姓名：　　　班内序号：　　　学号：　　　班级：

装　　　订　　　线

北京邮电大学 2005 ——2006 学年第 I 学期

《通信原理 I 》期末考试试题(B 卷)

考试注意事项	一、学生参加考试须带学生证或学院证明，未带者不准进入考场。学生必须按照监考教师指定座位就坐。 二、书本、参考资料、书包等与考试无关的东西一律放到考场指定位置。 三、学生要遵守《北京邮电大学考场规则》，有考场违纪或作弊行为者，按相应规定严肃处理。 四、学生不得自行携带草稿纸，本试卷的背页以及最后一页可作为草稿纸。 五、答题内容必须做在规定的位置上，如地方不够可做在背面，但不能做在草稿纸上。

考试课程	通信原理 I	考试时间	2006 年 1 月 12 日

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	总分
满分	10	10	10	10	12	12	12	12	12	
得分										
阅卷教师										

一．选择填空（每空 1 分，共 10 分）

请在后面的答题表中，对应每个空格编号填入所选答案的字母编号。所选答案必须来自下面所列的答案，必须选择最合理的答案。每个空格只能选一个答案，不排除某一个答案被多次选择的可能性。

(*a*)3	(*b*)2	(*c*)1	(*d*)AMI
(*e*)2PSK	(*f*)2DPSK	(*g*)OOK	(*h*)5
(*i*)4	(*j*)FM	(*k*)4PAM	(*l*)32
(*m*)6	(*n*)16	(*o*)128	(*p*)64

1．**示例**：3+2=__1__，2×1=__2__。

2．若发送信号的比特能量相同、信道中加性白高斯噪声的功率谱密度相同，那么 2FSK 的误比特率和__3__相同，2DPSK 的误码率比__4__大。

3．二进制序列经过 HDB3 码编码后连续出现的 0 符号个数最多是__5__个。

4．信源信息速率是 4000bit/s，采用 QPSK 传输时符号速率是___⑥___k 波特。如果此 QPSK 调制采用了滚降系数为 1 的根升余弦频谱成形，那么发送信号的带宽是___⑦___kHz，此时的频带利用率为___⑧___bit/s/Hz。

5．某模拟基带信号的频谱范围为 0~1kHz。对其按奈奎斯特速率进行取样，再经过 A 律十三折线编码，那么编码后的数据速率为___⑨___kbit/s。

6．设数据序列是速率为 1kbit/s 的独立等概二进制序列，则对应的双极性不归零信号的主瓣带宽是___⑩___kHz。若将此信号调制为 QPSK，则已调信号的主瓣带宽为___⑪___；若将此信号调制为 2DPSK，则已调信号的主瓣带宽为___⑫___。

答题表

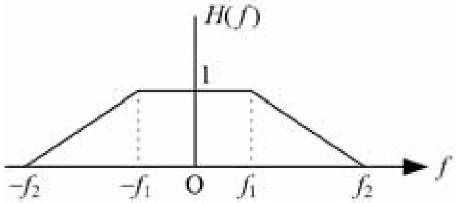
空格编号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
答案的字母编号	h	b										

二．（10 分）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 $E\left[\left(x-x_q\right)^2\right]$。

三．（10 分）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 $s_1(t)=0$，$s_0(t)=\begin{cases} A & 0\le t<T \\ 0 & 其它t \end{cases}$。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 $\frac{N_0}{2}$ 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 $y(t_0)=u+\xi$。其中 u 是信号分量，ξ 是噪声分量。试求 $E\left[u^2\right]$、$E\left[\xi^2\right]$ 及能使 $\frac{E\left[u^2\right]}{E\left[\xi^2\right]}$ 最大的 t_0。

四．(10 分)设 16 进制基带传输系统的发送滤波器、信道和接收滤波器的总传输特性 $H(f)$ 如

下图所示，其中 $f_2=2\text{MHz}$， $f_1=1\text{MHz}$。试确定该系统无码间干扰传输时的最高符号码元速率 R_s、比特速率 R_b。



