

北京邮电大学 2020—2021 学年第 I 学期

《通信原理 I》期末考试试题（B 卷）

注 意 事 项	一、按指定座位就坐，将证件放在桌面上。 二、闭卷考试，不使用计算器。 三、试卷的背页以及最后一页可作为草稿纸。 四、手机关机、离身。						
课号	3112100140		考试时间		2020 年 12 月 22 日		
题号	一	二	三	四	五	六	总分
满分	40	12	12	12	12	12	100
得分							
阅卷教师							

公式提示：

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

$$\cos(\alpha)\sin(\beta) = \frac{1}{2} [\sin(\beta + \alpha) + \sin(\beta - \alpha)]$$

$$\cos(\alpha)\cos(\beta) = \frac{1}{2} [\cos(\beta + \alpha) + \cos(\beta - \alpha)]$$

一. 选择填空

在候选答案中选出最佳的一个答案写在下面的答题表中，写在别处不得分

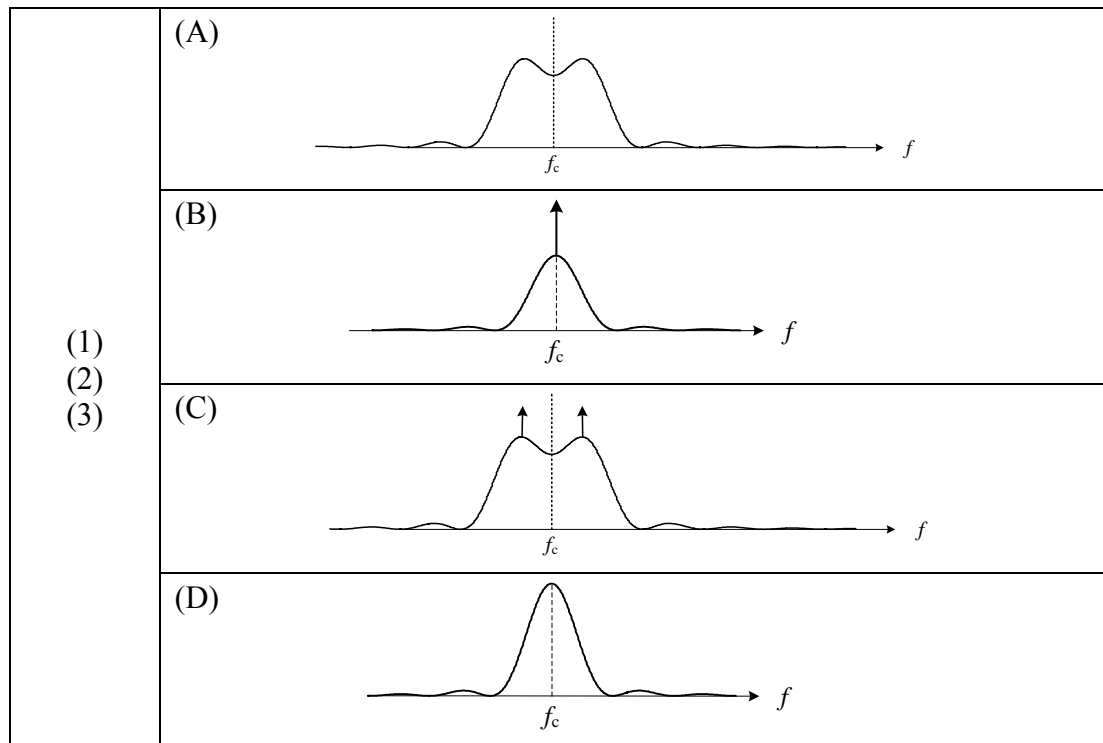
空格号	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
答案	B	C	D	D	A	A	C	B	D	C
空格号	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
答案	A	B	D	B	A	A	D	D	A	C
空格号	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
答案	B	C	A	C	D	B	C	B	D	A
空格号	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)	(38)	(39)	(40)
答案	C	A	B	C	D	C	D	B	B	A

姓名：

学号：

班级：

1. 假设二进制调制的输入数据独立等概。下列中的(1)、(2)、(3)分别是 OOK、2FSK、2PSK 的功率谱密度图。



2. 将双极性 NRZ 信号通过 FM 调制器，输出是(4)信号。将单极性 NRZ 信号通过 DSB-SC 调制器，输出是(5)信号。

(4)(5)	(A) OOK	(B) OQPSK	(C) 2DPSK	(D) 2FSK
--------	---------	-----------	-----------	----------

3. 假设数据独立等概，速率 R_b 给定，已调信号的最大幅度 A 给定，信道白噪声的功率谱密度 N_0 给定。下列调制方式中，误比特率最高的是(6)，带宽最大的是(7)。

