北京邮电大学 2006——2007 学年第 I 学期

《通信原理》期中考试试题(A 卷)

包括选择填空在内的所有答题都应写在答题纸上，否则不计成绩！
试卷最后一页有公式提示

一．选择填空（每空 1 分，共 25 分）

答案必须来自下列答案，必须是最合理的答案。
按“空格编号 答案编号”的格式答题，例如：26 f；27 甲

(a)3	(b)2	(c)频带传输	(d) $\cos 32\pi t$
(e)50	(f)高斯	(g)0	(h)5
(i)4	(j)1	(k)隔直流传输	(l)10
(m)6	(n)16	(o)24	(p) $\sqrt{2}\cos 32\pi t$
(q)8	(r)瑞利	(s)128	(t)64
(u)12	(v)莱斯	(w)均匀	(x)指数
(y) $\sin 32\pi t$	(z) $\sqrt{2}\sin 32\pi t$	(甲)32	(乙)120
(丙)高	(丁)低	(戊)200	(己)160
(庚) $H(f)+H(2f_c-f)=1$		(辛)奈奎斯特准则	
(壬) $H(f+f_c)+H(f-f_c)=1$		(癸) $H(f)=1$	

1．若等概分布的 16 进制数字信号的符号速率是 2.5×10^5 符号/秒，那么比特速率是__1__$\times10^5$ 比特/秒，符号间隔是__2__微秒，比特间隔是__3__微秒。

2． $m(t)=2\cos(32\pi t+\pi/4)$ 的平均功率是__4__瓦，$m^2(t)$ 的平均功率是__5__瓦。

3．设模拟基带信号的带宽是 4kHz。用此信号进行调制指数为 $a=1$ 的 AM 调制（具有离散大载波的双边带幅度调制），则已调信号的带宽是__6__kHz；用此信号进行调制指数为 $\beta_f=1$ 的 FM 调制，则已调信号的近似带宽是__7__kHz。

4．HDB3 码的信号波形有__8__种不同的电压值，数字分相码（Manchester 码）的信号波形有__9__种不同的电压值，这两种信号都适合于__10__。

5．已知信源的数据速率是 8kbps。若采用二进制升余弦滚降基带传输，滚降系数是 0.25，则最少需要的信道带宽是__11__kHz；若采用 256 进制升余弦滚降基带传输，滚降系数是 1，则最少需要的信道带宽是__12__kHz。

6．已知白高斯噪声的双边功率谱密度为 $N_0/2=10^{-6}$ 瓦/Hz，将其通过一个等效噪声带宽为 16kHz 的窄带滤波器后，输出噪声的功率是__⑬__毫瓦，输出电压的瞬时值服从__⑭__分布，包络服从__⑮__分布。

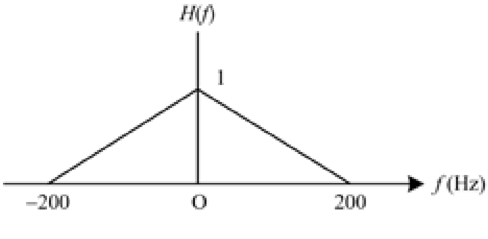
7．某调频信号的表达式是 $s(t)=\cos\left[2000\pi t+4\cos(32\pi t)\right]$，它的最大频偏是__⑯__Hz，近似带宽是__⑰__Hz。若还已知产生此调频信号的调频器的基带输入是某个功率为 1 的模拟基带信号 $m(t)$ 的微分，那么 $m(t)=$__⑱__。

8．设信源是独立等概的二进制序列，速率是 2kbps。若采用幅度为 20 伏的双极性不归零信号，则平均比特能量是__⑲__$\times10^{-3}$ 焦耳，主瓣带宽是__⑳__kHz；若采用幅度为 20 伏、半占空的单极性归零信号，则平均比特能量是__㉑__$\times10^{-3}$ 焦耳，主瓣带宽是__㉒__kHz；

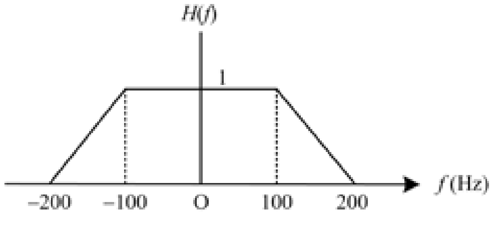
9．对于幅度为 10 伏的单极性不归零信号及零均值加性高斯噪声的情形，最佳判决门限与信息 0、1 的出现概率有关。假设二进制 0 对应 0 伏，二进制 1 对应 10 伏，则当信源等概时，最佳门限应设为__㉓__伏。若发送 1 的概率显著高于发送 0 的概率，则调__㉔__判决门限可进一步降低误码率。

