

通信原理(甲)2021-B 卷参考答案

1、 第一题

(1) 根据最小量化单位 $\Delta = 1\text{mV}$,

把 PCM 编码器输入样值化为量化单位,

$$I_s = \frac{785\text{mV}}{1\text{mV}} = 785\Delta$$

编码过程如下:

极性码 $C_1 = 1$; 段落码为 $C_2C_3C_4 = 110$; 段内码为 $C_5C_6C_7C_8 = 1000$;

输出码组为 $C_1C_2C_3C_4C_5C_6C_7C_8 = 11101000$ 。(4 分)

(2) 根据收到的码组 $C_1C_2C_3C_4C_5C_6C_7C_8 = 01101000$,

由极性码 $C_1 = 0$, 可得输出电压是负值 (-);

由段落码 $C_2C_3C_4 = 110$, 可得输出电压范围在 $[512\Delta, 1024\Delta]$ 区间;

由段内码为 $C_5C_6C_7C_8 = 1000$, 可得输出电压在第 9 个量化区间,

所以, 译码器输出电压为 $-\left(512 + 8 \times 32 + \frac{32}{2}\right)\Delta = -784\text{mV}$ 。(2 分)

2、 第二题

(1) 系统的码元速率 $R_B = \frac{1}{833 \times 10^{-6}} \approx 1200\text{Baud}$; (2 分)

信息速率为 $R_b = R_B \log_2 M \approx 1200 \times \log_2 4 = 2400 \text{ b/s}$; (2 分)

(2) 误码率为 $P_e = \frac{6}{1200 \times 3600} \approx 1.39 \times 10^{-6}$; (2 分)

误信率为 $P_b = \frac{6}{2400 \times 3600} \approx 6.95 \times 10^{-7}$ 。(2 分)

3、 第三题

(1) 为保证不发生超载, 输入信号的最大斜率不超过译码器的最大斜率, 输入信号的斜率为

$$\frac{dm(t)}{dt} = -2\pi fA \sin 2\pi ft, \text{ 可得输入信号的最大斜率为 } 2\pi fA,$$

为保证不发生超载, 需要满足 $2\pi fA \leq \sigma f_s$, 则可得

$$A \leq \frac{\sigma f_s}{2\pi f}$$

最大振幅值为 $\frac{\sigma f_s}{2\pi f}$ 。(4 分)

(2) 最小的编码电平为 $\frac{\sigma}{2} = 0.05V$,

编码范围为 $\left[\frac{\sigma}{2}, \frac{\sigma f_s}{2\pi f}\right] \approx [0.05V, 0.17V]$ 。(4 分)

4、 第四题

码元周期为 $T_B = \frac{1}{8 \times 10^3 \times 8 \times 32} s$,

第一谱零点带宽为 $f_B = \frac{1}{T_B} = 8 \times 10^3 \times 8 \times 32 = 2.048 \times 10^6 \text{ Hz}$; (4 分)

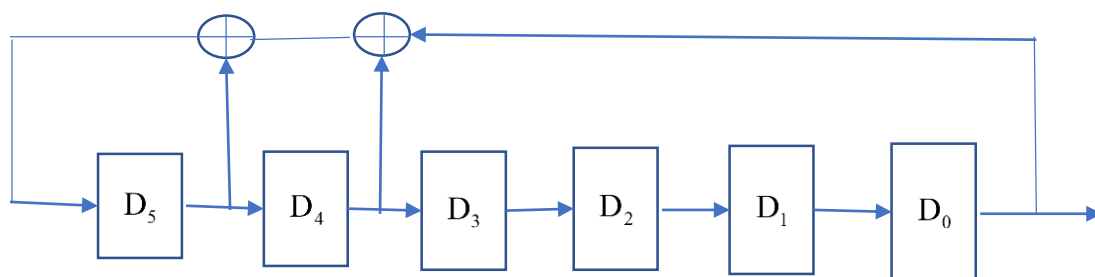
奈奎斯特带宽为 $f_N = \frac{1}{2T_B} = 1.024 \times 10^6 \text{ Hz}$ 。(4 分)

5、 第五题

特征多项式系数 $(107)_8$ 转为二进制 1000111 ,

(1) 特征多项式为 $f(x) = x^6 + x^2 + x + 1$; (2 分)