(6)(7)	(A) OOK	(B) 2DPSK	(C) 2FSK	(D) 2PSK
--------	---------	-----------	----------	----------

4. 在部分响应系统中，由于发送端采用了(8)，使得接收端的采样值存在(9)。这样做的好处是可以将频带利用率提升到(10)Baud/Hz。

(8)	(A) 矩形脉冲	(B) 相关编码	(C) 差分编码	(D) 根升余弦滚降
(9)	(A) 非线性失真	(B) 直流分量	(C) 包络起伏	(D) 符号间干扰
(10)	(A) 1/2	(B) 1	(C) 2	(D) 4

5. 为了实现 BPSK 相干解调，接收端可以采用(11)来建立同步载波。这样得到的载波存在相位模糊问题。解决方法之一是在调制前先对数据进行(12)。相应的解调方法可以是(13)解调。

(11)	(A) 科斯塔斯环	(B) 匹配滤波	(C) 时域均衡	(D) 超前滞后门
(12)	(A) 相关编码	(B) 差分编码	(C) 格雷编码	(D) 多电平编码
(13)	(A) 包络检波	(B) 锁相鉴频	(C) 平方环法	(D) 差分相干

6. 下列调制方式中, 频带利用率最高的是(14), 最低的是(15)。给定 E_b/N_0 的条件下, 误符号率最低的是(16), 最高的是(17)。

(14)(15)(16)(17)	(A) 16FSK	(B) 16QAM	(C) QPSK	(D) 8ASK
------------------	-----------	-----------	----------	----------

7. 每个 64QAM 符号携带(18)个比特。若系统的比特速率是 12Mbit/s, 则其符号速率是(19)MBaud。若基带采用矩形脉冲成形, 则其主瓣带宽是(20)MHz; 若基带采用滚降因子为 0.5 的升余弦滚降, 则其带宽是(21)MHz。

(18)(19)(20)(21)	(A) 2	(B) 3	(C) 4	(D) 6
------------------	-------	-------	-------	-------

8. 假设 QPSK 系统和 OQPSK 系统均采用了升余弦滚降且两个系统的滚降因子相同、比特速率相同、 E_b/N_0 相同, 则 QPSK 信号的带宽(22)、包络起伏(23), QPSK 接收机的误比特率(24)。

(22)(23) (24)	(A)比 OQPSK 大	(B)比 OQPSK 小	(C)与 OQPSK 相同	(D)以上都不是
------------------	--------------	--------------	---------------	----------

9. 在给定比特速率 R_b 及比特信噪比 E_b/N_0 的条件下比较 BPSK 与 QPSK, 下列说法中正确的是(25)。

(25)	(A) BPSK 的误比特率与 QPSK 相同, 带宽比 QPSK 小	(B) BPSK 的带宽与 QPSK 相同, 误比特率比 QPSK 大
	(C) BPSK 的带宽比 QPSK 大, 误比特率比 QPSK 小	(D) BPSK 的误比特率与 QPSK 相同, 带宽比 QPSK 大

10. 若采用格雷码映射的 8PSK 的误符号率是 0.0024, 则其误比特率是(26)。

(26)	(A) 0.0003	(B) 0.0008	(C) 0.0024	(D) 0.0072
------	------------	------------	------------	------------

11. 某 16 进制调制系统的平均发送功率是 2 瓦, 比特速率是 1Mbit/s, 其符号间隔是(27)微秒, 平均比特能量是 E_b =(28)微焦耳。

(27)(28)	(A) 1	(B) 2	(C) 4	(D) 8
----------	-------	-------	-------	-------

12. 在 M 进制通信的最佳接收中, 当发送信号(29)时, MAP 准则与 ML 准则等价。当传输信道为(30)信道时, 按 ML 准则判决等同于按最小欧氏距离判决。

(29)	(A) 等能量	(B) 不等概	(C) 后验等概	(D) 先验等概
(30)	(A) AWGN	(B) 无噪声	(C) 无符号间干扰	(D) 无失真

13. 正交 4FSK 系统的星座图有 4 个星座点 s_1, s_2, s_3, s_4 , 依次对应四个载波频率 $f_1 < f_2 < f_3 < f_4$ 。若数据速率是 4kbit/s, 则 $f_4 - f_1$ 最小是(31)kHz。令 d_{ij} 表示星座点 s_i 与 s_j 之间的距离, 则 d_{14}^2/d_{12}^2 =(32)。

