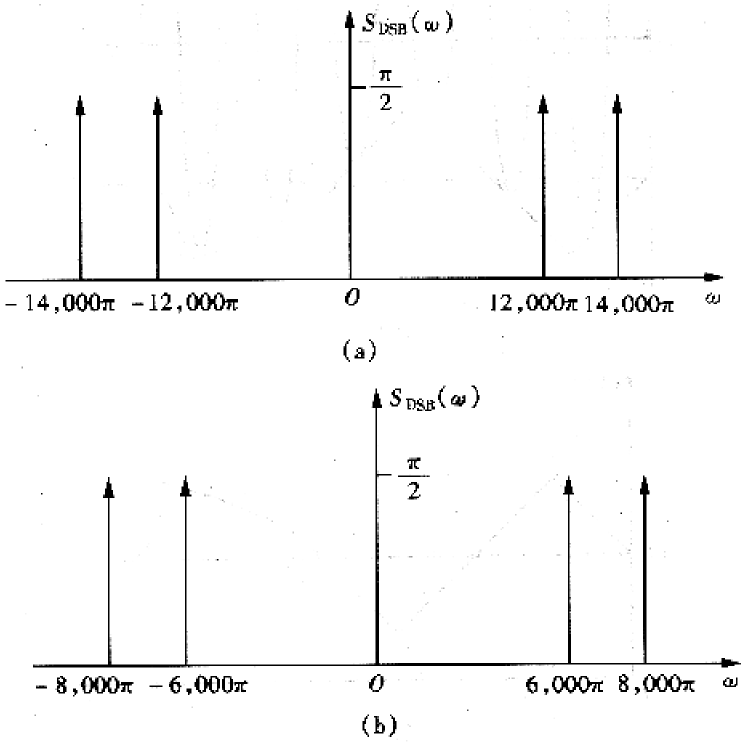
可写出下边带的时域表示式

$$
\begin{aligned}
s_m^{'}(t) &= \frac{1}{2}m(t)\cos w_c t + \frac{1}{2}\hat{m}(t)\cos w_c t \\
&= \frac{1}{2}[\cos(2000\pi t) + \cos(4000\pi t)]\cos 10^4 \pi t \\
&\quad + \frac{1}{2}[\sin(2000\pi t) + \sin(4000\pi t)]\sin 10^4 \pi t \\
&= \frac{1}{4}[\cos 12000\pi t + \cos 8000\pi t + \cos 14000\pi t + \cos 6000\pi t] \\
&\quad + \frac{1}{4}[\cos 8000\pi t - \cos 12000\pi t + \cos 6000\pi t - \cos 14000\pi t] \\
&= \frac{1}{2}\cos 8000\pi t + \frac{1}{2}\cos 16000\pi t
\end{aligned}
$$

其傅立叶变换对

$$
\begin{aligned}
S_M^{'}(w) = \frac{\pi}{2}[&\delta(w+8000\pi) + \delta(w+6000\pi) \\
&+\delta(w-8000\pi) + \delta(w-6000\pi)]
\end{aligned}
$$

两种单边带信号的频谱图分别如下图。



六、论述题

略