

北京邮电大学 2008——2009 学年第 I 学期

《通信原理》期中考试试题(B 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 26 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

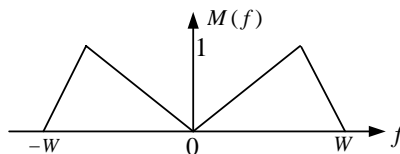
(a)3	(b)2	(c)频带传输	(d) $\cos 32\pi t$
(e)单极性 NRZ 码	(f)高斯	(g) HDB ₃ 码	(h)5
(i)4	(j)10	(k)平方	(l)12
(m)6	(n)16	(o)24	(p) $\delta(f - f_0)$
(q)8	(r)瑞利	(s)AMI 码	(t)64
(u)单极性 RZ 码	(v)莱斯	(w)均匀	(x)指数
(y) $\sin 32\pi t$	(z) $\delta(f + f_0)$	(甲)32	(乙)120
(丙)高、大	(丁)低、小	(戊)200	(己)160
(庚)1/16	(辛)立方	(壬)1/2	(癸) $H(f) = 1$
(亥)预加重和去加重技术	(子)1	(丑)CMI 码	

1. 某系统的 256 进制数字信号的符号速率是 2×10^6 波特, 则理论上系统需要的最小传输带宽为 ① MHz, 符号间隔是 ② 微秒; 比特间隔是 ③ 微秒。
2. 某相位调制信号 $s(t) = A_c \cos[2\pi f_c t + 4 \sin 2\pi f_m t]$, 其中 $A_c = 20$ 、 $f_c = 100 \text{ MHz}$ 、 $f_m = 1 \text{ kHz}$ 。则该已调信号的平均功率是 ④, 该已调信号的调制指数是 ⑤, 近似带宽是 ⑥ kHz。
3. 若某实信号 $f(t)$ 傅立叶变换为 $F(\omega)$, 则复信号 $Z(t) = f(t) + j \hat{f}(t)$ 的傅立叶变换为 ⑦ $F(\omega)u(\omega)$; 复信号 $e^{j2\pi f_0 t}$ 的傅立叶变换为 ⑧。
4. 设平稳高斯白噪声通过窄带滤波器, 得到 $n(t) = n_c(t) \cos \omega_c t - n_s(t) \sin \omega_c t = a(t) \cos[\omega_c t + \varphi(t)]$, 则 $n_c(t)$ 、 $n_s(t)$ 服从 ⑨ 分布, $a(t)$ 服从 ⑩ 分布, $\varphi(t)$ 服从 ⑪ 分布。
5. HDB₃ 码 (三阶高密度双极性码)、单极性 NRZ 码和单极性 RZ 码中, 有 3

种不同的电压的有：⑫；无论何种信源统计特性，对位定时同步最有利的是：⑬。

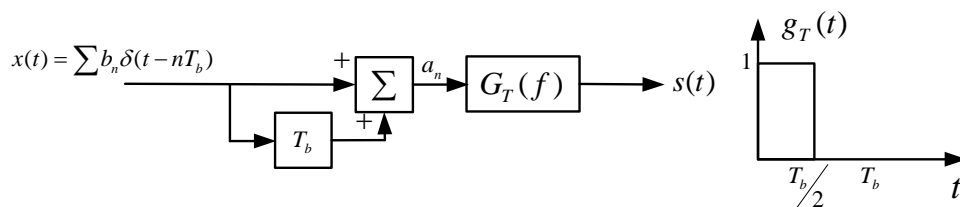
6. 若某基带传输系统的带宽为 12kHz，则根据奈奎斯特准则，无码间干扰最高传输速率是⑭波特。若采用升余弦滚降基带传输，滚降系数为 0.5，则传输速率是⑮波特；若滚降系数为 1，则传输速率是⑯波特。
7. 在角度调制系统中，在高解调输入信噪比时，解调输出信噪比与调制指数 β 的⑰成正比，调制增益约与 β 的⑱成正比；但随着 β 的增大，解调门限值变⑲。
8. 调频信号鉴频解调器输出噪声功率谱的形状是抛物线，改善调频系统信噪比的最常用的方法是⑳。
9. 在二进制基带传输系统中，信息 0、1 对应的信号幅度分别为 0 伏和 1 伏，接收信号受零均值加性高斯噪声的干扰，当信息 0、1 等概时，最佳门限应设为㉑伏。若发送 0 的概率低于发送 1 的概率，则适当调㉒判决门限可降低误码率。
10. 在 HDB₃ 码(三阶高密度双极性码)、CMI 码、单极性 NRZ 码和单极性 RZ 码中，主瓣带宽是 R_b (R_b 为传输速率) 的有：㉓、㉔；主瓣带宽是 $2R_b$ 的有：㉕、㉖。

