

网通 2021 期中

Deschain

2022 年 2 月 15 日

1. 有一数字线性基带传输系统，采用升余弦脉冲成形滤波器，滚降系数为 α ，带宽约束为 W ，符号集合的大小为 M ，试计算：

(1) 当 $\alpha = 0.2, M = 8, W = 3MHz$ 是，采样点无失真传输条件下的符号率最高为多少？

(2) 当 $\alpha = 1, M = 16$ 时，单位带宽承载的 bit 速率为多少？

(3) 当 $W = 24kHz, M = 4$ 时，在保证接收采样点无失真的情况下，传输 1 路标准 PCM（传输速率 64kbps）所能允许的最大滚降系数 α 为多少？

2. 已知某非对称二元信道（Binary Non-Symmetric Channel），信道条件概率矩阵 $P(Y|X)$

$$\begin{bmatrix} P(0|0) & P(1|0) \\ P(0|1) & P(1|1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.7 \\ 0.4 & 0.6 \end{bmatrix}$$

输入符号 X 的概率分布服从

$$\begin{pmatrix} x_1 & x_2 \\ P_1 & P_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0.2 & 0.8 \end{pmatrix}$$

求：

(1) 输出符号集 Y 的平均信息量 $H(Y)$ ；

(2) 条件熵 $H(X|Y), H(Y|X)$ ，以及 X 和 Y 的联合熵 $H(XY)$ ；

(3) 输入符号 X 和输出符号 Y 的平均互信息量 $I(X;Y)$ 。

3. 对概率密度函数如图 1 所示的随机变量 x 进行量化。若采用两电平量化，且分层电平为 0，试求最优（量化均方噪声最小）的重建电平 x_1 和 x_2 。

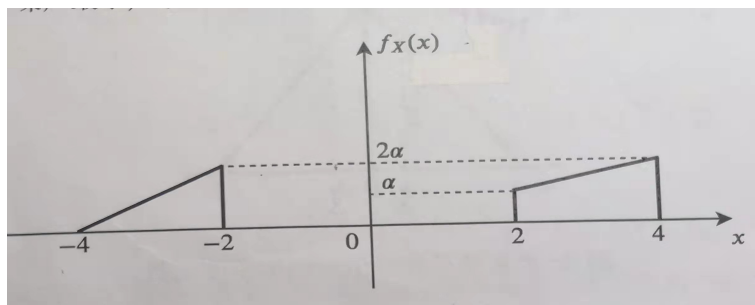


图 1：概率密度函数

4. 考虑图 2 所示的星座图，已知每个星座点（复电平点）等概出现。

(1) 已知 (a)、(b) 两星座图中的 α 相同，请比较 (a)、(b) 两星座图在通过相同的加性复高斯噪声信道（噪声时序部独立同分布）最佳判决的误符号率大小，并证明你的结论。

(2) 试求 (a)、(b) 两星座图下基带平均发送功率比（除星座图设计不同外，基带脉冲能量、符号速率等其余相关条件均相同）。

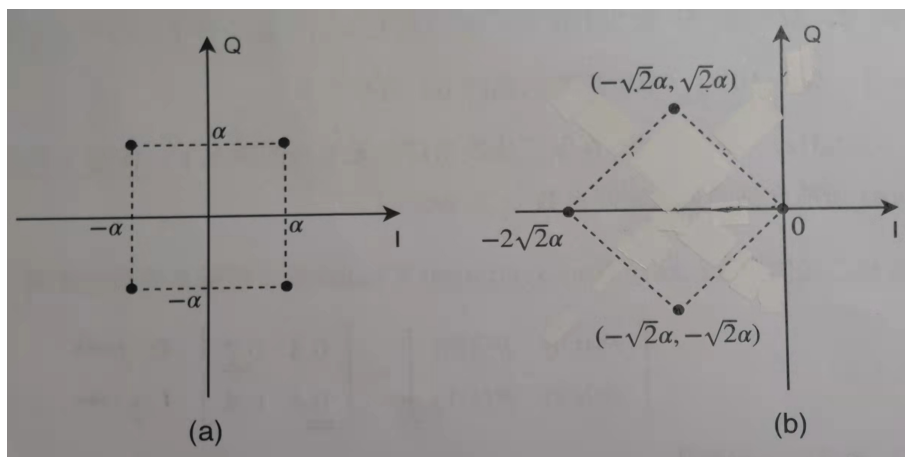


图 2：星座图

5. 已知模拟信号抽样值的概率密度函数如题图 3 所示。采用三电平量化器对抽样值进行量化，量化区间为 $I_1 = (-1, -\frac{1}{3}]$, $I_2 = (-\frac{1}{3}, \frac{1}{3}]$ 以及 $I_3 = (\frac{1}{3}, 1]$ 。在此量化区间设计的基础上。

