

西南交通大学 2020—2021 学年第(1)学期考试试卷

课程代码 313300 课程名称 现代通信原理 考试时间 120 分钟

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总成绩
得分											

阅卷教师签字: _____

一、(10分) 设有一个四进制离散信源(0, 1, 2, 3), 每个符号独立发送, 每秒发送 1000 个符号。连续工作 1 小时后, 接收端收到 6 个错码, 且每个错码中仅发生 1bit 错误。

- 若“0”、“1”、“2”、“3”等概率出现, 试求
 - 每个符号的信息量。
 - 每个符号的平均信息量(熵)。
 - 该情况下信息源的平均信息速率。
 - 系统的误比特率。
- 若“0”出现概率为 1/4, “1”和“2”出现的概率均为“1/8”, “3”出现的概率为 1/2, 试求
 - 每个符号的信息量。
 - 每个符号的平均信息量(熵)。
 - 该情况下信息源的平均信息速率。
 - 系统的误比特率。
- 通过分析上面两种情况的计算结果, 你觉得可以说明什么问题?

【解】1、(1) $P = 1/4$ $I = -\log_2 \frac{1}{4} = 2\text{bit/sys}$ (1分)

(2) $H(X) = 2\text{bit/sys}$ (1分)

(3) 符号速率 $R_s = 1000\text{Baud}$, 信息速率 $R_b = H(X)R_s = 2000\text{bit/s}$ (1分)

(4) 1 小时传输的信息量 $= 3600 \times 2000 = 7.2 \times 10^6\text{bit}$

误比特率 $= 6 / 7.2 \times 10^6 = 5/6 \times 10^{-6} = 8.3 \times 10^{-7}$ (1分)

2、(1) “0”的信息量 $P = 1/4$ $I = -\log_2 \frac{1}{4} = 2\text{bit/sys}$ (1分)

“1”、“2”的信息量 $P = 1/8$ $I = -\log_2 \frac{1}{8} = 3\text{bit/sys}$

“3”的信息量 $P = 1/2$ $I = -\log_2 \frac{1}{2} = 1\text{bit/sys}$

(2) $H(X) = \frac{1}{4} \times 2 + \frac{1}{8} \times 2 \times 3 + \frac{1}{2} \times 1 = 1.75\text{bit/sys}$ (1分)

(3) 符号速率 $R_s = 1000\text{Baud}$, 信息速率 $R_b = H(X)R_s = 1750\text{bit/s}$ (1分)

(4) 1 小时传输的信息量 $= 3600 \times 1750 = 6.3 \times 10^6\text{bit}$

误比特率 $= 6 / 6.3 \times 10^6 = 9.52 \times 10^{-7}$ (1分)

3、通过对比发现, 各符号独立等概率时平均信息量最大, 误码率更低。(2分)

二、(10 分) 有一角度调制信号 $s(t) = 5\cos[10^6\pi t + 5\sin 2000\pi t]$ ，试求：

- (1) 信号平均功率
- (2) 最大频偏
- (3) 最大相偏
- (4) 传输带宽
- (5) 请问能确定是调频波还是调相波吗?并说明理由。

【解】(1) 12.5w (2 分)

(2) 5000Hz (2 分)

(3) 5rad (2 分)

(4) B=12kHz (2 分)

(5) 不能。如果调制信号是 sin 信号形式，该角调制信号为调相信号，如果调制信号为 cos 形式，该角调制信号为调频信号。未指定调制信号形式，所以不能确定是调频还是调相。(2 分)

三、(10 分) 某音频信号 $x(t)$ 的最高频率 $f_m = 15\text{kHz}$ ，该音频信号经过 SSB 调制或 DSB 调制后在频带信道中进行传输，已知信道中信号功率衰减为 60dB (如图 3-1 所示)，信道中加性高斯白噪声的双边功率谱密度为 $n_0/2 = 10^{-12}\text{W/Hz}$ ，接收端采用相干解调，接收机输出信噪比要求为 20dB。