二. (10 分) 已知：基带信号 $m(t) \Leftrightarrow M(f)$ ； $M(f)$ 如下图所示，设 $m(t)$ 解析信号为 $z(t)$ 。试：



- (1) 写出 $z(t)$ 及其频谱密度表达式，画出频谱密度图。
- (2) 写出 $z(t)e^{j2\pi f_c t}$ 的频谱密度表达式，画出频谱密度图。
- (3) 求 $s(t) = \text{Re}[Z(t)e^{j2\pi f_c t}]$ 的表示式，画出频谱密度 $S(f)$ 。

三、(10 分) 如下图所示，二进制信息序列 $\{b_n\}$ 的取值为 +1 或 -1，且各符号之间互不相关。试求出输出信号 $s(t)$ 的功率谱密度 $P_s(f)$ 。



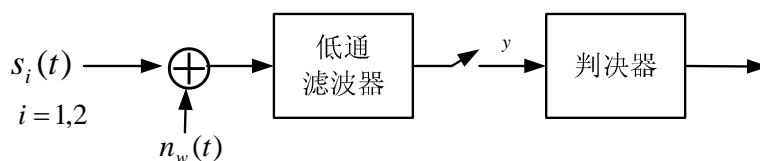
四. (10 分) 假定某广播通信系统的基带信号带宽是 W , 发送信号的平均功率为 P_T , 经过信道衰减为 50dB 和加性白高斯噪声的信道, 加性白高斯噪声的均值为 0、双边功率谱密度为 $N_0/2$ 。若已调信号为具有离散大载波的 AM 信号, 调幅系数为 a ($a < 1$), 归一化基带信号功率为 P_{M_n} 。试求:

- (1) 解调输入信号平均功率、噪声平均功率及其信噪比。
- (2) 解调输出信号平均功率、噪声平均功率及其信噪比。

五. (10 分) 某系统在 $[0, T]$ 时间内以独立等概的方式发送 $s_1(t)$ 和 $s_2(t)$ 之一,

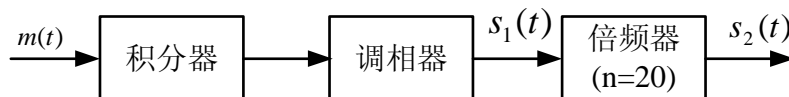
$$\text{其中 } s_1(t) = \begin{cases} 2 & 0 \leq t \leq T \\ 0 & t \text{ 为其它} \end{cases}, \quad s_2(t) = -s_1(t)。$$

在信道传输中受到均值为 0、双边功率谱密度为 $N_0/2$ 加性白高斯噪声干扰。接收框图如下图所示, 其中低通滤波器的带宽为 B , 忽略信号失真。试:



