

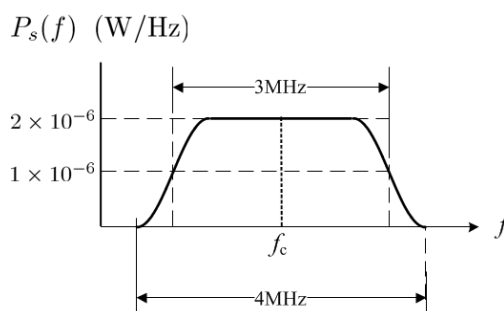
## 北京邮电大学 2012—2013 学年第 I 学期

### 《通信原理》期末考试 A 卷

考试 注 意 事 项	一、参加考试须带学生证或学院证明，未带者不准进入考场。 二、学生必须按照监考教师指定座位就坐。 三、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。 四、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、答题必须写在规定的位置，也可做在背面并有清晰标注，不能做在草稿纸上。 六、不得使用计算器。								
考试课程	通信原理			考试时间		2013 年 1 月 11 日			
题号	一	二	三	四	五	六	七	八	总分
满分	20	20	10	10	10	10	10	10	
得分									
阅卷教师									

#### 一. 填空（每题 1 分，共 20 分）

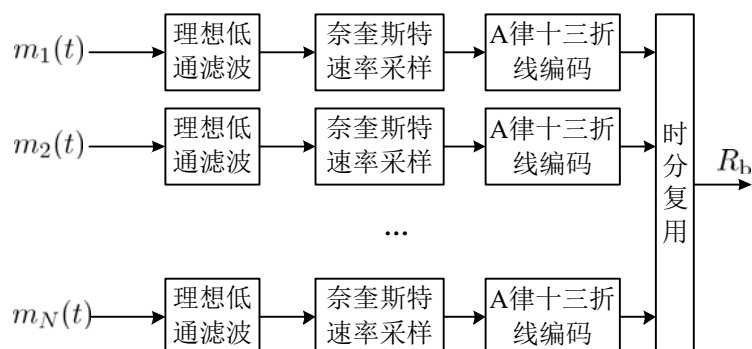
- (1) 已知数据速率是 9600bps，基带信号采用滚降系数为 0.5 的根升余弦脉冲。  
 若采用 QPSK，则已调信号的带宽是\_\_\_\_\_Hz，频谱效率是\_\_\_\_\_bps/Hz；  
 若采用 8PSK，则已调信号的带宽是\_\_\_\_\_Hz，频谱效率是\_\_\_\_\_bps/Hz。
- (2) 某 64QAM 系统发送端采用了根升余弦滚降成形，其发送信号的单边功率谱密度图如下所示。从图中可知，发送信号功率是\_\_\_\_\_W，滚降系数是\_\_\_\_\_，符号速率是\_\_\_\_\_MBaud，比特速率是\_\_\_\_\_Mbps。



- (3) 将  $N$  路话音信号分别通过截止频率为  $f_H$  的理想低通滤波器，然后按奈氏速率采样，A 律十三折线编码，最后时分复用为一路速率为  $R_b$  的数据。若  $N=10$ ,

姓名： 班级： 学号

$R_b=560\text{kbps}$ ，则  $f_H$  不得大于 \_\_\_\_\_ kHz。若  $R_b=2.048\text{Mbps}$ ， $f_H=4\text{kHz}$ ，则最多可以传输  $N=$  \_\_\_\_\_ 路话音。若  $f_H=3\text{kHz}$ ， $N=100$ ，则输出速率  $R_b=$  \_\_\_\_\_ kbps。