10．VSB 调制是将 DSB 信号 $m(t)\cos 2\pi f_c t$ 通过一个带通滤波器 $H(f)$ 形成的，其中 $H(f)$ 在 $f\in[f_c-W, f_c+W]$ 范围内满足__㉕__。

二．(10 分)某 64 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 $H(f)$ 如下两图所示。分别就图(a)和图(b)的情形确定出系统无码间干扰传输时的最高符号速率 R_s、比特速率 R_b、以波特/Hz 为单位的频带利用率以及以 bps/Hz 为单位的频带利用率。

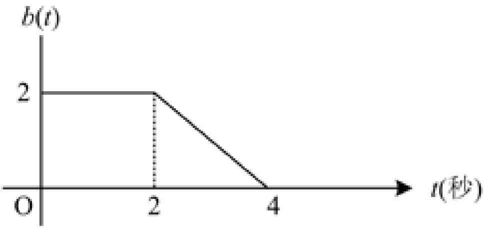


图(a)



图(b)

三．（12 分）已知$b(t)$的波形如下图所示，此信号受到白高斯噪声的干扰。



(1)画出对$b(t)$匹配的匹配滤波器的冲激响应$h(t)$的波形，要求$h(t)$幅度最大为 1、因果、且时延最小；

(2)求白高斯噪声通过此匹配滤波器后的平均功率；

(3)求$b(t)$通过此匹配滤波器后的最大输出幅度。

四．（10 分）某系统在$[0,T]$时间内以等概方式发送信号$s_1(t)$和$s_2(t)$之一，其中$s_1(t)=\begin{cases}1 & 0\le t<T \\ 0 & 其它t\end{cases}$，$s_2(t)=-s_1(t)$。接收信号为$r(t)=s_i(t)+n_w(t)$，$i=1,2$。将$r(t)$通过一个冲激响应为$h(t)=s_1(t)$滤波器，其输出信号$y(t)$在$t=T$时刻的值是$y$。

(1)求发送$s_1(t)$条件下的均值$E[y|s_1]$、方差$D[y|s_1]$和概率密度函数$p(y|s_1)$；

(2)若判决门限为$V_{th}=0$，求发送$s_1(t)$而误判为$s_2(t)$的概率。

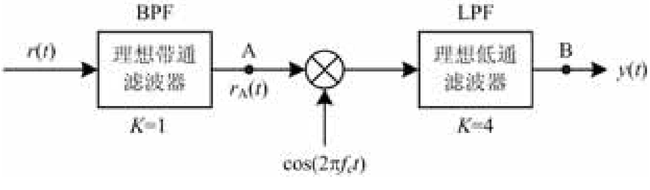
五．（12 分）设模拟基带信号$m(t)=\cos 2\pi f_m t$，载波$c(t)=\cos 2\pi f_c t$，$f_c >> f_m$。

(1)$s_1(t)=m(t)c(t)$是什么调制？试画出其傅氏变换的幅度谱图，并画出解调框图；

(2)将$s_1(t)$通过一个截止频率为f_c的理想低通滤波器得到$s_2(t)$，请问$s_2(t)$对于$m(t)$来说是什么调制？写出$s_2(t)$的表达式；

(3)分别写出$s_1(t)$和$s_2(t)$的复包络。

六．(12 分)已知模拟基带信号$m(t)$的带宽为B_m，功率为P_m。已调信号$s(t)=m(t)\cos 2\pi f_c t+\hat{m}(t)\sin 2\pi f_c t$经过信道传输时经历了衰减并受到了白高斯噪声$n_w(t)$的干扰，接收信号为$r(t)=0.1s(t)+n_w(t)$。下图是接收机框图。图中 BPF 的幅度增益为 1，带宽恰好使有用信号无失真通过。图中 LPF 的带宽为B_m，幅度增益为 4。



