

# 北京邮电大学

## 《通信原理》

### 一. 选择填空（每空 1 分，最高得 22 分）

|     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 空格号 | (1)  | (2)  | (3)  | (4)  | (5)  | (6)  | (7)  | (8)  | (9)  | (10) | (11) | (12) | (13) |
| 答案  | A    | B    | D    | A    | D    | B    | C    | A    | B    | A    | C    | C    | A    |
| 空格号 | (14) | (15) | (16) | (17) | (18) | (19) | (20) | (21) | (22) | (23) | (24) | (25) | (26) |
| 答案  | C    | A    | C    | C    | C    | D    | A    | B    | A    | B    | C    | A    | D    |

1. 若 8PSK 的误符号率为 0.0024，采用格雷码映射时，误比特率近似是(1)

|     |           |           |           |           |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| (1) | A. 0.0008 | B. 0.0024 | C. 0.0003 | D. 0.0004 |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|

2. 与 QPSK 相比，OQPSK 的(2)更小。

|     |           |         |          |         |
|-----|-----------|---------|----------|---------|
| (2) | A. 接收机复杂度 | B. 包络起伏 | C. 频带利用率 | D. 误比特率 |
|-----|-----------|---------|----------|---------|

3.  $E_b/N_0$ 较大时，DPSK 相干解调的误比特率近似是 BPSK 误比特率的(3)倍。

|     |        |        |      |      |
|-----|--------|--------|------|------|
| (3) | A. 1/4 | B. 1/2 | C. 1 | D. 2 |
|-----|--------|--------|------|------|

4. 在 MQAM 调制中，给定数据速率  $R_b$ ，进制数  $M$  增大时，(4)减小。给定比特能量  $E_b$ ，进制数  $M$  增大时，(5)减小。在 MFSK 中，给定数据速率  $R_b$ ，进制数  $M$  增大时，(6)减小。给定比特能量  $E_b$ ，进制数  $M$  增大时，(7)减小。

|                 |       |          |          |          |
|-----------------|-------|----------|----------|----------|
| (4) (5) (6) (7) | A. 带宽 | B. 频带利用率 | C. 判决错误率 | D. 判决正确率 |
|-----------------|-------|----------|----------|----------|

5. 在  $M$  进制信号的最佳检测中，若发送信号的(8)相同，则 MAP 准则与 ML 准则等价。

|     |         |         |         |       |
|-----|---------|---------|---------|-------|
| (8) | A. 先验概率 | B. 后验概率 | C. 似然概率 | D. 能量 |
|-----|---------|---------|---------|-------|

6. 若  $f_1(t), f_2(t), \dots, f_N(t)$  是  $N$  维信号空间的归一化正交基函数，则对于任意  $i, j \in \{1, 2, \dots, N\}$ ， $f_i(t)$  与  $f_j(t)$  的内积当  $i = j$  时(9)，当  $i \neq j$  时(10)。

|         |        |        |        |                 |
|---------|--------|--------|--------|-----------------|
| (9)(10) | A. 是 0 | B. 是 1 | C. 是常数 | D. 是 $i, j$ 的函数 |
|---------|--------|--------|--------|-----------------|

7. 若带通信号  $x(t)$  的频带范围是 11kHz~15kHz，~~带宽为 5kHz 的带通信号~~，能使理想采样后频谱不交叠的最低采样频率是(11)kHz。

|      |      |      |                     |       |
|------|------|------|---------------------|-------|
| (11) | A. 4 | B. 8 | C. <del>15</del> 10 | D. 20 |
|------|------|------|---------------------|-------|

8. A 律十三折线 PCM 编码器中的量化属于(12)。若其设计输入范围是  $[-256, +256]$  mV，那么当译码器输入的码组是 11111111 时，解码器输出的量化电平的极性是(13)，绝对值是(14)。

|      |        |              |            |        |
|------|--------|--------------|------------|--------|
| (12) | A. 均匀  | B. Lloyd-Max | C. 对数      | D. 指数  |
| (13) | A. 正   | B. 负         | C. 可能正也可能负 |        |
| (14) | A. 244 | B. 248       | C. 252     | D. 256 |

9. 设数据速率是 6kb/s，采用正交 8FSK 传输时，载频间隔最小应为(15)kHz。

|      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| (15) | A. 1 | B. 2 | C. 3 | D. 6 |
|------|------|------|------|------|

