

北京邮电大学 2021—2022 学年第 I 学期

《通信原理 I》期末考试试题（A 卷）

注意事项	闭卷考试 不使用计算器 手机关机、放在指定位置					
考试课程	通信原理		考试时间		2021 年 12 月 27 日	
题号	一	二	三	四	五	总分
满分	50	12	12	12	12	100
得分						
阅卷教师						

提示: $\operatorname{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2} dt$; $\operatorname{sinc}(x) = \frac{\sin(\pi x)}{\pi x}$; $\operatorname{rect}(x) = \begin{cases} 1, & |x| \leq \frac{1}{2} \\ 0, & \text{else} \end{cases}$

本试卷中 $P(\)$ 表示概率, $p(\)$ 表示概率密度; $N(0, \sigma^2)$ 表示均值为零、方差为 σ^2 的高斯分布。

一. 单项选择（每题 1 分，共 50 分）

将最佳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	A	D	D	D	B	C	A	B 或 D	B	D
空格号	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
答案	B	C	A	C	A	A	B	C	D	C
空格号	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
答案	D	B	A	C	C	C	B	C	A	A
空格号	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)	(38)	(39)	(40)
答案	C	B	B	C	A	D	B	A	C	A
空格号	(41)	(42)	(43)	(44)	(45)	(46)	(47)	(48)	(49)	(50)
答案	B	D	D	B	D	C	A	D	A	B

1. 在升余弦滚降系统中，滚降系数越大则(1)越大。

(1)	(A) 带宽	(B) ISI	(C) 频带利用率	(D) 信噪比
-----	--------	---------	-----------	---------

2. 最佳基带系统的误比特率随(2)的增加而降低。

(2)	(A) 滚降系数 α	(B) 进制数 M	(C) 噪声功率谱密度 N_0	(D) 比特信噪比 E_b/N_0
-----	-------------------	-------------	-------------------	---------------------

姓名: 班级: 学号:

3. 在 M 进制调制中, 星座点数加倍则每符号携带的比特数(3)。保持符号速率不变, 如果传输数据速率加倍则需进制数从 M 变成(4)。

(3)	(A) 不变	(B) 增加一倍	(C) 增加 2 比特	(D) 增加 1 比特
(4)	(A) $M+1$	(B) $2M$	(C) $M+2$	(D) M^2

4. 当进制数 M 增加时, MQAM 的(5), MFSK 的(6)。

(5)(6)	(A) 频谱效率提高, 抗噪声能力提高	(B) 频谱效率提高, 抗噪声能力下降
	(C) 频谱效率下降, 抗噪声能力提高	(D) 频谱效率下降, 抗噪声能力下降

5. 某基带传输系统的总体冲激响应为 $x(t) = h_1(t)h_2(t)$, 其中 $h_1(t)$ 、 $h_2(t)$ 的傅氏变换分别是 $H_1(f)$ 和 $H_2(f)$, 其绝对带宽分别是 B_1 和 B_2 。该系统的绝对带宽是(7), 该系统实现无 ISI 传输的条件是(8)满足奈奎斯特准则。

(7)	(A) $B_1 + B_2$	(B) $B_1 \cdot B_2$	(C) $\min(B_1, B_2)$	(D) $\max(B_1, B_2)$
(8)	(A) $H_1(f) \cdot H_2(f)$		(B) $H_1(f)$ 和 $H_2(f)$ 全都	
	(C) $H_1(f) + H_2(f)$		(D) $H_1(f)$ 和 $H_2(f)$ 中任意一个	

6. 设基带传输系统的符号速率是 10Baud, 系统的总体冲激响应为 $x(t)$ 。为了使接收端采样点无 ISI, $x(t)$ 应满足(9), 其中 c 表示常数。

(9)	(A) $\sum_{n=-\infty}^{\infty} x(t - 0.1n) = c$	(B) $x(0.1n) = \begin{cases} c, & n = 0 \\ 0, & n = \pm 1, \pm 2, \dots \end{cases}$
	(C) $\sum_{n=-\infty}^{\infty} x(t - 10n) = c$	(D) $x(10n) = \begin{cases} c, & n = 0 \\ 0, & n = \pm 1, \pm 2, \dots \end{cases}$

