

北京邮电大学 2007——2008 学年第 I 学期

《通信原理》期末考试试题

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！

一. 选择填空（每空 1 分，共 30 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：

31 f, 32 甲

(a)1	(b)2	(c)5	(d)正
(e)4	(f) MSK	(g)恒定	(h)24
(j)动态范围	(k)相干载波	(m)同步时钟	(n)7
(o)预编码	(p)8	(q)码间干扰	(r)起伏
(s)9	(t)6	(v)负	(w)OOK
(x)均匀	(y)小	(A)非均匀	(B)相关编码
(D)18	(E)ML	(F)MMSE	(N)GMSK
(甲)12	(乙)大	(丙)差分	(丁)MAP
(戊)包络	(己)3	(庚)纵轴	(辛)横轴

1. 将速率为 $1/T_b$ 的双极性不归零信号通过一个 FM 调制器，若该频率调制器输出的最大频偏是 $1/(4T_b)$ ，那么所得到的已调信号是①，其包络是②的。
2. 对模拟信源进行对数压缩的目的是为了扩大量化器的③；若压缩后的结果是均匀分布，那么通过一个 16 电平的均匀量化器后，量化信噪比大约是④dB。
3. 若 A 律十三折线编码的幅度范围是 $\pm 2V$ ，那么 11110000 译码后的极性是⑤，幅度约等于⑥V。
4. M 进制确知信号最佳接收的准则是⑦准则，若先验等概，它等价于⑧准则。
5. 假设信源是独立等概二进制序列，考虑用 OOK 或者 QPSK 来传输。若要求信息速率相同，则 OOK 信号占用的带宽是 QPSK 的⑨倍；若还要求误码率相同，则 OOK 信号的最大幅度是 QPSK 的⑩倍。
6. 科斯塔斯环的作用是提取⑪；超前滞后门同步器的作用是提取⑫；时域迫零均衡器的作用是减小⑬。
7. 已知带通信号的最高频率是 9kHz，带宽是 3kHz。对其进行均匀采样，然后用通带为 6~9kHz 的理想带通滤波器进行重建，那么，无失真重建需要的最小采样率是⑭kHz。
8. 在第一类部分响应系统中，采用⑮解决误码传播问题，采用⑯人为引入⑰，以提高频谱效率。
9. 对于 MFSK，给定比特能量和信道白高斯噪声的功率谱密度时，若进制数 M 越大，则误码率越⑱，带宽越⑲。
10. 用限带 OQPSK 传输独立等概的二进制数据时，其 Q 路和 I 路之间存在长度为⑳个比特间隔的时延，目的是为了降低㉑起伏。
11. 观察眼图时，眼图最㉒张开处是最佳取样时刻，眼图中央的㉓位置是最佳判决门限。
12. GSM 系统所用的调制方式是㉔，其频带利用率比矩形脉冲成形的 BPSK㉕。
13. 量化器输入的概率分布是均匀分布时，最佳量化器是㉖量化器，其输出的量化信噪比 S/N_q 等

于量化级数的平方。

14. 若信息速率是 12Mbps, 分别用 BPSK、QPSK、8PSK 及 64QAM 传输, 这些调制方式所采用的升余弦滚降系数都是 0.5, 那么它们各自所需的信道带宽分别是(27)、(28)、(29)及(30)MHz。

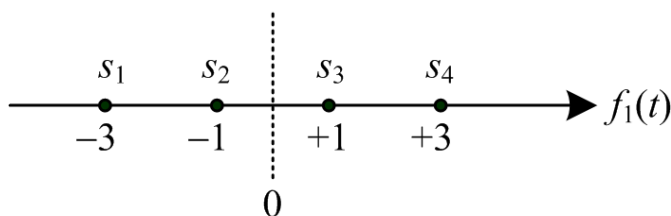
二. (9 分)已知 BPSK 的误码率公式为 $P_b = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right)$, 其中 E_b 是每比特的信号能量, N_0 是信道白高斯噪声的单边功率谱密度。若 $N_0 = 2 \times 10^{-10} \text{ W/Hz}$, 要求 $P_b = 1 \times 10^{-3}$, 求输入信息速率为 1Mbps 时的信号功率。若将信息速率提高 20 倍, 发送功率应当提高多少 dB? (注: $\operatorname{erfc}^{-1}(2 \times 10^{-3}) = 2.1851$)

三. (11 分)设有 5 路模拟基带信号, 其频率范围均在 0~10kHz 范围内。今以奈奎斯特速率对各路信号分别采样, 然后分别通过一个 A 律十三折线编码器进行编码, 再将所得结果时分复用为一数据流后通过 DPSK 系统进行传输。试:

- (1)求时分复用后的总比特速率;
- (2)求已调信号的主瓣带宽。
- (3)画出 DPSK 的解调原理框图。

四. (11 分)假设某二维四进制调制中的归一化正交基函数是 $f_1(t) = \sqrt{\frac{2}{T_s}} \cos 2\pi f_c t$, $f_2(t) = \sqrt{\frac{2}{T_s}} \sin 2\pi f_c t$, $0 \leq t < T_s$ 。星座图中 4 个星座点的坐标分别是 $s_1 = (0,0)$, $s_2 = (1,-1)$, $s_3 = (1,0)$, $s_4 = (1,1)$, 并且各星座点等概出现。试画出星座图, 并求平均符号能量 E_s 、平均比特能量 E_b 以及最小星座点距离 d_{\min} ;

五. (11 分)某 4ASK 系统的星座图 (信号矢量图) 如下。

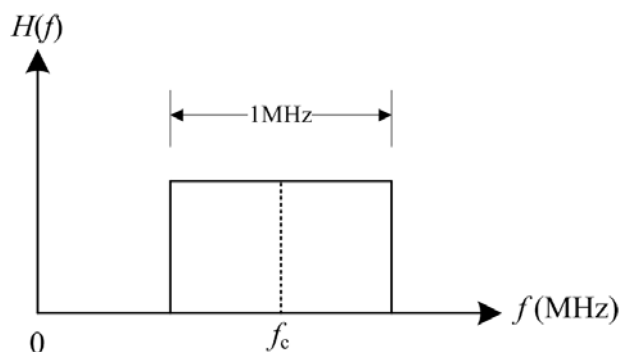


已知基函数 $f_1(t)$ 能量为 1, 四种符号出现概率相同。收端得到的判决量是 $y = s + n$, 其中

$n \sim N\left(0, \frac{N_0}{2}\right)$, $s \in \{s_1, s_2, s_3, s_4\}$ 。试:

- (1)画图标出最佳的判决门限。
- (2)求平均误符号率 P_s ;
- (3)若采用格雷映射, 假设信噪比足够高, 求平均误比特率 P_b 。

六. (10 分)某带通信道的频谱特性 $H(f)$ 如下图所示。今欲设计一个根升余弦滚降系统, 要求传输速率为 3.2Mbps。试设计调制方式及滚降系数, 并画出发送功率谱密度示意图。(要求进制数尽可能小)。



七（10 分）. 某平稳模拟随机信源抽样后的结果是随机变量 X ，其概率密度函数是

$$p_X(x) = \begin{cases} 1-|x| & |x| \leq 1 \\ 0 & |x| > 1 \end{cases}.$$

将 X 通过一个 4 电平量化器，四个量化区间是 $\left[-1, -\frac{1}{2}\right)$ 、 $\left[-\frac{1}{2}, 0\right)$ 、 $\left[0, \frac{1}{2}\right)$

和 $\left[\frac{1}{2}, 1\right]$ ，量化电平取在量化区间的中点。记 X 的量化结果为随机变量 Y 。试求

- (1) 量化前的平均信号功率 $S = E[X^2]$;
- (2) 各量化电平的出现概率;
- (3) 量化后的平均信号功率 $S_q = E[Y^2]$;
- (4) 量化噪声的平均功率 $N_q = E[(Y - X)^2]$ 。

八。（8 分）某系统用二进制调制发送信息，经过加性白高斯噪声信道传输，接收端最佳解调后判决前的判决量是 $y = s + z$ ，其中 s 等概取值于 ± 1 ，噪声分量 z 服从均值为 0、方差为 σ^2 的高斯分布， z 与 s 独立。试求

- (1) 发送 $s = -1$ 条件下 y 的条件概率密度 $f(y|s = -1)$;
- (2) 发送 $s = +1$ 条件下 y 出现在区间 $(0, 1)$ 内的概率
- (3) y 的无条件概率密度函数 $f_y(y)$ 。

北京邮电大学 2007——2008 学年第 I 学期

《通信原理》期末考试参考答案

一、选择填空

空格 编号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

答案编号	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>j</i>	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>a</i>	丁	<i>E</i>	<i>b</i>	<i>e</i>	<i>k</i>	<i>m</i>	<i>q</i>	<i>t</i>	<i>o</i>
空格编号	①6	①7	①8	①9	②0	②1	②2	②3	②4	②5	②6	②7	②8	②9	③0
答案编号	<i>B</i>	<i>q</i>	<i>y</i>	乙	<i>a</i>	戊	乙	辛	<i>N</i>	乙	<i>x</i>	<i>D</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	己

二、 解：记 $a = 2.1851$ ，则 $\frac{E_b}{N_0} = a^2$ ， $E_b = 2a^2 \times 10^{-10}$ ，因此发送功率是 $P = \frac{E_b}{T_b} = E_b R_b = 2a^2 R_b \times 10^{-10}$ 。

