

西南交通大学 2021—2022 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) 某随机信号 $Y(t) = X(t) \cos(2\pi f_c t + \theta)$, 其中 $X(t)$ 为平稳随机过程, 均值为 0, 自相关函数为 $R_X(\tau) = Sa(2\pi B\tau)$. θ 在 $(0, 2\pi)$ 均匀分布且与 $X(t)$ 统计独立。

- (1) 计算 $X(t)$ 的功率谱密度
- (2) 计算 $Y(t)$ 的均值
- (3) 计算 $Y(t)$ 自相关函数
- (4) 计算 $Y(t)$ 功率谱密度
- (5) 分析 $Y(t)$ 的带宽

【解】(1) $R_X(\tau) = Sa(2\pi B\tau) \rightarrow P_X(f) = \frac{1}{2B} \text{rect}\left(\frac{f}{2B}\right)$

(2) $E[Y(t)] = 0$

(3) $R_Y(\tau) = \frac{1}{2} Sa(2\pi B\tau) \cos(2\pi f_c \tau)$

(4) $P_Y(f) = \frac{1}{8B} \text{rect}\left(\frac{f-f_c}{2B}\right) + \frac{1}{8B} \text{rect}\left(\frac{f+f_c}{2B}\right)$

(5) 2B

二、(10 分) 设信源符号集 $X=\{0, 1, 2\}$, 每个符号出现的概率分别为: $p(0)=1/2, p(1)=1/4, p(2)=1/4$,

试计算:

- (1) 该信源输出符号“0”时携带的信息量;
- (2) 该信源输出符号“1”时携带的信息量;
- (3) 该信源输出一个符号的平均信息量 (即信源熵)。

【解】(1) 1bit

(2) 2bit

(3) 1.5bit

三、(15 分) 基带信号 $m(t) = 2 \cos(2\pi \times 10^3 t)$, 与载波信号 $c(t) = \cos(2\pi f_c t)$ 作用后得到 $s(t) = \cos(2\pi \times 1.1 \times 10^4 t)$

- (1) 分析 $s(t)$ 的调制类型和 f_c 可能的取值
- (2) 分析 $m(t)$ 与 $s(t)$ 的频谱关系

- (3) 设计生成 $s(t)$ 信号的方法（原理框图）
 (4) 设计由 $s(t)$ 解调得到 $m(t)$ 的方法（原理框图）

【解】(1) $s(t) = \cos(2\pi \times 1.1 \times 10^4 t) = \cos(2\pi \times (10^4 + 10^3)t)$

$$= \cos(2\pi \times 10^4 t) \cos(2\pi \times 10^3 t) - \sin(2\pi \times 10^4 t) \sin(2\pi \times 10^3 t)$$

上边带调制 载波 10^4 (4)

(2) $m(t)$ 的频谱的频移+滤波 (3)

(3) 单边带信号的调制解调框图 (4+4)

四、(20 分) 请分析并设计发送信号。要求信息传输速率为 20kbts/s, “0”和“1”出现概率相同。

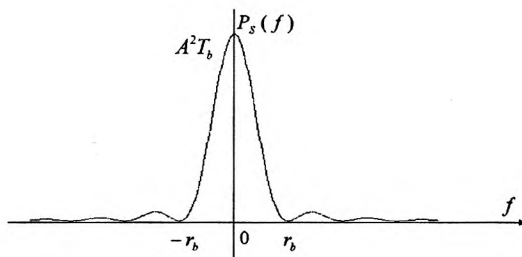
- (1) 若采用二进制数字基带传输系统, 发送信号为幅度为 A 的双极性不归零方波, 试求发送信号的功率谱密度函数, 画出其示意图并标出第一过零点带宽。
 (2) 若小题(1)中二进制数字基带传输系统的发送信号变为幅度为 A 的单极性归零方波, 占空比为 25%, 请画出信号功率谱密度与小题(1)进行比较分析。
 (3) 若采用 QPSK 系统进行传输, 信道带宽为 15kHz, 请设计发送信号（画出其功率谱密度示意图）并进行简要分析。

【注：基带信号功率谱密度计算公式 $P_s(f) = \frac{\sigma_a^2}{T_s} |G_T(f)|^2 + \frac{m_a^2}{T_s^2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left| G_T\left(\frac{k}{T_s}\right) \right|^2 \delta\left(f - \frac{k}{T_s}\right)$]

【解答】

(1)(6 分)

$$P_s(f) = A^2 T_b S a^2 (\pi f T_b)$$



第一过零点带宽: $B=r_b=20\text{kHz}$

(2) (8 分)

若为单极性归零码, 图略。

第一过零点带宽为 $4r_b$, 且在 kr_b 处有离散冲激项, 这里 k 不为 4 的整倍。

(1) (6 分)

若采用 2PSK 调制, 为满足无码间干扰, 采用升余弦系统, 因此发送信号为根升余弦系统。这里

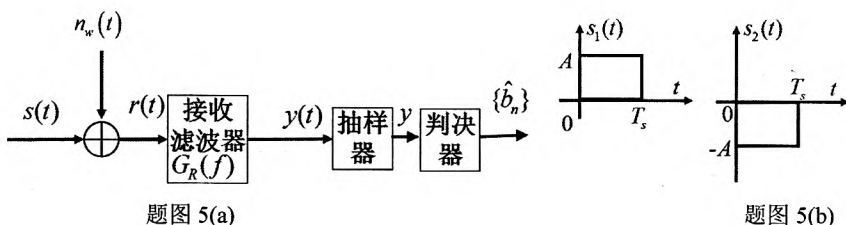
$$\alpha = \frac{B}{r_s} - 1 = \frac{15}{10} - 1 = 0.5。从功率谱密度看，信号为带通信号，且为有限带宽信号。$$