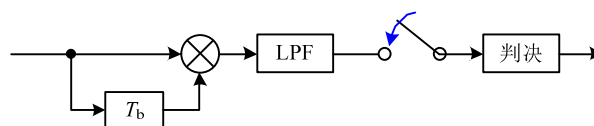


- (4) 假设四进制调制的两个比特的平均能量  $E_b=1$ ，则 4ASK 的最小星座点间距离是 \_\_\_\_\_，4PSK 是 \_\_\_\_\_，正交 4FSK 是 \_\_\_\_\_。
- (5) 设 2FSK 在  $[0, T_b]$  内发送  $s_1(t) = \cos 2000\pi t$  或  $s_2(t) = \cos(2\pi f_a t - \varphi)$ 。假设  $T_b=50\text{ms}$ ， $f_a > 1000$ 。当  $\varphi = 0$  时，能使  $s_1(t), s_2(t)$  正交的最小  $f_a=$  \_\_\_\_\_ Hz；当  $\varphi = \frac{\pi}{2}$  时，能使  $s_1(t), s_2(t)$  正交的最小  $f_a=$  \_\_\_\_\_ Hz。
- (6) 设 A 律十三折线编码器的动态范围是  $[-2048, +2048]$ 。若对于所有取值落在区间  $(a, b)$  中的样值，其编码结果的高 4 位都是 1110，则  $a=$  \_\_\_\_\_， $b=$  \_\_\_\_\_。
- (7) 矩形星座格雷映射的 16QAM 调制的 I 路和 Q 是两个独立的 4ASK。若已知这两个 4ASK 的符号错误率都是 0.0002，则 16QAM 的符号错误率近似是 \_\_\_\_\_，16QAM 的平均比特错误率近似是 \_\_\_\_\_。

## 二. 选择填空（每题 1 分，共 20 分。）

将答案写在本题后面的答题表中，第 21 空是示例

1. 下图是 (1) 调制的一种解调方案，叫 (2) 。

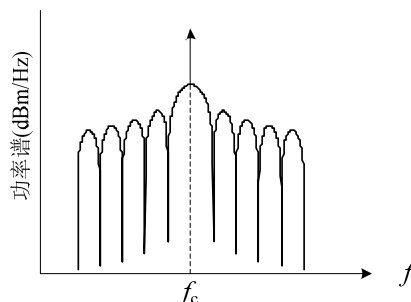


(1)	(A) OOK	(B) 2FSK	(C) BPSK	(D) DPSK
(2)	(A) 相干解调	(B) 最佳解调	(C) 差分相干解调	(D) 包络解调

2. 假设 BPSK 的数据独立等概，发端载波是 $\cos(2\pi f_c t + \theta)$ 。收端使用平方环或 Costas 环所恢复的载波是 $\cos(2\pi f_c t + \theta + \varphi)$ ，其中 $\varphi$ 是一个 (3) 的随机相位。

(3)	(A) 等概取值于 0 或 $\pi$	(B) 等概取值于 $\pm \frac{\pi}{2}$
	(C) 在区间 $[0, \pi]$ 内均匀分布	(D) 在区间 $[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$ 内均匀分布

3. 某二进制调制器的输入数据独立等概，发送功率谱如下图所示。从功率谱来看，其调制方式是 (4) ，基带脉冲采用的是 (5) 脉冲。



(4)	(A) OOK	(B) 2FSK	(C) BPSK	(D) DPSK
(5)	(A) RZ 矩形	(B) 根升余弦	(C) 升余弦	(D) NRZ 矩形

4. 下列四个 8PSK 星座图中， (6) 不是格雷映射。

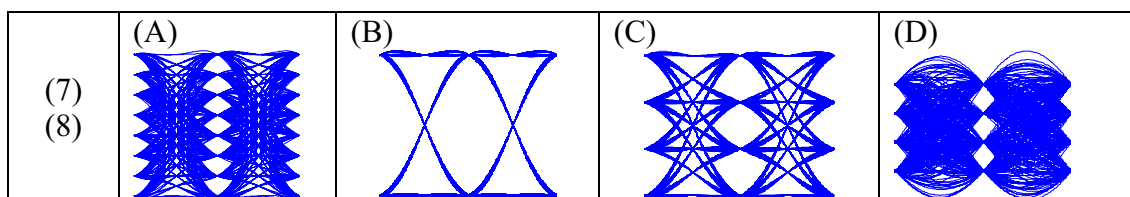
(6)	(A)	(B)
	(C)	(D)

The figure shows four 8PSK constellation diagrams, each with 8 points on a circle and binary labels. The center of each circle is marked with 'O'.