五.（12 分）随机变量 X、Y 以独立等概方式取值于 $\{0,+1\}$，其熵为 $H(X)=H(Y)=1\text{bit}$。令 $Z=2X+Y$

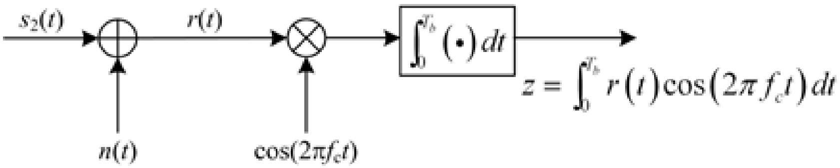
(1)请写出 Z 的各种可能取值及其出现概率；

(2)求 Z 的熵 $H(Z)$

六.（12 分)已知 BPSK 系统的两个信号波形为 $s_1(t)=\cos(2\pi f_c t)$ 和 $s_2(t)=-s_1(t)$，持续时间是 $0\le t<T_b$， $f_c>>1/T_b$。

(1)求平均比特能量 E_b 及两信号波形的相关系数 ρ；

(2)下图中 $n(t)$ 是双边功率谱密度为$N_0/2$ 的加性白高斯噪声，求图中的z小于零的概率。

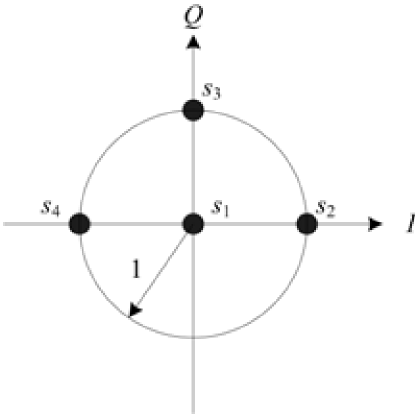


七.（12 分)已知零均值模拟基带信号 $m(t)$ 的带宽为 f_m，平均功率为 $\overline{m^2(t)}=1$，取值范围为 $[-5,+5]$。用 $m(t)$ 对载波 $\cos 2\pi f_c t$ 进行调制得到已调信号为 $s(t)=3[1+m(t)]\cos 2\pi f_c t$， $f_c>>f_m$。

(1)求 $s(t)$ 的平均功率；

(2)画出从 $s(t)$ 中解调 $m(t)$ 的框图；

八.（12 分)某个 4 进制调制的星座图如下图所示，若信道噪声是加性高斯噪声，请画出按最大似然判决准则进行判决时，符号 s_1 的判决域。若各符号等概出现，求平均符号能量 E_s。



九. (12 分)已知平稳过程 $x(t)$ 的功率谱密度为 $P_x(f)=\begin{cases} T_s & |f|\le\dfrac{1}{2T_s} \\ 0 & else \end{cases}$，求

(1) $x(t)$ 的自相关函数 $R_x(\tau)=E\left[x(t)x(t+\tau)\right]$；

(2) $z(t)=x(t)-\dfrac{1}{2}x(t-T_s)$ 的功率谱密度 $P_z(f)$；

(3)序列 $\{x_k=x(kT_s)\}$ 的自相关函数 $C_x(m)=E\left[x_k x_{k+m}\right]$

(4)序列 $\{z_k=z(kT_s)\}$ 的自相关函数 $C_z(m)=E\left[z_k z_{k+m}\right]$。

《通信原理 I》B 卷参考答案

十．选择填空（每空 1 分，共 10 分）

空格编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
答案编号	*h*	*b*	*g*	*e*	*a*	*b*	*i*	*c*	*n*	*c*	*c*	*b*