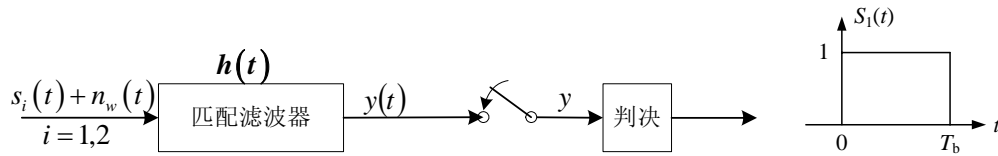
- (1) 写出发 $s_1(t)$ 条件下 y 的条件概率密度函数 $P(y|s_1)$;
- (2) 写出发 $s_2(t)$ 条件下 y 的条件概率密度函数 $P(y|s_2)$;
- (3) 写出最佳判决门限 V_T ;
- (4) 计算该系统的平均误比特率 P_b 。

六. (12 分) 某角度调制系统如下图所示, 系统中各模块的幅度增益为 1。其中 $s_2(t) = 10 \cos[2 \times 10^5 \pi t + 2 \sin 400 \pi t]$, 试:



- (1) 对于调制信号 $m(t)$ 来说, $s_1(t)$ 和 $s_2(t)$ 分别是调频信号还是调相信号?
- (2) 写出已调信号 $s_1(t)$ 的表示式。
- (3) 分别写出 $s_1(t)$ 和 $s_2(t)$ 的调制指数, 最大频偏和带宽。
- (4) 写出已调信号 $s_2(t)$ 的平均功率。

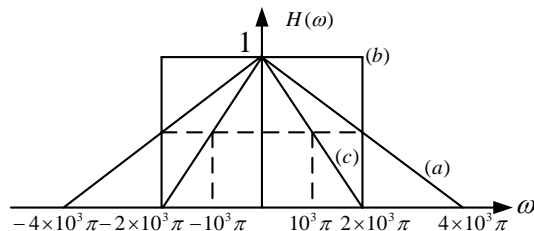
七. (13 分) 如下图所示, 某基带传输系统在 $[0, T]$ 时间内, 以 $1/3$ 的概率发送信号 $s_1(t)$, 以 $2/3$ 的概率发送信号 $s_2(t)$, 其中 $s_1(t)$ 如下图所示、 $s_2(t)=0$ 。信号受到均值为零、双边功率谱密度为 $N_0/2$ 的加性白高斯噪声 $n_w(t)$ 的干扰。接收信号为 $r(t)=s_i(t)+n_w(t)$, $i=1,2$ 。用冲激响应为 $h(t)$ 的匹配滤波器进行最佳接收。试:



- (1) 写出发送信号的平均功率
- (2) 写出匹配滤波器的冲激响应 (要求满足因果关系、且时延最小);
- (3) 求发送 $s_1(t)$ 条件下 y 的条件均值 $E(y|s_1)$ 及条件方差 $D(y|s_1)$, 条件概率密度函数 $P(y|s_1)$;
- (4) 求发送 $s_2(t)$ 条件下 y 的条件概率密度函数 $P(y|s_2)$;
- (5) 求最佳判决门限为 V_T 。

八. (9 分) 某基带通信系统的码元传输速率为 $R_b = 10^3 \text{ Band}$, 其系统总的传输特性分别为如下图所示的 a,b,c 三种情况。试:

- (1) 分别写出三种传输特性的带宽和频带利用率。
- (2) 分别判断三种传输特性是否满足无码间干扰的要求。



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 $P_s(f) = \frac{1}{T_s} P_a(f) |G(f)|^2$, 其

中 $G(f)$ 是 $g(t)$ 的傅氏变换, $P_a(f) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} R_a(m) e^{-j2\pi f m T_s}$, $R_a(m)$ 是序列 $\{a_n\}$ 的自相关函数。

(2) 若 $x(t)$ 的傅氏变换是 $X(f)$, 则 $\int_{-\infty}^{\infty} |X(f)|^2 df = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt$