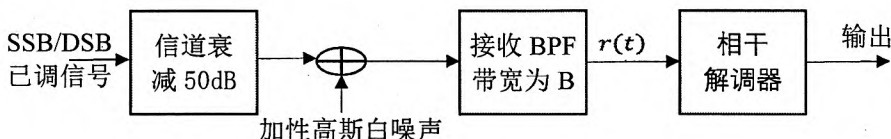


图 3-1

1. 若音频信号经过 SSB 调制，试求
 - (1) SSB 已调信号带宽。
 - (2) 接收带通滤波器带宽
 - (3) 相干解调器输入端的噪声平均功率
 - (4) SSB 信号平均发送功率
2. 若音频信号经过 DSB 调制，试求
 - (5) DSB 已调信号带宽。
 - (6) 接收带通滤波器带宽
 - (7) 相干解调器输入端的噪声平均功率
 - (8) DSB 信号平均发送功率
3. 对比分析上面两种情况的计算结果，可以得出什么结论？

【解】1、(1) 15kHz (1分)

(2) 15kHz (1分)

$$(3) N_t = \frac{n_0}{2} \times B \times 2 = 10^{-12} \times 15 \times 10^3 \times 2 = 3 \times 10^{-8} \text{w} \quad (1 \text{分})$$

(4) 解调器输出信噪比=100

解调器输入信噪比=100

$$\text{解调器输入信号功率} = 100 \times 3 \times 10^{-8} = 3 \times 10^{-6} \text{w} \quad (1 \text{分})$$

信道衰减 60Db 发送功率/输入功率= 10^6

$$\text{发送功率} = 3 \times 10^{-6} \times 10^6 = 3 \text{w}$$

2、(1) 30kHz (1分)

(2) 30kHz (1分)

$$(3) N_t = \frac{n_0}{2} \times B \times 2 = 10^{-12} \times 30 \times 10^3 \times 2 = 6 \times 10^{-8} \text{w} \quad (1 \text{分})$$

(4) 解调器输出信噪比=100

解调器输入信噪比=50

$$\text{解调器输入信号功率} = 50 \times 6 \times 10^{-8} = 3 \times 10^{-6} \text{w}$$

信道衰减 60Db 发送功率/输入功率= 10^6

$$\text{发送功率} = 3 \times 10^{-6} \times 10^6 = 3 \text{w} \quad (1 \text{分})$$

3、已调信号发送功率相同时，DSB 和 SSB 具有相同抗噪声能力。(2分)

四、(10分) 线路编码

1. 若二进制信息序列为 01100011，请完成编码并画图表示：

(1) 双极性归零码；

(2) Manchester 码（即数字分相码）

(3) 二进制传号差分码。

2. 若二进制信息序列为 01100000011100001，请完成编码并画图表示：

(4) AMI 码（请自行假定第一个“1”波形极性）；

(5) HDB3 码（请自行假定第一个“1”以及破坏点波形极性）。

【解】1、(1) -1 1 1 -1 -1 -1 1 1 (2分)

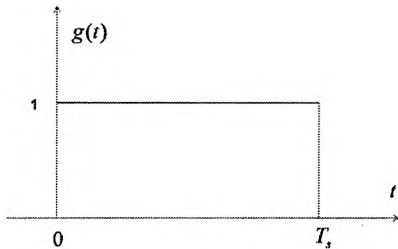
(2) 01 10 10 01 01 01 10 10 (“1” → 10, “0” → 01) (2分)

(3) (0) 01000010 (2分)

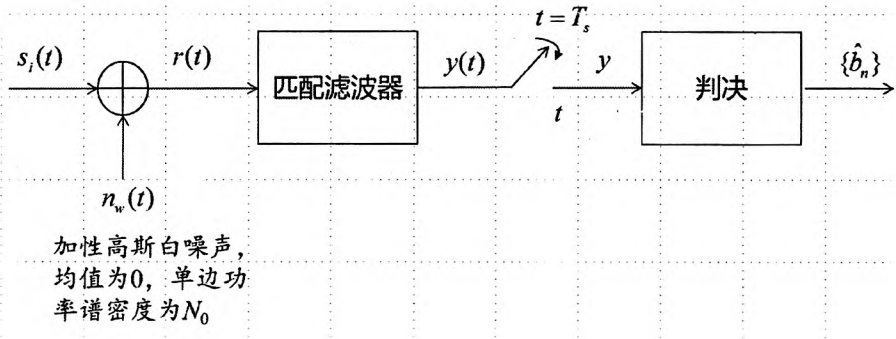
2、(4) 01-10000001-110000-1 (2分)