(31)(32)	(A) 1	(B) 2	(C) 3	(D) 4
----------	-------	-------	-------	-------

14. 对带宽为 3kHz 的实信号 $x(t)$ 进行理想采样, 要求采样后频谱不发生交叠。若 $x(t)$ 是基带信号, 最低采样率是(33)kHz。若 $x(t)$ 是带通信号, 其最高频率是 20kHz, 最低采样率是(34)kHz。

(33)(34)	(A) 10/3	(B) 6	(C) 20/3	(D) 8
----------	----------	-------	----------	-------

姓名：_____ 学号：_____ 班级：_____

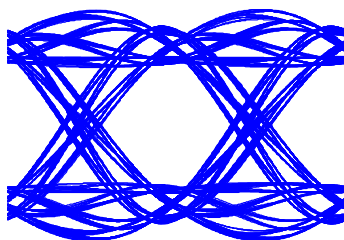
15. 某 A 律十三折线 PCM 编码器的设计输入范围是 $[-32, +32]$ V，若采样值为 +8.1V，则编码器的输出码组是(35)，解码器输出的量化电平是(36)V。

(35)	(A) 11111011	(B) 01101000	(C) 11100001	(D) 11100000
(36)	(A) 8	(B) 8.1	(C) 8.25	(D) 8.5

16. 某 8 比特均匀量化器的设计输入范围是 $[-A, +A]$ 。若输入信号在 $[-A, +A]$ 内均匀分布，量化信噪比为(37)dB。若输入信号在 $\left[-\frac{A}{2}, +\frac{A}{2}\right]$ 内均匀分布，量化信噪比为(38)dB。

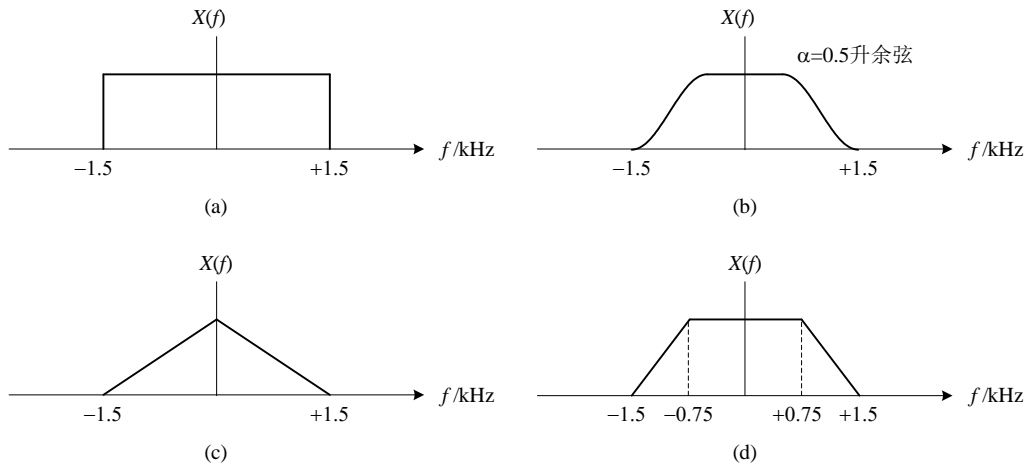
(37)(38)	(A) 39	(B) 42	(C) 46	(D) 48
----------	--------	--------	--------	--------

17. 下图是某数字基带传输系统在无噪声情况下，接收端采样前观察到的眼图。该眼图说明该系统存在(39)的问题，接收端可以采用(40)来解决此问题。



(39)	(A) 非线性失真	(B) 符号间干扰	(C) 噪声过大	(D) 带宽过大
(40)	(A) 时域均衡	(B) 匹配滤波	(C) 差分译码	(D) 对数量化

二. (12 分) 设基带传输系统包括发送滤波器、信道及接收滤波器在内的总体传递函数为 $X(f)$ 。若要求以 2000Baud 的符号速率传输，试判断下图中的 $X(f)$ 是否满足采样点无符号间干扰条件，如果不满足则给出相应的无符号间干扰传输最高速率。