7. 设四进制基带传输系统的信道带宽是 2kHz。按照奈奎斯特极限, 该系统无 ISI 传输的最高比特速率是(10)kbit/s, 对应的频带利用率是(11)bit/s/Hz。若采用滚降系数为 1/3 的升余弦频谱滚降, 则无 ISI 传输的最高速率是(12)kbit/s, 对应的频带利用率是(13)bit/s/Hz。

(10)(11)(12)(13)	(A) 3	(B) 4	(C) 6	(D) 8
------------------	-------	-------	-------	-------

8. 如果数字基带传输系统的设计遵循(14)准则, 则可以实现(15)传输。

(14)	(A) MAP	(B) ML	(C) 奈奎斯特	(D) 维纳辛钦
(15)	(A) 无 ISI	(B) 无差错	(C) 无噪声	(D) 无失真

9. 均值为零的双极性 NRZ 信号通过调幅指数为 1 的 AM 调制器, 输出是(16)信号; 通过调频指数为 1 的 FM 调制器, 输出是(17)信号; 通过 DSB-SC 调制器, 输出是(18)信号; 先通过差分编码, 再通过 DSB-SC 调制器, 输出是(19)信号。这四种调制方式中, 只能相干解调的是(20), 可以差分相干解调的是(21)。

(16)(17)(18)(19)(20)(21)	(A) OOK	(B) 2FSK	(C) BPSK	(D) DPSK
--------------------------	---------	----------	----------	----------

10. 给定 E_b/N_0 , 4FSK 的误比特率是误符号率的(22)倍, 格雷映射的 QPSK 的误比特率近似是误符号率的(23)倍, 非格雷映射的 QPSK 的误比特率近似是误符号率的(24)倍。

(22)(23)(24)	(A) 1/2	(B) 2/3	(C) 3/4	(D) 1
--------------	---------	---------	---------	-------

11. 设二进制数据独立等概、速率为 3kbit/s, 则 OOK 的主瓣带宽是(25), BPSK 信号的主瓣带宽是(26)kHz。采用最佳相干解调时, 对于相同的误比特率目标, OOK 所需的 E_b/N_0 比 BPSK 高(27)dB。

(25)(26)(27)	(A) 2	(B) 3	(C) 6	(D) 8
--------------	-------	-------	-------	-------

12. 若 BPSK 的误比特率是 0.001, 则 2DPSK 相干解调差分译码后的误比特率是(28)。

(28)	(A) 0.0005	(B) 0.001	(C) 0.002	(D) 0.003
------	------------	-----------	-----------	-----------

13. 在数据速率 R_b 和滚降系数 α 都相同的条件下, QPSK 的(29)比 OQPSK 大。

(29)	(A) 包络起伏	(B) 码间干扰	(C) 频带利用率	(D) 误比特率
------	----------	----------	-----------	----------

14. 设 BPSK 系统发送星座点 $x \in \{\pm 1\}$, 接收端判决输入是 $y = x + z$, 其中 z 是与 x 独立的信道噪声。下列中的(30)是先验概率, (31)是后验概率, (32)是似然函数。若 x 先验等概, 则当(33)时, x 也后验等概。

(30)	(A) $P(x = +1)$	(B) $p(y x = +1)$	(C) $P(x = +1 y)$	(D) $P(x = +1)p(y x = +1)$
(31)				
(32)				
(33)	(A) $y = -1$	(B) $y = 0$	(C) $y = +1$	(D) $y = z$

15. 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 T_s =(34)微秒, 比特间隔是 T_b =(35)微秒, 平均符号能量是 E_s =(36)微焦耳, 平均比特能量是 E_b =(37)微焦耳。

(34)(35)(36)(37)	(A) 1	(B) 2	(C) 4	(D) 8
------------------	-------	-------	-------	-------

16. 某 4ASK 系统通过 AWGN 信道发送 $x \in \{\pm 3, \pm 1\}$, 接收端判决输入为 $y = x + z$, 其中 $z \sim N(0, \sigma^2)$ 是与 x 独立的高斯噪声。假设接收端按 ML 准则判决, 则当 $y < -2$ 时, 判决输出为 \hat{x} =(38); 发送 $x = +3$ 条件下, $y < -2$ 的概率是(39)。