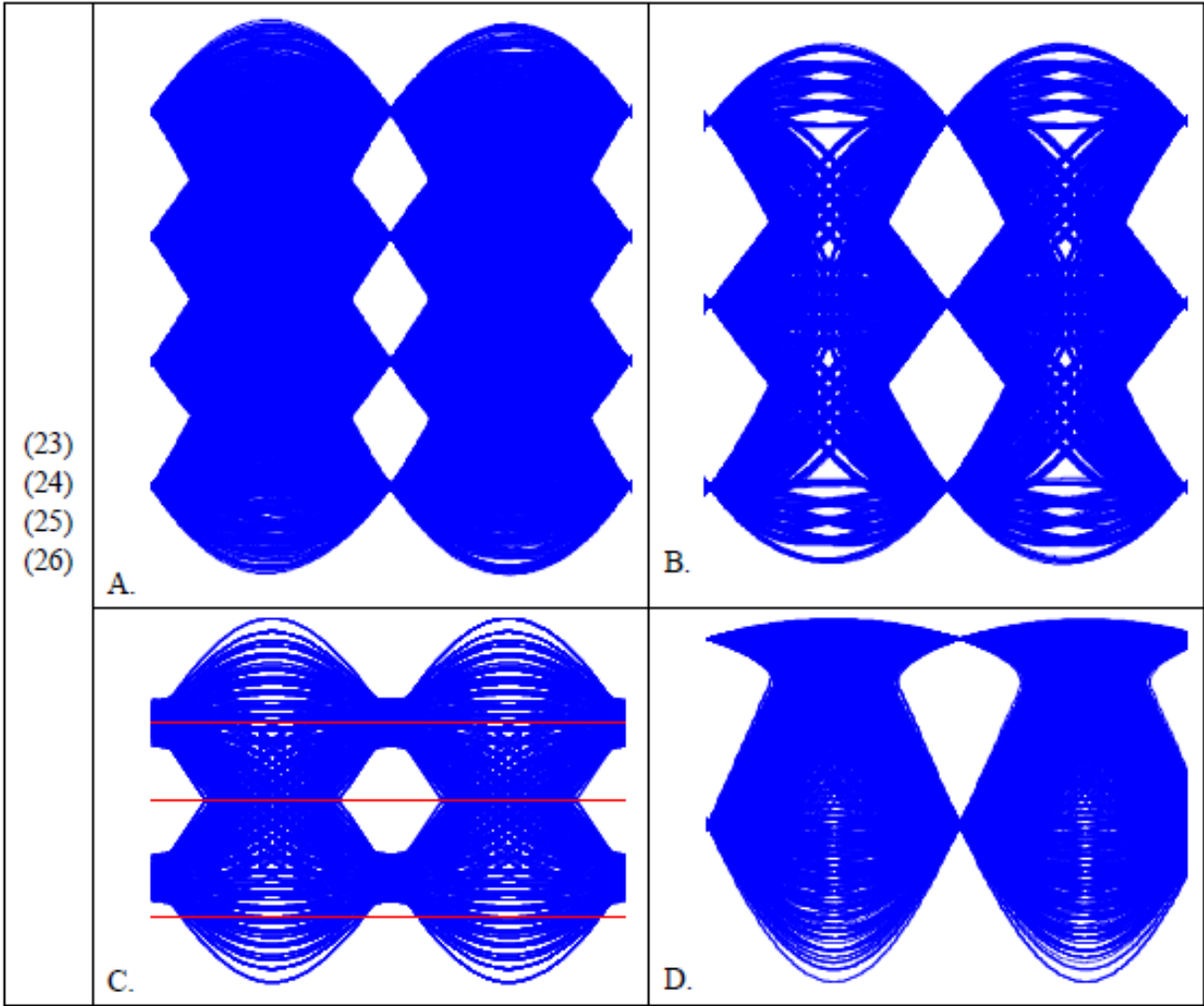
10. 当量化器的输入服从(16)分布时，能使量化信噪比最大的量化是(17)量化器，其量化信噪比 $\left(\frac{S}{N_q}\right)$ 与量化比特数 $k$ 的关系是 $\left(\frac{S}{N_q}\right)=(18)$ 。

|           |          |          |          |          |
|-----------|----------|----------|----------|----------|
| (16) (17) | A. 指数    | B. 高斯    | C. 均匀    | D. 对数    |
| (18)      | A. $k^2$ | B. $2^k$ | C. $4^k$ | D. $k^4$ |