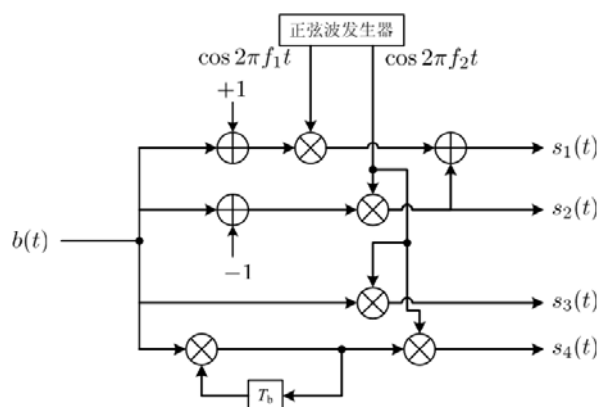
- (A) Points are labeled: 011 (top-left), 001 (top), 000 (top-right), 100 (right), 101 (bottom-right), 111 (bottom), 110 (bottom-left), 010 (left).
- (B) Points are labeled: 100 (top-left), 110 (top), 111 (top-right), 011 (right), 010 (bottom-right), 000 (bottom), 001 (bottom-left), 101 (left).
- (C) Points are labeled: 100 (top-left), 101 (top), 111 (top-right), 011 (right), 010 (bottom-right), 000 (bottom), 001 (bottom-left), 110 (left).
- (D) Points are labeled: 010 (top-left), 001 (top), 000 (top-right), 100 (right), 101 (bottom-right), 110 (bottom), 111 (bottom-left), 011 (left).

姓名： 班级： 学号

5. 下面的四个眼图对应四个不同的系统，其中频谱效率最高的是 (7)，对时钟误差最不敏感的是 (8)。

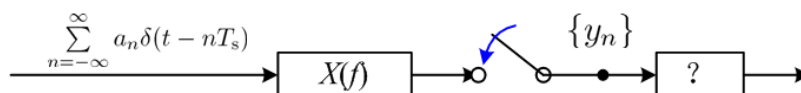


6. 下图中， $b(t)$ 是幅度为 $\pm 1$ 的双极性 NRZ 信号， $f_1 \neq f_2$ 且都远大于数据速率。  
 此图中的  $s_1(t)$ 是 (9)， $s_2(t)$ 是 (10)， $s_3(t)$ 是 (11)， $s_4(t)$ 是 (12)。



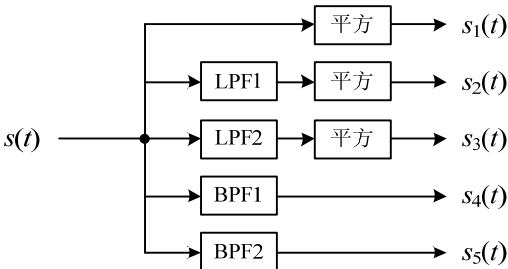
(9) (10)	(A) OOK	(B) BPSK	(C) 2DPSK	(D) 2FSK
(11) (12)	(E) 不属于上述 4 种的其他调制方式			

7. 下图中的  $X(f)$  是系统的总体响应。如果  $X(f)$  不满足 (13) 准则，接收端的采样值  $y_n$  将会包含 (14)。为了解决这一问题，可以在图中“？”处加一个 (15)。



(13)	(A) ML	(B) MAP	(C) 奈奎斯特	(D) 因果性
(14)	(A) 误码	(B) 误差	(C) 码间干扰	(D) 噪声
(15)	(A) 超前滞后门	(B) 均衡器	(C) Costas 环	(D) 量化器

8. 将符号间隔为  $T_s$  的双极性 NRZ 信号  $s(t)$  按下图进行处理得到  $s_1(t), s_2(t), \dots, s_5(t)$ 。已知 NRZ 信号的数据独立等概；LPF1、LPF2 是理想低通滤波器，截止频率分别为  $\frac{1}{3T_s}$  和  $\frac{1}{T_s}$ ；BPF1 和 BPF2 是理想窄带滤波器，带宽为  $\frac{1}{10T_s}$ ，中心频率分别是  $\frac{1}{T_s}$  和  $\frac{2}{T_s}$ 。考虑信号功率谱的线谱分量（频域冲激），那么  $s_1(t)$  (16)， $s_2(t)$  (17)， $s_3(t)$  (18)， $s_4(t)$  (19)， $s_5(t)$  (20)。



(16)	(A) 无线谱分量	(B) 无时钟分量，但有时钟的二倍频分量
(17)		
(18)	(C) 有时钟分量	(D) 有线谱分量，但无时钟或其二倍频分量
(19)		
(20)		

9. 某作家参加通原考试，20 个选择题拿了 20 分。这是因为 (21)。

(21)	(A) 作家突击学习，很快就把通原学明白了
	(B) 作家运气非常好，蒙对了所有答案
	(C) 考试作弊

注：A 不可能，作家学本课可能需要从四则运算开始；B 的概率虽不为 0，但很小；作家属于品德高尚的群体，发生 C 的可能性也很小，但还是比 B 大。故根据 MAP 准则选 C。