(5) 01-1000+100-11-1000-11 (2分)

五、(15 分) 设某二进制基带信号分别用波形 $s_1(t) = Ag(t)$ 和 $s_2(t) = -Ag(t)$ 表示二进制 1 和 0，其中 $g(t)$ 波形如图 5-1 所示， T_s 为符号间隔，且 1、0 等概率出现；接收机模型如题图 5-2 所示。试求：



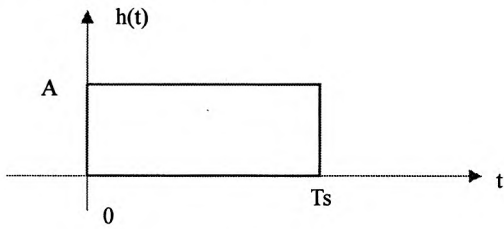
题图 5-1



题图 5-2

1. 若接收端匹配滤波器 $h(t)$ 与 $s_1(t)$ 匹配，请画出 $h(t)$ 的冲激响应；
2. 若发送 $s_1(t)$ ，求采样时刻信号幅度值、瞬时信号功率、噪声平均功率，写出采样值 y 的条件概率密度函数 $p(y|s_1)$ ；
3. 若发送 $s_2(t)$ ，求出采样时刻信号幅度值、瞬时信号功率、噪声平均功率，写出采样值 y 的条件概率密度函数 $p(y|s_2)$ ；
4. 试推导平均误比特率公式。

【解】1. $h(t) = s_1(T_s - t)$ (2 分)



2、发送 $s_1(t)$ ，采样时刻

信号幅值= A^2T_s (1 分)

瞬时信号功率= $A^4T_s^2$ (1 分)

噪声平均功率= $\frac{N_0A^2T_s}{2}$ (1 分)

$$p(y|s_1): p(y|s_1) = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0 A^2 T_s}} e^{-\frac{(y-A^2T_s)^2}{N_0 A^2 T_s}} \quad (1 \text{ 分})$$

3、发送 $s_2(t)$, 采样时刻

信号幅值= $-A^2T_s$ (1 分)

瞬时信号功率= $A^4T_s^2$ (1 分)

噪声平均功率= $\frac{N_0A^2T_s}{2}$ (1 分)

$$p(y|s_2): p(y|s_2) = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0 A^2 T_s}} e^{-\frac{(y+A^2T_s)^2}{N_0 A^2 T_s}} \quad (1 \text{ 分})$$

$$(4) P_b = p(s_1) \int_{-\infty}^{V_T} \frac{1}{\sqrt{\pi N_0 A^2 T_s}} e^{-\frac{(y-A^2T_s)^2}{N_0 A^2 T_s}} dy + p(s_2) \int_{V_T}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{\pi N_0 A^2 T_s}} e^{-\frac{(y+A^2T_s)^2}{N_0 A^2 T_s}} dy \quad (2 \text{ 分})$$

且 1、0 等概率出现, $\frac{\partial P_b}{\partial V_T} = 0, \rightarrow V_T = 0$ (2 分)

$$\begin{aligned} P_b &= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^0 \frac{1}{\sqrt{\pi N_0 A^2 T_s}} e^{-\frac{(y-A^2T_s)^2}{N_0 A^2 T_s}} dy + \frac{1}{2} \int_0^{\infty} \frac{1}{\sqrt{\pi N_0 A^2 T_s}} e^{-\frac{(y+A^2T_s)^2}{N_0 A^2 T_s}} dy \\ &= Q\left(\sqrt{\frac{2A^2T_s}{N_0}}\right) \quad (1 \text{ 分}) \end{aligned}$$