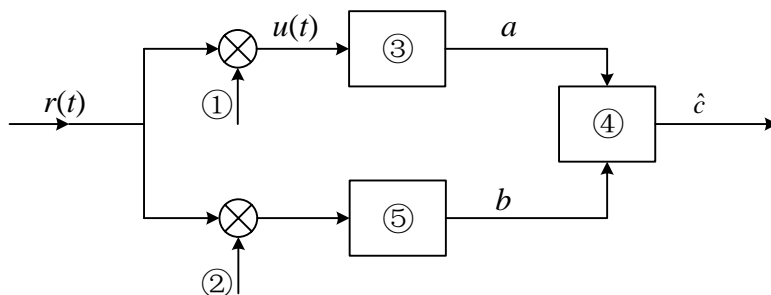
11. 为了实现 BPSK 的相干解调，需要在接收端建立同步载波。载波同步的方法之一是采用(19)法，该法所提取的载波可能存在(20)问题，解决此问题的方法之一是采用(21)调制，该调制还能摆脱相干解调，借助(22)来实现解调。

|      |           |           |         |         |
|------|-----------|-----------|---------|---------|
| (19) | A. 锁相环    | B. 超前-滞后门 | C. 立方环  | D. 平方环  |
| (20) | A. 相位模糊   | B. 相位抖动   | C. 相位调制 | D. 相位失步 |
| (21) | A. OQPSK  | B. DPSK   | C. QPSK | D. 8PSK |
| (22) | A. 差分相干解调 | B. 包络检波   | C. 锁相环  | D. 鉴频器  |

12. 下列是四个不同数字传输系统的基带眼图，其中使用了第一类部分响应技术的是(23)，需要采用时域均衡的是(24)，频谱利用率最高的是(25)，存在非线性畸变的是(26)。

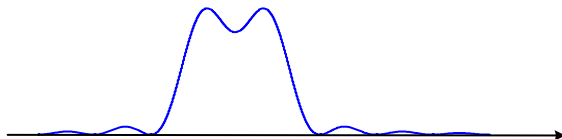


二. 某 2FSK 系统在  $[0, T_b]$  内等概发送  $s_1(t) = \cos 2\pi f_1 t$  和  $s_2(t) = \cos 2\pi f_2 t$  之一, 已知  $T_b = 1\text{ms}$ ,  $f_1 - f_2 = 1\text{kHz}$ ,  $f_1 + f_2 = 13\text{kHz}$ 。发送信号通过 AWGN 信道传输, 接收框图如下所示, 图中的  $a, b$  是两个实数, 分别是模块③、⑤的输出, 模块④的输出  $\hat{c} \in \{0, 1\}$  是判决结果。



- (1) 画出此 2FSK 的单边功率谱密度示意图 (标出频率坐标), 写出主瓣带宽;
- (2) 写出①、②处的信号表达式;
- (3) 写出模块③、④的输入输出关系式。

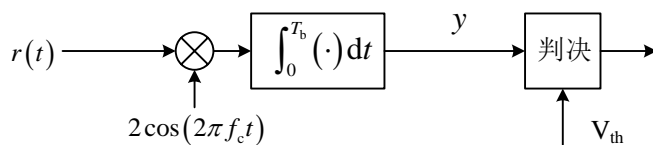
解: (1)  $f_1 = 7$ ,  $f_2 = 6$ , 主瓣带宽是 3kHz。功率谱图如下 (形状要点是体现两个 OOK 的和)



(2)  $\cos 2\pi f_1 t$ ;  $\cos 2\pi f_2 t$

(3)  $a = \int_0^T u(t) dt$ ,  $\hat{c} = \begin{cases} 1, & a > b \\ 0 & b > a \end{cases}$ 。

三. 某系统在 $[0, T_b]$ 内等概发送 $s_1(t) = A_1 \cos \frac{20\pi t}{T_b}$ 和 $s_2(t) = A_2 \cos \frac{20\pi t}{T_b}$ 之一, 其中 $A_1 \geq |A_2|$ 。发送信号 $s_i(t), i = 1, 2$ 到接收端成为 $r(t) = s_i(t) + n_w(t)$ , 其中 $n_w(t)$ 是双边功率谱密度为 $N_0/2$ 的白高斯噪声, 解调框图如下。



- (1) 求发送 $s_1(t)$ 条件下,  $y$  的均值、方差;
- (2) 求发送 $s_2(t)$ 条件下,  $y$  的均值;
- (3) 给出判决门限的最佳值;
- (4) 求该系统的平均误比特率;
- (5) 当 $A_2$ 取何值时, 系统的误比特率最小?