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

量化电平有 4 种等可能的取值 $-\dfrac{3}{4},-\dfrac{1}{4},\dfrac{1}{4},\dfrac{3}{4}$，所以

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

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

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

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

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

故

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

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

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$t_0=T$。

十三．解：$R_s=3\text{Mbaud}$，$R_b=12\text{Mbps}$

十四．解： Z 的样本空间是$\{0,+1,+2,+3\}$，各取值等概。$H(Z)=2\,\text{bit}$(单位可以写 bit 或者 bit/symbol)

十五．解：$E_b=\dfrac{T_b}{2}$，$\rho=-1$

$$
z=\int_0^{T_b}\left[-\cos 2\pi f_c t+n(t)\right]\cos 2\pi f_c t dt=-\frac{T_b}{2}+\int_0^{T_b}n(t)\cos 2\pi f_c t dt
$$

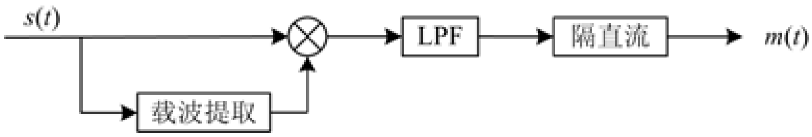
$\xi=\int_0^{T_b}n(t)\cos\left(2\pi f_c t\right)dt$ 是均值为 0 的高斯随机变量，其方差为

$$\sigma^2=E\left[\int_0^{T_b}\int_0^{T_b}n(t)n(\tau)\cos(2\pi f_c t)\cos(2\pi f_c\tau)dtd\tau\right]$$
$$=\int_0^{T_b}\int_0^{T_b}\frac{N_0}{2}\delta(t-\tau)\cos(2\pi f_c t)\cos(2\pi f_c\tau)dtd\tau$$
$$=\int_0^{T_b}\frac{N_0}{2}\cos^2(2\pi f_c t)dt=\frac{T_bN_0}{4}$$

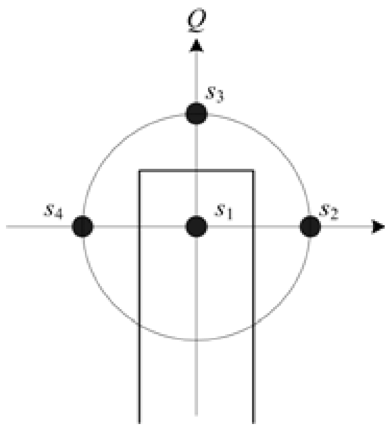
因此 $P(z<0)=1-P\left(\xi>\frac{T_b}{2}\right)=1-\frac{1}{2}\mathrm{erfc}\left(\sqrt{\frac{T_b}{2N_0}}\right)$

十六．解：(1) 平均功率 $3^2\times\frac{1+1}{2}=9$

(2)



十七．解：$E_s=\frac{3\times1+0}{4}=0.75$



十八．解：$x(t)$ 的自相关函数是 $R_x(\tau)=\mathrm{sinc}\left(\frac{\tau}{T_s}\right)$

$$P_z(f)=P_x(f)\left|1-\frac{1}{2}e^{-j2\pi fT_s}\right|^2=\left[\frac{5}{4}-\cos(2\pi fT_s)\right]P_x(f)$$
$$=\begin{cases}T_s\left[\frac{5}{4}-\cos(2\pi fT_s)\right] & |f|\le\frac{1}{2T_s}\\ 0 & else\end{cases}$$
$$C_x(m)=E\left[x_kx_{k+m}\right]=R_x(mT_s)=\begin{cases}1 & m=0\\ 0 & m\ne0\end{cases}$$

$$C_z(m)=E\left[z_k z_{k+m}\right]=E\left[\left(x_k-\frac{x_{k-1}}{2}\right)\left(x_{k+m}-\frac{x_{k+m-1}}{2}\right)\right]$$

$$=\frac{5}{4}C_x(m)-\frac{1}{2}C_x(m+1)-\frac{1}{2}C_x(m-1)=\begin{cases}\frac{5}{4} & m=0\\ -\frac{1}{2} & m=\pm 1\\ 0 & else\end{cases}$$