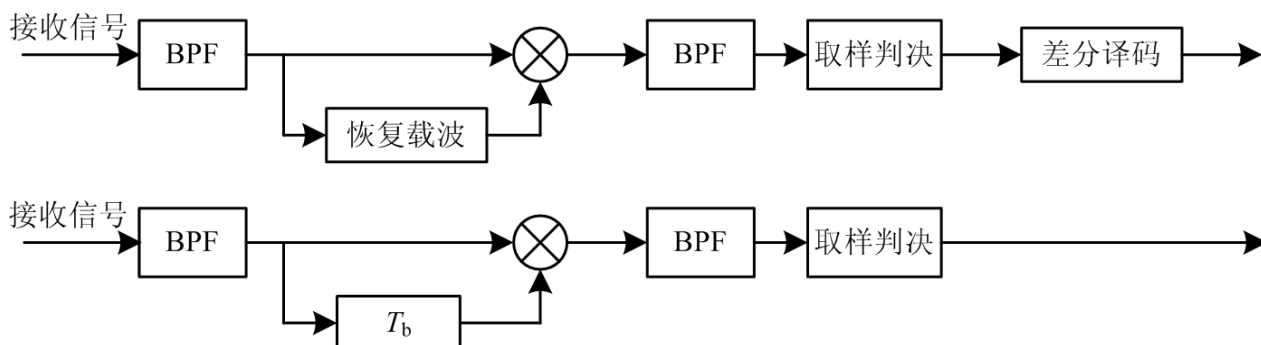
代入具体数值可算得： $P = 955$ 微瓦。

信息速率提高 20 倍时，为维持误码率不变，需维持 $\frac{E_b}{N_0}$ 不变，故此发送功率应提高为原来的 20 倍，折合到分贝值是 $10\lg 20 = 13\text{dB}$ 。

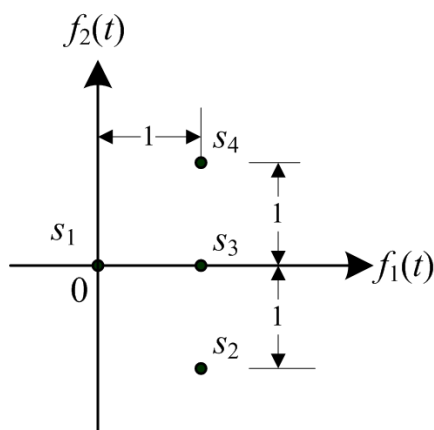
三、 解：(1)每路的抽样率是 20kHz，编码后的速率是 $20 \times 8 = 160\text{kbps}$ ，总速率是 $5 \times 160 = 800\text{kbps}$ 。

(2)DPSK 的主瓣带宽是符号速率的 2 倍，为 1600kHz

(3)解调方式可以很多，例如

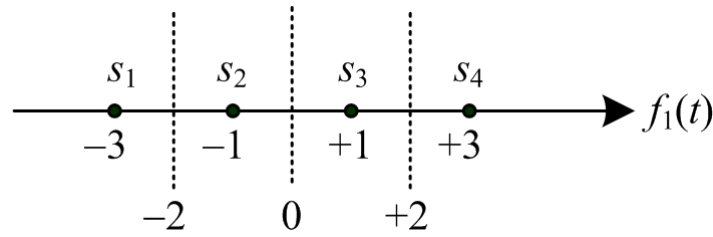


四、解：(1)



$$(2) E_s = \frac{1}{4} \{0 + 2 + 1 + 2\} = 1.25, E_b = \frac{E_s}{2}, d_{\min} = 1$$

五、 解：(1)



$$(2) P(e|s_1) = P(n > 1) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{1}{\sqrt{N_0}}\right), \quad P(e|s_2) = P(|n| > 1) = 2P(e|s_1), \quad P(e|s_3) = P(e|s_2),$$

$$P(e|s_4) = P(e|s_1), \quad \text{故此, 平均错误率是 } P_s = \frac{1}{4} \left\{ \frac{1}{2} + 1 + 1 + \frac{1}{2} \right\} \operatorname{erfc}\left(\frac{1}{\sqrt{N_0}}\right) = \frac{3}{4} \operatorname{erfc}\left(\frac{1}{\sqrt{N_0}}\right)$$