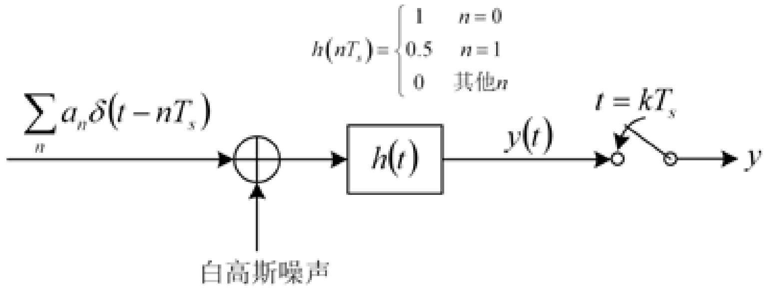
(1)求 A 点已调信号的功率P_A和噪声功率P_{n_A}；

(2)写出 B 点信号的表达式；

(3)若$P_m/(N_0 B_m)=10^5$，求 B 点的信噪比。

七．(10 分)PAM 信号 $s(t)=\sum_{n=-\infty}^{\infty}a_n g(t-nT_s)$。已知序列 $\{a_n\}$ 的自相关函数为 $R_a(m)=\begin{cases}1 & m=0\\ -1/2 & m=\pm1\\ 0 & |m|>1\end{cases}$，脉冲 $g(t)=\begin{cases}1 & |t|\le 1\\ 0 & |t|>1\end{cases}$，符号间隔 $T_s=5$ 秒。求 $s(t)$ 的功率谱密度。

八．(9 分)数字基带二进制双极性序列 $\{a_n\}$ 经过一个如图所示的非理想的基带传输系统传输，抽样时刻存在码间干扰。已知 a_n 以独立等概的方式取值于 $(+1,-1)$。试写出抽样时刻产生的码间干扰 y_{ISI} 的各种可能取值，以及它们的出现概率。



公式提示
(1)信号 $s(t)=\sum_{n=-\infty}^{\infty}a_n g(t-nT_s)$ 的功率谱密度为 $P_s(f)=\frac{1}{T_s}P_a(f)\lvert G(f)\rvert^2$，其中 $G(f)$ 是 $g(t)$ 的傅氏变换，$P_a(f)=\sum_{m=-\infty}^{\infty}R_a(m)e^{-j2\pi fmT_s}$，$R_a(m)$ 是序列 $\{a_n\}$ 的自相关函数。
(2)若 $x(t)$ 的傅氏变换是 $X(f)$，则 $\int_{-\infty}^{\infty}\lvert X(f)\rvert^2 df=\int_{-\infty}^{\infty}\lvert x(t)\rvert^2 dt$
(3)本试题中的出现的“白高斯噪声”一律具备平稳、遍历特性，其均值为零，双边功率谱密度为 $N_0/2$。本试题中，记号 $n_w(t)$ 总指白高斯噪声。若令 $z(t)=\int_0^t n_w(t)dt$，则 $z(t)$ 的均值为零，方差为 $N_0t/2$。
(4)若随机变量 $x\sim N(0,\sigma^2)$，$z>0$，则 $P(\lvert x\rvert>z)=\operatorname{erfc}\left(\frac{z}{\sqrt{2\sigma^2}}\right)$，其中 $\operatorname{erfc}(u)\triangleq\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_u^{\infty}e^{-t^2}dt$
(5) $2\cos x\cos y=\cos(x-y)+\cos(x+y)$，$2\sin x\cos y=\sin(x-y)+\sin(x+y)$
(6)若 $f(x)=\begin{cases}1 & \lvert x\rvert\le x_0/2\\ 0 & \lvert x\rvert>x_0/2\end{cases}$，则 $\int_{-\infty}^{\infty}f(x)e^{j2\pi\tau x}dx=x_0\operatorname{sinc}(\tau x_0)$

《通信原理》期中考试 A 卷参考答案

一．选择填空

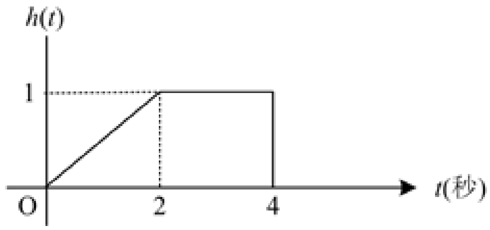
空格编号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
答案编号	*l*	*i*	*j*	*b*	*m*	*q*	*n*	*a*	*b*	*k*	*h*	*j*	甲
空格编号	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑	㉒	㉓	㉔	㉕	
答案编号	*f*	*r*	*t*	己	*p*	戊	*b*	*e*	*i*	*h*	丁	庚	

注：25 题的条件是 $f\in\left[f_c-W, f_c+W\right]$，因此答案是庚，不是壬。

二．答：对于图 a，最高符号速率是 200 波特，比特速率是 1200bps，频带利用率：1Baud/Hz，6bps/Hz。

对于图 b，最高符号速率是 300 波特，比特速率是 1800bps，频带利用率：1.5Baud/Hz，9bps/Hz。

三．解：(1)