五、(20 分) 请分析题图 5(a)中系统的误码性能。数字传输信号 $s(t)$ 与单边功率谱密度为 N_0 的加性高斯白噪声 $n_w(t)$ 叠加后进入接收机，假设信源“0”和“1”出现概率相同。

(1) 若采用二进制基带传输，发送“1”和“0”的波形 $s_1(t)$ 和 $s_2(t)$ 如图 5(b)所示。请设计匹配滤波器，推导抽样器输出 y 的瞬时信号功率、平均噪声功率与条件概率密度函数，推导系统误码率与 E_b/N_0 的关系，这里 E_b 为平均比特能量。

(2) 若采用 2FSK 传输，其中发送“1”的波形 $s_1(t) = A_c \cos 2\pi f_{c1}t, 0 \leq t \leq T_s$ ，发送“0”的波形为 $s_2(t) = A_c \cos 2\pi f_{c2}t, 0 \leq t \leq T_s$ ，且通过选取 f_{c1} 和 f_{c2} 使得互相关系数 $\frac{1}{\sqrt{E_{s1}E_{s2}}} \int_0^{T_s} s_1(t)s_2(t)dt = 0$ ，这里 E_{s1} 、 E_{s2} 为 $s_1(t)$ 和 $s_2(t)$ 的符号能量。请设计匹配滤波器，推导抽样器输出 y 条件概率密度函数，推导系统误码率与 E_b/N_0 的关系，这里 E_b 为平均比特能量。

(3) 如果想要降低小题(2)中的误码率，应如何对题图(1)中的接收机进行改进？请画出改进后的框图并进行分析。



【解答】

$$(1) g_R(t) = s_1(T_s - t) \quad 8 \text{ 分}$$

$$\text{发“1”， } y \sim N(E_s, \frac{N_0}{2} E_s)$$

$$\text{发“0”， } y \sim N(-E_s, \frac{N_0}{2} E_s)$$

$$y \text{ 的瞬时信号功率为 } E_s^2、\text{平均噪声功率为 } \frac{N_0}{2} E_s, \text{信噪比为 } \frac{2E_s}{N_0}, \text{误码率为 } Q\left(\sqrt{\frac{2E_s}{N_0}}\right)$$

$$(2) g_R(t) = s_1(T_s - t) = s_1(t) \quad 8 \text{ 分}$$

$$\text{发“1”， } y \sim N(E_s, \frac{N_0}{2} E_s)$$

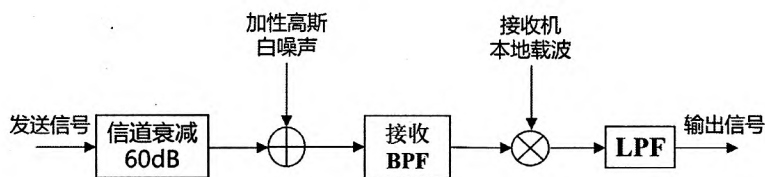
$$\text{发“0”， } y \sim N(0, \frac{N_0}{2} E_s)$$

$$\text{误码率为 } Q\left(\sqrt{\frac{E_s}{2N_0}}\right)$$

(3)略，应采用两个支路，分别与两个信号匹配。误码率为 $Q\left(\sqrt{\frac{E_s}{N_0}}\right)$ 4 分

六、(15 分) 某模拟通信系统信道衰减 60dB，加性高斯白噪声单边功率谱密度 $N_0=10^{-9}$ W/Hz，基带信号带宽为 20kHz，相干接收机模型如题图所示。

- (1) 若该已调信号为 DSB-SC 信号，接收滤波器带宽等于已调信号带宽，输出信噪比为 30dB，试求发送信号功率输入端。
- (2) 若该已调信号为 SSB 信号，发送信号功率为 10kW。若接收 BPF 为理想带通滤波器，请确定滤波器带宽，并计算解调器输出信噪比。
- (3) 请比较分析 DSB-SC 与 SSB 两种系统的抗噪声性能。



题图 6

(1)输入信噪比为 500，BPF 带宽 $B=40\text{kHz}$ ，则输入噪声功率 $N_{in}=N_0B=4\times 10^{-5}\text{W}$ ，输入信号功率 $S_{in}=500N_{in}=0.02\text{W}$ ，因此发送信号功率为 $P_T=0.02\times 10^6\text{W}=20\text{kW}$

(2)BPF 带宽 $B=20\text{kHz}$

输入噪声功率 $N_{in}=N_0B=2\times 10^{-5}\text{W}$

输入信号功率 $S_{in}=P_T\times 10^{-6}\text{W}=0.01\text{W}$

输入信噪比为 500

输出信噪比为 500

(3)二者抗噪声性能相同。

七、(10 分) 设有 8 路基带信号分别通过理想低通滤波器后进行抽样,量化和编码,时分复用为一 路二进制码流进行传输,若 8 路信号取相同的抽样频率,量化电平为均 256 级,将合路后的二进制码序列通过 $a=0.5$ 的升余弦滚降滤波器传输,此滤波器的截止频率为 38400Hz,

(1) 求最大可能的 PCM 信息传输速率

(2) 求最大允许的模拟信号带宽

【解】(1) $B = \frac{(1+0.5)}{2} R_s \rightarrow R_s = \frac{4}{3} B = 51200\text{bps}$

(2) $2 \cdot f \cdot 8 \cdot 8 = 51200$

$f=400\text{Hz}$