(2) (2 分)



(3) 初始状态为 111111，则末级输出为 1111111。。。。。(2 分)

(4) 输出序列不是 m 序列，因为输出序列的周期不是 $2^6-1=63$ 。(2 分)

6、第六题

二进制码 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1

AMI $(-1) +1$ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 +1 0 -1 +1 (2 分)

HDB3 +V -1 0 0 0 -V +B 0 0 +V -1 +1 0 -1 +1 (2 分)

CMI 11 00 01 01 01 01 01 01 01 01 11 00 01 11 00 (2 分)

7、第七题

信 号 $m(t) = 2\cos 400\pi t + 6\cos 40\pi t$ 的 傅 里 叶 变 换 为

$$M(f) = [\delta(f-200) + \delta(f+200) + 3\delta(f-20) + 3\delta(f+20)],$$

抽 样 函 数 $\delta_T(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta(t-nT_s)$ 的 傅 里 叶 变 换 为

$$\Delta(f) = f_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(f-nf_s) = 500 \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(f-500n),$$

$$\text{低通滤波器 } H(f) = \begin{cases} \frac{1}{500}, \|f\| \leq 400, \\ 0, \text{其他} \end{cases},$$

此系统输出信号的频域表示

$$\begin{aligned}
M_s(f) &= M(f) * \Delta(f) \times H(f) \\
&= H(f) \times M(f) * f_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(f - nf_s) \\
&= H(f) \times f_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} M(f - nf_s) \\
&= [3\delta(f - 20) + 3\delta(f + 20) + \delta(f - 200) + \delta(f + 200) + \delta(f - 300) + \delta(f + 300)]
\end{aligned}$$

(2 分)

(1) 所以, 低通滤波器输出的频率成分为 20Hz, 200Hz, 300Hz; (2 分)

(1) 对 $M_s(f)$ 进行傅里叶反变换, 可得此系统输出信号的时域表示

$$m_s(t) = 2\cos 400\pi t + 2\cos 600\pi t + 6\cos 40\pi t \quad (4 \text{ 分})$$

8、第八题

(1) 由每个子信道的码元持续时间为 $T_b = 5 \times 10^{-4} s$

每个子载波的符号速率为 $R_b = \frac{1}{T_b} = 2000 \text{ Baud}$, (1 分)

每个子载波的比特速率为 $R_b = R_b \log_2 M = R_b \log_2 16 = 8000 \text{ b/s}$; (1 分)

(2) 子载波个数为 $N = \frac{1.024 \text{ Mb/s}}{R_b} = \frac{1.024 \text{ Mb/s}}{8000 \text{ b/s}} = 128$; (2 分)

(2) 此 OFDM 系统占用频带 $B_{\text{OFDM}} = \frac{N+1}{T_b} = 129 \times 2000 = 258 \text{ kHz}$; (2 分)

(3) 此 OFDM 系统频带利用率 $\eta_{\text{OFDM}} = \frac{1.024 \text{ Mb/s}}{B_{\text{OFDM}}} \approx 3.97 \text{ b/s/Hz}$ 。(2 分)

9、第九题

信源信息经过线性分组编码(8,4)后,传信率转化为 $R_b = 200\text{kb/s}$ (2 分),

采用 QPSK 调制后,传输码率为 $R_B = 100\text{kBaud}$,

可知奈奎斯特带宽 $f_N = \frac{R_B}{2} = 50\text{kHz}$ (2 分),

(1) 采用升余弦滚降滤波器后,占用的基带带宽为

$$(1+\alpha)f_N = 1.25 \times 50\text{kHz} = 62.5\text{kHz}; \text{ (2 分)}$$

(2) 占用的频带带宽为 $2 \times (1+\alpha)f_N = 125\text{kHz}$ 。(2 分)

10、第十题

(1) 图(a)的奈奎斯特带宽为 $f_N = 1500\text{Hz}$,可知无码间串扰传输的最大码率(奈奎斯特速率)为 $R_N = 2f_N = 3000\text{Baud}$,因为 R_N 不是 2000Baud 的整数倍,所以图(a)的传输特性 $H(f)$ 不能无码间串扰传输 2000Baud 的码元速率;(3 分)