(3) 本试题中出现的“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 $N_0 t/2$ 。

(4) 若随机变量 $x \sim N(0, \sigma^2)$, $z > 0$, 则 $P(|x| > z) = \operatorname{erfc}\left(\frac{z}{\sqrt{2}\sigma}\right)$, 其中

$$\operatorname{erfc}(u) \triangleq \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_u^{\infty} e^{-t^2} dt$$

北京邮电大学 2008——2009 学年第 I 学期

《通信原理》期中考试 B 卷参考答案及评分标准

一. 选择填空（每空 1 分，共 26 分）

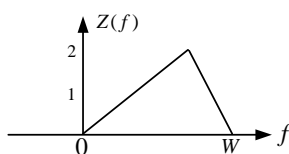
空格编号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
答案编号	子	壬	庚	戊	i	j	b	p	f	r	w	g	g
空格编号	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑	㉒	㉓ ㉔		㉕ ㉖	
答案编号	o	n	l	k	辛	丙	亥	壬	丁	e g		u 丑	

二. (10 分)

(1) (3 分)

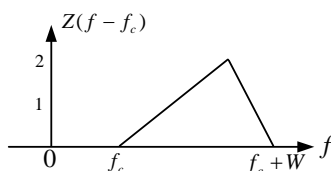
$$z(t) = m(t) + j\hat{m}(t) \Leftrightarrow Z(f)$$

$$Z(f) = 2M(f)U(f)$$



(2) (3 分)

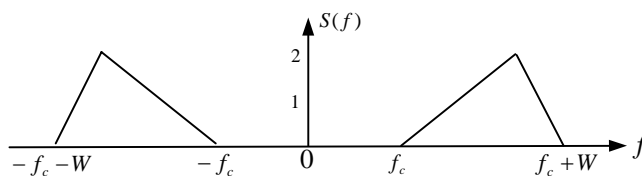
$$FT[Z(t)e^{j2\pi f_c t}] = Z(f - f_c) = 2M(f - f_c)U(f - f_c)$$



(3) (4 分)

$$\begin{aligned} s(t) &= \text{Re}[Z(t)e^{j2\pi f_c t}] = \text{Re}\{[m(t) + j\hat{m}(t)][\cos 2\pi f_c t + j \sin 2\pi f_c t]\} \\ &= m(t) \cos 2\pi f_c t - \hat{m}(t) \sin 2\pi f_c t \end{aligned}$$

(2 分)



(2 分)

三. (10 分)

方法 1: $P_X(f) = 1/T_b$ (2 分)

$$G_T(f) = \frac{T_b}{2} \text{sinc}\left(\frac{fT_b}{2}\right) e^{-j\frac{\pi f T_b}{2}} \quad (2 \text{ 分})$$

$$|H(f)|^2 = |1 + e^{-j2\pi f T_b}|^2 |G_T(f)|^2 = |2 \cos(\pi f T_b) e^{-j\pi f T_b}|^2 |G_T(f)|^2 = 4 \cos^2(\pi f T_b) |G_T(f)|^2 \quad (3 \text{ 分})$$

$$P_s(f) = |H(f)|^2 P_X(f) = T_b \cos^2(\pi f T_b) \sin^2\left(\frac{f T_b}{2}\right) \quad (3 \text{ 分})$$

$$\text{方法 2: } R_a(m) = E(a_n a_{n+m}) = E(b_n + b_{n-1})(b_{n+m} + b_{n+m-1}) = \begin{cases} 2 & m=0 \\ 1 & m=\pm 1 \\ 0 & m \text{ 为其它} \end{cases} \quad (3 \text{ 分})$$

$$P_a(f) = 2(1 + \cos 2\pi f T_b) = 4 \cos^2(\pi f T_b) \quad (3 \text{ 分})$$

$$P_s(f) = \frac{4}{T_b} \cos^2(\pi f T_b) |G_T(f)|^2 = T_b \cos^2(\pi f T_b) \sin^2\left(\frac{f T_b}{2}\right) \quad (4 \text{ 分})$$