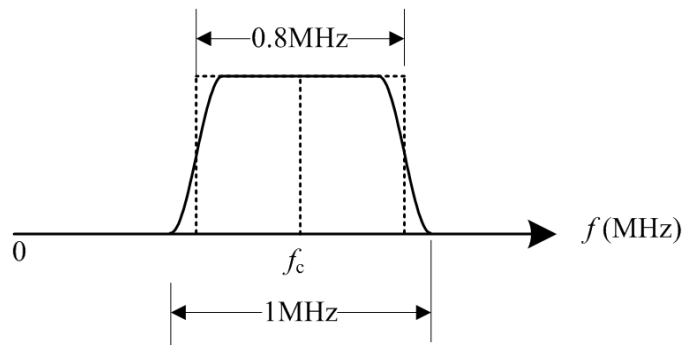
(3) 格雷映射在高信噪比时基本只错到相邻符号, 错一个符号 (2bits) 对应错 1 个比特, 故此

$$P_b = \frac{1}{2} P_s = \frac{3}{8} \operatorname{erfc}\left(\frac{1}{\sqrt{N_0}}\right)$$

六、解: 考虑滚降系数为 α , 则符号速率 R_s 满足 $R_s(1+\alpha) = 1 \times 10^6$, 即 $R_s = \frac{10^6}{1+\alpha}$ Baud。若进制数是 M , 则

$$3.2 \times 10^6 = \frac{\log_2 M}{1+\alpha} \times 10^6, \quad \text{因此 } \alpha = \frac{\log_2 M}{3.2} - 1. \quad \text{按 } 0 < \alpha \leq 1 \text{ 设计得到最小的进制数是 } M = 16, \text{ 故设计为}$$

16QAM, 滚降系数是 $\frac{1}{4}$, 符号速率是 0.8MBaud, 功率谱密度如下图所示:



七、解:

$$(1) S = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 p_X(x) dx = 2 \int_0^1 x^2 (1-x) dx = \frac{1}{6}$$

$$(2) \text{各量化电平的出现概率依次是 } \frac{1}{8}, \frac{3}{8}, \frac{3}{8}, \frac{1}{8}$$

$$(3) S_q = \sum_{i=1}^4 y_i^2 P(Y = y_i) = \left(-\frac{3}{4}\right)^2 \frac{1}{8} + \left(-\frac{1}{4}\right)^2 \frac{3}{8} + \left(\frac{1}{4}\right)^2 \frac{3}{8} + \left(\frac{3}{4}\right)^2 \frac{1}{8} = \frac{3}{16}$$

(4)

$$\begin{aligned} N_q &= \int_{-1}^1 (y-x)^2 p_X(x) dx = 2 \left\{ \int_0^{\frac{1}{2}} \left(x - \frac{1}{4}\right)^2 (1-x) dx + \int_{\frac{1}{2}}^1 \left(x - \frac{3}{4}\right)^2 (1-x) dx \right\} \\ &= 2 \left\{ \int_{-\frac{1}{4}}^{\frac{1}{4}} t^2 \left(\frac{3}{4} - t\right) dt + \int_{-\frac{1}{4}}^{\frac{1}{4}} t^2 \left(\frac{1}{4} - t\right) dt \right\} = 2 \int_{-\frac{1}{4}}^{\frac{1}{4}} t^2 dt - 4 \int_{-\frac{1}{4}}^{\frac{1}{4}} t^3 dt = 2 \int_{-\frac{1}{4}}^{\frac{1}{4}} t^2 dt = \frac{1}{48} \end{aligned}$$

$$\text{或者: } N_q = E[(Y-X)^2] = E[Y^2] + E[X^2] - 2E[XY]$$

$$E[XY] = 2 \int_0^1 y(x) x p_X(x) dx = 2 \int_0^{\frac{1}{2}} \frac{1}{4} x (1-x) dx + 2 \int_{\frac{1}{2}}^1 \frac{3}{4} x (1-x) dx = \frac{1}{2} \int_0^{\frac{1}{2}} x (1-x) dx + \frac{3}{2} \int_0^{\frac{1}{2}} \left(\frac{1}{4} - t^2\right) dt = \frac{1}{6}$$

$$\text{所以 } N_q = S + S_q - 2E[XY] = \frac{1}{6} + \frac{3}{16} - \frac{2}{6} = \frac{1}{48}$$

八、解：

$$(1) f(y|s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(y-s)^2}{2\sigma^2}};$$

$$(2) \int_0^1 f(y|s=1) dy = P(-1 < z < 0) = P(z < 0) - P(z < -1) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{1}{\sqrt{2\sigma^2}}\right) = \frac{1}{2} \operatorname{erf}\left(\frac{1}{\sqrt{2\sigma^2}}\right)$$

$$(3) f_y(y) = f(y|s=1)P(s=1) + f(y|s=-1)P(s=-1) = \frac{1}{2\sqrt{2\pi\sigma^2}} \left\{ e^{-\frac{(y-1)^2}{2\sigma^2}} + e^{-\frac{(y+1)^2}{2\sigma^2}} \right\} = \frac{e^{-\frac{y^2+1}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cosh \frac{y}{\sigma^2}$$