选择填空答题表

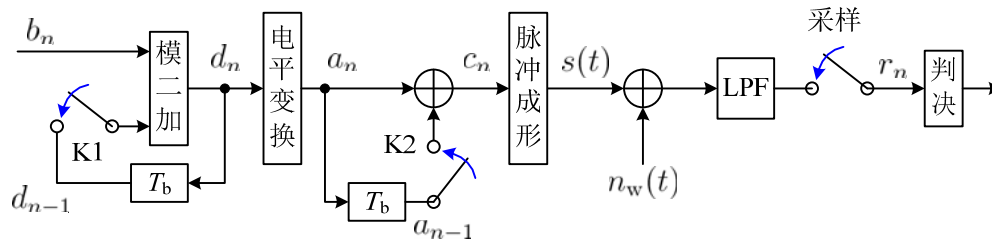
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	
									C	

姓名： 班级： 学号

三. 判断题（每题 1 分，共 10 分。请在“正误”栏中打√或×）

序号	题目	正误
1	OQPSK 的目的是为了能够相干解调。	
2	数据速率相同时，16QAM 所需的信道带宽是 QPSK 的一半。	
3	2FSK 的载频间隔越大，则频带利用率越高	
4	在 MQAM 中，如欲频谱效率提高 1 倍，应将星座图中的星座点数提高 1 倍。	
5	给定 $E_b/N_0$ 的条件下，MFSK 的误码率随 $M$ 的增加而减小。	
6	对于固定的 $M$ 以及 $E_s/N_0$ ，MFSK 的误码率随载频之间频差的增加而单调下降。	
7	无论量化器的输入服从何种分布，均匀量化器的量化信噪比都近似等于量化级数的平方。	
8	GSM 手机所用的 GMSK 调制是在 MSK 的基础上发展出来的。	
9	对带宽为 $B$ 的带通信号进行采样时，不发生频谱混叠需要的最小采样率有可能比 $2B$ 略高。	
10	如果这 10 道题的答案是 10 个独立同分布的、 $p = 0.5$ 的伯努力随机变量，那么答案中一定有 5 个×，5 个√。	

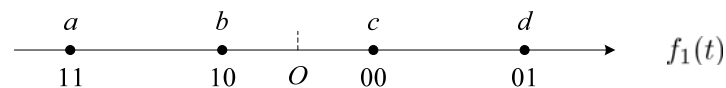
四. (10 分) 下图中序列 $\{b_n\}$ 的速率为 $1/T_b$ ，其元素以独立等概方式取值于 0、1。 $a_n = (-1)^{d_n} \in \{\pm 1\}$ 。  $s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n g(t - nT_b)$ ，其中 $g(t) = \text{sinc}\left(\frac{t}{T_b}\right)$ 。 $n_w(t)$ 是加性白高斯噪声。LPF 的冲激响应是 $g(t)$ 。K1、K2 是两个开关。采样时刻是 $nT_b$ 。



- (1) 若 K1、K2 均处于打开状态，写出 $s(t)$ 的功率谱密度表达式，并写出判决规则。
- (2) 若 K1、K2 均处于闭合状态，
  - (a) 求 $s(t)$ 的功率谱密度表达式；
  - (b) 分别写出 $b_n = 0$ 以及 $b_n = 1$ 的条件下， $c_n$ 的可能取值；
  - (c) 写出判决规则。

姓名： 班级： 学号

五. (10 分) 某 4ASK 系统的传输速率为 4Mbps，已知发送的比特彼此独立，其中“1”的出现概率是 1/4。该系统发送信号的星座图如下



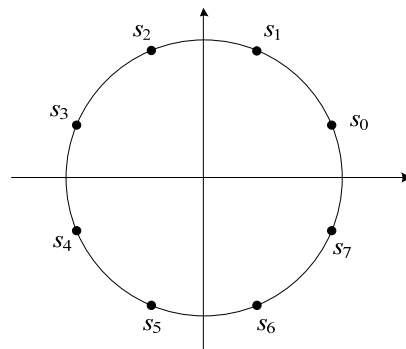
其中  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  四个点的坐标分别是  $-3, -1, 1, 3$ ，基函数  $f_1(t) = g(t) \cos 2\pi f_c t$ ， $g(t)$  是能量为 2、滚降系数为 0.5 的根升余弦成形脉冲。