(2) 图(b)传输特性 $H(f)$ 的等效奈奎斯特带宽为 $f_N = \frac{1500}{1+\alpha} = 1000\text{Hz}$,奈奎斯特速率为 $R_N = 2f_N = 2000\text{Baud}$,因为 R_N 是 2000Baud 的整数倍,所以图(b)的传输特性 $H(f)$ 可以无码间串扰传输 2000Baud 的码元速率;

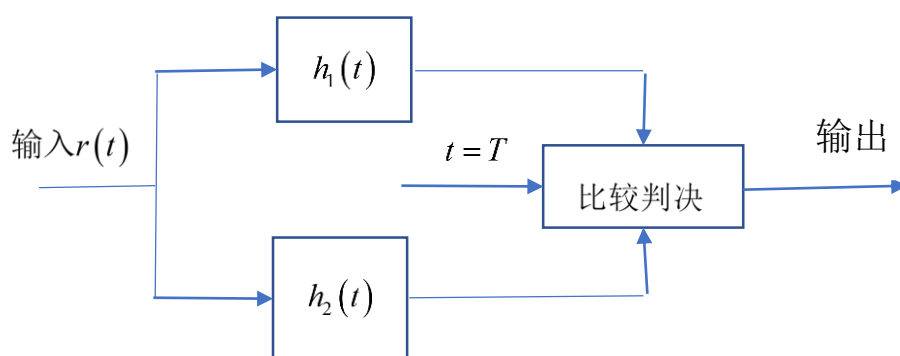
(3 分)

(3) 图(c)传输特性 $H(f)$ 的等效奈奎斯特带宽为 $f_N = 1000\text{Hz}$,奈奎斯特速率为 $R_N = 2f_N = 2000\text{Baud}$,因为 R_N 是 2000Baud 的整数倍,所以图(c)的传输特性 $H(f)$ 可以无码间串扰传输 2000Baud 的码元速率。(4 分)

11、第十一题

(1) 匹配滤波器的单位冲激响应分别为，

$$h_1(t) = s_1(T-t), \quad h_2(t) = s_2(T-t), \quad (6 \text{ 分})$$



(2) 信号 $s_1(t)$ 的能量为 $E[s_1(t)] = \int_0^T s_1(t)s_1(t)dt = A^2T$,

信号 $s_2(t)$ 的能量为 $E[s_2(t)] = \int_0^T s_2(t)s_2(t)dt = A^2T$,

则等概率发送信号的平均能量为 $E_b = A^2T$,

$$\text{相关系数 } \rho = \frac{\int_0^T s_1(t)s_2(t)dt}{\sqrt{E[s_1(t)]E[s_2(t)]}} = 0,$$

$$\text{最小误码率为 } P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left[\sqrt{\frac{E_b(1-\rho)}{2N_0}} \right] = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left[\sqrt{\frac{A^2T}{2N_0}} \right]. \quad (4 \text{ 分})$$

12、第十二题

(1) $(n, k) = (6, 3)$, (2 分)

生成矩阵为 $G = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ (2 分)

(2) 假设 $a_5a_4a_3$ 为信息位, $a_2a_1a_0$ 为监督位, 监督关系式可有 $[a_2a_1a_0] = H[a_5a_4a_3]$ 得到,

监督位的关系式为 $\begin{cases} a_2 = a_5 \oplus a_4 \\ a_1 = a_4 \oplus a_3 \\ a_0 = a_5 \oplus a_3 \end{cases}$, (2 分)

由 $[a_5a_4a_3a_2a_1a_0] = [a_5a_4a_3]G$, 可得所有码字

$$a_5a_4a_3 \rightarrow a_5a_4a_3a_2a_1a_0$$

$$000 \rightarrow 000000$$

$$001 \rightarrow 001011$$

$$010 \rightarrow 010110$$

$$011 \rightarrow 011101$$

$$100 \rightarrow 100101$$

$$101 \rightarrow 101110$$

$$110 \rightarrow 110011$$

$$111 \rightarrow 111000$$

(2 分)

(3) 线性分组码的最小距离为码的最小重量 (全“0”码除外), 因此最小码距为 $d_0 = 3$, (2 分)

根据 $d_0 \geq 2t + 1$, 纠错能力 $t = 1$ 。(2 分)