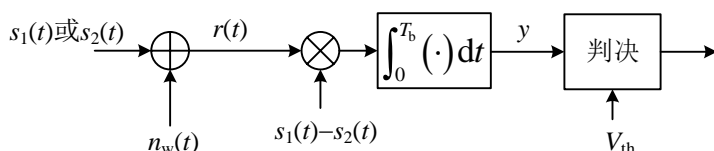
	否、是、否、否
	(a)3000Baud, (c)1500Baud, (d)2250Baud

姓名:

学号:

班级:

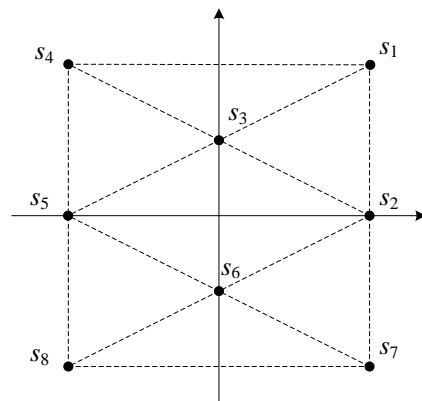
三. (12 分) 某二进制调制系统在 $[0, T_b]$ 内等概发送 $s_1(t) = 2\cos\left(\frac{100\pi t}{T_b}\right)$ 和 $s_2(t) = 2\cos\left(\frac{101\pi t}{T_b}\right)$ 之一。发送信号叠加了双边功率谱密度为 $N_0/2$ 的白高斯噪声 $n_w(t)$ 后到达接收端。接收框图如下所示。试:



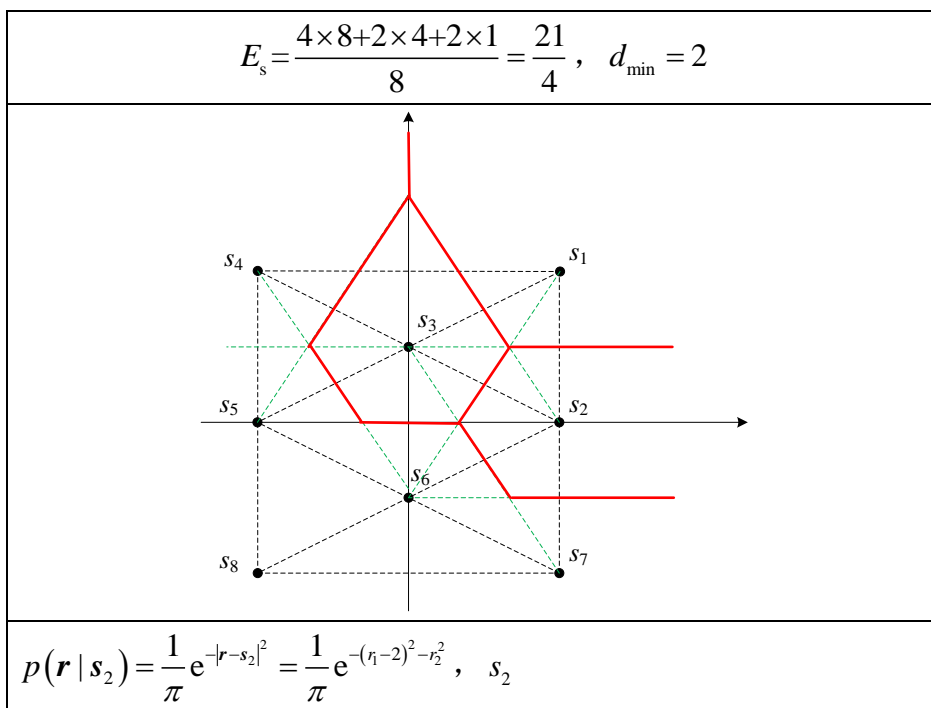
- (1) 写出平均比特能量 E_b , 信号 $s_1(t)$ 、 $s_2(t)$ 的相关系数 ρ_{12} ;
- (2) 写出发送 $s_1(t)$ 、 $s_2(t)$ 条件下判决器输入 y 的均值及方差;
- (3) 写出最佳判决门限及相应的系统误比特率;
- (4) 若将 $s_2(t)$ 变成 $s_2(t) = 2\sin\left(\frac{101\pi t}{T_b}\right)$, 试写出此时 $s_1(t)$ 与 $s_2(t)$ 的相关系数, 并判断误比特率是增大还是减小?