- (1) 求  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  各点的出现概率。
- (2) 求  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  各点所对应波形  $s_a(t)$ 、 $s_b(t)$ 、 $s_c(t)$ 、 $s_d(t)$  的能量。
- (3) 求该系统发送信号的平均符号能量  $E_s$ 、平均比特能量  $E_b$ 。
- (4) 画出发送信号的功率谱密度示意图。



六. (10 分) 右图是 8PSK 的星座图，第  $i$  个星座点  $s_i = e^{j(\frac{\pi}{8} + \frac{i\pi}{4})}$ 。

发送某个  $s_i$ ，到接收端成为  $y = s_i + n$ ，其中  $n = n_c + jn_s$  是噪声，已知  $n_c, n_s$  是两个独立同分布的零均值高斯随机变量，方差均为  $1/2$ 。似然函数  $f(y|s_i)$  为发送  $s_i$  条件下， $y$  的实部和虚部的联合概率密度函数。

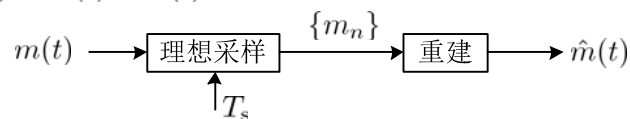


【 $\text{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^\infty e^{-t^2} dt$ 。】

- (1) 在图中标出  $s_0$  和  $s_1$  的判决域；
- (2) 求发送  $s_4$  而接收信号  $y$  落在 1、4 象限的概率；
- (3) 若已知  $y$  满足  $f(y|s_3) < f(y|s_2) < \dots < f(y|s_6) < f(y|s_7)$ ，求离  $y$  最近的星座点；
- (4) 若已知  $y$  满足  $f(y|s_0) = f(y|s_1) = \dots = f(y|s_7)$ ，求  $y = ?$
- (5) 若已知  $y$  离  $s_0$  的欧氏距离为 1，求  $f(y|s_0)$ 。

姓名： 班级： 学号

七. (10 分) 下图中，对基带信号 $m(t)$ 按间隔 $T_s$ 采样（采样率 $f_s = 1/T_s$ ）后得到序列 $\{m_n = m(nT_s)\}$ 。将该序列发到收端，收端用其重建的信号是 $\hat{m}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} m_n p(t - nT_s)$ 。已知 $m(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_k g(t - k)$ ，其中 $\{a_k\}$ 是取值于 $\pm 1$ 的独立等概序列， $g(t) = \text{sinc}(t) \cdot \frac{\cos(\pi t)}{1-4t^2}$ 是滚降系数为 1 的升余弦系统总体响应，记其能量为 $E_g$ 。令 $e(t) = \hat{m}(t) - m(t)$ 。



- (1) 求 $m(t)$ 的带宽  $W$ ，功率  $P$ ；
- (2) 若采样率取为 $f_s = 2W$ ，求能使 $e(t)$ 的功率最小的 $p(t)$ ，并写出相应的 $e(t)$ 功率；
- (3) 若采样率取为 $f_s = W$ ，求能使 $e(t)$ 的功率最小的 $p(t)$ ，并写出相应的 $e(t)$ 功率；
- (4) 若采样率取为 $f_s = W/2$ ，求能使 $e(t)$ 的功率最小的 $p(t)$ ，并写出相应的 $e(t)$ 功率。

八. (10 分) 设  $X$  的概率密度函数  $p(x)$  如图所示。

将  $X$  通过一个量化器成为

$$Y = \begin{cases} a, & 0 \leq X < 1 \\ 1+a, & 1 \leq X \leq 2 \end{cases}$$

其中  $0 < a < 1$ 。量化误差是  $Z = X - Y$ 。

(1) 求  $Y = a$  及  $Y = 1 + a$  的出现概率  $P_a, P_{1+a}$ ；

(2) 证明  $Z$  的概率密度函数是

$$f(z) = \frac{3}{2} - a - z, \quad z \in [-a, 1-a];$$

(3) 求能使最大量化误差  $\max\{|Z|\}$  最小的  $a$  值；

(4) 求量化误差  $Z$  的均值  $E[Z]$  以及能使均值为 0 的  $a$  值；

(5) 求能使量化噪声功率  $E[Z^2]$  最小的  $a$  值。