(38)	(A) -3	(B) -1	(C) +1	(D) +3
(39)	(A) $\frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{1}{\sqrt{2}\sigma^2}\right)$	(B) $\frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{3}{\sqrt{2}\sigma^2}\right)$	(C) $\frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{5}{\sqrt{2}\sigma^2}\right)$	(D) $\frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{7}{\sqrt{2}\sigma^2}\right)$

17. 假设各星座点等概出现, 给定平均符号能量 $E_s = 21$, 则 8ASK、8PSK、8FSK 星座图中星座点之间的最小距离分别是(40)、(41)、(42)。

(40)(41)(42)	(A) 2	(B) $\sqrt{84} \sin \frac{\pi}{8}$	(C) $\sqrt{21}$	(D) $\sqrt{42}$
--------------	-------	------------------------------------	-----------------	-----------------

18. 若 16QAM 系统的滚降系数为 1/3, 数据速率为 12Mbit/s, 则发送信号的带宽是(43)MHz, 频带利用率是(44)bit/s/Hz。

(43)(44)	(A) 2	(B) 3	(C) 10/3	(D) 4
----------	-------	-------	----------	-------

19. 矩形 16QAM 由两个正交的(45)构成, QPSK 由两个正交的(46)构成, 2FSK 由两个(47)构成。

(45)(46)(47)	(A) OOK	(B) 2FSK	(C) BPSK	(D) 4ASK
--------------	---------	----------	----------	----------

20. 下列数字调制方式中, 频带利用率最高的是(48), 抗噪声能力最强的是(49), 抗噪声能力最弱的是(50)。

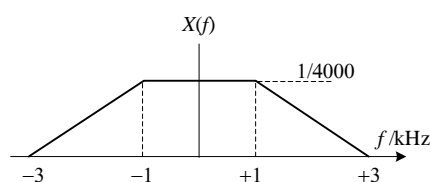
(48)(49)(50)	(A) 8FSK	(B) 16ASK	(C) 16PSK	(D) 64QAM
--------------	----------	-----------	-----------	-----------

姓名:

班级:

学号:

二. (14 分) 右图所示为某基带传输系统的总体传递

函数 $X(f)$ 。令 $M(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} X(f - nR_s)$ 。试:(1) 求出能实现无 ISI 传输的最大符号速率 R_s 以及对应的频带利用率;(2) 分别按 $R_s = 2\text{kBaud}$ 和 3kBaud 画出 $M(f)$ 在 $|f| \leq 3\text{kHz}$ 范围内的图形, 并说明按该速率传输是否存在 ISI;(3) 求系统的总体冲激响应 $x(t)$ 。

4kBaud, 4/3Baud/Hz	
	无 ISI
	有 ISI
<p>结果: $\text{sinc}(4000t)\text{sinc}(2000t)$</p> <p>方法 1: 梯形是两个矩形的卷积, 底宽顶宽分别是两个矩形的宽度的和与差。梯形的面积是 $x(0)$。</p> <p>方法 2: $X(f)$ 的微分是左右两个矩形:</p> $X'(f) = \frac{10^{-6}}{8} \left[\text{rect}\left(\frac{f+2000}{2000}\right) - \text{rect}\left(\frac{f-2000}{2000}\right) \right]$ $\frac{10^{-6}}{8} \left[2000\text{sinc}(2000t)e^{-j4000\pi t} - 2000\text{sinc}(2000t)e^{j4000\pi t} \right]$ <p>傅氏反变换为</p> $= \frac{\text{sinc}(2000t)}{4000} \cdot -2j\sin(4000t) = \text{sinc}(2000t)\text{sinc}(4000t) \cdot -j2\pi t$ <p>故 $x(t) = \text{sinc}(4000t)\text{sinc}(2000t)$</p>	

三. (12 分) 解放 xx 岛需要通信保障。考虑 BPSK 调制通信系统。系统在每个比特周期 T_b 内等概发送 $s_1(t) = 2\cos(2\pi f_c t)$ 或 $s_2(t) = -2\cos(2\pi f_c t)$ 。信号通过无线信道传输，接收端 RF 电路输出是 $r(t) = s_i(t) + n_w(t)$ ($i=1,2$)，其中 $n_w(t)$ 是双边功率谱密度为 $N_0/2$ 的高斯噪声。试：

- (1) 画出最佳接收框图；
- (2) 求发送 $s_1(t)$ 条件下，判决器输入 y 的均值、方差、概率密度函数；
- (3) 写出最佳判决门限及该系统发送的平均误比特率。