(1) 请设计重建电平使得输入信号与量化噪声功率比为 SNR 最大，并给出量化噪声功率和信噪比 SNR；

(2) 求量化器输出符号的熵。

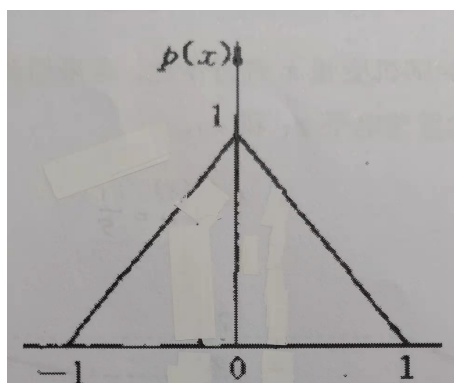


图 3：模拟信号抽样值的概率密度函数

6. 考虑一个由 N 个独立的子信道组成的串行系统，输入和输出分别为 X, Y 。

(1) 若 X, Y 取值范围为 $\{0, 1\}$ ，每个子信道为错误概率为 p 的二元对称信道，如图 4。求串行信道的信

道容量 C_N 以及 $\lim_{N \rightarrow \infty} (C_N)^{\frac{1}{N}}$ 。

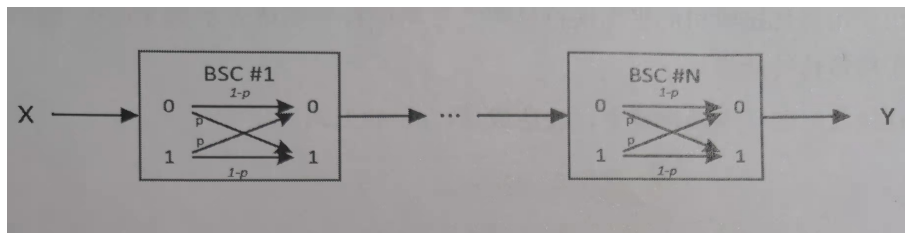


图 4: 二元对称级联信道

(2) 若 X, Y 取值范围为 \mathbb{R} 且 $E(X^2) = P$, 每个子信道为加性高斯噪声信道, 噪声方差为 σ^2 , 如图 5。求串行信道的信道容量 C_N 以及 $\lim_{N \rightarrow \infty} NC_N$ 。

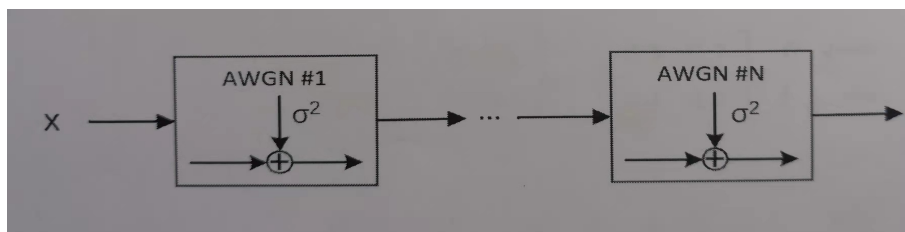


图 5: AWGN 级联信道

7. 某基带传输系统中, 信源独立等概输出比特“0”与“1”。在该基带传输系统中。考虑使用四元基带调制, 将每个码元间隔 T_s 内的两个信息比特映射为波形 $s_1(t), s_2(t), s_3(t), s_4(t)$ 之一。波形函数如下:

$$\begin{aligned} s_1(t) &= 2\sqrt{3}A\left(\frac{Kt}{T_s} - \lfloor \frac{Kt}{T_s} \rfloor - \frac{1}{2}\right) + A, 0 \leq t \leq T_s \\ s_2(t) &= -2\sqrt{3}A\left(\frac{Kt}{T_s} - \lfloor \frac{Kt}{T_s} \rfloor - \frac{1}{2}\right) + A, 0 \leq t \leq T_s \\ s_3(t) &= -2\sqrt{3}A\left(\frac{Kt}{T_s} - \lfloor \frac{Kt}{T_s} \rfloor - \frac{1}{2}\right) - A, 0 \leq t \leq T_s \\ s_4(t) &= 2\sqrt{3}A\left(\frac{Kt}{T_s} - \lfloor \frac{Kt}{T_s} \rfloor - \frac{1}{2}\right) - A, 0 \leq t \leq T_s \end{aligned}$$

其中, A 为某正常数, K 为某正整数。在该四元基带调制中, 比特序列“00”映射为 $s_1(t)$, “01”映射为 $s_2(t)$, “11”映射为 $s_3(t)$, “10”映射为 $s_4(t)$ 。传输信道为单边噪声功率谱为 n_0 的加性高斯白噪声信道。请完成如下题目:

- (1) 请画出 $K = 2$ 时, 一个码元周期内的 $s_1(t), s_2(t), s_3(t)$ 和 $s_4(t)$ 的波形;
- (2) 根据调制波性特点, 请设计出最优接收机结构与相应判决准则, 以最小化误符号率;
- (3) 请给出使用最优接收机的平均误符号率 (平均误符号率请表示为 $\frac{E_b}{n_0}$ 的函数, 其中, E_b 表示平均每比特能量)。
- (4) 求最佳接收时的平均误比特率, 表达成 $\frac{E_b}{n_0}$ 的形式。