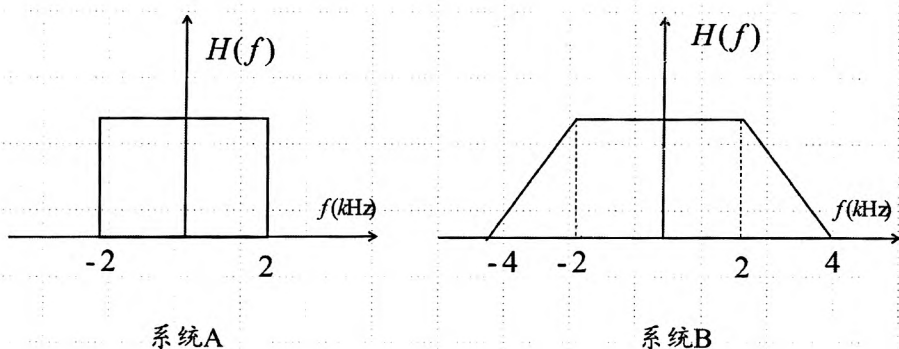
六、(15 分) 设某基带传输系统的发送滤波器、信道、接收滤波器的总传递函数为 $H(f)$ 。两种不同的 $H(f)$ 如题图 6 所示, 分别用系统 A 和系统 B 表示。

(1) 在无码间干扰条件下, 请分别求两种系统能够允许的最大符号传输速率;

(2) 若系统 A 采用 8 进制传输, 系统 B 采用 16 进制传输, 在无码间干扰条件下, 请比较两种系统的最大频带利用率(单位为 bit/s/Hz);

(3) 若 $r_s=3\text{kBaud}$, 请判断 A 系统是否存在码间干扰?

(4) 若 $r_b=8\text{kbit/s}$, 请判断采用 4 进制传输时 B 系统是否存在码间干扰?



题图 6

【解】(1) A 4kBaud (3 分)

B 6kBaud (3 分)

(2) A $\eta_b = \frac{r_b}{B} = \frac{4 \times 3}{2} = 6 \text{ bit/s.Hz}$ (2 分)

B $\eta_b = \frac{r_b}{B} = \frac{6 \times 4}{4} = 6 \text{ bit/s.Hz}$ (2 分)

(3) 有 (2 分)

(4) $r_s=4\text{kBaud}$ 有 (3 分)

七 (15 分) 现需要在限带信道下进行数字频带传输系统设计, 要求系统的信息传输速率为 50Mbit/s, 系统的工作频带范围为 800MHz~840MHz, 且无码间干扰。若请你进行该系统设计, 请问:

(1) 是否可以采用 BPSK 调制方式进行传输? 给出依据

(2) 是否可以采用 2DPSK 调制方式进行传输? 给出依据

(3) 从 BPSK 和 QPSK 中选择一种可行的方案, 设计传输波形, 给出设计理由

(4) 若采用匹配滤波器方式进行信号接收, 请画出 (3) 中调制发射机和接收机的原理框图, 并标出主要参数

八（15 分）某低通模拟信号的最高频率为 25kHz, 以奈奎斯特速率进行抽样, 采用 8 比特量化以 PCM 方式传输, 假设二进制比特信息等概率出现:

- (1) 若采用单极性 NRZ 矩形脉冲传输, 脉冲高度为 1, 求该 PCM 信号功率谱密度表达式并画图
- (2) 若对 (1) 中的基带信号进一步执行 2ASK 调制, 所用载波频率为 100MHz, 求该 2ASK 信号的工作频带范围及带宽 (过零点)
- (3) 若采用双极性 NRZ 矩形脉冲传输, 脉冲高度为 1, 求该 PCM 信号功率谱密度表达式并画图
- (4) 若对 (3) 中的基带信号进一步执行 BPSK 调制, 所用载波频率为 100MHz, 求该 BPSK 信号的功率谱密度表达式并画图

附基带信号功率谱密度计算公式:

$$P_s(f) = \frac{\sigma_a^2}{T_s} |G_T(f)|^2 + \frac{m_a^2}{T_s^2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left| G_T\left(\frac{k}{T_s}\right) \right|^2 \delta\left(f - \frac{k}{T_s}\right)$$