注：框图不唯一，例如可以是匹配滤波器；载波的系数也可以不是 1（下一问与此系数有关）
均值 T_b 、方差 $\sigma^2 = \frac{N_0 T_b}{4}$ ，概率密度 $\sqrt{\frac{2}{\pi N_0 T_b}} e^{-\frac{2(y-T_b)^2}{N_0 T_b}}$
判决门限是零， $BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{2T_b}{N_0}}\right)$

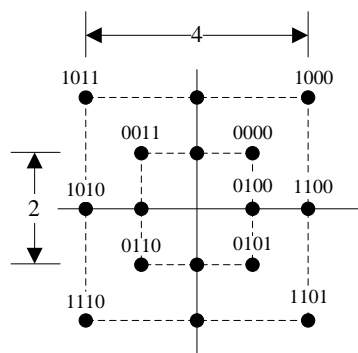
姓名：

班级：

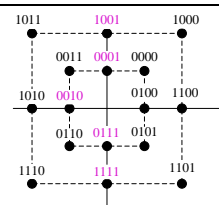
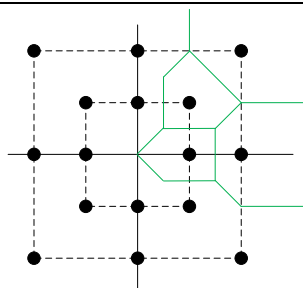
学号：

四. (12 分) 某 16QAM 调制在归一化正交基下的星座图如右图所示。每个星座点对应 4 比特，比特映射符合格雷码规则。图中外侧正方形边长为 4，内侧正方形边长为 2。各星座点等概出现，并通过 AWGN 信道传输。试：

- (1) 求平均符号能量，星座点之间的最小距离；
- (2) 按 ML 判决准则，画出 1000、1100、0100、0000 四个星座点的判决域；
- (3) 补齐图中所缺的 5 个星座点对应的 4 个比特。

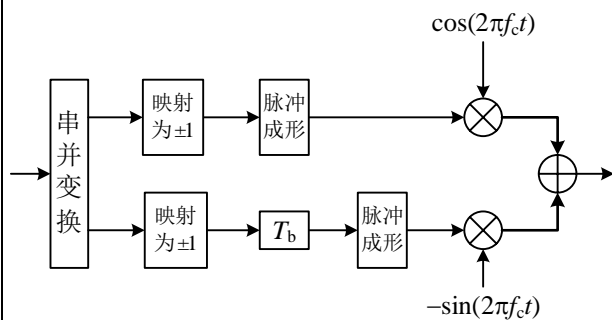


符号能量 $15/4$ ，最小距离 1

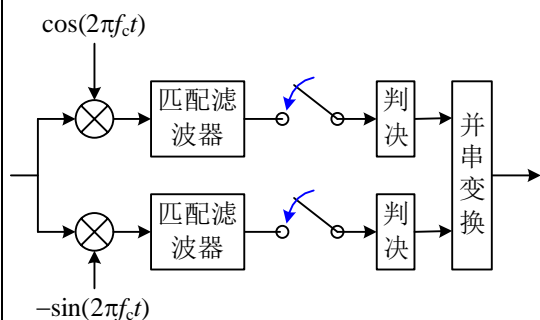


五. (12 分) 试为某卫星通信系统设计数字调制解调子系统。系统需求：①能通过 15MHz 带宽实现 20Mbit/s 的数据流传输；②卫星系统要求低功耗、低复杂度、高可靠性。答题要求：(1) 给出所设计的调制方式、符号速率、滚降系数；(2) 画出收发框图；(3) 简要说明你的设计能支撑前述 ① ② 两点系统需求。

0QPSK (或 QPSK)，符号速率 10MBaud，滚降系数 0.5



答 QPSK 也可以



支撑理由：

② 以上设计能够在 15MHz 带宽上实现 20Mbps 传输

②有很多调制方式可以实现需求①，选择 0QPSK (QPSK) 是因为它具有包络起伏小 (有利降低功耗)，可靠性高 (相对于 4ASK、8PSK 等)，复杂度低。滚降系数可以在 0~0.5 中选最大的，有利于降低复杂度并提高可靠性 (成形滤波器冲激响应衰减快、对时延误差敏感度低)【理由基本准确/靠谱就行】