$E_b = 2T_b, \rho_{12} = 0$
均值 $\pm 2T_b$, 方差 $2N_0T_b$
$0, P_b = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{T_b}{N_0}}\right)$
$\rho_{12} = \frac{\int_0^{T_b} 2\cos\left(\frac{100\pi t}{T_b}\right) 2\sin\left(\frac{101\pi t}{T_b}\right) dt}{\sqrt{E_1 E_2}}$ $= \frac{1}{T_b} \left\{ \int_0^{T_b} \sin\left(\frac{201\pi t}{T_b}\right) + \sin\left(\frac{\pi t}{T_b}\right) dt \right\}$ $= \frac{1}{T_b} \left\{ \left[\frac{T_b}{201\pi} \cos\left(\frac{201\pi t}{T_b}\right) \right]_{T_b}^0 + \left[\frac{T_b}{\pi} \cos\left(\frac{\pi t}{T_b}\right) \right]_{T_b}^0 \right\} = \frac{404}{201\pi} \approx \frac{2}{\pi}$ <p>误比特率增大</p>

四. (12 分) 右图是某八进制调制在归一化正交基下的星座图, 各星座点等概出现。按矢量表示, $s_1=(2,2)$ 、 $s_2=(2,0)$, $s_3=(0,1)$ 。发送某个星座点 $s \in \{s_1, s_2, \dots, s_8\}$, 收到 $r = s + z$, 其中噪声向量 z 的元素是独立同分布的零均值高斯随机变量, 方差均为 0.5。试:



- (1) 求出平均符号能量 E_s 、最小星座点距离 d_{\min} ;
- (2) 标出 s_1, s_2, s_3 的最佳判决域;
- (3) 写出发送 s_2 条件下接收信号 r 的条件概率密度函数 $p(r | s_2)$;
- (4) 写出收到 $r = s_2$ 条件下后验概率最大的星座点。

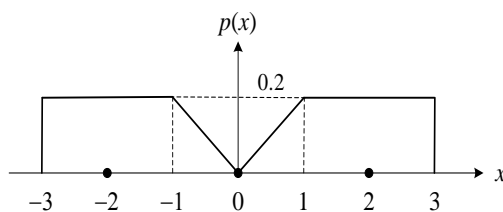


姓名:

学号:

班级:

五. (12 分) 某三电平均匀量化器的三个量化区间是 $[-3, -1)$ 、 $[-1, +1)$ 、 $[+1, +3]$, 对应的量化电平是 $-2, 0, +2$ 。已知量化器输入 X 的概率密度函数 $p(x)$ 如右图所示。试求:



- (1) 输入信号 X 的功率 $S = E[X^2]$;
- (2) 各量化电平的出现概率, 量化输出 Y 的功率 $S_q = E[Y^2]$;
- (3) 量化噪声功率 $N_q = E[(Y - X)^2]$;
- (4) 在 $Y = 0$ 条件下, 量化误差的绝对值不超过 0.5 的概率。

$$S = E[X^2] = 2 \int_0^3 x^2 p(x) dx = 2 \int_0^1 x^2 \cdot \frac{x}{5} dx + 2 \int_1^3 x^2 \cdot \frac{1}{5} dx = \frac{1}{10} + \frac{52}{15} = \frac{107}{30}$$

出现概率: 0.4、0.2、0.4

$$S_q = E[Y^2] = 2 \times 0.4 \times 2^2 = 3.2$$

$$\begin{aligned} N_q &= E[(Y - X)^2] = \int_{-1}^1 (0 - x)^2 p(x) dx + 2 \int_1^3 (2 - x)^2 p(x) dx \\ &= 2 \int_0^1 x^2 \cdot \frac{x}{5} dx + 2 \int_1^3 (2 - x)^2 \frac{1}{5} dx = \frac{1}{10} + \frac{4}{15} = \frac{11}{30} \end{aligned}$$

$$\frac{P(|x| < 0.5)}{0.2} = 5 \int_{-0.5}^{0.5} p(x) dx = 10 \int_0^{0.5} \frac{x}{5} dx = \frac{1}{4}$$

六. (12 分) 在下图所示的传输系统中, 将三路速率为 $R_a=10\text{Mbit/s}$ 、一路速率为 $R_b=2\text{Mbit/s}$ 的比特流通过时分复用合为一后通过带宽为 20MHz 的带通信道传输。试确定该系统的总比特速率 R_c 、频带利用率 (bit/s/Hz)、合理的调制方式及升余弦滚降系数, 画出发送信号的功率谱密度示意图。