解:

(1)  $A_1 T_b, N_0 T_b$ ;

(2)  $A_2 T_b$ ;

(3)  $\frac{A_1 + A_2}{2} T_b$ ;

(4)  $Q\left(\sqrt{\frac{(A_1 - A_2)^2 T_b}{4N_0}}\right)$ ;

(5)  $A_2 = -A_1$

四. 某系统在 $[0, T_s]$ 内发送 $s(t) = a \cdot A_1 \cos \omega_c t - b \cdot A_2 \sin \omega_c t$ , 其中 $A_1, A_2$ 是两个幅度值,  $a, b$ 携带发送的独立等概数据信息。分别就以下情况, 写出调制方式名称, 并求符号能量 $E_s$ 。

- (1)  $A_1 = 1, A_2 = 0, a \in \{\pm 1\}$ ;
- (2)  $A_1 = 1, A_2 = 0, a \in \{\pm 1, \pm 3\}$ ;
- (3)  $A_1 = A_2 = 1, a, b \in \{\pm 1\}$ ;
- (4)  $A_1 = A_2 = 1, a, b \in \{\pm 1, \pm 3\}$ 。

解:

$$E_s = \int_0^{T_s} s^2(t) dt, \quad \int_0^{T_s} \cos^2(\omega_c t) dt = \int_0^{T_s} \sin^2(\omega_c t) dt = T_s/2$$

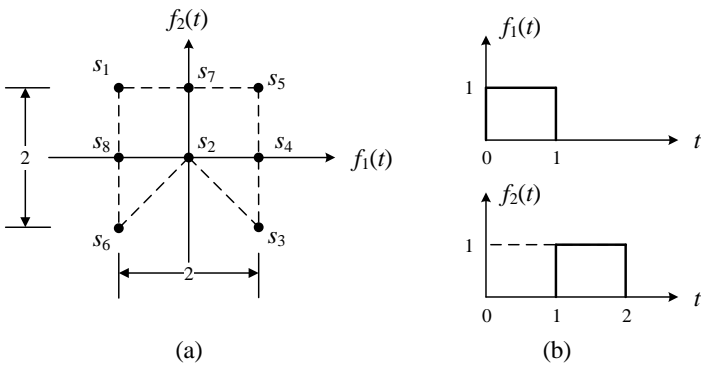
(1) BPSK,  $\frac{T_s}{2}$ ;

(2) 4ASK,  $\frac{5T_s}{2}$ ;

(3) QPSK,  $T_s$ ;

(4) 16QAM,  $5T_s$

五. 某 8 进制调制的星座图如图(a)所示, 图(b)是相应的归一化正交基函数。假设各星座点等概出现, 信道噪声是加性白高斯噪声。



- (1) 求平均符号能量 $E_s$ 、最小星座点距离 $d_{min}$ ;  
 (2) 在图(a)中标出 $s_1, s_2, s_3$ 的最佳判决域;  
 (3) 画出星座点 $s_1$ 对应的发送信号波形。  
 解:

(1)  $E_s = \frac{11}{8}, d_{min} = 1$



六. 设有四电平量化器, 其输入 $X$ 的概率密度函数为 $f_X(x) = \begin{cases} 1/6, & |x| \leq 2 \\ \frac{4-|x|}{12}, & 2 < |x| < 4 \\ 0, & \text{else} \end{cases}$ , 量化输出为 $Y =$

$\begin{cases} 3, & 2 < X < 4 \\ 1, & 0 < X \leq 2 \\ -1, & -2 < X \leq 0 \\ -3, & -4 \leq X \leq -2 \end{cases}$ 。试求量化输入信号 $X$ 的功率 $S = E[X^2]$ , 量化输出 $Y$ 各种可能取值的出现概率, 量化输出的功率 $S_q = E[Y^2]$ , 量化噪声功率 $N_q = E[(Y - X)^2]$ 。

解:

$$S = E[X^2] = \int_{-4}^4 x^2 f_X(x) dx = 2 \int_0^2 x^2 \cdot \frac{1}{6} dx + 2 \int_2^4 x^2 \cdot \frac{4-x}{12} dx = \frac{8}{9} + \frac{22}{9} = \frac{10}{3}$$