(2) $\sigma^2=\int_{-\infty}^{\infty}\frac{N_0}{2}\left|H(f)\right|^2 dt=\frac{N_0}{2}\int_{-\infty}^{\infty}h^2(t)dt=\frac{N_0}{2}\left\{\int_0^2\left(\frac{t}{2}\right)^2 dt+\int_2^4 1^2 dt\right\}=\frac{N_0}{2}\times\frac{8}{3}=\frac{4N_0}{3}$

(3)信号通过匹配滤波器后，在最佳取样时刻最大。对本题，最佳取样时刻是 $t=4$ 秒，因此最大输出幅度是 $\int_{-\infty}^{\infty}b(4-\tau)h(\tau)d\tau=\int_{-\infty}^{\infty}2h(\tau)h(\tau)d\tau=\frac{16}{3}$。

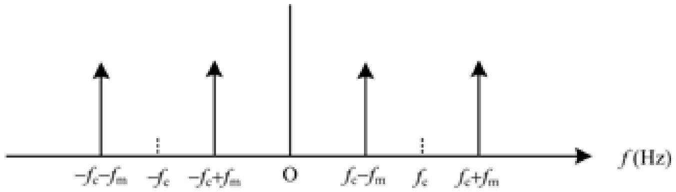
四．解：(1) 滤波器的输出是 $y(t)=\int_{-\infty}^{\infty}h(\tau)r(t-\tau)d\tau=\int_0^T\left[s_i(t)+n_w(t)\right]dt=\pm T+\int_0^T n_w(t)dt$。

令 $Z=\int_0^T n_w(t)dt$，则其均值为 0，方差为 $\frac{N_0T}{2}$。因此 $E\left[y\,|\,s_1\right]=T$，$D\left[y\,|\,s_1\right]=\frac{N_0T}{2}$，

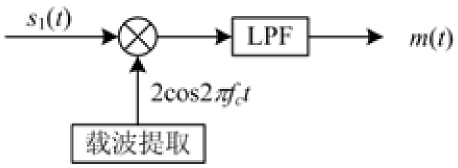
$$p(y|s_1)=\frac{1}{\sqrt{\pi N_0 T}}\exp\left(-\frac{(y-T)^2}{N_0 T}\right)。$$

(2) $P(s_2|s_1)=P(y<0|s_1)=P(T+Z<0)=P(Z<-T)=\frac{1}{2}\operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{T}{N_0}}\right)$

五．解：(1)DSB，幅度谱如下：



解调框图：



(2)下单边带调制，$s_2(t)=\frac{1}{2}\cos\left[2\pi\left(f_c-f_m\right)t\right]$

(3) $s_1(t)$ 的复包络是 $\cos 2\pi f_m t$，$s_2(t)$ 的复包络是 $\frac{1}{2}\left[\cos 2\pi f_m t - j\sin 2\pi f_m t\right]=\frac{1}{2}e^{-j2\pi f_m t}$

六．解：(1) $P_A=0.01P_m$，$P_{n_A}=N_0 B_m$。

(2) $y(t)=0.2m(t)+2n_c(t)$，其中 $n_c(t)$ 是 A 点噪声的同相分量，其功率为 $N_0 B_m$。

(3)输出信噪比为 $\frac{P_m}{100N_0 B_m}=10^3$。

七．解：$P_a(f)=\sum_{m=-\infty}^{\infty}R_a(m)e^{-j10\pi mf}=1-\frac{1}{2}\left(e^{j10\pi f}+e^{-j10\pi f}\right)=1-\cos 10\pi f=2\sin^2 5\pi f$

$G(f)=2\operatorname{sinc}(2f)$，因此

$$P_s(f)=\frac{1}{5}\times 2\sin^2(5\pi f)\times\left[2\operatorname{sinc}(2f)\right]^2=\frac{8}{5}\sin^2(5\pi f)\operatorname{sinc}^2(2f)$$

八．解：忽略噪声，抽样时刻的波形是 $y(t)=\left\{\sum_{n=-\infty}^{\infty}a_n\delta(t-nT_s)\right\}\otimes h(t)=\sum_{n=-\infty}^{\infty}a_n h(t-nT_s)$

抽样值是 $y(kT_s)=\sum_{n=-\infty}^{\infty}a_n h(kT_s-nT_s)=a_k h(0)+a_{k-1}h(T_s)=a_k+\frac{1}{2}a_{k-1}$

所产生的码间干扰是 $y_{ISI}=\frac{1}{2}a_{k-1}$，其可能取值是 $-\frac{1}{2}$ 和 $\frac{1}{2}$，出现概率都是 $\frac{1}{2}$。