四. (10 分)

$$(1) \text{ 输入信号平均功率: } 10 \lg\left(\frac{P_T}{P_R}\right) = 50 \quad P_R = 10^{-5} P_T \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{输入噪声平均功率: } P_{Ni} = 2N_0 W \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{输入信噪比: } \left(\frac{S}{N}\right)_i = 0.5 \times 10^{-5} \frac{P_T}{N_0 W} \quad (1 \text{ 分})$$

$$(2) \text{ 输出信号平均功率: } P_{s_0} = \frac{2 \times 10^{-5} P_T}{1 + a^2 P_{M_n}} a^2 P_{M_n} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{输出噪声平均功率: } P_{N_0} = 2N_0 W \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{输出信噪比: } \left(\frac{S}{N}\right)_0 = \frac{10^{-5} P_T}{(1 + a^2 P_{M_n}) N_0 W} a^2 P_{M_n} \quad (1 \text{ 分})$$

五. (10 分)

$$(1) p(y|s_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_n^2}} \exp\left[-\frac{(y-2)^2}{2\sigma_n^2}\right], \quad \sigma_n^2 = N_0 B \quad (3 \text{ 分})$$

$$(2) p(y|s_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_n^2}} \exp\left[-\frac{(y+2)^2}{2\sigma_n^2}\right] \quad (2 \text{ 分})$$

$$(3) V_T = 0 \quad (2 \text{ 分})$$

$$(4) P_b = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left[\sqrt{\frac{2}{\sigma_n^2}}\right] \quad (3 \text{ 分})$$

六. (12 分)

$$(1) s_1(t) \text{ 和 } s_2(t) \text{ 均为调频信号} \quad (2 \text{ 分})$$

$$(2) s_1(t) = 10 \cos[1 \times 10^4 \pi t + 0.1 \sin 400 \pi t] \quad (2 \text{ 分})$$

$$(3) \beta_1 = 0.1, \quad \Delta f_1 = 20 \text{ Hz}, \quad B_1 = 2(\beta_1 + 1)W = 440 \text{ Hz} \\ \beta_2 = 2, \quad \Delta f_2 = n \Delta f_1 = 400 \text{ Hz}, \quad B_2 = 2(\beta_2 + 1)W = 1200 \text{ Hz} \quad (\text{各 } 1 \text{ 分})$$

$$(4) P = \frac{A_c^2}{2} = 50 \quad (2 \text{ 分})$$

七. (13 分)

$$(1) 1/3 \quad (2 \text{ 分})$$

$$(2) h(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t \leq T_b \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad (2 \text{ 分})$$

$$(3) E[y|s_1] = E_1 = T_b, \quad D[y|s_1] = \sigma^2 = \frac{N_0}{2} T_b \quad (\text{各 } 1 \text{ 分})$$

$$p(y|s_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{(y-E_1)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2 \text{ 分})$$

$$(4) \quad p(y|s_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2 \text{ 分})$$

$$(5) \quad P_b = P(s_1)p(e|s_1) + P(s_2)p(e|s_2) \quad \frac{\partial P_b}{\partial V_T} = 0$$

$$V_T = \frac{N_0}{2} \ln 2 + \frac{1}{2} T_b \quad (3 \text{ 分})$$

八. (9 分)

$$(1) \quad (\text{各 } 1 \text{ 分}) \quad B_a = 2 \times 10^3 \text{ Hz} \quad B_b = 10^3 \text{ Hz} \quad B_c = 10^3 \text{ Hz}$$

$$\eta_a = \frac{R_b}{B_a} = 0.5 \text{ Band / Hz} \quad \eta_b = \frac{R_b}{B_b} = 1 \text{ Band / Hz} \quad \eta_c = \frac{R_b}{B_c} = 1 \text{ Band / Hz}$$

(2) (各 1 分) a,b,c 均能满足无码间干扰的要求。