$Y$ 各种可能取值的出现概率:  $\pm 1$ 出现的概率都是 $\int_0^2 \frac{1}{6} dx = \frac{1}{3}$ ,  $\pm 3$ 出现的概率都是 $\frac{1}{2} \left(1 - 2 \times \frac{1}{3}\right) = \frac{1}{6}$ 。

$$S_q = E[Y^2] = 2 \times 1^2 \times \frac{1}{3} + 2 \times 3^2 \times \frac{1}{6} = \frac{11}{3}$$

$$\begin{aligned} N_q = E[(Y - X)^2] &= \int_{-4}^4 (y - x)^2 f_X(x) dx = 2 \int_0^2 \frac{(1-x)^2}{6} dx + 2 \int_2^4 (3-x)^2 \frac{4-x}{12} dx \\ &= 2 \int_{-1}^{+1} \frac{t^2}{6} dt + 2 \int_{-1}^{+1} t^2 \frac{1-t}{12} dt = \frac{2}{6} \int_{-1}^{+1} t^2 \left(1 + \frac{1-t}{2}\right) dt = \frac{1}{3} \times \frac{3}{2} \int_{-1}^{+1} t^2 dt - \frac{1}{6} \int_{-1}^{+1} t^3 dt \\ &= \int_0^{+1} t^2 dt = \frac{1}{3} \end{aligned}$$

或者:  $N_q = E[(Y - X)^2] = E[Y^2] + E[X^2] - 2E[XY] = \frac{11}{3} + \frac{10}{3} - 2E[XY]$ ,

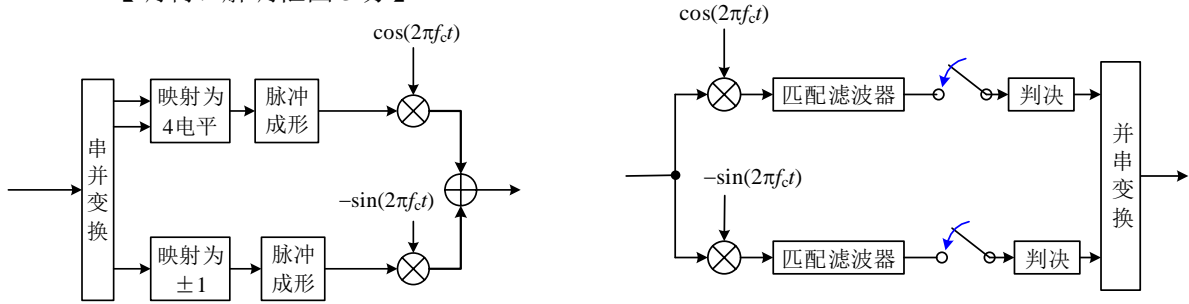
$$E[XY] = \int xy f_{XY}(x, y) dx dy = 2 \int_0^2 x \cdot 1 \cdot \frac{1}{6} dx + 2 \int_2^4 x \cdot 3 \cdot \frac{4-x}{12} dx = \frac{2}{3} + \left(3 - \frac{1}{3}\right) = \frac{10}{3},$$

$$\text{因此 } N_q = \frac{1}{3}$$

七. 设有 10 路话音信号, 对每路话音按 8kHz 速率采样并按 A 律十三折线 PCM 编码进行数字化, 再将 10 路数字话音通过时分复用合为一路速率为  $R$  的二进制数据, 然后通过通频带为 20MHz~20.2MHz 的带通信道传输。试设计相应的调制器和解调器, 要求给出符号速率、调制阶数、滚降系数, 画出调制及解调框图, 画出发送功率谱密度图。

解: 每路数据速率为 64kb/s 【1 分】, 总数据速率为 640kb/s 【1 分】。带宽为 200kHz 【1 分】, 符号速率为  $\frac{200}{1+\alpha}$ , 范围是 100k ~ 200k Baud 。比特速率范围是  $100 \log M \sim 200 \log M$  kb/s。按  $M$  尽量小考虑, 可取  $M = 16$  【2 分】。此时符号速率为  $\frac{640}{4} = 160$  k Baud 【1 分】, 滚降系数为  $\frac{200-160}{160} = \frac{1}{4}$  【2 分】。

【调制、解调框图 3 分】



【功率谱密度 2 分】

